対人間相互作用における生理的シンクロニーに二者のパーソナルテンポの類似度が及ぼす影響

The Effect of Similarity between Two People's Personal Tempi on Interpersonal Physiological Synchrony

森原 佳歩，正田 悠
Kaho Morihara, Haruka Shoda

神戸大学大学院国際文化学研究科
Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University
201c125c@stu.kobe-u.ac.jp

概要

本研究では，話者特性の一つであるパーソナルテンポが対面朗読時の二者間における生理的シンクロニーに及ぼす影響について調べた。その結果，二人朗読課題の序盤および終盤において，個人のタッピングテンポの類似と二者間の心電図 RR 間隔のシンクロニーとの間に相関関係が見られた。また，ペア間で個人の発話テンポが類似していることは，二人朗読課題の中盤における生理的シンクロニーならびに発話の音声シンクロニーと関連があることが示唆された。

キーワード: パーソナルテンポ, 朗読, 二者間相互作用, 生理的シンクロニー，ウェーブレット・コヒーレンス

1. 背景と目的

「会話のリズム」「生活のリズム」など「リズム」を含む言葉が日常的に使われることからもわかるように，人間の心理，行動，あるいは生理的活動とリズムとの関連は深く，我々は日常生活を営む上で何らかのリズムの影響を受けている（足立・延谷・仲谷，2011）。また，生物として生存するために備わる生体リズムとは別に，ヒトには個人が好むテンポがあり，これはパーソナルテンポ（精神テンポ）と呼ばれる。パーソナルテンポとは，話すとか歩くといった日常の生活行動において，特に制約のない自由な行動場面で表出される個人特有の速さと定義されている（杉乃原・平・武藤・今若，1993）。

本研究では，話者特性の一つと考えられるこのパーソナルテンポについて取り上げた。本研究で扱うパーソナルテンポは，タブレットのタッピングならびに一人で朗読しているときに表出されるテンポと定義した。一般的に，パーソナルテンポが二者間で類似していると，会話時の二者間の同調が促され，コミュニケーションが円滑になることが知られている（大石・尾田，2006）。

こうした話者間の同調を，本研究では生理学的側面から確認する。具体的には，朗読中の二者の心電図 RR 間隔の同調（シンクロニー）と二者のパーソナルテンポの類似の程度との関連を，一人で朗読をする場面との比較から明らかにする。この生理的シンクロニーの高さは，会話や身体動作等の行動面でのシンクロニーと関連する可能性があり，これが円滑なコミュニケーションの基盤となると考えられる。

本研究の目的は，話者の持つパーソナルテンポが対面朗読時の二者間における心拍のシンクロニーに及ぼす影響を調べることであった。Iwanaga（1995）は，個人の心拍数に近いテンポが好まれる傾向にあることを示し，その値はおよそ 70〜100 bpm（beats per minute）に収まることを明らかにしたが，パーソナルテンポが近い者同士では心拍も類似し，その結果として，二者間におけるシンクロニーの程度も大きくなると予測される。

本研究で扱う指標を Figure 1 に示した。個人のパーソナルテンポを表す指標としてタッピングテンポと一人朗読時の発話テンポを，二者間のシンクロニーを表す指標として心電図 RR 間隔のシンクロニー（生理的シンクロニー）と二者間の発話テンポのシンクロニー（音声シンクロニー）を取り上げた。本研究においては，(a) タッピングテンポが生理的シンクロニーに及ぼす影響，(b) 発話テンポが生理的シンクロニーに及ぼす影響，さらに (c) 発話テンポが音声シンクロニーに及ぼす影響について分析する。

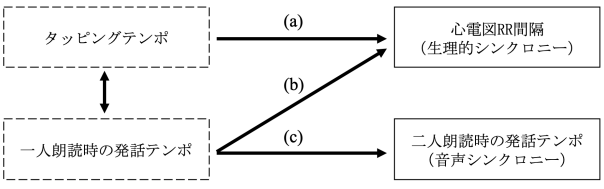


Figure 1. 本研究において扱う指標

本研究では，二者間相互作用の課題として，二者による朗読を対象とした。これは，自由会話では実験参加者によって発話量が異なる可能性があり，生理指標に影響を及ぼすと考えられるためである。朗読において，各実験参加者が発話する箇所を指定することにより，実験参加者間の発話量をある程度同一にすることができる。さらに，本研究では，この朗読を用いたことによる影響も確かめるため，自由会話時のシンクロニーの測定も行った。

2. 方法

実験計画

実験は，1 人の実験参加者が，一人朗読条件，二人朗読条件，自由会話条件を行うという一要因 3 水準の実験参加者内計画で実施した。

実験参加者

実験参加者は大学生 40 名（男性 20 名，女性 20 名）であり，実験では初対面の同性ペアを構成した。また，実験参加者の年齢範囲は 18〜25 歳であった（M = 20.70, SD = 1.57）。

手続き

実験参加者は事前に生体センサーBITalino（Plux 社）を装着し，一人朗読課題，二人朗読課題および自由会話課題を行った。その際，心電図センサー（サンプリング周波数 1,000Hz）を用いて，二者の心電図を測定した。音声はビデオカメラ（HDR-PJ670, Sony）に無線接続されたワイヤレスマスク（ECM-AW4，Sony）によって収音し，映像データとして記録した。

まず，一人朗読課題では，宮沢賢治作「よだかの星」を使用し，5 分間で読めるところまで朗読を行った。次に，二人朗読課題においては，初対面で構成された 2 人の実験参加者は向かい合わせで椅子に座るよう指示され（Figure 2），宮沢賢治作「注文の多い料理店」を 2 人で交替しながら最後まで朗読を行った（約 15 分間）。このとき，各々が朗読する箇所は，台本内に網掛けして指示した。最後に，自由会話課題においては，朗読をしてみた感想，本を読むのは好きか，普段どのような本を読むかの 3 つのテーマに関して 5 分間自由に会話を行った。なお，一人朗読課題と二人朗読課題における実施順はカウンターバランスをとった。

タッピングテンポは大石・尾田 (2006) の方法に倣い，一人朗読条件実施前並びに二人朗読条件実施後に次のように測定した。まず，実験参加者は 10 秒間「できるだけ速いテンポで」タブレットを打叩した。次に，「今のように自分にとってストレスのかかるような無理なスピードではなく，あなた自身にとって速すぎず，遅すぎず，心地よいと感じる速さで」1 分間打叩を行うよう指示され，測定を行った。

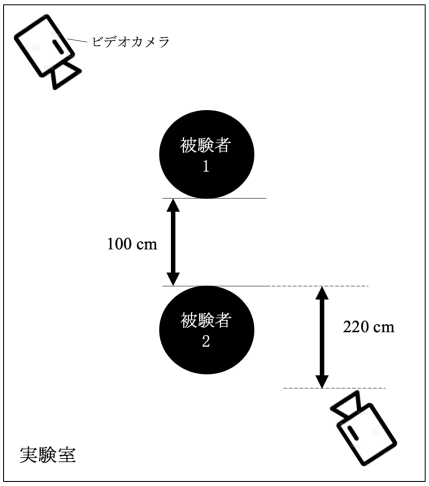


Figure 2. 実験室の配置

分析

1,000 Hz で得られた心電図から RR 間隔を抽出した。ここから 3 次スプライン補間を行うことで 4 Hz の RR 間隔の時系列を算出した。Fujiwara & Daibo（2016）を参考に，二者間における 2 つの時系列の同調の程度を表す指標としてウェーブレット・コヒーレンスを算出した（0.025〜4.0 Hz 区間）。これは 2 つの時系列の局所的な振動の共通性を周波数ごとに推定するものであり，本研究においては二者間の RR 間隔の類似性を評価するために用いた。具体的には，二人朗読条件と自由会話条件におけるペア間の RR 間隔のウェーブレット・コヒーレンスを算出するとともに，実際にはペアで朗読実験を行ったわけではないが，一人朗読条件におけるシンクロニーの程度についても比較対象として算出した。なお，一人朗読課題と自由会話課題はそれぞれ 5 分間の課題であったが，二人朗読課題は 10 分を超えるものであったため，分析は 3 区間に分けてそれぞれ行った。各区間について，序盤は朗読開始から 4 分間，中盤は朗読所要時間の中央値から前後 2 分間を切り取ったもの，そして終盤は読み終わりから 4 分間であった。本論文における分析対象区間については，ウェーブレット・コヒーレンス算出時に抽出した 0.025 Hz〜4.0 Hz 区間の内，最もシンクロニーの値が顕著である区間（0.1

～1.0 Hz）を扱った。

タッピングテンポについては，タブレットを用いたタッピングテストの結果を，タッピングの間隔（s）の値でテキストファイルとして保存した。安定したデータを取り出すため，最初と最後の 3 タップは除外し，タップ間隔を図示した際に明らかに外れている値は除外した。その後，タップ間隔の平均値を 60 から除することで bpm 値を算出した。また，タッピングテンポは正規分布に従わないと考えられるため，分析には対数変換後の値を用いた。

発話テンポについては，一人朗読条件では朗読台本のモーラ数を測定し, 5 分間で朗読されたモーラ数に基づき「モーラ数÷時間（s）」で計算した。二人朗読条件についても, 同様に一台詞ごとにモーラ数を測定し, その後，各発話における時間を計測することで算出した。この際，二人朗読課題において話者の交替にかかる話者交替潜時は除外した。さらに, 発話テンポについてもタッピングテンポ同様，対数変換後の値を用いた。

3. 結果

まず, 測定した二種類のパーソナルテンポについて, タッピングテンポ（beats per minute）の二者間の差の絶対値の平均値を Table 1 に，一人朗読条件前におけるタッピングテンポの分布を Figure 3 に示した。一人朗読条件前（ベースライン）と二人朗読条件後の値を対応のある *t* 検定により比較したところ，条件間での差は認められなかった（$t(19) = 0.40, p = .70$）。このことから，タッピングテンポは今回の実験操作によっては速くなったり遅くなったりしないということが示された。また，発話テンポについて，一人朗読条件における発話テンポの分布を Figure 4 に示した。タッピングテンポと発話テンポの間には有意な相関は認められなかった（$r = .15, p = .35$）。

Table 1
ペア間におけるタッピングテンポの差の絶対値
（bpm）

	M (*SD*)	95%CI
一人朗読条件前	44.61 (50.27)	[22.58, 66.64]
二人朗読条件後	46.38 (49.21)	[24.81, 67.95]

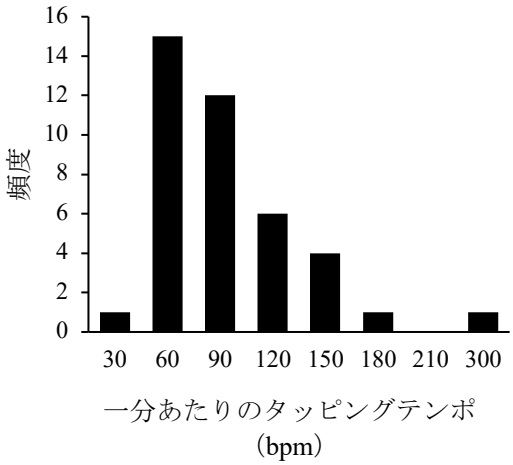


Figure 3. 一人朗読前におけるタッッピングテンポ

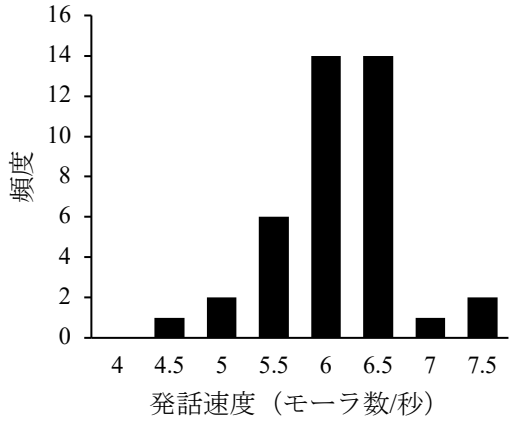


Figure 4. 一人朗読条件における発話テンポ

次に，条件による心拍のシンクロニーの比較を行うため，生理的シンクロニーを示す指標として用いた心電図 RR 間隔のウェーブレット・コヒーレンスについて，独立変数を実験課題条件とした一要因参加者内分散分析を行った。ウェーブレット・コヒーレンスは Fisher の *Z* 変換を行ったデータを使用した。Table 2 は，各条件におけるウェーブレット・コヒーレンスの平均値ならびに標準偏差を示す。Table 2 においては，タッピングテンポとの関連が認められた 0.1～0.2 Hz 区間および発話テンポとの関連が認められた 0.5～1.0 Hz 区間におけるシンクロニーの値を示した。

まず 0.1～0.2 Hz については，条件の主効果は有意傾向であったが（$F(4,76) = 2.33, p = .06$），Bonferroni の補正による多重比較では，有意な差を示すペアはなかった。これは，0.1～0.2 Hz における心拍のシンクロニーの値は時々刻々とは変化しなかったことを示している。

一方で 0.5～1.0 Hz 区間については，条件の主効果が

有意であった（$F(4,76)=3.70, p=.008$）。Bonferroni の補正による多重比較の結果，一人朗読条件と二人朗読条件の序盤において有意な差が認められた（$p=.04$）。このことは，0.5〜1.0 Hz では，二人朗読条件の序盤において，一人朗読条件に比べ，心拍のシンクロニーが低下したことを示す。

Table 2
0.1〜0.2 Hz 区間および 0.5〜1.0 Hz 区間における心電図 RR 間隔のウェーブレット・コヒーレンス

条件	*M* (*SD*)	
	0.1〜0.2 Hz	0.5〜1.0 Hz
一人条件	0.37 (0.07)	0.40 (0.05)
二人朗読条件（序盤）	0.33 (0.07)	0.37 (0.04)
二人朗読条件（中盤）	0.34 (0.04)	0.40 (0.04)
二人朗読条件（終盤）	0.37 (0.07)	0.38 (0.04)
自由会話条件	0.35 (0.05)	0.39 (0.05)

次に，パーソナルテンポと心電図 RR 間隔のシンクロニーとの関連について検討を行った。まず，タッピングテンポの差の絶対値とウェーブレット・コヒーレンス（*Z* 変換後）の間のピアソンの相関係数を Table 3 に示した。ここから，タッピングテンポと二人朗読条件の序盤ならびに終盤に負の相関関係がみられた。これは，二人朗読条件における中盤を除く場面において，二者のタッピングテンポが近いほど，朗読時の心拍のシンクロニーが高いことを示す。比較対象として用いた一人朗読条件における生理的シンクロニーについては，相関係数は有意ではなかった。

さらに，発話テンポの差の絶対値とウェーブレット・コヒーレンスとの間の相関係数を Table 4 に示した。二人で朗読を行った際の心電図 RR 間隔のウェーブレット・コヒーレンスとの関連では，その中盤においてのみ負の相関関係がみられた。これは，二人朗読条件における中盤においては，個人が持つ発話テンポが二者間で類似しているほど，朗読時の心拍シンクロニーが高いことを示す。また，発話テンポについても，一人朗読条件における生理的シンクロニーとの相関は有意ではなかった。

Table 3
RR 間隔のシンクロニーとタッピングテンポの類似度との相関係数（0.1〜0.2 Hz 区間）

条件	*r* (*p*)
一人条件	.11 (.63)
二人朗読条件（序盤）	-.44 (.05)*
二人朗読条件（中盤）	.34 (.14)
二人朗読条件（終盤）	-.60 (.01)*
自由会話条件	.10 (.98)

*$p \leqq .05$

Table 4
RR 間隔のシンクロニーと発話テンポの類似度との相関係数（0.5〜1.0 Hz 区間）

条件	*r* (*p*)
一人条件	.01 (.95)
二人朗読条件（序盤）	.10 (.67)
二人朗読条件（中盤）	-.39 (.09)†
二人朗読条件（終盤）	.42 (.06)†
自由会話条件	.07 (.76)

†$p < .10$

最後に，発話テンポについて，一人朗読条件と二人朗読条件における発話テンポ同士の比較を行った。一人朗読条件の発話テンポの差と二人朗読条件全体の音声シンクロニー（二者の発話テンポの差の絶対値）との間に，有意な相関が認められた（$r = .56, p = .01$）。また，Table 5 はペア間の個人の発話テンポの差（一人朗読条件）と二人朗読条件の音声シンクロニーの相関関係を示す。個人の持つ発話テンポは，二人朗読条件の特に中盤と終盤において有意な相関が認められた。これは，ペア間における個人の発話テンポがもとから類似していることが，二人で朗読を行った際の中盤と終盤における音声シンクロニーを促進することを示す。

Table 5
二人朗読条件の各セクションにおける発話テンポと一人朗読条件の発話テンポとの相関係数

条件	*r* (*p*)
二人朗読条件（序盤）	.30 (.20)
二人朗読条件（中盤）	.57 (.01)*
二人朗読条件（終盤）	.38 (.09)†

†$p < .10$, *$p < .05$

4. 考察

本研究の目的は，話者特性の一つであるパーソナルテンポが二者間の生理的シンクロニーに及ぼす影響を調べることであった。その結果，タッピングテンポの二者間での類似は，二人朗読条件の序盤および終盤の生理的シンクロニーと相関関係がみられることが確認された。さらに，発話テンポの二者間での類似は，二人朗読条件の中盤における生理的シンクロニーならびに音声シンクロニーと関連することが示された。

まず，タッピングテンポの類似度は，二人朗読条件の序盤および終盤において生理的シンクロニーと有意な相関を示した。中盤ではその効果がみられなかったが，中盤では一人発話時のテンポ（発話におけるパーソナルテンポ）との有意な相関が示された。これらの結果は，個人の時間的特性であるタッピングテンポや発話テンポが，二者間インタラクションの時々刻々の生理的変化に関わることを示す。とりわけ，従来の研究では，タッピングテンポと発話テンポの間には相関関係がみられるという研究が多かったが（金子・長谷川・野崎，2017），本研究の結果は，この両者が実際のコミュニケーションにおいて異なる役割を及ぼす可能性を示唆する。本研究では，二者間コミュニケーションにおける生理的シンクロニーが，朗読の始めと終わりではタッピングテンポが，中盤以降は発話テンポが，それぞれ関連することを示した。パーソナルテンポのうち，運動として表れるタッピングテンポと，音声として表れる発話テンポの役割について，今後詳細に検討する必要があるだろう。

次に，個人の発話テンポの類似度は，二人朗読条件の中盤において音声シンクロニーと正の相関を示した。大石・尾田（2006）は，話者間の発話のテンポが類似していれば，対話の初期段階からコミュニケーションが円滑に進むが，時間経過に伴いその相関係数は小さくなることを報告しているが，本研究では，それとは異なる結果が示された。大石・尾田（2006）では自由会話を課題としている一方で，朗読課題を使用した本研究においては，インタラクションの序盤では台本を読むことに集中していた一方で，中盤以降は課題に慣れ，二者のもつパーソナルテンポの影響がより反映されやすかったのかもしれない。本研究において，序盤における生理的シンクロニーの程度が小さかったことは，こうした課題の特性やインタラクション序盤にみられる両者の「気まずさ」を反映したものである可能性もある。中盤を境に終盤では生理的シンクロニーと発話特性との相関係数が小さくなるという結果は，大石・尾田（2006）の報告する結果と一致していると考えられる。

個人の持つ時間的特性としての発話テンポがもともと二者間で類似していることによって，中盤以降の音声シンクロニーが促されるという現象は，生理的シンクロニーとの関連についても同様に認められた。これは，個人の持つパーソナルテンポの一つである発話テンポが，行動として発せられる二者間の音声シンクロニーだけでなく，生理的にも関連していることを示している。今後は時系列に沿ったシンクロニーの推移についてより検討を行うことで，生理的シンクロニーと発話テンポを含む行動面のシンクロニーとの関連について解明することが望まれる。

本研究においては，個人のパーソナルテンポを表す指標としてタッピングテンポと一人朗読時の発話テンポを用い，二者間のシンクロニーを表す指標として心電図 RR 間隔のウェーブレット・コヒーレンス（生理的シンクロニー）と二者間の話者テンポの類似度（音声シンクロニー）を使用した。その結果，パーソナルテンポが二者間のシンクロニーに及ぼす影響は時々刻々と変容することが示され，序盤および終盤においてはタッピングテンポと生理的シンクロニーが，中盤においては発話テンポと生理的シンクロニーが，中盤以降においては，発話テンポと音声シンクロニーが，それぞれ関連することが示された。生理的シンクロニーが低下するインタラクションの序盤において，二者の生理的シンクロニーが，タッピングテンポが近い者同士ではより高く保たれているという結果は，インタラクションの序盤におけるある種の「気まずさ」が，こうしたペアでは解消されやすいとも考えられ，今後に向けての実践的な示唆と捉えることもできる。とりわけ興味深いのは，タッピングテンポと生理的シンクロニーの相関関係が弱い中盤において，発話テンポと生理的シンクロニー，また発話テンポと音声シンクロニーの相関関係が互いに高まるということである。このことは，タッピングテンポ，発話テンポ，生理的シンクロニー，音声シンクロニーの相互関係が，時々刻々のインタラクションに伴って変化することを示唆している。今後，こうした複数指標の相関関係の時系列変化について，取り組んでいく必要があるだろう。

タッピングテンポそのものについては，二者間相互作用によって全般的な変化はみられなかったが，ペア毎に変化のパターンをみると，二度目の測定で値が近

づくペアや離れるペアなど，いくつかの変化のパターンが確認されている。Iwanaga（1995）が報告している70〜100 bpmとはかけ離れた値も確認されたことから，タッピングテンポの測定には改善の余地があると考えられる。しかしながら，武中・奥井・小原・井上（2006）が指摘するように，パーソナルテンポは心理状態や環境に応じて変化する可能性があり，不安定な指標であることも考えられる。そのため，今後の実験においては，パーソナルテンポの測定についてはタッピングによる測定だけでなく，聴取テンポなどの異なるテンポとの組み合わせにより検討を行うことで，より多様なパーソナルテンポの定義が可能となると考えられる。今後の研究では，今回算出した生理面でのシンクロニーが，発話や身体動作等の行動面でのシンクロニーとどのように関わっているのか，またパーソナルテンポは二者間相互作用の中でどのような役割を担っているのかについて詳細に探究し，シンクロニーを支える要因の解明に貢献することを課題とする。

文献

[1] 足立 幸祐・延谷 直哉・仲谷 善雄（2011）．パーソナルテンポに基づいた会話支援システムの提案 情報処理学会第73回全国大会, *4*, 189-190.

[2] Fujiwara, K., & Daibo, I.（2016）. Evaluating interpersonal synchrony: Wavelet transform toward an unstructured conversation, *Frontiers in Psychology*, *7*(516), 1-9.

[3] Iwanaga, M.（1995）. Harmonic relationship between preferred tempi and heart rate. *Perceptual and Motor Skills*, *81*, 67-71.

[4] 金子 もりの・長谷川 千紘・野崎 とも子（2017）．日常生活における個人特有のテンポに関する一考察 千葉大学教育学部研究紀要，65，407-415.

[5] 大石 周平・尾田 政臣（2006）．話者間の精神テンポの差がコミュニケーションの円滑化に及ぼす影響——交替潜時を指標として—— 電子情報通信学会技術研究報告, *105*(536), 31-36.

[6] 杉乃原 正純・相浦 義郎・松田 俊・平 伸二 (1993) ．精神テンポに関する基礎的研究(7) 広島修大論集, *23*(2), 120.

[7] 武中 美佳子・奥井 沙智子・小原 依子・井上 健 (2006) ．心拍を基礎としたテンポのリズム聴取による生理反応に関する研究 臨床教育心理学研究, *31*(1), 43-45.

人と小型モビリティが共存する空間のデザイン：博物館・空港における歩行者・運転者間相互作用の検討

How to design space where walkers and small mobilities being together: Observation study of driver-pedestrian interaction in two types of mobility-space

田中 伸之輔，原田 悦子，伊藤 誠，矢野 博明
Shinnosuke Tanaka, Etsuko T. Harada, Makoto Itoh, & Hiroaki Yano
†筑波大学
†University of Tsukuba
{tanaka@tsukaiyasusa.jp, etharada@human.tsukuba.ac.jp}

概要

各種新型モビリティの提案を背景に，人と小型モビリティが混在する空間のデザインが問題となっている．本研究は歩車混在空間で生じるリスク，その低減行動の分析から，歩車間相互作用に影響を与える諸要因を検討するため，空港ならびに博物館でのモビリティと周辺歩行者の相互作用を観察した．その結果，運転ルール遵守もしくはコミュニケーションによるリスク低減行動が観察された．各問題点から歩車共存空間のデザインについて論じた．

キーワード：歩行者 - 車両間相互作用，歩車共存空間，リスク低減行動

1. はじめに

近年，自動運転技術等を用いて高齢者など歩行が困難な人のラストワンマイル（例：最寄り駅から自宅まで）の移動を支援しようとする取組みが様々に考案されている．このような支援において，ラストワンマイル区間の運転車両として各種小型モビリティが提案されているが，そこでは一般的に歩行者と小型モビリティが混在する空間（歩車混在空間）が出現してくる．従来の交通安全対策では歩車分離によってリスクを低減しようとしてきたのに対し，こうした歩車混在空間では，歩行者と車両の両者が，安全を保つために相互作用を行いながら，安全かつ一定以上の効率性を保って移動を可能とする空間を維持することが求められている．

こうした中，Hans Monderman は 1980 年代に共有空間（shared space）という概念を提案し，歩車融合空間の成立を目指した空間モデルのデザインという課題を提起した．共有空間では，交通信号や交通標識などを取り払うことにより，歩行者，車両などすべての交通参加者が「同等の立場で場を共有する」ことが意図されており，その提案の根本原理としてリスク・ホメオスタシス（Wilde，1982）があるとされる（伊藤，2018）．一方で，谷口ら（2012，2013）は，共有空間の本質的な要素としてコミュニケーションの重要性を強調している．実際，特に車両が自動運転機構を持つ場合に歩行者と走行車両との間のコミュニケーションを可能にするために，外向け HMI（Human-Machine Interface）という研究領域も提案されてきており，人ー車両間のコミュニケーションを基盤とした共有空間のデザインという研究も進められつつある（中鉢, 2017）．

こうした試みをさらに進めていくためには，実際の歩車混在空間において，歩行者と小型モビリティ間でどのようなリスク低減行動が生じているのか，またその中でどういったコミュニケーションが発生しているのかを検討し，それらの特性について基本的な理解を深めることが必要とされる．谷口らの研究（2012, 2013）は横断歩道という，歩車分離空間の中で異種の交通者が交差する空間的・時間的な特異なポイントにおける歩車間コミュニケーションを取り上げているが，ラストワンマイルをカバーするための新交通システムの多くは，異種の交通者が常時，広い空間領域において交差しうる空間を想定している．そうした歩車混在空間において，歩行者と車両運転者との間でどのような相互作用があり，コミュニケーションがなされているのか，またどのようなリスクの問題，リスク低減の方法があるのかは明らかにされていない．

そこで本研究では，既に先進的に小型モビリティが導入され，人（周辺歩行者）との相互作用が発生していると考えられる 2 種類の空間をとりあげ，歩車混在空間におけるリスク低減行動，歩車間相互作用，特にコミュニケーションの発生について，探索的な検討を行うことを目的として参与観察研究を行った．

本研究で取り上げた観察空間の一つは，小型電動カートサービスを提供している空港である．未だ日本国内の空港ではあまりメジャーな存在ではないが，特に広大なターミナルを有する海外の国際線空港では，ターミナル内の移動において，移動になんらかの困難を

生じている乗客（子ども連れなどによる移動困難も含む）が随時無料で利用できる電動カートが準備されていることが多い．こうした電動カートは一般の乗客が徒歩で移動するのと同じ通路を，運転手が運転操作をしながら，乗客と荷物を運送するものであり，低速のカートと徒歩移動の乗客は，文字通りの歩車混在空間を構成している．

もう一つの観察対象空間としたのは，パーソナル・モビリティ（UNI-CUB, Honda）のデモ体験ツアーが提供されている博物館であった．街中に遍在する自転車のみならず，セグウェイ，電動キックボード，セニアカー等，一人が乗車する移動車両にもさまざまな種類があるが，特にここで UNI-CUB を取り上げたのは，当該博物館内ツアーにおいて「カルガモ形式」の移動，すなわち個々別々に移動するのではなく，複数台が連なって同じルートを移動すること，その際に先頭車両にいる係員が，いわば運転者にあたるエージェントとしてルートなどを先導する役割を果たしているためであり，ここでの先導運転者と周辺歩行者との間の相互作用は，本論文で対象とする歩行者 - 車両間の相互作用に類似すると考えられたためであった．

人工物の利用はその状況の中での人と人工物の関係づけや，社会文化的な位置づけにも依存すると考えられるが，今回の空港内電動カートと博物館内のパーソナルモビリティ UNI-CUB はいずれも「未だ社会の中でありふれたものにはなっていない」希少性あるいは物珍しさにおいても同程度と考えられることから，これら 2 空間を観察対象とし，類似の方法での歩車相互作用の様子の観察を行った．両者の車両導入の目的や位置づけは大きく異なることから，異なる歩者混在空間に関する「場」の差異が，リスク低減の行動や歩車間相互作用に及ぼす影響についても検討を加えた．

2. 方法

既に小型モビリティと歩行者が混在する空間として，関西国際空港（以下，空港と略記）および日本科学未来館（以下，博物館と略記）を取り上げた．研究者数名が現地に赴き，自らが乗客として乗車体験するとともに，運行の様子をビデオカメラあるいはウェアラブルカメラで記録した．

2-1. 空港：小型電動カート

空港では，複数台の小型電動カートが用意され，高齢者や妊婦，歩行に困難のある客を中心に，随時，移動の支援を行っている．その場で申請をすれば乗車可能であり，直接に，もしくは電動カート呼出ボタンを押すことで呼び出し，乗車依頼を行うことができた．小型電動カートの最大乗車人数は 3 名であり，前方に運転者 1 名，後方に客 2 名が乗車可能であった（図 1）．運行エリアは，国内線航空機乗客のみが利用する国内線「ゲート内」，および飛行機を利用しない一般客も利用可能な「ゲート外」の 2 種があった．調査当日は，ゲート内の調査として国内線ゲートエリアを南北に走るルートを，ゲート外の調査として，空港内を最も長く走るルート（国内線到着出口から，各航空会社の受付カウンター前を通り，鉄道駅まで向かう往復ルート）を調査の対象とした．所要時間について，ゲート内は片道のみ約 7 分，ゲート外は往復約 10 分であった．小型電動カートの運転者（スタッフ，乗客）と運行エリア内を見学している歩行者（空港利用者）の相互作用を観察するため，乗客として乗車した調査者ならびに運転者がウェラブルカメラ（Panasonic HX-A500）を装着し，撮影を行った．また他の調査者が手持ちカメラにより小型電動カートを含む周辺状況を撮影した．調査の前後に，運転手や運営スタッフを対象として小型電動カートの運行についてのインタビューを行った．調査日時は，2019 年 7 月 8 日（月）午後であった．なお，空港調査を行った日時は，ゲート内の客数が少なく，分析対象となるイベントがほとんど発生しなかったため，ゲート内ルートについては分析から除外し，ゲート外ルートについてのみ分析対象とした．

2-2. 博物館：UNI-CUB ツアー

UNI-CUB は本田技研工業株式会社が開発した小型モビリティであり，椅子に座った状態で，体を傾けることによる重心移動で運転操作を行う（前に体を傾けると前進し，左右に傾けると方向転換をする）．博物館では，来館者が申し込みにより，UNI-CUB に乗車して館内を回る体験ツアー（有料）が実施されていた．体験ツアーでは 4 台の UNI-CUB が連なって移動するものであり（図 2），先頭の 1 台にはツアー担当スタッフが，それ以後の 3 台には一般参加者が乗車した．4 台の UNI-CUB の後ろには，徒歩でツアースタッフがもう 1 名随行し，UNI-CUB ツアーと他の客との調整等を行っていた．本調査では最も時間が長く，徒歩来館者の間を運転する必要がある「博物館の常設展内を 1 周するコース」（約 45 分：図 3）ならびに，館外周回を含む体験ショートコース（約 15 分）を調査の対象とした．所要時間は，出発前の UNI-CUB の基本的な操作方法を練習する

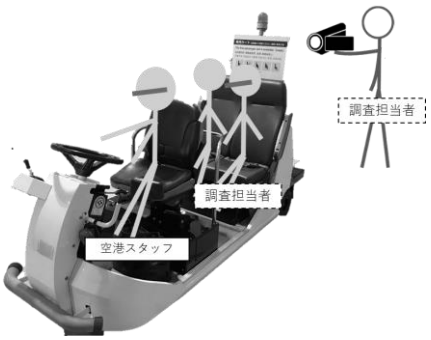


図 1　空港-小型電動カート調査の様子

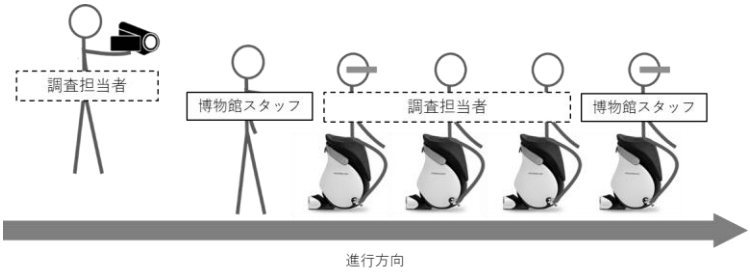


図 2　博物館-UNI-CUB ツアー調査の様子

時間も含めたものであった．UNI-CUB の運転者（先頭を走るスタッフならびに一般参加者）と館内を見学している他の歩行者（来館者）の相互作用を観察・記録するため，先頭のツアースタッフと，最後尾の調査担当者にウェアラブルカメラを装着した．また，UNI-CUB と歩行者の相互作用の全体像を記録するため，手持ちカメラを持った研究者 1 名が，最後尾から運行の様子をビデオカメラで記録した．ツアー中ならびに事後に，博物館関係者およびツアースタッフに対して UNI-CUB ツアーの運行についてインタビューを行った．調査日時は，2019 年 5 月 11 日（土）午後であった．なお体験ショートコースにおいては，周辺に他の来館者がいないコースが選択されていたため，分析対象からは除外した．

3.　結果

3-1.　分析方法

いずれの調査においても，3 本のビデオ記録がなされた．すなわち，運転者（電動カートの運転手，UNI-CUB ツアーでの先頭車両に乗るツアースタッフ）ならびに後ろに乗客として参加した研究員のウェアラブルカメラ動画，さらに車両全体の背後から全体像を記録したビデオカメラ動画であった．3 本の動画を同期化し，ELAN を用いて分析を行った．調査に参加した研究者がこの動画を見ながら，各対象空間での運転者と周辺歩行者との間の相互作用の特徴を抽出し，リスク回避・低減にかかわる要因・行動や，リスク回避・低減が実現しきれていない現象，その結果生じた問題について，検討した．また，調査前後に行った関係者へのインタビューについても検討を加えた．

3-2.　リスク低減のための行為，方略

3-2-1.　空港

–小型電動カート運行におけるリスク低減の要因・行動

担当部局の説明から，小型電動カートのゲート外運行ルートは，多くの歩行一般客が移動する最短ルート（鉄道駅から搭乗口，あるいはその逆のルート）ではなく，「遠回りをするルート」に定まっていることが示された．その根拠として，小型カートの運行ルートは「一般客の移動を妨げない」ことを重視しており，歩車相互作用におけるリスク低減のために，遠回りルートが選択されていることが指摘された．加えて「そこに電動カートがいること」を示す信号として，移動中は常に一定のオルゴール音楽を流していることも，電動カートと歩行一般客との間の相互作用上のリスクを回避するための工夫と考えられた．

–歩行者との相互作用場面におけるリスク低減行動

実際に利用客として電動カートに乗車している間に，何らかのリスクを回避するために，運転者がスピードを落とす，あるいはルート変更する行動が見られた．動画において当該行動を確認したところ，3 回の明確な行動がみられた．具体的には，1) 小型カートが空港外高架橋を渡る際，歩行者の進路が重なったため，安全確保のために小型カートが減速，進路変更した事例，2) 空港内で小型カートが右折する際，進行方向に歩行者が滞留していたため大回り（迂回）した事例，3) 子どもが進行方向を横断していたため減速し，子どもが進路から離れるのを待ってから進んだ事例，がみられた．

事後のインタビューにおいて，ゲート外ルートでは運転者から周辺の歩行者に対して「一切の声かけをしない」こと，警報を鳴らす機能はついているが，利用することはないこと，リスクがある場合，原則カート側が止まってリスクがなくなるまで待つこと，との言及がされた．それに対し，ゲート内ルートでは「乗りますか」とサービス提供の声かけを行っているとの発言があり，ゲート内外での一般客の相違（歩行者の属性：航空機乗客のみか，非航空機乗客である一般者を含むかどうか）

がリスク認知・低減行動様式の原因として存在する可能性が示された.

3-2-2. 博物館

-UNI-CUB ツアー運行におけるリスク低減の要因・行動

博物館内を巡るツアーとしては,「1 階受付からエレベータで 5 階まで上がり, 展示を見学する. その後, オーバルブリッジで3階まで下り, 展示を見学した後, エレベータで 1 階までおりる. 受付に戻って終了（図3)」という一定のルートが取られていた. このルートはいずれの通路も一般客も多数見学・移動をしている空間であり, その中での移動ならびに見学をする際に, 常時, 先頭車両のツアースタッフ, ならびにツアーの最後を徒歩で随行するスタッフが, 周辺の客との間の相互作用について注意を払っていた（例：ツアー参加中の UNI-CUB が一定以上の空間を占拠しないように, 列を詰める, など). さらに,「こちらが空いているので」といった発話を行うことで, 多少なりとも滞留人口密度の低い方向へツアー全体を方向付けるという行動も見られており, 空港と同様, リスクを低減するための進路選択行動が見受けられた.

博物館内ツアーにおいて, 空港電動カートと大きく異なる点として, 運転操作が個々のツアー参加客に依存しているという点がある. この点への対応として, 脱落者や操作トラブルが無いよう, スタッフが常時留意している様子が見られた（追従に遅れがないかどうかを, 後ろを振り返って確認する, メンバー間の距離が開いてくるとスピードを落として待つ, など).

周辺の一般見学客との相互作用において, 際立っていたのは, 列の先頭にいるツアースタッフが頻繁に, 歩行者（一般来館者）へ話しかける行動をとっていたことであった. この行動はリスクを低減させる機能を担っていると考えられたため, 詳細な分析を行った.

-リスク低減行動としての歩行者への声かけ

歩行者への声かけ行動として, 先頭車両のツアースタッフが歩行者（一般来館者）一般に向かって広く声をかける行動のことを指すものとした. 例えば,「こんにちは」や「こんにちは, UNI-CUB というロボットです」「こんにちは, HONDA が開発した UNI-CUB というロボットです」といった声かけ行動である. 中には,「重心移動で操作していまーす」というように, UNI-CUB が特別な操作方法で動くモビリティであり, きめ細かく歩行者をよけることは難しい（すなわち歩行者によけてほしい）ことを示唆するような声かけも行われていた. これらは特定の個々の見学客に向かって行われるというよりは, その空間にいて声が聞こえるであろう一般見学客全体を対象としている発話であるように見受けられた.

歩行者への声かけ行動について, そのタイミングと発話内容を書き起こしたところ, 博物館では 17 回の声かけ行動が生起していた（同様の声かけは, 空港では 0 回). 声かけ行動は博物館でのみ特徴的にみられる行動であることが示された.

次に, 声かけ行動の発話内容について, その内容を分析したところ,「こんにちは」のみであったものは 17 回中 7 回,「こんにちは」に加えて UNI-CUB の説明（例「UNI-CUB というロボットです」「HONDA の開発し

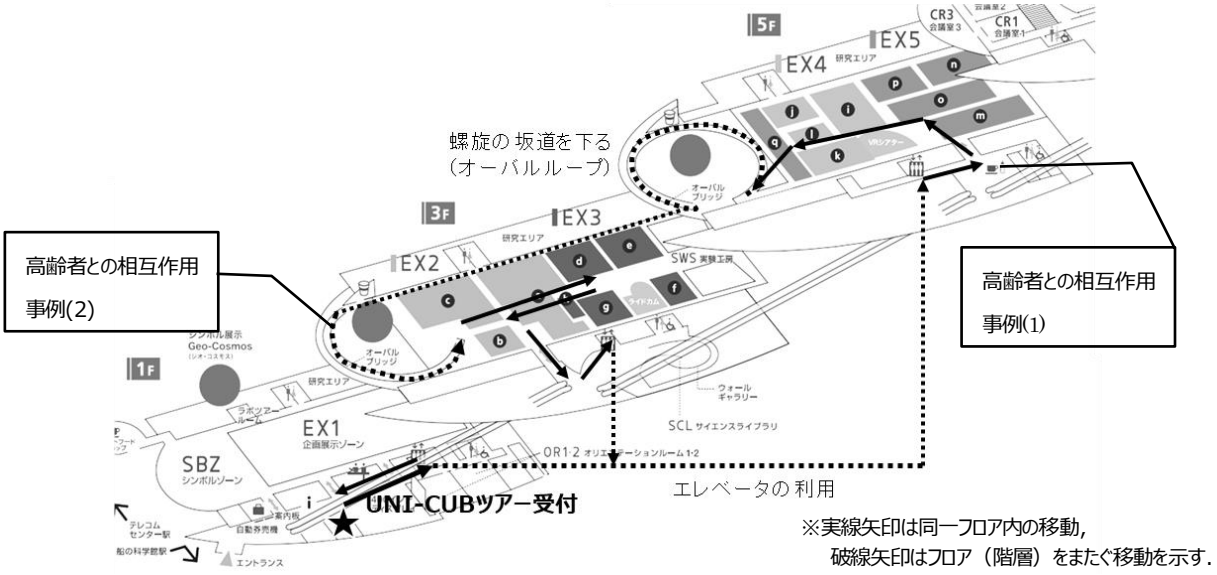


図 3 UNI-CUB ツアーの詳細

たUNI-CUBというロボットです」）が加わったものは17回中10回であった.

こうした声かけ行動は，展示会場入り口などの特定の場所で必ず実施するといった，機械的なルールに基づくものではなく，UNI-CUBツアーの周囲約1m以内に来館者がいる，あるいは進行方向に来館者が密集しているなどの状況で発生していた. これにより, 声かけ行動は，UNI-CUB列が進行困難な状況において，歩行者の注意をUNI-CUBに向けるために, さらには歩行者の移動を促してUNI-CUBの進路を確保するために用いられていた可能性が高いと考えられる. そこで, 実際に声かけ行動がUNI-CUBの進行が困難になった状況で行われていたのか, あるいは, 進行方向に多くの人がいる状況ではない場面で行われたのかをコーディングし，上記の発話内容による分類ごとにカウントを行った（表2）. その結果,「こんにちは」のみの声かけはUNI-CUBが進行可能な場合に発生しているのに対し,「こんにちは」の後に説明が加わった, すなわち「より長い」声かけの際にはUNI-CUBの進行が困難な場合により多く発話されていた（直接確率, p<.01）. これより，博物館スタッフが2種類の挨拶を使い分けていること,「こんにちは」に説明情報を追加する声かけは, 挨拶機能（コミュニケーションとしての挨拶をする）だけでなく通行困難を解消するために，UNI-CUBに歩行者の注意を向けさせる機能を意図しており，その結果として「UNI-CUBの進行通路からどいてもらう」という機能を期待している様子が示唆された.

しかし，その一方で，進行困難な状況で「『こんにちは』＋説明」の声かけを行った際，来館者が直後に明確に道を譲る行動を見せた回数は8回中3回のみであり，必ずしも多くはなかった.「こんにちは」に説明を追加する声かけは，通行困難を解消する機能をもっている可能性はものの，それが必ずしも聴き手に対して直接的・顕在的な効果を生んでいるのではなく, その結果として，すべての回において通行困難を解消することができているわけではないことが示された. その反面, こうした一見非効率な方法を用いることで,「強制的に進路を開ける行動を取らされた」といった, 一般客からの認識を生まずに進路を確保できるものと推測された.

3-3. 高リスク場面はいつ生じているか

3-3-1. 高負荷の歩行者としての子ども

本研究で対象として取り上げた２つの歩車混在空間での観察において, 車両・歩行者のいずれかに危害が加わるような危険場面は存在しなかった. しかしその一方で, 歩行者が運転者の運転操作・ルートを妨害するような場面（運転者が運転に困難を感じるような場面）はいくつか存在していた. 本研究では, 特にそうした運転妨害行為の機会の多い歩行者として, 子ども（小学生以下とみられる歩行者）ならびに高齢者を取り上げて結果を報告する. 具体的には, 1)子どもと小型モビリティ間に相互作用があり，さらにその中でも 2)運転者がブレーキをかけた場面を，運転行為が妨害された場面として抽出した.

まず, 1)に該当する場面, すなわち, 子どもが小型モビリティをじっと見ていたり，小型モビリティに向かって歩いてくる/走ってくるなどの相互作用がみられた場面を抽出した結果，博物館では17回，空港では1回の場面が観察された. 博物館でのケースは, 先頭車両のツアースタッフのみではなく，その後ろに追随している参加者（本研究ではいずれも研究者）における場面も含まれている. その中で, 2)小型モビリティ運転者がブレーキをかけた場面にも該当するものは，博物館で3件存在した（うち2件は，UNI-CUBを停止させるために足を地面につける急ブレーキ）. また，ブレーキまで至らなかったものの，速度を落とした／方向転換を行った場面が博物館で5件存在していた. 空港における子どもとの相互作用は前述の「運転者による進路変更」の事例である.

これらに対し, 博物館では, 子どもの運転妨害行為を親が抑制する場面が見られた. 具体的には，UNI-CUBの列に割り込んでいこうとする子どもの体を，親が明確に押さえて静止させる場面が3回みられた. こうした状況では親が子どもの傍らにいるため，親と運転者の間でアイコンタクトなど，コミュニケーションがなされて両者が協調することで，ブレーキをかけるような事態が回避された可能性が高い. 逆に言えば, 単独の子どもが周辺歩行者として存在する場合, 子ども（歩行者）と運転者との間でのコミュニケーションが図られ

表2　博物館における声かけ行動（全17回）の内訳

	進行困難	進行可能
「こんにちは」のみ（全7回）	0	7
「こんにちは」＋UNI-CUB説明（全10回）	8	2

ず, 双方の意図共有がなされないために, 危機回避行動は運転者が一方的にとる必要が出てきたと考えることができる.

3-3-2. 高負荷の歩行者としての高齢者

次に運転者の運転行為を妨げる機会が多い歩行者として, 高齢者との相互作用を取り上げた. 前節と同様, 高齢者と判断される周辺歩行者と小型モビリティの間に相互作用があった場面を抽出したところ, 博物館で4回（空港では 0 回）の場面が抽出された. 単独の子どもに対する場合のような, 運転者がブレーキをかける等の事態は発生していないが, こちらにおいてもリスク場面, あるいは運転困難状態がみられた. 以下に事例を一つ示す.

博物館において, UNI-CUB の列が, エレベータを降りて, 5 階展示スペースに向かう道は, 休憩スペースを通り抜けるため, 混雑する道であった（図 3 中, 高齢者事例(1)とする）. その道を通り抜ける際, UNI-CUB の進行と対向して歩いてくる高齢者が近づいてきた. 高齢者は他の来館者に比べると, 近い位置まで接近したため, 列の 2 番目（すなわち先頭の博物館スタッフの後ろ）に位置していた運転者（ツアー参加者）は驚いた顔をして, 高齢者とは逆側に重心を移す動作（高齢者と逆側に進もうとする動作）をした. これは歩行者の UNI-CUB への接近に対して, 運転者がリスクを感じたための進路変更と考えられ, リスク回避行動であり, その際には運転者の困難状況（負荷の高まり）があったといえよう.

この原因として, 人は加齢に伴って二重課題などの複雑な課題遂行が難しくなることがあり, 本事例の場合には, 周囲に注意を向け, 安全な距離をとりながら歩行することが難しい状況にあったものと推測される. 本事例の高齢者は海外からの旅行者であり, 道に迷っていた様子（事例発生直前に地図を眺めていたことから推測）が行動から伺われ, さらに「何かがうまくいっていない」ことを示唆する厳しい表情を取っていた. 「外国語」である日本語の処理や地図理解により注意を奪われた高負荷状態にあったことも推測される. 加齢変化により処理資源が少なくなり, さらに, 言語処理やサイン理解に処理資源が費やされ, リスクの高い接近行動が生まれた可能性が考えられる.

この事例以外でも, 高齢者との相互作用として抽出されたものとして, 接近行動が得られた. 具体的には, UNI-CUB の列が 5 階から 3 階まで, オーバルブリッジと呼ばれる狭いらせん状の通路を通った際に生じている（図 3 中の高齢者事例(2)）. この通路は, 登り・下り各 1 列の歩行者が行き来できる程度の幅であり, UNI-CUB と歩行者 1 名が並ぶとスペースが埋まってしまう状態にあった. この通路を下降通行中, UNI-CUB と若年成人の歩行者がすれ違う状況において, 1 名の高齢者が最後尾の UNI-CUB の後ろから割り込むように両者の間に入ってきた. そのため, 若年の歩行者・UNI-CUB 双方がその高齢者に道を譲るように進路の調整を行っており, リスク回避行動が観察された. 高齢者は次の, すなわち後ろから 2 番目の UNI-CUB を追い抜いた時点で, やっと UNI-CUB に目を向け, その存在を認識したようであった. この事例においても, 高齢者が何らかの認知的負荷の高い状態にあり, 周囲の状況に注意を向けることが十分にはできず, 運転者や他の歩行者とのコミュニケーションをとることが困難になり, リスクのない形での進路決定に失敗した可能性が高いと考えられる.

ここで抽出された高齢者の事例はいずれも「UNI-CUB との間に何らかの直接の相互作用が観察された場合」であり, 歩行者としてのすべての高齢者に同様の現象がみられるものではない. また若年成人であっても, 何らかの条件がそろった場合にはこうした高リスク自体が起こりうると考えられる（たとえば, 災害時や何らかのパニック状態）. 歩車混在空間での行動デザインとして, 歩行者における認知的負荷をいかにとらえ, またそのコントロールの可能性があるならばどのように実現をしていくか, 検討する必要性があることを示唆していると思われる.

4. 考察

現時点で小型モビリティが利用されている 2 つの空間におけるモビリティ（の運転者）と周辺歩行者との相互作用を検討したところ, 博物館では運転者が歩行者に声かけ行動を行い, 場合によっては, 歩行者に UNI-CUB の進路から移動してもらいながら, 運行が行われていた. これは, 谷口ら（2012,2016）らの述べるように, 運転者と歩行者がコミュニケーションを通して, 相互に配慮し合いながらリスク低減を実現していたといえるだろう.

一方で空港では, このようなコミュニケーション行動は 1 回も行われていなかった. その背景には, 空港の「お客様（歩行者）へ移動をお願いすることはなく, すべて車両側が配慮を行う」という“お客様中心の文

化”が影響していたものと推測される．実際，車両側は歩行者の隙間を縫うように進む配慮を行っており，歩行者側には配慮を求めていなかった．例えば，電動カートの進行方向上に歩行者が割り込んできたとしても，車両側（運転者）は何らの表出を行うことなく，進路を変更しており，また電動カート進行方向上にスマホを見ながら立っている歩行者がいた場合も声かけをすることはなく，回避をする大回りの進路をとるという走行がみられた．また，調査後のインタビューにおいても，運転スタッフから歩行者には声かけをせず，車両側が最大限の配慮をするとの発言が得られた。

このように２つの歩車混在空間では方向性の異なるリスク低減方略が取られており，博物館では運転者と歩行者が相互に配慮し合う空間への移行を意識した声かけ，空港では運転手側が最大限に配慮をし，またその配慮ができるようなルート選択など，車両側の行動がリスク低減の鍵とする方略がとられていたと言えよう。

この背景には両空間の場としての目的や，制度・文化の差異が大きく影響していたと考えられる。博物館は科学技術について知る場であり，館内ではスタッフが展示物を説明したり，イベントが行われたりと，科学コミュニケーションの場としての目的が明示化された場であった。また一般客もそうした科学技術の話題に触れ，知識を得ることを目的として来場しており，そのためにあらかじめ，場を運営する博物館側スタッフとのコミュニケーションを受け入れる枠組みを持っていたように思われる．さらに，モビリティ車両自体が一つの展示物としての価値を持っていることからも，「声かけが，単なる強制的な移動への協力ではないコミュニケーション事態となっている」ことが有効に機能しているものと考えられる．すなわち，歩行者・運転者間のコミュニケーションを促進し，声かけに代表されるコミュニケーションが配慮の均衡をもたらすために，このような場が持つ文化，社会的相互作用の目的性が機能していたと推測できる。

その一方で，空港では歩行者は「お客様」であり，お客様に不快な思いをさせないよう，あるいはできる限りクレームのリスクを下げるように，という社会的背景を有していた。その結果として，歩行者に声をかけるのではなく，車両側が一方向的に配慮を行うというアンバランスな運行形態が生まれたものと推測される。このような配慮のアンバランスさは，運転者の負荷を増大させると考えられるが，同時にこうした小型車両を利用する乗客にとっても，自分が電動カートに乗っていることを「申し訳ないと感じる」状況を生み出している可能性がある。実際，小型電動カートに乗車した調査担当者はいずれも，電動カート自体が歩行者の合間を縫うように通行していく際に，「肩身が狭い」と感じたことを報告していた。そうした影響は，結果的に準備された小型車両によるサービスを利用することを抑制することになる可能性があり，今後検討していくべき課題側面を示したものと言えよう．

このように，本研究から，人と小型車両が混在する空間で，その安全かつ効率的な運行のためには，モビリティのデザインだけでなく，それらが運用される空間や場の制度・文化，そこにいる人にとっての目的性などが強く影響していることが示され，有効な歩車共存が可能になる空間デザインのためには，そうした空間の目的等も考慮しながら，場の制度・文化を含んだデザインの必要があることが示された。ここで推定された共有空間のデザインに影響を与える諸要因が，実際に歩行者・車両側の配慮/負担のバランスを変更していく効果があるか否か，また，そこでのコミュニケーションの可能性とそれ以外の要因によるリスク低減行動との関係性について，さらに検討をしていく必要性が示唆されたと言えよう．

また特に今回の調査において，高リスク状態をもたらし，運転者の運転負荷を高める要因として，相互配慮あるいはコミュニケーションを行うことが困難な状況にある歩行者として，子どもおよび高齢歩行者を取り上げた．子どもは小型モビリティあるいはその運転者が持ちうるリスクに対する理解・認識が十分ではないこと，高齢者は何らかの理由・状況により，認知的負荷が高い場合に，容易に「今そこにある」モビリティに対して適切に注意を向けられない，あるいは，コミュニケーションをとる余裕がなくなる状態に陥る可能性があることから，車両側が一方的に，ブレーキをかける・方向転換をするなどのリスク低減行動を取る結果となっていた．その一方で，特に子どもについては，そこに親（あるいはそれに代わる成人歩行者）が共にあれば，車両側とのコミュニケーションをとることができ，リスクの発現が抑制できていた点は重要であろう．今後は，子どもであれ，高齢者であれ，何らかの理由で運転者（車両）とコミュニケーションをとることが困難な場合に，どのような認知的な支援，資源を準備することによって，相互配慮あるいはコミュニケーションによる低リスクの歩車相互作用が可能になるか，まさに空間あるいはモビリティのデザインが問われる問題がある

ことを示したと言えよう.

本研究はごく少数の事例空間を対象とした，極めて短時間の観察，少数の事例に基づく探索的な検討ではあるが, 今後の歩車融合空間のデザインに向けて, 検討すべきいくつかの要因（歩行者の特性や目的，空間・場の制度や文化, 人や場ごとのリスク低減要因・行動等）を明らかにできた. 今後こうした仮説について, 多様なモビリティや空間などに対象に広げながらさらなる検討を深めていくことが望まれる.

謝辞

本研究はJSPS科研費 JP19H00806の助成を受けて行われました．調査ならびに議論に参加した研究者メンバーの皆様に感謝します. また, 調査の実施にあたり，日本科学未来館および関西国際空港のスタッフの皆様, 国立研究開発法人　海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所の皆様に多大なご協力いただきました．記して感謝申し上げます.

文献

[1] 伊藤誠　(2018). ドライバーのリスク解析, 計測と制御, 57, (6), pp. 426-431.

[2] Wilde, G. J. S. (1982). The Theory of Risk Homeostasis – Implications for Safety and Health, Risk Analysis, 2, pp.209-225. Wilde, G. J. S., (2001). Target Risk 2: A New Psychology of Safety and Health, Toronto, Ontario: PDE Publications. （芳賀繁（訳），交通事故はなぜ起きる：リスク行動の心理学, 新曜社, 2007.）

[3] 谷口綾子・吉村聡哉・石田東生 (2012). 車両と歩行者・自転車間のコミュニケーションによる協調行動の生起に関する研究. 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 68(5) (土木計画学研究・論文集第 29 巻), I_1115-I_1122.

[4] 谷口綾子・田辺太一・井料美帆・宮川愛由・小嶋文　(2016). ドライバーの協調行動促進に
歩行者コミュニケーションが及ぼす影響. 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 72(5) (土木計画学研究・論文集第 33 巻), I_1241-I_1247.

[5] 中鉢良治 (2017).「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）・自動走行システム」自動走行システムの実現に向けたHMI等のヒューマンファクタに関する調査検討, http://www.sip-adus.go.jp/rd/h28/cabinet.html

上演芸術における Multi-channel Coordination Dynamics：ブレイクダンスのバトル場面における演者間協調

Framework of Multi-channel Coordination Dynamics in Performing Arts: Interaction among Expert Dancers in Their Battle Scene

清水 大地[†]，岡田 猛[†]
Daichi Shimizu, Takeshi Okada

[†] 東京大学大学院教育学研究科
Graduate School of Education, The University of Tokyo
tothefuture0415@yahoo.co.jp

概要

演者間の関わり合いは上演芸術の魅力の一つとされ，社会的起源との関係性も指摘されつつある．近年，同期理論によるアプローチが行われているが、複数の表現チャンネルの協調とその対応に関する検討は十分に行われていない．本研究では、この複数チャンネルにおける動的な関わり合いを捉える枠組み（Multi-channel Coordination Dynamics）を提案し，熟達したダンサーのバトル場面を対象にその有用性を検討した。特にリズム運動と空間内の移動とに着目し，協調の様相や対応関係を位相解析により検証した．結果、各チャンネルにおいて協調が生じること、協調間に高次の対応が見られること，協調・対応関係が文脈の変化により変化することが示された。以上は，本枠組みの有効性を示す結果と考えられる．

キーワード：同期，演者間協調，Multi-channel Coordination，ブレイクダンス，競争的文脈，位相解析

1. Introduction

1．1．上演芸術における演者間インタラクション

ダンスや音楽演奏といった上演芸術では，演者は他演者と活発に関わり合いながら魅力的なパフォーマンスを披露する．その複雑な関わり合いの様相を構築・提示する部分に，上演芸術の大きな魅力が含まれているという主張も行われている（Bailey, 1980）．また近年では，その演者間の関わり合いに上演芸術の社会的起源が存在するという点が主張されつつある（Fitch, 2006; Merker, 2009, 2015; Ravignani, Bowling, & Fitch, 2014）．数多くの参加者で場を共有し，ダンスや音楽演奏に取り組むことは，参加者間の関係性を深め共同体の結びつきを強くする．以上の特徴を有するため，上演芸術が数多くの社会・文化に偏在するようになったとする主張が提案されている．実際に音楽演奏やダンスに複数名で取り組み，振る舞いや演奏を共有することで，参加者間の親密度が高まることは実証的にも示唆されている（Kirschner & Tomasello, 2010; Weinstein, Launay, Pearce, Dunbar, & Stewart, 2016; Wiltermuth, & Heath, 2009）．

近年では，以上の演者間の関わり合いについて，同期・協調の理論を適用してその様相を定量的に検証する試みが行われようになってきた（Walton, Richardson, Langland-Hassan, & Chemero, 2015; Walton, Washburn, Langland-Hassan, Chemero, Kloos, & Richardson, 2018; Washburn, DeMarco, de Vries, Ariyabuddhiphongs, Schmidt, Richardson, & Riley, 2014）．同期・協調の理論とは，複数の物体・個体間に見られる同期の様相（時間的に明確な対応の見られる類似した振る舞いの生起．例として非常に近接した時間に類似した振る舞いを行う同位相同期や交互に類似した振る舞いを行う逆位相同期が挙げられる）を線形・非線形の時系列解析（相互相関やクロスウェーブレット解析，位相解析や交差再帰定量化解析など）を通して定量的に検討するアプローチである（Fujiwara & Daibo, 2016; Okazaki, Muraoka, & Osu, 2019; Strogatz, 2002）．上記した試みを整理すると，演者間の同期・協調を検討する際に 2 点の興味深い要素に着目する必要があることが推測される．

1 点目の要素は，協働的・競争的といった演者らの関わり合いが営まれる文脈である．先行研究では，これらの文脈により協調の様相が大きく変化しうることが示唆されている（Keller et al., 2017; Shimizu & Okada, under review）．例えば Keller et al. (2017)では，ドイツの伝統的な青少年のコーラス団における歌声に関する協調の様相を検討した．そこでは，同世代の異性が偶然彼らのパフォーマンスを鑑賞するという歌手間の競争を強めた状況を設定し，その他の状況におけるパフォーマンスとの比較を行った．結果として，最も低音のバスパートの歌手らが他のパート（ソプラノ，アルト，テノール）との協調を維持しつつも，個々の歌声をより強調して披露する様相が観察された．また，Shimizu and Okada (under review)では，ブレイクダンスのバトル場面という競争的な文脈における熟達したダンサー間の協調を検討している．そこでは，2 名のダンサーがリズム運動を

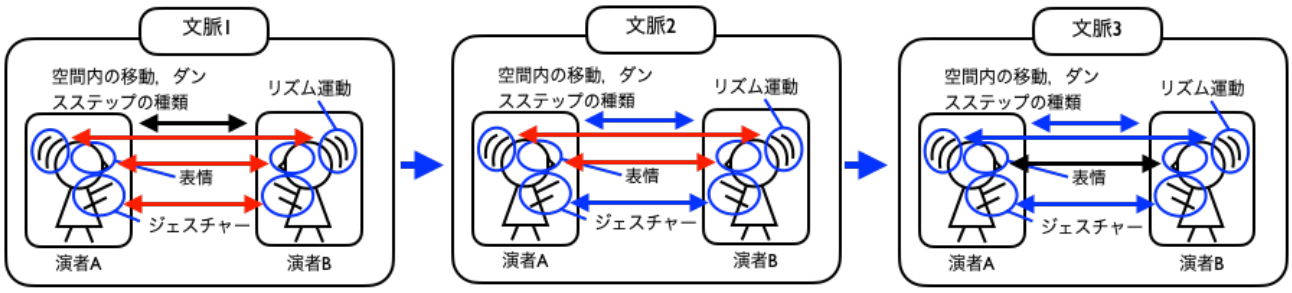


図1．提案するMulti-channel Coordination Dynamicsの枠組み．演者らは複数の表現チャンネルを協調させ，包括的な協調の様相を構築する．そして，それらを動的に変化させながらパフォーマンスを披露する．赤矢印は同位相による同期（類似した協調関係）を，青矢印は逆位相による同期（反対に対応した協調関係）を，黒矢印は明確な協調が見られない様子を示す．上では，文脈が1から3に変化するに連れ（時間が経過するに連れ），同位相同期による包括的な協調が徐々に逆位相による包括的な協調へと入れ替わっていく様子を示す．パフォーマンス場面が盛り上がり，より演者間に競争的な意識が生じていった場合に上記の変化が生じると推測している．

互いに反対のタイミングで披露し合う逆位相同期の様相が観察されることが示された．また以上の協調の様相は，文脈の変化により動的に変化する様子が伺われた．競争的文脈の比較的弱いパフォーマンス開始前・終了後では，両ダンサーは同位相同期でリズム運動を披露する様子が見られた．一方で競争的文脈の強いパフォーマンスの最中では，両ダンサーは逆位相同期でリズム運動を披露する様子が観察された．以上を踏まえると，競争的な文脈において演者らは，互いに振る舞いの一部（例えば頻度）を一致させつつ，異なる部分（例えばタイミング）を互いに反対にずらす逆位相同期の協調を構築することが予想される．特に，Shimizu and Okada (under review)では，この一致と差異を同時に含んだ振る舞いを互いに行うことで，個々のパフォーマンスをより強調していた可能性が推測されている．

2点目の要素は，複数の表現チャンネル（媒体）における演者間の協調である．例えば，Walton et al. (2015, 2018)では，即興的な音楽演奏場面におけるピアノ奏者2名間の振る舞いの協調について，複数の身体部位（頭・右腕・左腕）を対象に検討した．そこでは，両者の右腕間の協調と左腕間の協調とが，それぞれ同位相同期といった類似した様相を示す場合もあれば，互いに異なる様相を示す場合もあることが観察された．同様に，タンゴダンスペアにおけるダンサー間の頭の動きの協調と姿勢の協調とを検討したKimmel et al. (2015)では，上記の部位双方に時として同位相同期による協調が観察されることが示唆されている．これらの研究は，明示的な検討・考察は行っていないものの，演者間の関わり合いを十分に捉えるためには，その複数の表現チャンネルにおいて生じる協調の様相（共通点・差異）に着目する必要があることを示すものと捉えることが出来る．実際に，バトル場面においても，ダンサー達は互いに表情，ジェスチャー，ダンスの動きの種類，といった多様な表現チャンネルを用いて活発に関わり合いを営む様子が観察されている（清水・岡田，2013; 清水・岡田，2017）．演者らは，時としてこれらの複数チャンネル間に類似した協調を構築し，全体として整合的かつ一貫した協調の様相を生成する場合が見られるだろう．また，別の場面においては，複数チャンネル間に異った協調を構築し，それらの差異を対比させることで観客に何かしらの違和感を提示する場合もあると推測される．以上のように演者らは，包括的な協調の様相を構築しそれを動的に変化させることで，観客の注意を引きつけ魅力的なパフォーマンスを披露している可能性が窺われる．またこの包括的な協調の様相は，上記した協働的・競争的といった関わり合いの文脈に応じて，その様相を大きく変化させると予想される．

1．2．本研究の提案する枠組みと目的

本研究では，以上の現象を捉えるための枠組みとして，Multi-channel Coordination Dynamics の枠組みを提案する（図1）．上記の枠組みでは，演者間の関わり合いにおいて以下の過程が生じること，それらの観点に着目した検証を行うことが関わり合いを十分に捉えるために重要であることを提案している．例えば，協働的・競争的といった文脈は，演者らの複数の表現チャンネルにおける協調の様相に強い影響を与え，その振る舞いを一定程度規定する（Keller et al., 2017; Shimizu & Okada, under review）．これらの複数チャンネルにおける協調の様相には，一定の共通点・差異が見られ，時に一貫したもしくは対比された包括的な協調の様相が形成される．そして，これらの包括的な協調の様相は，文脈の変化や各チャンネルにおける協調間の相互作用等に応じて動的に変化していく．我々は，この包括的な協調の様相とその動的な変化が，演者間の関わり合いの本質的な特

徴であり，観客を魅了する重要な 1 つの側面であると考えている．

本研究では，この枠組みの有用性を確認するために．以下 4 つの仮説を実際の演者間の関わり合いの場面を対象に検討する．1 : 演者らは複数の表現チャンネルを協調させつつパフォーマンスを披露する．2 : 以上の複数チャンネルにおける協調は互いに何かしらの対応関係を有している．3 : 以上の複数チャンネルにおける協調は文脈の変化により動的に変化する．4 : 2 の複数チャンネルにおける対応関係も文脈の変化により動的に変化する．なおこの枠組みは，将来的に上演芸術における演者間の関わり合いを捉える上での貴重な視点を提供することが予想される．例えば，以上の包括的な協調の様相やその動的変化に関して異なる表現領域において見られる差異を線形・非線形時系列解析によって検討することで，領域間の関わり合いの特徴の差異を共通した枠組みで定量的に検証することが可能となる．また，各領域内において熟達者による関わり合いと初心者による関わり合いとを比較することで，観客をより魅了する関わり合いの特徴を抽出すること，そしてそれらの情報を教育場面・育成場面等において利用していくことが可能になると考えている．

本研究では，特にブレイクダンスのバトル場面における演者間の関わり合いに着目して以上の仮説を検討することとした．ブレイクダンスでは，2 名もしくは 2 チームのダンサーが活発に関わり合いながらパフォーマンスを交互に披露し，その優劣を競い合うバトル場面が歴史的・形式的に領域に深く根づいている（OHJI, 2001; Watkins, 2006）．また先行研究において，その場面におけるリズム運動といった振る舞いの協調について，定量的に検討可能であることが明示されている（清水・岡田，2017; Shimizu & Okada, under review）．以上を踏まえ，本研究ではブレイクダンスのバトル場面を対象として上記の検討を行うこととした．

特に本研究では，ダンサーのリズム運動と空間内の移動という 2 つの表現チャンネルに着目し，上記 4 つの仮説を検討することとした．先行研究では，ダンス領域においてリズム運動は表現の中心を成す要素であることが示唆されている（Miura et al., 2011: OHJI, 2001; Watkins, 2006）．実際にブレイクダンスにおいても，著名な評価体系の 1 つである O.U.R. System において，リズムは重要な評価基準の 1 つとして明記されている．また，空間内の移動やそれによってもたらされる空間上の位置関係は，人々のコミュニケーションを潜在的に規定する要素であることが，パーソナルスペースの理論により長期的に提案・検討されてきた（e.g., Hall, 1966; Kennedy et al., 2009）．以上を踏まえると上記の 2 つのチャンネルは，バトル場面におけるダンサー間の関わり合いを捉える上で適切な対象と考えられた．

2. Methods

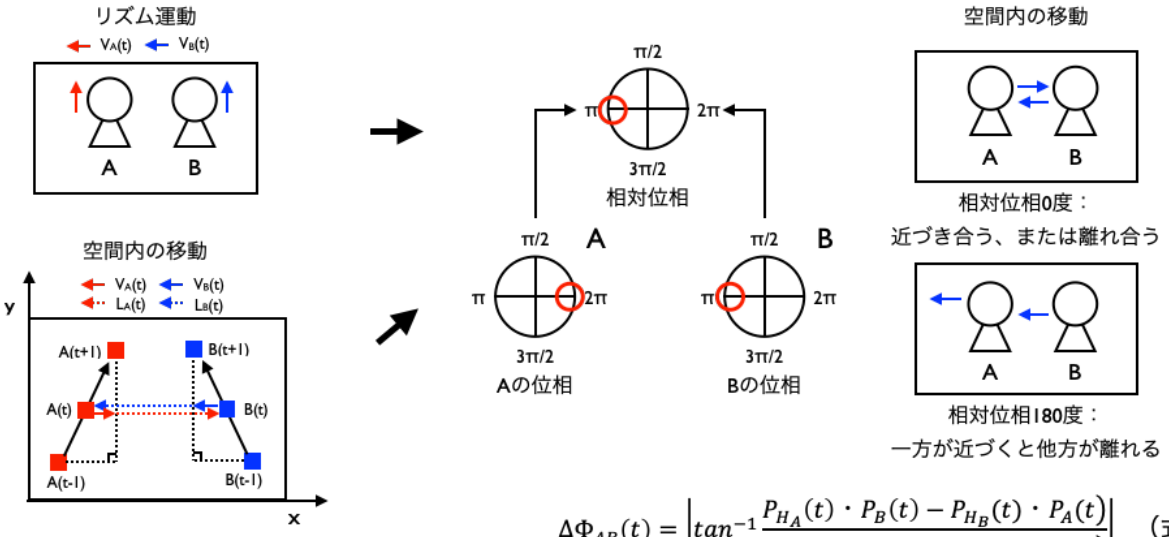
2．1．協力者

協力者は熟達したダンサー7 名である（熟達者 A-G，平均年齢：27.29 (SD = 2.43)，平均経験年数：10.86 (SD = 2.54)）．全員が日本国内で開催されたブレイクダンスの大会において優勝または準優勝の経験を有していた．熟達者は，4 名ずつの 2 グループに分かれてそれぞれ別日に実験に参加した（グループ 1 : A，B，C，D，グループ 2 : B，E，F，G）．実験手続きは東京大学の倫理審査委員会の許可を得ており，全員が実験参加前に同意書に署名した．実験は東京大学の身体運動を実施するための一室にて実施された

2．2．手続き

各グループにおいて総当たり形式で 1 対 1 のバトルを実施した．結果，各グループ 6 回ずつの計 12 回のバトルが実施された（総当たり形式で実施した理由は解析にて記述する）．1 回のバトルにおいて，2 名のダンサーは各 3 回ずつ交互にパフォーマンスを披露した．なお，より自然な状況に近い演者間の関わり合いを測定するため，バトルは可能な限り生態学的妥当性の高い状況にて実施した（以下 3 点）．1 : パフォーマンスを披露する順番について前もって定めず，両ダンサーがバトル時のやり取りを通して決定した．2 : 流れる音楽について，著者らがフィールドワークの経験に基づいて決定し，ダンサーには事前に教示しなかった（Shimizu & Okada, 2018）．3 : 踊る秒数に関しては明確な制限を設けなかった．

両ダンサーの身体運動については，赤外線式モーションキャプチャーシステム（OQUS 300, QUALISYS, Göteborg, Sweden）により測定を行った．各ダンサーにそれぞれ 7 個のマーカーを付与して測定を行った（首の後ろに 5 個，腰に 2 個）．マーカーを付与する位置は，予備実験により検証を行い，パフォーマンスの妨げにならず，さらにリズム運動や空間内の移動の測定上適切と考えられた 7 箇所に付与した（八重樫・吉田，1981; 吉田・児玉，1987）．本研究では，首の後ろのマーカーデータを解析に利用した ．上記のマーカーデータにつ



$$V_A(t) = \left(Z_A(t+1) - Z_A(t-1)\right)/2$$
$$V_B(t) = \left(Z_B(t+1) - Z_B(t-1)\right)/2 \quad \text{(式1)}$$

$$V_A(t) = P_A(t) + iP_{H_A}(t)$$
$$V_B(t) = P_B(t) + iP_{H_B}(t) \quad \text{(式2)}$$

$$\Delta\Phi_{AB}(t) = \left|tan^{-1}\frac{P_{H_A}(t)\cdot P_B(t) - P_{H_B}(t)\cdot P_A(t)}{P_A(t)\cdot P_B(t) + P_{H_A}(t)\cdot P_{H_B}(t)}\right| \quad \text{(式3)}$$

$$V_A(t) = \frac{A_{t-1\to t+1}\cdot L_A(t)}{L_A(t)\cdot L_A(t)}|L_A(t)|$$
$$V_B(t) = \frac{B_{t-1\to t+1}\cdot L_B(t)}{L_B(t)\cdot L_B(t)}|L_B(t)| \quad \text{(式4)}$$

図2．解析の概要．図は両ダンサーのリズム運動・空間内の移動に関する協調に関する解析の概要を示す．Z_AはダンサーAのZ_BはダンサーBのZ軸上の座標を，$A_{t-1\to t+1}$，$B_{t-1\to t+1}$は時間t-1からt+1におけるA，Bの移動のベクトルを，L_A，L_BはダンサーA，Bの距離のベクトルを，$V_A(t)$，$V_B(t)$は時間tにおけるA，Bの上下運動のベクトルもしくは相手方向への移動のベクトルを，$P_A(t)$，$P_{HA}(t)$，$P_B(t)$，$P_{HB}(t)$はA，Bの上下運動もしくは移動の位相を，Φはダンサー間の相対位相をそれぞれ示す．

いて，まず欠損値をスプライン補間によって補間し，2次のバターワースフィルタにより平滑化した上で解析に用いた．解析では，R（3.5.2）を利用した．なお以降の分析は，剣道やタグ取りゲームにおける 2 名のプレイヤー間の空間内の移動の協調を検討した研究を参考に実施した（Kijima et al., 2012; Okumura et al., 2012）．

2．3．解析

以上のマーカーデータを用いて上記した 4 つの仮説を検討した．まず 1 つ目の仮説を検討するため，リズム運動と空間内の移動という各指標の相対位相を算出した（図 2）．最初に 2 名のダンサー間のリズム運動の相対位相について，以下 3 つの手順により算出した．1：ダンサーの時間 t における首の上下運動（リズム運動）のベクトルについて，マーカーの z 軸データに図 2 の式 1 を適用することで算出した．次に，この上下運動のベクトルデータにヒルベルト変換（図 2，式 2）を適用し，各ダンサーのリズム運動の位相を算出した．最後に，以上の位相の差異を式 3 により算出することで，時間 t における両ダンサー間のリズム運動の相対位相を算出した．この相対位相は，両ダンサーの首の上下運動の対応関係を表すものと考えられる．相対位相が 0 度を示す場合，両ダンサーは同じ方向に上下運動を行ったことを示し（一方が上方に動いた場合，他方も上方に動く），相対位相が 180 度を示す場合，両ダンサーは異なる方向に上下運動を行ったことを示す（一方が上方に動いた場合，他方は下方に動く）．

次に，表現チャンネルの 2 つ目として両ダンサーの空間内の移動の相対位相を以下の 3 つの手順により算出した．1：一方のダンサーの時間 t におけるもう一方のダンサーの方向への移動のベクトルについて，マーカーの x 軸・y 軸データに図 2 の式 4 を適用することで算出した．なお，At-1→t+1，Bt-1→t+1 は時間 t-1 から時間 t+1 における各ダンサーの移動の程度を，LA(t)，LB(t)は時間 t におけるダンサーA，B 間の距離を表している．LA(t)，LB(t)に At-1→t+1，Bt-1→t+1 を投射することで，時間 t におけるダンサーの互いの方向への移動のベクトルを算出した．以降の手順 2，3 では，リズム運動における手順 2，3 と同様の手法を用いることで両ダンサーの他ダンサーの方向への移動の相対位相を算出した．相対位相が 0 度の場合，両ダンサーは互いに同じ方向に前後移動を行ったことを示し（一方が相手に向かって前進した場合，他方も相手に向かって前進した），相対位相 180 度の場合，両ダンサーは異なる方向に前後移動を行ったことを示す（一方が相手に向

かって前進した場合，他方は相手から離れる方向に動いた）．また，ここでは総当たり形式で得たデータを利用し，2 名の内の 1 名のダンサーデータを他のバトル時の同ダンサーデータと入れ替えた Virtual pair も作成し，Real pair との相対位相の比較を行った．人同士の振る舞いは，互いに相互作用が無くとも偶然合致してしまう可能性が示唆されている（Bernieri et al., 1988; Dale et al., 2011）．そのため，偶然の合致の程度を示すベースラインとして Virtual pair を作成し，Real pair と比較することで，関わり合いによって生じた協調の程度を検討することとした．

次に 2 つ目の仮説の検討のため，上記 2 つのチャンネル間の協調の対応関係を算出した．まずリズム運動が 2 つの明確な協調を示した時間 t を同定した．特にここでは，同位相同期を表す相対位相 0-20 度，逆位相同期を表す相対位相 160 度-180 度が示された時間 t を同定した．次に空間内の移動に関して，時間 t における相対位相を同定してその値を集計した．時間 t における空間内の移動の協調の様相（相対位相の分布）を検討することで，2 つのチャンネルにおける協調の対応関係を検討することが出来る．

そして 3 つ目の仮説を検討するため，文脈による各チャンネルの協調の変化を検討した．ここではバトル場面全体を 3 つの文脈（5 つの Turn）に分割した．Turn 1 は両ダンサーがパフォーマンスを披露する前の時間であり，Turn 2-4 は両ダンサーが 1 つ目―3 つ目のパフォーマンスを披露した時間であり，Turn 5 は両ダンサーがパフォーマンスの披露を終えた後の時間である．各 Turn における相対位相の分布を算出し，比較することで文脈による各チャンネルの協調の様相に生じる変化を検討した．なお本研究では，パフォーマンスの最中である Turn 2-4 が最も競争的文脈が強く，パフォーマンスの前後である Turn 1, 5 は比較的競争的文脈が弱い文脈であると仮定した．

最後に 4 つ目の仮説を検討するため，各文脈における 2 つの表現チャンネル間の対応関係を算出した．上記の分析と同様に，バトル場面全体を 3 つの文脈（5 Turn）に分割し，各 Turn におけるチャンネル間の協調の対応関係を算出した．各 Turn における対応関係の分布の差異を比較することで，文脈によって生じる変化を同定することが可能である．なお高度に熟達したダンサーを対象とすること，4 人 1 組のグループにより実験に参加してもらうこと，といった制限から本研究では協力者の人数が限られていた．また，提案した枠組みの有効性に関する探索的な検討という研究目的も考慮し，検定においては有意性水準を 0.10 に設定して検証を行った．

3. Results

3．1．複数の表現チャンネルをにおける協調の様相

まず 1 つ目の仮説を検討した．リズム運動の協調に関する結果を図 3A に示す．図より，Real pair において 160 度−180 度に該当する相対位相が多く観察される様子が窺われた．これは両ダンサーが互いにリズムを逆位相同期，すなわち反対のタイミングで取っていたことを示す結果と考えられる．一方で Virtual pair においては同様の傾向は見られなかった．ペアと相対位相とを要因とした二要因分散分析を行ったところ，有意な交互作用が示唆された（$F(8, 152) = 7.64, p < .001$）．単純主効果と多重比較を行った結果，Real pair において 160 度−180 度の相対位相の頻度が他の相対位相よりも高いことが示唆された（$F(8, 64) = 8.30, p < .001$, 160 度−180 度と 0 度−20 度，20 度−40 度，40 度−60 度，60 度−80 度，80 度−100 度，100 度−120 度間で $p < .05$，160 度−180 度と 120 度−140 度間で $p < .10$）．また，Real pair における 160 度−180 度の頻度は Virtual pair における頻度よりも有意に高いことが示唆された（$F(1, 19) = 4.87, p < .05$）．以上の結果は，両ダンサーが互いにリズム運動を反対のタイミングで実施していたことを示唆する結果と考えられる．

空間内の移動の協調に関する結果を図 4A に示す. 図より，Real pair において 160 度−180 度の相対位相が数多く観察される様子が窺われた．ペアと相対位相とを要因とした二要因分散分析を行った結果，有意な交互作用が示唆された（$F(8, 152) = 2.06, p < .05$）．単純主効果と多重比較の結果，Real pair において 160 度−180 度の相対位相の頻度が他の相対位相よりも高いことが示唆された（$F(8, 64) = 5.89, p < .001$, 160 度−180 度と 20 度−40 度，40 度−60 度，60 度−80 度，80 度−100 度間で $p < .05$，160 度−180 度と 120 度−140 度間で $p < .10$）．また, Real pair における 160 度−180 度の頻度は Virtual pair における頻度より有意に高いことが示唆された（$F(1, 19) = 17.34, p < .001$）．以上の結果は，両ダンサーが互いに空間内を反対の方向に移動していたこと（逆位相同期で移動していたこと）を示唆する結果と考えられる．以上 2 つの結果から，両ダンサーは複数の表現チャンネルについて，ともに逆位相同期に相当する協調を構

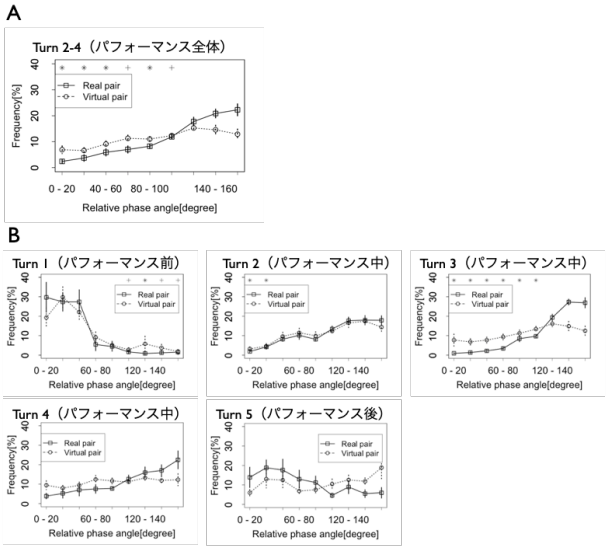


図3. リズム運動に関する協調の結果．相対位相0度−20度（Turn1, 5）または160度−180度（Turn 2-4）との間に有意差が見られた相対位相にプロット（✳: $p < .05$, ＋: $p < .10$）を記した.

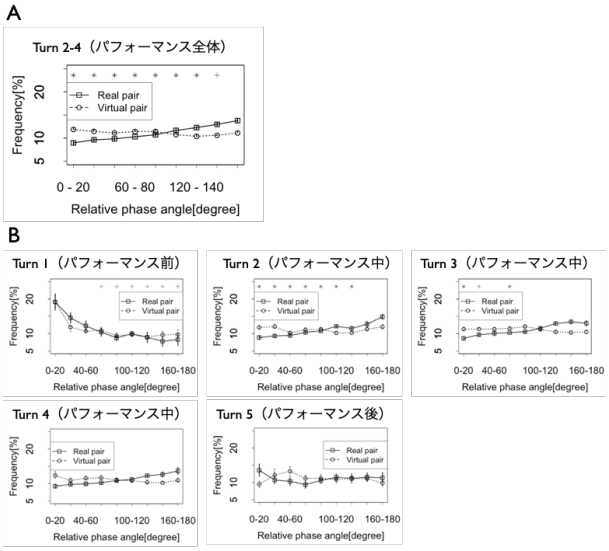


図4. 空間内の移動に関する協調の結果．相対位相0度−20度（Turn1, 5）または160度−180度（Turn 2-4）との間に有意差が見られた相対位相にプロット（✳: $p < .05$, ＋: $p < .10$）を記した.

築していたことが示唆された.

3．2．複数の表現チャンネルにおける協調の対応関係

次に 2 つ目の仮説を検討した．上記 2 つの表現チャンネルの協調の対応関係の結果を図 5A に示す．図より，リズム運動に関する相対位相が 0 度−20 度を示す際, 空間内の移動に関する相対位相も同様に 0 度−20 度を示す場合が多い様子が窺われた. また, リズム運動の相対位相が 160 度−180 度を示す場合も，同様に空間内の移動も 160 度−180 度の相対位を示す場合が多い様子が見られた. 二要因分散分析を行ったところ, リズム運動に関する 2 つの協調の状態（同位相同期・逆位相同期）と, 空間内の移動の相対位相とに関する有意な交互作用が示唆された（$F(8, 64) = 8.38, p < .001$）．単純主効果と多重比較の結果，リズム運動の相対位相が 0 度−20 度を示した場合（同位相同期），空間内の移動に関する 0 度−20 度の相対位相が他の相対位相よりも多く生じることが示唆された（$F(8, 64) = 9.97$，$p < .001$，0 度−20 度と 60 度−80 度，80 度−100 度，100 度−120 度，120 度−140 度，140 度−160 度，160 度−180 度間で $p < .01$，0 度−20 度と 40 度−60 度間で $p < .10$）．また，空間内の移動に関する 160 度−180 度の頻度は，リズム運動の相対位相が 160 度−180 度を示した場合において，リズム運動の相対位相が 0 度−20 度を示した場合よりも高いことが示唆された（$F(1, 8) = 25.04, p < .01$）．リズム運動の相対位相が 160 度−180 度を示した場合（逆位相同期）の空間内の移動に関する 160 度−180 度の相対位相の頻度と他の相対位相との間には有意な差異は見られなかったものの（$F(1, 8) = 1.26, p < .28$），以上の結果は，2 つの表現チャンネルの協調の間に合致した対応関係が見られたことを部分的に示唆するものと考えられる．一方の表現チャンネルに同位相同期または逆位相同期が見られた場合，他のチャンネルにも同位相同期または逆位相同期が見られる場合が多い様子が窺われた.

3. 3. 複数の表現チャンネルにおける協調の文脈による変化

次に 3 つ目の仮説を検討した. 3 つの文脈（5 つの Turn）における各表現チャンネルの協調の結果を図 3B, 図 4B に示す．図 3B より，リズム運動に関する演者間の協調が文脈に応じて変化していた様子が窺われた．パフォーマンスを披露する前後（Turn 1 と Turn 5）では，両ダンサーは 0 度−20 度の同位相同期でリズムを取り合う様子が観察された. 一方で, パフォーマンスを披露している最中（Turn 2−Turn 4）では，両ダンサーは 160 度−180 度の逆位相同期でリズムを取り合う様子が観察された．Turn と相対位相とを要因とする二要因分散分析を行ったところ，有意な交互作用が示唆された（$F(32, 256) = 13.08, p < .001$）．ページ数の都合から仔細な結果は省略するが，単純主効果と多重比較を行ったところ，Turn 1 では同位相同期の頻度が高く，Turn 2-Turn 4 では逆位相同期の頻度が高かったことが示された．また Turn 5 では，同位相同期・逆位相同期といった特定の相対位相の頻度が高い結果は示されなかった.

また，空間内の移動に関しても類似した結果が示された. 図 4B より, パフォーマンスを披露する前後（Turn 1 と Turn 5）では，両ダンサーは 0 度−20 度の同位相同期で空間内を移動し合う様子が観察された. 一方で, パ

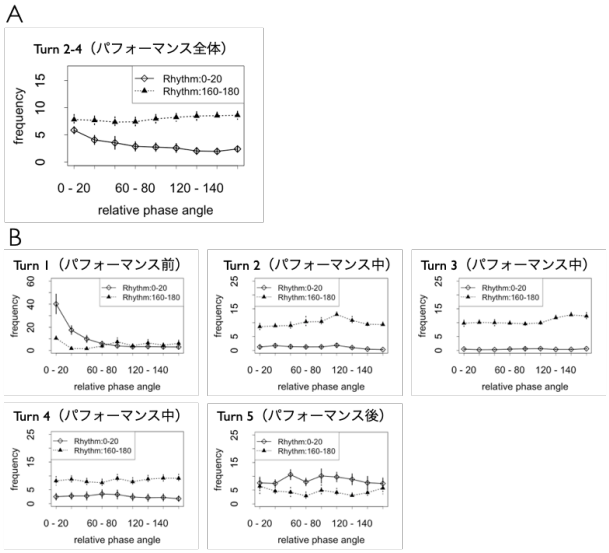


図5. 2つの表現チャンネルに関する協調の対応関係の結果.

フォーマンスを披露している最中（Turn 2–Turn 4）では，両ダンサーは 160 度–180 度の逆位相同期で空間内を移動し合う様子が観察された. 二要因分散分析・多重比較といった検定を行ったところ，実際に Turn 1 では同位相同期の頻度が高いこと，Turn 2-Turn 4 では逆位相同期の頻度が高いことが示された. Turn 5 では，同位相同期・逆位相同期といった特定の相対位相の頻度が高くなる結果は示されなかった. 以上の結果は，文脈が演者間の協調に強い影響を与えていることを示唆するものと考えられる. 特に競争的文脈が強まると，ダンサーらは 2 つの表現チャンネルについてそれぞれ逆位相同期の協調を構築するようになること（反対のタイミング・方向で実施し合うようになること）が示唆された.

3. 4. 複数の表現チャンネルにおける協調の対応関係の文脈による変化

最後に 4 つ目の仮説を検討した．3 つの文脈（5 つの Turn）における表現チャンネルの協調間の対応関係に関する結果を図 5B に示す. 図より，対応関係が文脈に応じて変化していた様子が窺われた. Turn 1 では，リズム運動の相対位相が 0 度–20 度を示した時に，空間内の移動の相対位相も同様に 0 度-20 度を頻繁に示す様子が窺われた. 一方で，リズム運動の相対位相が 160 度–180 度を示した時には，空間内の移動の相対位相に関して特定の相対位相が頻出する様子は窺われなかった（そもそもリズム運動が 160 度-180 度を示す様子はほとんど観察されていない）. パフォーマンスを披露する前では，両ダンサーはリズム運動と空間内の移動をともに同位相同期で対応させていた様子が窺われた．しかしながら Turn 2–Turn 4 では，同様の協調の様相は観察されなかった．リズム運動の相対位相が 0 度–20 度を示した際，空間内の移動の相対位相に関して特定のものが頻出する様子は観察されなかった（リズム運動が 0 度-20 度を示す様子はほとんど観察されていない）. 一方で，特に Turn 3 においては，リズム運動の相対位相が 160 度–180 度を示した際，空間内の移動の相対位相も同様に 160 度-180 度を頻繁に示す様子が見られた. パフォーマンスを披露している最中では，両ダンサーはリズム運動と空間内の移動をともに逆位相同期で対応させていた様子が窺われた. Turn 5 では，リズム運動の相対位相が 0 度–20 度を示した際，空間内の移動の相対位相に関して特定のものが頻出する様子は観察されなかった．リズム運動の相対位相が 160 度–180 度を示した際は，空間内の移動の相対位相は 0 度-20 度もしくは 160 度-180 度が多く見られる様子が窺われた．パフォーマンスを披露した後では，両ダンサーがリズム運動と空間内の移動とを特定の協調によって対応させる様子はあまり観察されなかったことが推測される.

全体として，両ダンサーは 2 つの表現チャンネル間の協調の対応関係を文脈の変化に応じて動的に変化させた様子が窺われた．パフォーマンスを披露する前では，ともに同位相同期による包括的な協調関係を構築する様子が，パフォーマンスを披露している最中では，ともに逆位相同期による包括的な協調関係を構築する様子が観察された．一方でパフォーマンスを披露した後では，明確な対応関係を構築する様子は見られなかった. 以上の結果は，二要因分散分析等の検定からも部分的に支持されている.

4. Discussion

本研究では，上演芸術における演者間の複雑な関わり合いを定量的に捉えるための 1 つの提案として，Multi-channel Coordination Dynamics という枠組みを提示した（図 1）. そしてこの枠組みの有用性を検討するため，4 つの関連する仮説を設定し，ブレイクダンスのバトル場面におけるダンサー間の協調の様相を検討した．結果は以下の通りである．1 : 両ダンサーはリズム運動と空間内の移動という 2 つの表現チャンネルに関して互いに協調させる様子が見られた．2 : 表現チャンネルの協調間には，類似した協調を構築する対応関係が見られた．3 : 各チャンネルにおける協調の様相は，文脈の変化に応じて動的に変化した．両チャンネルともに競争的文脈が強くなると逆位相同期を，競争的文脈が弱くなると同位相同期を示す様子が観察された.

4 : 表現チャンネルの協調間の対応関係は，文脈の変化に応じて動的に変化した．競争的文脈が強くなると逆位相同期による包括的な協調関係を，競争的文脈が弱くなると同位相同期による包括的な協調関係を示す様子が観察された. 以上は, 提案した枠組みが複雑かつ動的な演者間の関わり合いを捉える上で有効であることを示す結果と考えられる.

本枠組みは, 演者間の関わり合いを捉える際, 複数チャンネルにおける包括的な協調の様相に着目する必要があることを示唆したものと捉えることが出来る．本研究の結果やフィールドワークの様子等を踏まえると, 演者らは複数のチャンネルをそれぞれ完全に独立させて関わり合いを営んでいるとは考えづらい. むしろ, 複数のチャンネルを互いに関連させ，包括的な対応関係を構築しながら他演者と関わり合っていることが推測される. この包括的な対応関係は, 関わり合いの文脈, 演者間の事前の関係性によって影響を受けていると考えられる. そして, もし各チャンネルにおける協調や文脈、演者間の関係性等に変化が生じた場合, 上記の対応関係も動的に変化しうることが予想される．演者間の関わり合いを十分に検討するには，これらの複数チャンネルにおける包括的・動的な協調の対応関係に着目することが必要と考えられよう.

また，本研究のパフォーマンスを披露する場面において頻繁に観察された逆位相同期の背景と機能に関する考察を行うことも必要であろう．人々の振る舞いにおいて同位相同期が観察されることは，多くの先行研究において示唆されており，コミュニケーションを円滑にする機能や参加者間の社会的絆を強化する機能があることが主張されている（Hove & Risen, 2009; Kirschner & Tomasello, 2010; Wiltermuth & Heath, 2009）. しかし，逆位相同期に関してはその背景や機能に関する検討は十分には行われていない. 逆位相同期では, 演者らは振る舞いの頻度といった一部を互いに合わせつつ，そのタイミングといった他の部分を反対にずらす協調が営まれている．例えば，Shimizu and Okada (under review)では，逆位相同期におけるこの演者間の振る舞いの複雑な協調や対比が，個々のパフォーマンスの強調に繋がる可能性が指摘されている. この推測は, 伝統的なコーラス団の競争的文脈において見られた個々の歌声の強調を示唆した研究（Keller et al., 2017）や，競争的な会話場面（ディベート）における参加者間の逆位相同期に類する振る舞いの頻出を示唆した研究（Abney et al., 2014; Paxton & Dale, 2013, 2017）とも整合的である. ただしその背景を明確に検討するには, 例えば競争的な文脈と協働的な文脈とを比較した研究や，上記の協調の様相が観客の注意・興味へ与える影響等も含んだ，今後の仔細な検討が必要と考えられる.

また，本研究で示唆された協調や対応関係の動的な変化に関しても，その背景の検討が必要と考えられる. ダンサーは文脈や時間経過に依拠して 2 つの表現チャンネルにおける協調やその対応関係を変化させていた. 我々は上演芸術の有する Open Communication の特徴がその背景として存在する，と推測している（Okamoto et al., 2005）. 上演芸術において演者が強く共有する主な目的は, 観客へのパフォーマンスの披露である. 演者間の関わり合いにおいても，演者らはその様相を観客へ披露することを主たる目的として関わり合いを営んでいく．以上のように上演芸術における演者間の関わり合いは演者間で閉じているのではなく，観客らにも開かれた，見られることを前提としたものと捉えることが出来る. 演者らはその豊富な領域経験により, 観客の注意・関心を引きつけるための関わり合いの様相を複数, 経験的・潜在的に把握しており, そのことを意図して協調の一定したパターンの構築とその動的な変化を披露した可能性が推測されよう. 以上の仮説は, 熟達者間の関わり合いと初心者間の関わり合いとの比較等を通して，今後検証する必要がある議題と考えられる.

最後に，上記の提案した枠組みと関連する理論との繋がりについて説明する．関連する理論の例として，Beyond Synchrony の理論（Dale et al., 2013; Wallot et al.2016）がその最たるものとして挙げることが出来る. Beyond Synchrony の理論では，人々の日常における複雑な関わり合いを十分に捉えるためには，同期の理論の拡張が必要であることを主張している．実際にいくつかの研究では，この理論と整合する結果が示唆されつつある. 例えば, 会話場面において人々の表情・うなずき・発話等の複数媒体において同期・強調する様子が観察されることを示唆した研究（Lowerse et al., 2012），2 者間で互いに異なる相補的な振る舞いを行うことで特定の課題を達成する様子が見られることを示唆した研究（Richardson et al.,2016），会話において人々が文字・単語・文といった複層的なレベルにおける複雑な協調（complexity matching）を構築する様子が見られることを示唆した研究（Abney et al., 2014）等がその例として挙げられる．本研究で提案した Multi-channel Coordination Dynamics の枠組みはこの理論と整合的であり，Beyond Synchrony の枠組みを，特に文脈や複数チ

ャンネル間の関わり合いに焦点を当て，上演芸術における関わり合いに拡張したものと捉えることも可能である．今後は，以上の理論の発展との対応を精緻化しつつ，上演芸術における複雑な関わり合いをさらに仔細に検討する試みが必要と考えられる．

文献

[1] Bailey, D. (1980). *IMPROVISATION* (Moorland Publishing).

[2] Fitch, W. T. (2006). The biology and evolution of music: A comparative perspective. *Cognition*, 100(1), 173-215. doi: 10.1016/j.cognition.2005.11.009.

[3] Merker, B. H., Madison, G. S., and Eckerdal, P. (2009). On the role and origin of isochrony in human rhythmic entrainment. *Cortex*, *45*(1), 4-17. doi: 10.1111/j.1551-6709.2012.01269.x.

[4] Merker, B. H., Morley, I., and Zuidema, W. (2015). Five fundamental constraints on theories of the origins of music. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 370:20140095. doi: 10.1098/rstb.2014.0095.

[5] Ravignani, A., Bowling, D. L., and Fitch, W. T. (2014). Chorusing, synchrony, and the evolutionary functions of rhythm. *Frontiers in Psychology,* 5:1118. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01118.

[6] Kirschner, S., and Tomasello, M. (2010). Joint music making promotes prosocial behavior in 4-year-old children. *Evolution and Human Behavior*, 31(5), 354-364. doi: 10.1016/j.evolhumbehav.2010.04.004.

[7] Weinstein, D., Launay, J., Pearce, E., Dunbar, R. I., and Stewart, L. (2016). Group music performance causes elevated pain thresholds and social bonding in small and large groups of singers. *Evolution and Human Behavior,* 37, 152–158. doi: 10.1016/j.evolhumbehav.2015.10.002.

[8] Wiltermuth, S. S., and Heath, C. (2009). Synchrony and cooperation. *Psychological science*, 20(1), 1-5. doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02253.x.

[9] Walton, A. E., Richardson, M. J., Langland-Hassan, P., and Chemero, A. (2015). Improvisation and the self-organization of multiple musical bodies. *Frontiers in Psychology*, 6: 313. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00313.

[10] Walton, A. E., Washburn, A., Langland-Hassan, P., Chemero, A., Kloos, H., and Richardson M. J. (2018). Creating Time: Social Collaboration in Music Improvisation. *Topics in Cognitive Science*, 10(1), 95-119. doi: 10.1111/tops.12306.

[11] Washburn, A., DeMarco, M., de Vries, S., Ariyabuddhiphongs, K., Schmidt, R. C., Richardson, M. J., and Riley, M. A. (2014). Dancers entrain more effectively than non-dancers to another actor's movements. *Frontiers in human neuroscience*, *8*, 800. doi: 10.3389/fnhum.2014.00800.

[12] Fujiwara, K., and Daibo, I. (2016). Evaluating interpersonal synchrony: Wavelet transform toward an unstructured conversation, Frontiers in psychology, 7, 516. doi:

[13] Okazaki, S., Muraoka, Y., and Osu, R. (2019). Teacher-learner interaction quantifies scaffolding behaviour in imitation learning, Scientific reports, 9(1), 1-13.

[14] Strogatz, S. (2004). *Sync: The emerging science of spontaneous order*. Penguin UK.

[15] Keller, P. E., König, R., and Novembre, G. (2017). Simultaneous cooperation and competition in the evolution of musical behavior: sex-related modulations of the singer's formant in human chorusing. *Frontiers in psychology*, *8*, 1559. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01559.

[16] Shimizu, D., and Okada, T. (under review). Synchronization and coordination of art performances in highly competitive contexts: battle scenes of expert breakdancers. *Frontiers in psychology.*

[17] M. Kimmel, and E. Preuschl, "Dynamic coordination patterns in Tango Argentino: A cross-fertilization of subjective explication methods and motion capture," in Dance notations and robot motion, pp.209-235, Springer, Cham, 2016.

[18] OHJI. (2001). *ROOTS OF STREET DANCE* (Bunkasha).

[19] Watkins, S. C. (2005). Hip Hop Matters: Politics, Pop Culture, and the Struggle for the Soul of a Movement (Beacon Press, Boston).

[20] 清水大地・岡田猛（2013）．ストリートダンスにおける即興的創造過程，認知科学，20(4)，421-438.

[21] Miura, A., Kudo, K., Ohtsuki, T., and Kanehisa, H. (2011). Coordination modes in sensorimotor synchronization of whole-body movement: a study of street dancers and non-dancers. *Human movement science*, *30*(6), 1260-1271. doi: 10.1016/j.humov.2010.08.006.

[22] Hall, E. T. (1966). *The hidden dimension*. Garden City, NY: Doubleday.

[23] Kennedy, D. P., Gläscher, J., Tyszka, J. M., & Adolphs, R. (2009). Personal space regulation by the human amygdala. *Nature neuroscience*, 12(10), 1226-1227.

[24] Shimizu, D., & Okada, T. (2018). How do creative experts practice new skills? Exploratory practice in breakdancers. *Cognitive science*, 42(7), 2364-2396.

[25] 八重澤敏男・吉田冨二雄（1981）．他者接近に対する生理・認知反応―生理指標・心理評定の多次元解析―，心理学研究，52(3)，166-172.

[26] 吉田富二雄・小玉正博（1987）．生理反応・心理評定によるパーソナル・スペースの検討―慣れの過程の分析を通して―，心理学研究，58(1)，35-41.

[27] Kijima, A., Kadota, K., Yokoyama, K., Okumura, M., Suzuki, H., Schmidt, R. C., and Yamamoto, Y. (2012). Switching dynamics in an interpersonal competition brings about "deadlock" synchronization of players. *Plos One*, 7(11), e47911. doi: 10.1371/journal.pone.0047911.

[28] Okumura, M., Kijima, A., Kadota, K., Yokoyama, K., Suzuki, H., and Yamamoto, Y. (2012). A critical interpersonal distance switches between two coordination modes in kendo matches. *Plos One*, 7(12), e51877. doi: 10.1371/journal.pone.0051877.

[29] Bernieri, F. J., Reznick, J. S., & Rosenthal, R. (1988). Synchrony, pseudosynchrony, and dissynchrony: measuring the entrainment process in mother-infant interactions. *Journal of personality and social psychology*, *54*(2), 243-253. doi: 10.1037/0022-3514.54.2.243.

[30] Dale, R., Kirkham, N., & Richardson, D. (2011). The dynamics of reference and shared visual attention. Frontiers in Cognition, 2, 355. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00355.

[31] Hove, M. J., & Risen, J. L. (2009). It's all in the timing: Interpersonal synchrony increases affiliation. *Social cognition*, *27*(6), 949-960. doi:10.1521/soco.2009.27.6.949.

[32] Abney, D. H., Paxton, A., Dale, R., and Kello, C. T. (2014). Complexity matching in dyadic conversation. *Journal of Experimental Psychology: General*, *143*(6), 2304-2315. doi: 10.1037/xge0000021.

[33] Paxton, A., and Dale, R. (2013). Argument disrupts interpersonal synchrony. *Q. J. Exp. Psychol.* 66, 2092–2102. doi: 10.1080/17470218.2013.853089.

[34] Paxton, A., & Dale, R. (2017). Interpersonal movement synchrony responds to high-and low-level conversational constraints. *Frontiers in psychology*, 8, 1135. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01135.

[35] Okamoto, M., Nakano, Y. I., Okamoto, K., Matsumura, K. I., & Nishida, T. (2005). Producing effective shot transitions in CG contents based on a cognitive model of User Involvement. *IEICE transactions on information and systems*, *88*(11), 2523-2532. doi: 10.1093/ietisy/e88-d.11.2523.

[36] Dale, R., Fusaroli, R., Døjbak Håkonsson, D. D., Healey, P.,

Mønster, D., McGraw, J., ... & Tylén, K. (2013). Beyond synchrony: complementarity and asynchrony in joint action. In *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, *35*(35).

[37] Wallot, S., Mitkidis, P., McGraw, J. J., & Roepstorff, A. (2016). Beyond synchrony: joint action in a complex production task reveals beneficial effects of decreased interpersonal synchrony. *PloS one*, *11*(12), e0168306. doi: 10.1371/journal.pone.0168306.

[38] Louwerse, M. M., Dale, R., Bard, E. G., & Jeuniaux, P. (2012). Behavior matching in multimodal communication is synchronized. *Cognitive science*, *36*(8), 1404-1426.

[39] Richardson, M. J., Harrison, S. J., Kallen, R. W., Walton, A., Eiler, B. A., Saltzman, E., & Schmidt, R. C. (2015). Self-organized complementary joint action: Behavioral dynamics of an interpersonal collision-avoidance task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *41*(3), 665.

デモンストレーションを是認・否認すること —指導者の演奏を止める実践から— On approving/disapproving of demonstrations: Instructor's practice of stopping a learner's music performance

黒嶋 智美†
Satomi Kuroshima

†玉川大学
Tamagawa University
skuroshi@lab.tamagawa.ac.jp

概要

本研究では，楽器演奏教示場面における，教示に対する理解の提示（デモンストレーション）としての学習者による演奏を指導者が「止める」実践を記述する．その実践には，演奏を「単に止める」場合と「中断する」場合の 2 つのやり方が見いだされた．それぞれが教師対生徒の教室内相互行為に特徴的な IRE 連鎖と同じ構造を持つ行為連鎖に埋め込まれ構造化されることで，学習者の演奏を評価することも実質的に達成していることが明らかになった．

キーワード：会話分析，教示活動，IRE 連鎖，デモンストレーション，理解，承認，中断，進行性

1. はじめに

近年，様々な教示実践場面の相互行為研究が盛んになされている．中でも，指導者と学習者による，言語，身体，道具，環境などを行為構築の資源として，相互行為の中で「教示すること」がどのように「構造化」（西阪 2008）され達成されているのかについて記述が厚みを増してきている（Arano 2020; 五十嵐 2016; Keevallik, 2013, 2014; Lindwall & Ekström 2012; Ekström & Lindwall 2014; Macbeth 2004, 2011; Mondada, 2014; Nishizaka 2017; 西阪 2008）．教示活動における構造化とはすなわち，技術を身につけたり，知識を得て新たな世界の見方を提供したりする，学習 learning が達成目的とされるような活動において，参加者が言語や自らの身体や道具を使って，学習対象を行為連鎖（Schegloff 2007）や環境（Goodwin 2007; 2013）の中に有意味な relevant 形で配置し，取り扱うこと，あるいは，教示活動の過程を意味のある行為の連なりによって捉えることを意味する（西阪 2008）．これらの相互行為研究では，そのような構造化が活動の中で指導者と学習者によって志向され，また学習者に学習の達成が帰属されることで，活動が展開するという考えを基盤としている（五十嵐 2016）．

たとえば，五十嵐（2016）では，小学校の体育の水泳での水遊びにおいて，教師が教示において示した児童が達成するべき潜水の諸特徴や構造がどのように児童の行った潜水を評価する際に基準として参照されているのかを具体的な相互行為の分析をもとに議論している．そこでは，ハービー・サックスの指摘する特定の「測定システム measurement system」（Sacks 1988）が潜水の達成度を評価するための基準として用いられていることを示し，児童がその基準に対して自らの身体的動作を環境に関連付け構造化させることで到達可能な目標として参照することが可能になっていることが議論されている．このような測定システムの導入によって，児童は自分の潜水を分節化し基準に照らして意味付けが出来るようになっており，それが適切に評価されることで，教師から学習の帰属がなされていることが示されている．

いっぽう，Lindwall & Ekström（2012）では，かぎ針編みの教示場面の分析で，学習者の能力を問う依頼形式でなされた教示とそれに従うこと（Garfinkel 2002）の連鎖構造のなかに挿入される形で，教師による初学者への指導（主に訂正）が実演を通して埋め込まれることで，言語による教示の「薄い記述」（Ryle 1971）が，実演と結びついた説明可能性 accountability（Garfinkel 2002）によって理解可能なものとして受け入れられていることを記述している．特定のタイプの連鎖構造に埋め込まれることで，実演を伴った教示が構造化されるため，初学者への教示を意味のある実践たらしめているのである．

この他，教師による無形の物質をメタファーとして実際にあるかのように扱うことで特定の動きを教示するダンスレッスンの分析（Keevalliik, 2014）や，訂正連鎖における指示詞の使用の分析（Keevalliik 2013），バイオリンレッスンにおける学習者の弓と身体，視線による環境の再構造化と学習の帰属の実践（Nishizaka

2017; 西阪 2008），教師対生徒授業内質問連鎖における生徒の「理解」の提示の構造（Macbeth 2004）やIRE連鎖と訂正（Macbeth 2011）など，教示場面の相互行為を扱った研究は，Lindwall & Ekström（2012）が示すように，教示実践における様々な学習にかかわる構造化の達成に，行為の説明可能性（Garfinkel 2002; Garfinkel & Sacks 1970）が分かちがたくかかわっていることを裏付けている．

本研究もこの潮流に位置づけ，ギターの個人レッスンの指導者と学習者の相互行為を対象に，「教える」活動がどのような実践によって組織されているのかその一端を明らかにする．特に本論文では，指導者の用いる，学習者の教示内容理解のデモンストレーションとしての演奏を「止める」様々な実践が，どのように組織立ったやり方で構造化され，それによって何が達成されるのかに着目する．指導者は，演奏指導の教示活動において，教示内容への理解が端的に示される機会である学習者のデモンストレーションとしての演奏の取り扱いに対して指導者としての責務を負っているといえる．そのため，本研究では特に，そのような性質を持つデモンストレーションとしての「演奏を止める」実践の記述によって，レッスンと言う文脈において，「教示すること」と「教示に従うこと」（Garfinkel 2002）がどのように参与者に志向され，達成されているのか，その一端を明らかにすることを目的とする．この実践の記述を通して，構造的に，「演奏を止める」ことが，実質的に「評価」の達成になっていることを実証していきたい．

2. 方法

分析の対象として取り上げるのは，対面形式のギター個人指導場面 2 回の録音録画された相互行為，全 4 時間である．この個人指導では，学習者は，プロ志向のシンガー・ソングライターで，理論的知識や技工に更に磨きをかけることが目指されている．この個人指導は，不定期に行われており，本データは，その不定期に行われたレッスンのうち，無作為に選択した 2 回分に相当する．

特に本研究が着目するのは，まだあまり記述がなされていないと思われる，楽器演奏指導における指導者が学習者の「演奏を止める」実践である．そのため，本研究では，「演奏を止める」実践を録画データより 17 件抽出し，会話分析（Sacks 1992; Schegloff 2007）の分析方針に従って，会話断片を Jefferson (2004)の会話転記手法と Mondada (2019)のマルチモーダル会話転記手法に従って文字化し，各断片について事例分析を行った．一口に「演奏を止める」と記述可能な振る舞いでも，細かく分析すると活動における位置や発話，身体の使い方によって，異なる実践として認識されていることが明らかになった．

3. 分析

楽器演奏指導において，学習者が演奏をするのは，たいてい何らかの教示を受けて，それを実際に演奏して理解を確認したりさらなる指導を仰いだりするためのデモンストレーション（Arano 2019; Nishizaka 2017）が求められる時である．指導者によるこのような学習者のデモンストレーションとしての演奏を止める実践には大きく分けて,「単に止める」ことをするものと「中断する」ものが観察された．両者は独立に組織されており，参加者によっても明確に区別されている．これらの行為は一つの発話順番で達成されるのではなく，一連の行為(cf. Rossi, 2012)として開始され, 学習者が協働して演奏を止めることで終了する．

3.1 教示活動の規範性

教示活動において，指導者の教示は規範的なものとして志向される（Nishizaka 2017）．それゆえ，その教示に従うことも規範的に志向される．それはまた，教示を規範として理解したことが示されるべき次の行為として志向されるからでもある．本研究が着目する，楽器演奏の指導における，教示のあとすぐに行われる演奏は，教示を理解したことを示す「デモンストレーション」としてなされる（Arano 2020）．次の断片ではまずそのような参与者の志向性を確認しておきたい．

以下の断片では，指導者（A）があるコード進行のパターンを教示しており，具体的な手順が 1-3 行目で示される．A のカウントに合わせて学習者（B）がコードシークエンスを弾き始めるが，２音目で間違ったコードを弾いてしまい（7 行目），自ら演奏を止め（8 行目），謝罪を行い（9 行目），自分の演奏が規範的に示された教示に従い損ねたことを認めている（Robinson 2004）．謝罪は受け入れられ（10 行目），指導者によってやり直しが開始される（12 行目）ことで，先の演奏は不成功として扱われる．このように，教示のあとに行われる学習者による演奏は，教示をどう理解したか

を示す「デモンストレーション」として参与者に認識されている．

(1) [00010][00:48]
01 A: OK. で､次､あの､これに対してじゃああの: :,
02 b- B ハーフディミニッシュ E セブンっていう
03 のを入れて: :, A マイナーに行ってみよう．
04 B: はい．
05 (1.0)
06 A: ワ：ン，ツー，スリー，フォー．
07 A: +ワ：ン，ツー，スリー，フォー，*+ワ：ン
b +コードシークエンスの最初の音を弾く
a *左手で
下方を指差す
b +間違っ
たコードを一音弾く
08 +(.)
b +演奏を止める
09 B:→おお：：＞ごめん n'さ：[い．＜
10 A: [＞゜↓そう゜＜
11 (0.2)
12 A: ワ：ン，ツー，スリー，フォー，
13 +(2.5)
b +最初の 2 音を弾く

もうひとつ特記しておきたいのは，この事例では，演奏の不成功が認識された時点で学習者自らが演奏を中止し，次に指導者の促し（12 行目）で冒頭からのやり直しがなされた点である．すなわち，演奏によるデモンストレーションの不成功は,「最後まで演奏出来ない事態」になってしまったものとして認識されているのである．すなわち，教示内容に含意されるある基準を教示に従うことで満たすことが志向されており，今回の演奏ではそれに満たなかったものとして扱われている（五十嵐 2016）．

もうひとつ重要な点は，ここではたまたまコード進行がタスクとして課されているが，楽器演奏の教示場面においては，そのようなタスクは，時間的な長さを持つひとまとまりとして扱われるという点だ．時間的なまとまりを持つということは，はじまりがあって終わりとなる時点が認識可能であることを意味する．すなわち，タスクが完了してもよい時点[1]がある程度予測可能になるということである．このような性質はこの教示活動において非常に重要な意味を持ついっぽうで,完了してもよい時点として認識されるというのは必ず完了するのではなく，繰り返される可能性にも開かれていることも意味する．繰り返すか完了させるかはその時の相互行為の偶然的展開に依存している．

以上に概観したように，規範的性質を持つ教示活動において，学習者による，デモンストレーションとしての演奏を止める実践も規範性を持って行われる．それでは，演奏者ではない指導者が学習者の演奏を止めることは，具体的にどのような現象として教示の相互行為の中で立ち現れるのであろうか．演奏を止める事例を検討すると，大きく分けて 2 つのやり方が用いられていることに気がつく．1 つ目は,「演奏が完了してもよい時点で止める」やり方と，もうひとつは「演奏が完了する以前の時点で止める（つまり中断）」である．以下ではそれぞれの事例について，対照事例も引用しながら，さらにこの現象について分析を行っていく．

3.2 演奏が完了してもいい時点で止める

まず,「演奏が完了してもいい時点で止める」場合，与えられたタスク（例：コード進行）が完了してもよい時点に近づいた段階で，指導者は，学習者の演奏を身体的にも言語的にも妨げないやり方で「止める」ための準備（メトロノーム音を発生しているミキサーの方を向く，うなずく，端的な承認を与えるなど）を完了する時点より少し前もって開始し，学習者の演奏を次の完了可能点で止めることを予示する．

たとえば，次のような事例である．ここでは，学習者が 2 拍ずつ音階を上下に弾いており, 1 行目で,「ド」の音を弾く．「ド」は音階で最後の音に当たり，また上下した後のため，これが最後の音となってよい．つまり,「ド」はこの演奏の完了可能点に近い時点として認識可能になっている．じっさいに，指導者は「ド」が鳴るとともに上半身をミキサーに向け，スイッチを操作し始め，演奏に対して承認を与える（「オッケ」）（2 行目）と学習者は次にまた音階を「ド」で始めようとしたのを止める（3 行目）．それを承認し，続けて，指導者は学習者に身体的に志向を向けると（4 行目），次のタスクの教示を始めている（5 行目）．これによって，次の活動への移行が達成されている．

[1] このような「完了してもよい点」という概念は，会話分析の発話順番構成単位における完了可能点の概念を参照している（SJS 1974）．サックスたちによると，このような規範的性質によって，重なりが最小限で淀みない順番交替が可能になっているという．

(2) [0006][00:00:00]
01 *+(2.0)
b +ドを弾く，視線は手元
a →*上半身をひねりミキサーのスイッチに手をかける-->
02 A:→オッケ.
03 +(0.5)
B +ドを弾きかけてすぐ止め顔を上げる
04 A: ゜う*ん.゜
A *B の方を向く
05: *あの：：(.) +トゥ*リルリー：やった?
a *左手で首の左後部を掻く
a *弾くジェスチャー
b +A を見る
06 い ch- 1 フレットずつ.

この断片で着目したいのは，指導者が演奏を止めることを, 完了してもよい時点の少し前に (具体的には「ド」の時点), 手をかける身振りを道具に有意味な形で連接させ (Goodwin 2013), 予示することをし始めるのだが, じっさいに学習者の演奏を止めるのは 2 行目の承認によってである点である．すなわち，演奏が完了してもいい時点で，演奏が承認されその帰結として，学習者は演奏を止めている．

演奏の承認は，演奏をまさに認めるやり方（「とかでもいいよね」）や，タスク自体の評価（「なんとなくそんな難しくないよね」）などで行われる場合もある．いずれにせよ，演奏の技術や内容自体が評価されるのではなく，たった今行われた演奏で，期待されていた教示に対する一定の基準を満たす理解が示されていることが認められて学習者は演奏を止めている．この意味で，承認がこの位置で行われることは重要である．この点を次の事例と比較してみたい．

(3) [00010] [7:50]
01 A: +オッケー？うん.
b +手元見ながら F を弾く
a >>B を見ている-->
02 (0.5)
03 A: で，G だね？
04 +(1.0)
b +G を弾く
05 A: うん.
06 (0.5)
07 A:→で次あの：，えっと：，
08 +(0.2)
b +G をもう一小節弾く
09 A:→経由していくのいこうか.
10 B: はい.
11 (1.0)+
b +C からコード進行を弾き始める

この断片では, C を 2 小節, Am を 2 小節, F を 2 小節, その後に C を 1 小節，Bm7-5 と E7 を挟んで Am を 1 小節やった後に 2 拍ずつ Gm を C7 を弾いて F に戻るというコード進行 (C-Am-F-C-Bm7-5-E7-Am-Gm-C7-F) がデモンストレーションされている．1 行目では，F に入り，次に G を弾き，このコードの前半が完了してもよい時点が近づいている．この局面で，指導者は，次に続けて後半のコードを弾く指示を出し始める（7 行目）．それを受けて，学習者は G の 2 小節目を弾き，演奏を止めることなく指導者が発話を完了させるのに協働で参加する（8 行目）．じっさい，指導者は 9 行目で指示を完了させ, 学習者もそれを受け入れ (10 行目) C からコード進行の後半部分を弾き始める．

すなわち，この断片で起こっていることは，完了してもよい時点に先駆けて，指導者が次にやるべき指示を出し，演奏を止めずに次のタスクを開始することである．先の断片（2）では，同様の演奏が完了してもよい時点で，指導者によって演奏の承認がなされることで，学習者は演奏を止めていた．また，ここでは割愛するが，このような演奏を完了してもよい時点で指導者が何も発言しないと，学習者は自ずと同じタスクを繰り返し行っていた（3.1 節参照）．これらの事例を比較して言えることは，演奏が完了してもよい時点で，演奏の承認をすることで学習者の演奏を止める実践があるということにほかならない．そしてその実践は，完了してもよい時点が近づいた時点で，指導者がそこで演奏を止めることに対する志向を，言語や身体を使って示すことで達成されている．

3.3 中断する

演奏が完了してもいい時点で承認をすることで演奏を「止める」以外に指導者が行う学習者の演奏を止める実践として，「中断する」場合がある．重要なのは次の 2 点である．まず，「中断する」場合，その概念の通

り，明らかに進行するべき活動を途中で止めさせる必要があること，すなわち，与えられたタスクのデモンストレーションに何かしら継続するべきではないトラブルが指導者によって認識されたことが示される．タスクの始めから終わりまでデモンストレーションを行うことが規範的に志向されているため，それを遮ることはそれ自体が説明を要する行為であることは明白である．このため，中断の際には，たとえば，認識状態変化標識（「あ」）（Heritage 1984）や，シンボリックに制止を示すハンドジェスチャーの使用などによって，学習者の志向を中断に向けさせる作業を行なうことで主張される必要がある．そうすると，学習者は演奏をまさに，そのような理由で止めることが必要なものとして止め，協働でこの中断活動を達成していく．

2 点目は，指導者によって説明されるその中断理由の説明の中で，明示的にトラブルの内実が示され，たいてい学習者にトラブルの責任が帰属される形で示される点である．それによって，そこまでの演奏によるデモンストレーションは，学習者側の何かしらの矯正が必要なものとして志向され，中断の適切な理由として受け止められる．

具体的な事例を見てみよう．次の断片では，学習者がコード音階を 4 分音符でダウンピック奏法で弾くことが指示されてそれを弾こうとしているが，うまくテンポがつかめなかったり，音階自体を間違えたりして，試行錯誤し（4-7 行目），指導者がついに 8 行目で中断を提案する．

(4) 中断 [0005] [08:03]
04 (1.0) +(2.0)
b >>手元見る
b +ドレミの 3 音弾いて止める
05 (0.8)
06 B: ん? +ド：：
b +ドの音を弾く
07 +(0.2)
b +ミを弾く
08 A:→あ，＞*オッケ’す＜仕切り直そう．
a *左手を学習者の方に差し出す
09 A: +えっと+：，*カウントを 4 回聞いて：，
b +ドを弾いて止まる
b +A を見る-->
a *ミキサーを指す-->
10 A: それ,*口でカウントしてもらって：，
A *手のひらを下にする
11 +(0.2)
b +うなずく
12 A: んで*入ろうか.
a *左手を右手に重ねる
13 +(0.8)
B +中空を見る-->
14 B: ん.
15 (0.5)
16 B: ん？’ン，ツー，スリー，フォー＞ですか＜？
17 A: うん，＞そ’そ’そ’＜

ここで学習者が達成しようとしていたことは，コード音階を弾くことである．7 行目までそれに対する志向性を示しているが，誤った音階を弾いてしまったことが認識可能になった時点で，中断がなされる．まず指導者は，認識状態変化標識（「あ」）（Heritage 1984）と承認（「オッケ’す」）によって，たった今何か承認の必要性のあることを認識したことを主張し，同時に相手の動きを制止することを左の手のひらを相手側に向けて差し出すことでシンボリックに示す．次に「仕切り直し」が提案され，承認の必要があったのはこの時点で演奏を止めることであったことが説明されることで，学習者が手を止める（9 行目）．この提案によって，この演奏を中断する理由は，この学習者の演奏が最初からやり直しの必要なものであったこと，つまりその責任は指導者自身ではなく学習者に帰属されることが示され，この「仕切り直し」は，まさになぜ今ここで中断するのかを説明するものとして理解可能である．それを受けて，学習者は演奏を止め（9 行目），指導者を見て志向の対象をギターを弾くことから指導者の教示（9 行目）に移し，今ここで指導者が行っていることが自分のデモンストレーションの「中断」であるという理解を端的に示すのである．

中断理由の責任が学習者に帰属される可能性について，もうひとつ事例を比較してみたい．ここでもやはり，先の事例と同様に，コード進行の教示が行われている．1〜5 行目で指導者は具体的な指示を出し，これがあくまでも「確認」（5 行目）のためであることが示される．7 行目の指導者によるカウントから学習者はコードを 4 拍分弾き始める（8 行目以降）のだが，15 行目で G（まだ中盤のコード）に差し掛かったときに，指導者は謝罪を行い，それまでの教示が間違いであったことを認め（16 行目），新たな教示を再度提示する

ことで訂正を行うのである（18,19 行目）．すなわち，指導者の側に落ち度があったことを認め，中断をしなければならない原因を生じさせた責任を引き受けている（Robinson 2004）．これに対して 15 行目で指導者が謝罪をした際に，学習者はすぐに手を止めて演奏を止めて，指導者の行為に志向を向けている（18 行目の視線）．20 行目であるべき教示のやり直しが完了可能な時点で再度謝罪がなされ，一連の教示のやり直しが完了したことが示される．

(5) [00010][4:23]
01 A: でこれも F2 小節：，えっ：と，G2 小節：
02 っていうのを，
03 (0.2)
04 B: は：[い．
05 A: [＞ち’っと＜先に確認で弾きましょうか．
06 B: は：い．
07 A: え：：ワン，ツー，スリー，フォー，
08 A: +ワン，ツー，スリー，フォー，
b +弾く
10 A: +ワン，ツー，スリー，フォー
11 b +弾く
12 A: +ワン，ツー，スリー，フォー，
B +弾く
13 A: +ワン，ツー，スリー，
14 b +弾く
15 A:→あ ごめ+ん hh.えっと, .shhh
b +手を止める
16 A:→ここ弾いても分かんないな：＜あの，
17 (0.5)
18 A:→＜次，+＞E に行くところ<u>の</u>：：，
b +A を見る
19 B: は：い．
20 A:→Am の 2 小節目を変えるんすよ．ごめんね？
21 B: はい．
22 A: だか r- えっと_ (0.8) う：ん．
23 (1.0)

この最後の 2 つの事例を比較すると，デモンストレーションとしての演奏を中断しなければならない原因に対して，無標に責任を負うのは，やはりデモンストレーションを行っている行為主であるといえる．このような理解のもと，学習者に帰属可能な責任については，明確な謝罪はいずれの側からも行われておらず，逆に指導者の側に非が認められる場合（すなわち，一般的期待を裏切るような事態が発生した場合）（Garfinkel 1967），それは説明を要する事態として，指導者による謝罪がなされているものと思われる．

教示に対する理解を示すデモンストレーションとして演奏がなされる時，その進行を途中で演奏者ではない他者が止めるということは，特別な理由や権限を要するものでもあるだろう．次節ではこの点を掘り下げながら，演奏教示活動という文脈がどのように学習者の演奏を止める手続きに対して重要な意味を持つのかについて検討をしたい．

4. まとめ

この 2 つの演奏を止める実践を比較してみると，以下の点に気がつく．いずれも，学習者への具体的な［教示］のあとに続けてその理解を示すための［デモンストレーション］としての演奏が行われているため，次に指導者が演奏を承認したり否認したりすることの結果として，学習者が演奏を［止める］というのは，いわば第 3 の位置で行われる行為の帰結として認識が可能である．つまり，この 3 つの部分からなる連鎖は，［教師による Initiation］―［生徒による Reply］―［教師による Evaluation］という 3 つの順番からなる教室内相互行為に特徴的な IRE 連鎖（Mehan 1979）と同様の構造を持っているといえる．つまり，(1) 指導者が行った教示，(2) 学習者によるそれに対する理解を示すデモンストレーションとしての演奏，(3) 指導者による演奏を承認すること，または矯正が必要なものとして扱うこと，の 3 つの順番からなる連鎖構造が見いだせる．じっさいに，学習者は指導者の演奏の承認あるいは矯正が必要とする扱いに対して，「演奏を止める」以外の反応は行っておらず，指導者が示す，次の活動の開始行為 (例えば新たな教示) に対して志向を示す．このため，通常，連鎖の拡張などは見られず，3 つの順番でこの活動は完了している．

また，教示活動を開始した指導者だからこそ，それに対する学習者の提示した理解の是非を判断するのは，指導者に与えられた責務であるといえる．そのような判断が IRE 構造をもった連鎖の中に配置されることによって，演奏を止める行為は，相互行為の効果として「評価 evaluation」の性質も帯びているといえる．明示的な評価表現を使用せずとも，行為連鎖の概念的な構造に当てはめることで，評価が実質可能になっており，

ここに教示活動における評価の一実践を見出せるのである.

最後に，相手の行為を「止める」様々な実践は，教示場面に限らず，止める側が他方に対して何らかの責任や権限が付与されているような文脈でも観察可能であるといえる（たとえば，空港の検疫で止められる場合など）. 時間的な継続がある行為を途中で止めることは，その行為の進行性を妨げることであり，問題がなければ完了させるべきであるという一般的期待に反するため，それ自体が説明を要するものとして扱われるだろう（それゆえ，逆に検疫で通過する場合はそのことに対して理由説明はいちいちなされない）. 本研究で明らかにしたのは，他者の行為を行為者に期待される権限によって「止める」実践の一つのヴァリエーションであるともいえる.

付録：会話断片で用いられる記号

[複数の参与者の発する音声が重なり始めている時点は角括弧によって示される

= 2 つの発話が途切れなく密着していることは等号（=）で示される

( )聞き取り不可能な個所は( )で示され、空白の大きさは聞き取り不可能な音声の相対的な長さに対応する

(言葉) また聞き取りが確定できないときは当該文字列が( )で括られる

(n.m) 音声が途絶えている状態があるときはその秒数がほぼ 0.2 秒ごとに( )内に示される

(.) 0.2 秒以下の短い間合いは ( ) 内にピリオドを打った記号で示される

:: 直前の音が延ばされていることはコロンで示されコロンの数は引き延ばしの相対的な長さに対応している

言- 言葉が不完全なまま途切れていることはハイフンで示される

h 呼気音は，hh で示され h の数はそれぞれの音の相対的な長さに対応している

.h 吸気音は .hh で示され.h の数はそれぞれの音の相対的な長さに対応している

言(h) 笑いながら発話が産出されるときそのことは呼気を伴う音のあとに(h)を挟むことで示される

<u>下線</u> 音の強さは下線によって示される

º º 音が小さいことは当該箇所が º で囲まれることにより示される

.,? 区切りがある語尾の音が、下がり音調（ピリオド）、継続音調（カンマ）、上がり音調（?）であることを示す

↓↑ 音調の上がり下がりはそれぞれ上向き矢印と下向き矢印で示される.

言葉_ 語尾の音調があえて平坦に保たれるときそれは空白上の下線によって示される

>言葉< 発話のスピードが速くなる部分は左開きの不等号と右開きの不等号で囲まれる

<言葉> 発話のスピードが遅くなる部分は右開きの不等号と左開きの不等号で囲まれる

(( )) s 発言の要約やその他の注記は二重括弧で囲まれる

* * 同一記号で囲まれた箇所は身体的な動作が行われていることを示す

... 身体的動作の準備

--- 身体的動作の継続

,,, 身体的動作の撤退

文献

[1] Arano, Y. (2020). Doing reflecting: Embodied solitary confirmation of instructed enactment. *Discourse Studies.* Vol. 22(3), 261-290.

[2] Ekström, A., & Lindwall, O. (2014). To follow the materials: The detection, diagnosis and correction of mistakes in craft education. In T. H. Maurice Nevile Pentti Haddington & M. Rauniomaa (Eds.), *Interacting with objects: language, materiality, and social activity* (pp. 227–248). John Benjamins.

[3] Garfinkel, H. (2002). *Ethnomethodology's program: Working out Durkheim's aphorism* (A. W. Rawls (ed.)). Rowman & Littlefield Publishers.

[4] Garfinkel, H. (2002). *Ethnomethodology's program: Working out Durkheim's aphorism* (A. W. Rawls (ed.)). Rowman & Littlefield Publishers.

[5] Garfinkel, H., & Sacks, H. (1970). On formal structures of practical actions. In J. C. McKinney & E. A. Tiryakian (Eds.), *Theoretical sociology: Perspectives and developments* (pp. 160–193). Kegan Paul.

[6] Goodwin, C. (2007). Environmentally coupled gestures. In S. D. Duncan, J. Cassell, & E. T. Levy (Eds.), *Gesture and the dynamic dimensions of language* (Issue 1, pp. 195–212). John Benjamins.

[7] Goodwin, C. (2013). The co-operative, transformative organization of human action and knowledge. *Journal of Pragmatics*, *46*(1), 8–23.

[8] Heritage, J. (1984). A change-of-state token and aspects of its sequential placement. In J. Heritage & J. M. Atkinson (Eds.), *Structures of social action: Studies in Conversation Analysis* (pp. 299–345). Cambridge University Press.

[9] 五十嵐素子. (2016). "「教示」と結びついた「学習の達成」: 行為の基準の視点から". 酒井泰斗, 浦野茂, 前田泰樹, 中村和生, 小宮友根 (編) 概念分析の社会学 2：実践の社会的論理. ナカニシヤ書店.

[10] Keevallik, L. (2013). Here in time and space: Decomposing movement in dance instruction. In L. M. Pentti Haddington & M. Nevile (Eds.), *Interaction and Mobility: Language and the Body in Motion* (pp. 345–370). De Gruyter.

[11] Keevallik, L. (2014). Having a ball: Immaterial objects in dance instruction. In T. H. Maurice Nevile Pentti Haddington & M. Rauniomaa (Eds.), *Interacting with objects: language,*

materiality, and social activity (pp. 249–268). John Benjamins.
[12] Lindwall, O., & Ekström, A. (2012). Instruction-in-interaction: the teaching and learning of a manual skill. *Human Studies*, *35*(1), 27–49.
[13] Macbeth, D. (2004). The relevance of repair for classroom correction. *Language in Society*, *33*(5), 703–736.
[14] Macbeth, D. (2011). Understanding understanding as an instructional matter. *Journal of Pragmatics*, *43*(2), 438–451.
[15] Mehan, H. (1979). *Learning lessons: Social organization in the classroom*. Harvard University Press.
[16] Mondada, L. (2014). Instructions in the operating room: How the surgeon directs their assistant's hands. *Discourse Studies*, *16*(2), 131–161.
[17] Mondada, L. (2014). Instructions in the operating room: How the surgeon directs their assistant's hands. *Discourse Studies*, *16*(2), 131–161.
[18] Mondada, L., 2019, Conventions for multimodal transcription, Ver, 5,0,1,
[19] 西阪仰. (2008). 分散する身体: エスノメソドロジー的相互行為分析の展開. 勁草書房.
[20] Nishizaka, A. (2017). The perceived body and embodied vision in interaction. *Mind, Culture, and Activity*, *24*(2), 110–128.
[21] Robinson, J. D. (2004). The sequential organization of "explicit" apologies in naturally occurring English. *Research on Language and Social Interaction*, *37*(3), 291–330.
[22] Rossi, G. (2012). Bilateral and unilateral requests: the use of imperatives and mi X? Interrogatives in Italian. *Discourse Processes*, *49*(5), 426–458.
[23] Ryle, G. (1971). Collected papers. London: Hutchinson.
[24] Sacks, H. (1988). On members' measurement systems. *Research on Language and Social Interaction*, *22*(1–4), 45–60.
[25] Schegloff, E. A. (2007). *Sequence organization in interaction: A primer in conversation analysis*. Cambridge University Press.

なぞり課題を用いた運動協調における役割の検討
Investigation of Roles in Group Behavior Using a Coordinative Drawing Task

市川 淳 †，藤井 慶輔 ‡
Jun Ichikawa, Keisuke Fujii
† 神奈川大学，‡ 名古屋大学
Kanagawa University, Nagoya University
j-ichikawa@kanagawa-u.ac.jp

概要

本研究では，複雑で動的な運動協調における役割について実験的に検討した．3 人 1 組で各自がリールを回して糸の張りを調整し，3 本の糸につながれたペンを移動させて正三角形のモデルをなぞる課題を行わせ，糸の張力やペンの位置を計測した．線形混合モデルによる回帰分析の結果，より早くなぞり終えるパフォーマンスの向上には，他者のリール操作によってペンが逸脱しないように適宜，糸の張りを調整して全体の協調を保つバランサーの役割が関連することが示唆された．

キーワード：協調 (coordination)，インタラクション (interaction)，役割 (role)，行動予測 (behavior anticipation)，集団運動 (group behavior)

1. はじめに

私たちは，目標や課題を達成する，円滑に情報を伝達する，あるいは親密な関係を構築する他者との協調を通して社会活動を展開してゆく．どのように他者とインタラクションして協調するかを議論することは，社会集団の中で生きる人間の知性を明らかにする認知科学にとって意義のあるテーマである [1]．本研究では，複雑で動的な複数人による運動のインタラクションに着目し，協調の背景にある他者の行動を予測する認知に基づく役割の遂行を実験的に検討する．

これまで認知科学では，問題解決や学習の領域でどのように他者とインタラクションすることで課題の成果を示すパフォーマンスが向上するかについて，課題に取り組む際の膨大な発話から重要な要素が検討されてきた．前者の領域では実験室実験や科学的研究が行われる現場の参与観察から，1）自身とは異なる他者視点を理解することや 2）異なる視点に基づいて役割分担するかたちでインタラクションすることの重要性が示唆されている（例えば [2, 3, 4]）．1）が欠如した場合，自己中心的な振る舞いから他者との間で齟齬が生じやすくなり，2）では役割分担が相互のリフレクションを促し，問題解決を導くことが指摘されている [3, 5, 6]．また，後者の領域では，他者とのインタラクションから課題の理解が深まることを学校教育から示した取り組みがある（例えば [7, 8]）．他者視点の理解の基盤には，他者の意図推定や行動予測があるといえる．各自が他者の意図を推定する，あるいは行動を予測して他者視点の理解から役割を適切に遂行することが目標や課題の達成につながると考えられる．

さらに，人間は他者の発話だけでなく，姿勢やジェスチャー等の身体的な非言語情報から意図を推定する，あるいは行動を予測して自身の振る舞いを決定する [9, 10]．表出されるシグナルを計測し，そのデータから次の振る舞いを予測できる可能性が示されており [11, 12]，人工知能や機械学習技術と組み合わせた応用が期待されている．また，心理学では，刺激に合わせてボタンを押すような課題を用いて，協調においては目標や役割の表象を他者と共有し，他者のどのような行動がいつ，どこで起こるかを予測して自身の行動を調整する点が鍵になることを指摘している（例えば [13, 14]）．

他方で，主に心理学で利用されているボタン押し課題よりも複雑で動的な運動協調として，競技スポーツや魚，鳥などの群移動が挙げられる（例えば [15, 16, 17]）．そのような生物集団の運動は 1 つの生命体として機能しているかのような印象を抱かせ，スポーツ科学や生物学，人工生命の分野において長年，研究が行われている．これらの先行研究の中には，数理モデルを構築して集団運動を再現し，メカニズムを理解することを目指す研究がある．ただし，特徴的な運動の背景にある認知については主要な議論でないことに留意する必要がある．

市川・藤井 (in press) [1] は，認知科学における協調に関する発展的な議論に向けて，これまで扱われることが少なかった集団運動に着目した．前の段落で述

べたスポーツ科学や生物学の枠組みを援用し，集団運動を定量的に分析して他者の行動を予測する認知との関連をみるアプローチを提案している．このアプローチによって，3 人以上による運動のインタラクションといった一次的な振る舞いでは説明が難しいようなより複雑で動的な協調を議論できることが期待される[1]．ここでは，他者の行動をどの程度，予測できているか，あるいは行動予測が基盤にある役割の遂行が適切に行われているかを運動データの分析から示せられることが必要である．従って，構成される集団で目標，課題が明確であり，求められる動きが課題のルールに基づいてある程度，コントロールされている集団運動が対象となる．

以上を踏まえて，本研究では，上記で述べた集団運動を扱うことができる複数人で取り組む課題を提案する．そして，課題を用いて運動のインタラクションを分析し，課題の成果を示すパフォーマンスの向上において他者の行動予測に基づく適切な役割の遂行が鍵になることを明らかにする．

2. なぞり課題

本研究では，パフォーマンスの向上に関連する他者の行動を予測する認知に基づく役割を実験的に検討するために，丸野が考案したなぞり課題 [18] を用いる．この課題は 3 人 1 組で，各自が手元にあるリールを回して糸の張りを調整し，3 本の糸につながれたペンを移動させて正三角形のモデル（1 辺 30 cm，幅 2 cm）をなぞってゆく（図 1）．リールを内側に回すと糸が張られる一方で，リールを外側に回すと張りを緩めることができる．

正三角形の幅から逸脱することなく，幅の中央を通って素早くペンを移動させる高いパフォーマンスを達成するためには，役割分担と交代が鍵となる．各辺において 3 人がリールを回して糸を「張る」,「緩める」，そして「適度に張る」役割を遂行し，なぞる辺が変わるタイミングで役割を交代することが求められる．具体的に，糸を「張る」役割とは手元へ引き寄せるようにペンを移動させるリール操作を指す．また，糸を「緩める」役割とはそのペンをスムーズに引き寄せられるようにする操作，そして「適度に張る」役割は「張る」役割と「緩める」役割が遂行されたことで，ペンが幅から逸脱しないようにバランスをとる操作を指す．図 1 と対応づけた各辺における操作者の役割を表 1 に示す．

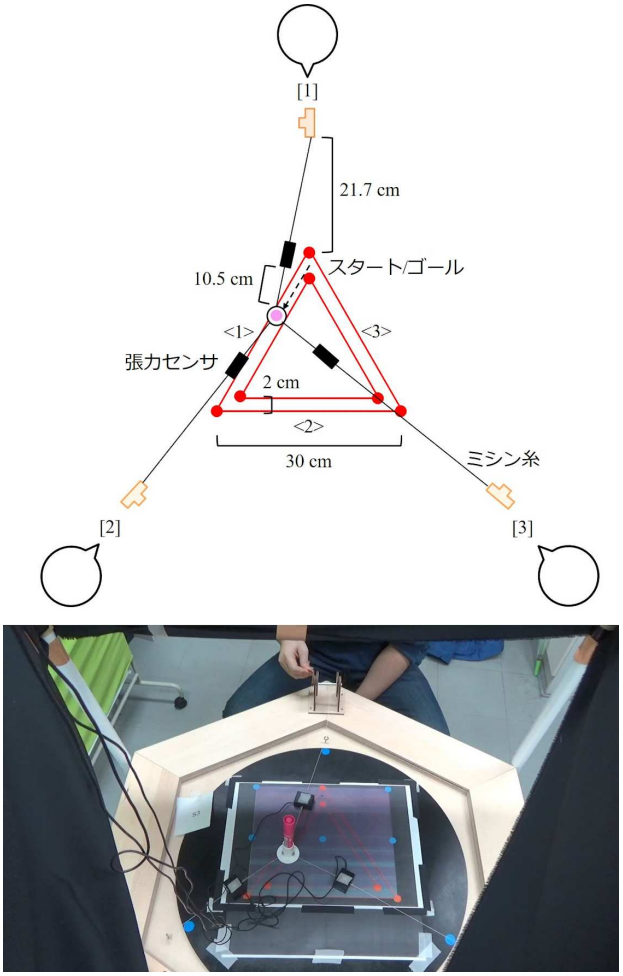


図 1　なぞり課題．上段は課題の模式図で，下段は課題を行っている際の映像である．

高いパフォーマンスを達成するためには，表 1 における自身の役割を理解するだけでなく，他者の役割を理解することや他者のリール操作による糸の張り具合から自身の張り具合を調整することが重要である．課題の目標は 3 人で共通しており，求められる操作や役割も明確なことから，ある程度，コントロールされた集団運動を扱うことができる．糸の張力を計測することで，運動のインタラクションにおける他者の操作の予測に基づく役割の遂行を定量的に評価できると考えられる．

3. 実験

3.1 参加者

大学生および大学院生計 6 組 18 名（男性 : 3 組，女性 3 組）が実験に参加し，分析の対象となった．グループの年齢は平均 20.78 歳 ($SD = 1.31$) であった[2]．

[1] 一次元的な振る舞いとは例えば，1 人がある動きをするともう 1 人の運動が決まるような場合が挙げられる．

[2] 本実験では他者視点の理解が求められる課題を行うため，念のため実験前に日本語版対人反応指標における視点取得の因子に関す

表 1　図 1 と対応づけたなぞり課題における各操作者の役割.

辺	操作者		
	[1]	[2]	[3]
<1>	緩める	張る	適度に張る
<2>	適度に張る	緩める	張る
<3>	張る	適度に張る	緩める

3 人は，日常的に会話する知り合いである．なお，もう 2 組（男性 1 組，女性 1 組）は実験者の指示に従って課題を行わなかったため，分析から除外した．

実験が行われた神奈川大学の倫理審査委員会からの承認は得たうえで，参加者には研究概要やデータの処理について説明し，全員から書面で参加への同意が得られた．

3.2　手続き

各辺の幅から外れることなく，直線で正三角形のモデルを反時計回りになぞることが課題の目標であり，リールは内側に回すと糸が張られ，外側に回すと張りを緩められることを教示した．制限時間は 90 秒とし，これを 1 試行とした．スタートとゴール，およびペンを移動させる方向は全試行において同じである（図 1 を参照）．これらも教示したうえで，制限時間は設けずに練習を 1 試行実施した．その後，1 セッション 20 分の中で，お互いの表情や視線を見ないように，そして会話やジェスチャーをすることなく，繰り返し課題を行わせた．計 3 セッション行い，セッションの間に 5 分程度の休憩をはさんだ．

なお，参考までに 3 人の参加者は課題を行うたびに，自身や他者における課題の理解度，一体感，そして他者のリール操作による糸の動きに対する運動主体感に関する質問紙調査に回答したが，本発表では分析の対象としない．

3.3　環境

図 2 に示す．全ての試行において 3 台の張力センサ（特殊計測，TK-A-30N）からリール操作による糸の張力を計測器（KYOWA, PCD-300B）を介して収録

図 2　実験環境.

ソフトウェア (KYOWA, DCS-100A ver. 04.43) がインストールされたコンピュータ (Panasonic Let's note CF-SX3) 上に 100 Hz で記録した．センサはリールを内側に回すと糸の張り具合に応じて張力が正の値 (N) で記録される一方で，外側に回すと糸が緩むため，張力が減少する．また，参加者がお互いに糸を張ってペンが移動しない拮抗状態になった場合は，各糸の張り具合がそれぞれのセンサにおいて正の値で記録される仕様である．また，お互いの表情や視線が見えないように黒幕を目の前に設置した．

他方で，ビデオカメラ 1 台 (Sony HDR-CX680) で課題が行われる様子を俯瞰撮影した（図 1 を参照）．各試行における動画 (幅 1280 px × 高さ 720 px) に対して動作解析ソフト（DITECT, DIPP-Motion V/2D ver. 1.1.31） を用いてペンやセンサの位置を 5 Hz で自動トラッキングし，スプライン補間から 20 Hz の 2 次元で取得した．

る質問紙調査に回答させた．設問は日道他 [19] を参照していただきたい．視点取得の特性を示すスコアは，最小値を 0 点に調整したうえで 28 点中グループ平均 15.72 ($SD = 0.97$) であった．±2SD の範囲外のスコアを記録した留意すべきグループは相対的にいなかったといえる．

4. 分析

4.1 手続き

4.1.1 パフォーマンス

課題の成果を示すパフォーマンスとして，各辺における a）逸脱量 (cm) と b）なぞり終えるまでの時間（秒）を算出した．

a）は正三角形の幅の中央線から逸脱した程度を示す $\overline{Dev}$ を式 (1) から (3) より求めた．

$$Dev_{(f_i)} = \frac{|det([P_{ver_{(i+1)}} - P_{ver_{(i)}}; P_{pen_{(f)}} - P_{ver_{(i)}}])|}{\|P_{ver_{(i+1)}} - P_{ver_{(i)}}\|} \tag{1}$$

$$Dev_{(f)} = min(Dev_{(f_i)}) \tag{2}$$

$$\overline{Dev} = \frac{1}{F}\sum_{f=1}^{F} Dev_{(f)} \tag{3}$$

$P_{ver_{(i)}}$ ($[x_{P_{ver_{(i)}}}, y_{P_{ver_{(i)}}}]$, $1 \leqq i \leqq 2$) は事前に決められた各頂点の直下にある点の位置を表し，点同士を結ぶと正三角形の幅の中央線になる．また，$P_{pen_{(f)}}$ ($[x_{P_{pen_{(f)}}}, y_{P_{pen_{(f)}}}]$) と F は，ある時間フレーム f におけるペンの位置と各辺をなぞるまでにかかる時間の総フレーム数を表す．各辺の中央線とペンの位置との距離を算出し，その最小値を特定の辺をなぞっている時の逸脱量として扱った．

b）は，$Dev_{(f)}$ を求める際の i と $i+1$ の組み合わせが入れ替わるまでにかかる時間とした．例えば，図 1 において，辺 $< 1 >$ から辺 $< 2 >$ になぞる対象が替わる時，$Dev_{(f)}$ を記録する組み合わせが $i = 1$, $i+1 = 2$ から $i = 2$, $i+1 = 3$ になる．

a）と b）の指標で値が小さければ，逸脱することなく素早くモデルをなぞったことが示される．

4.1.2 役割

張力データは，ローパスフィルタを 0.5 Hz で適用して高周波ノイズを除去したうえで，各辺における c）糸を「張る」役割を遂行したことを示す最大ピーク値を記録した参加者が理想と一致したかの二値（一致 : 1，不一致 : 0）と，d）糸を「適度に張る」役割が求められる参加者のリール操作でピークが記録された頻度を求めた．

各センサで最低 1 個張力のピークが抽出される閾値 0.2 N を適用し，c）では各辺で最大ピーク値を記録するリール操作を行った参加者をみた（図 3）．表 1 を踏まえると，ペンを引き寄せるために糸を「張る」役割を遂行すれば，他の役割に比べて張力の値が大きくなることが考えられる．従って，辺 $< 1 >$，$< 2 >$，$< 3 >$ に対して最大ピーク値を記録する参加者がそれぞれ [2]，[3]，[1] であれば，糸を「張る」役割の遂行が適切に交代されていたことが示される（表 1 を参照）．

他方で，d）では，辺 $< 1 >$，$< 2 >$，$< 3 >$ に対して糸を「適度に張る」役割が求められる参加者は [3]，[1]，[2] である（表 1 を参照）．他者 2 人が糸を「張る」,「緩める」役割を遂行してペンを移動させる際に，幅の中央から逸脱しないようにバランスをとる必要がある．このバランサーの張力でピークが記録されれば，他者あるいは自身の誤ったリール操作によって幅の中央から逸脱したペンの修正を試みたことが示される．

図 1 や表 1 と対応づけた分析手続きの模式図を図 3 に示す．パフォーマンスも含めて，これらは全て MATLAB R2016b で実施した．

4.1.3 統計モデリング

本分析では，グループや辺による変動を踏まえた線形混合モデルを用いた回帰分析を行った．まず，a）と b）を目的変数にそれぞれ設定し，試行を説明変数である固定効果，グループと辺を傾きと切片がランダムな変量効果とした．全体的に試行を通して，a）あるいは b）の値が有意に小さくなることが確認された場合に次の分析を実施した．

具体的には，試行との関連が示された a）あるいは b）を目的変数，そして c）および d）を説明変数である固定効果，グループと辺を傾きと切片がランダムな変量効果とした．説明変数間の交互作用については，組み込んだ場合と組み込まなかった場合で赤池情報量規準 (以下，AIC と呼ぶ) を算出して，より適したモデルを採用した．

以上の分析は，パッケージ lme4 や lmerTest を利用して R-3.6.1 で行った．

4.2 結果

表 2 と表 3 に示す．合わせて，表の結果を踏まえて，試行を通した b）の推移と b）と d）による散布図を図 4 と図 5 にそれぞれ示す．本研究では全体的な特徴を議論したいため，グループや辺による変動を踏まえた代表的な目的変数と説明変数の関係を報告する．

試行と課題の成果を示すパフォーマンスの関係において，b) のみで試行の固定効果が有意であった（係

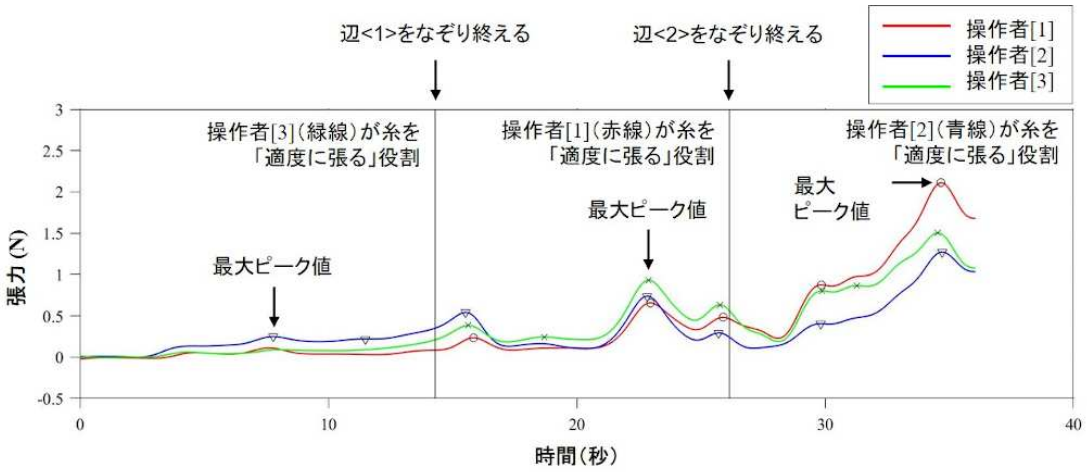


図 3　図 1 と表 1 を対応づけた役割の分析手続きに関する模式図.

数：-0.395，$SE = 0.086, p = 0.004$）．a）の固定効果は有意ではなかった（係数：-0.001，$SE = 0.004$, $p = 0.837$）．これらの結果は，試行を通してある一定の逸脱量を維持しつつ，より早くなぞり終えることを示唆する．

そして，b）と c），d）の関係について，c) および d) の交互作用を組み込まなかった場合のモデルが採用され，d) の固定効果が有意傾向であった（係数：1.055, $SE = 0.477, p = 0.076$）[3]．c) の固定効果は有意ではなかった（係数：-0.751，$SE = 0.590, p = 0.216$）．これは，バランサーのリール操作で張力のピークが記録される頻度が増えると，各辺をなぞり終えるまでの時間が長くなる傾向を示す．

以上の結果は，より早くなぞり終えるパフォーマンスの向上には，ペンが逸脱して修正することがないように適宜，糸を張りを調整するバランサーの役割が関連することを示唆する．

5.　考察

分析の結果，試行を通して，ある一定の逸脱量を維持しつつ，なぞり終えるまでの時間が短くなることが確認された．さらに，そのような課題の成果を示すパフォーマンスの向上には，ペンが逸脱しないように適宜，糸の張りを調整するバランサーの役割が関連することが示唆された（表 2，表 3，図 4，および図 5 を参照）．

糸を「適度に張る」役割を遂行する操作者で張力のピークが記録されることは，ペンの位置の修正を試みたことを示す．これは，手元に引き寄せるようにペンを移動させる糸を「張る」役割やそのペンをスムーズに引き寄せられるようにする「緩める」役割を他者が適切に遂行できなった場合，あるいは自身がリールを誤操作した場合に起こる．糸を「張る」,「緩める」役割が適切に遂行されないというのは，他者のリール操作を予測せずに，自己中心的な操作を行うことを示す．例えば，辺 $< 1 >$ をなぞる際に操作者 [1] が糸の張り具合から操作者 [2] のリール操作を予測できず，過度に緩めてしまい，ペンが逸脱することが挙げられる（表 1 を参照）．ペンの位置を修正する頻度が増えると，なぞり終える時間にロスが生じる．一方で，その頻度が少ないということは，バランサーが他者のリール操作によってペンが逸脱しないように未然に防ぐかたちで糸の張りを微調整していたことが考えられる．

Yokoyama & Yamamoto (2011) [17] では，3 人 1 組で相手 1 人に奪われないようにボールをパスするサッカーの課題において，上級プレイヤーの動きは初級プレイヤーに比べて同期することを示した．ある力学系のパターンを維持するためには，パスをしやすい仲間との位置関係を確立する必要があることを示唆する．さらに，Yokoyama, Shima, Fujii, Tabuchi, & Yamamoto (2018) [20] では，同様の課題を社会行動の数理モデルを用いたシミュレーションから検証し，仲間との相対的な距離に基づいて振る舞うパラメータが上級プレイヤーによるパス回しを計算機上で再現するうえで鍵になることを示した．本研究では，なぞり課題の協調において，3 人の中でも特に，他者のリール操作をカバーしてある一定の逸脱量に抑えるバランサーの役割が重要なことを明らかにした．他者をカバーして全体の協調を保つような振る舞いはなぞり課題に限らず，Yokoyama et al. [17, 20] が課題にした競

[3]交互作用を組み込んだ場合の AIC は 2567.5 で，組み込まなかった場合の AIC は 2566.5 であった．なお，前者では後者で確認された d) の固定効果の有意傾向はみられなかった．

表 2　グループや辺を踏まえたパフォーマンスと試行の関係

説明変数	目的変数	固定効果						変量効果			
								グループ		辺	
		傾き			切片			傾き	切片	傾き	切片
		係数	SE	p 値	係数	SE	p 値	分散	分散	分散	分散
試行	a）逸脱量 (cm)	-0.001	0.004	0.837	0.705	0.205	0.057	0.000	0.014	0.000	0.117
	b）なぞり終えるまでの時間（秒）	**-0.395**	**0.086**	**0.004**	24.042	1.921	0.001	0.025	5.288	0.007	7.917

表 3　グループや辺を踏まえたパフォーマンスと役割の関係

説明変数	固定効果						変量効果			
							グループ		辺	
	傾き			切片			傾き	切片	傾き	切片
	係数	SE	p 値	係数	SE	p 値	分散	分散	分散	分散
c) 糸「張る」役割を遂行する参加者における理想との一致（一致: 1，不一致: 0）	-0.751	0.590	0.216	17.758	1.354	0.000	0.171	3.619	0.000	0.000
d）糸を「適度に張る」役割において張力のピークが記録された頻度	**1.055**	**0.477**	**0.076**				1.169	0.206	0.009	2.533

注）目的変数は，b）なぞり終えるまでの時間（秒）である．

技スポーツや，言語的インタラクションである討論においても求められる．さらに，本研究では注目すべき点として，バランサーの役割がパフォーマンスの向上に関連していることから，試行を通して役割のスキルを習得した可能性がある．

また，バスケットボールのディフェンス時のチームワークに焦点をあてた Fujii et al. (2016)[21] の研究では，ゴール手前の攻防の危機的状況に応じて各プレイヤーが役割を遂行する背景に，敵や仲間の意図を何手先も読む「再帰的な意図の共有」[22] があることを主張している．なぞり課題はバスケットボールよりも単純な課題ではあるが，バランサーは他者の役割を理解したうえでリール操作を予測し，ペンが逸脱しないように未然に防ぎ，カバーしていたと考えられ，操作の意図を共有したのかもしれない．他方で，本分析では，手元に引き寄せるようにペンを移動させる糸を「張る」役割が辺ごとに理想と一致していたかは，パフォーマンスに関連していなかった（表 3 を参照）．ペンを主導して動かす役割よりも，全体の協調を保つ役割が重要であることを示唆する．

以上のような議論は，他者との言語的なインタラクションを分析し，協調において他者視点を理解することや異なる視点に基づいて役割分担することが鍵になる点を示した認知科学の問題解決の領域における知見（例えば [2, 3, 4]）と整合性がとれると考えられる．今後は，線形混合モデルの結果を踏まえて，なぞり終えるまでの時間と糸を「適度張る」役割との関連におけるグループ間の変動について検討する．本実験ではグループ C が最も早くなぞり終える高いパフォーマンスを達成した．グループ C で顕著にみられる特徴を詳細に議論する．そして，最終的には糸を「適度に張る」役割における他者の行動を予測する認知をモデル化し，計算機上でシミュレーションを行い，構成するパラメータを変化させた際に集団運動がどのように影響を受け，なぞり終えるまでの時間が変わるかを検討することで，協調のメカニズムを明らかにしてゆく．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 19K24369 の助成を受けた．なぞり課題の装置を設計するうえで，丸野 俊一副学長（九州大学）からご助言をいただいた．設計・製作は楠 曜さん（京都工芸繊維大学）にご協力いただい

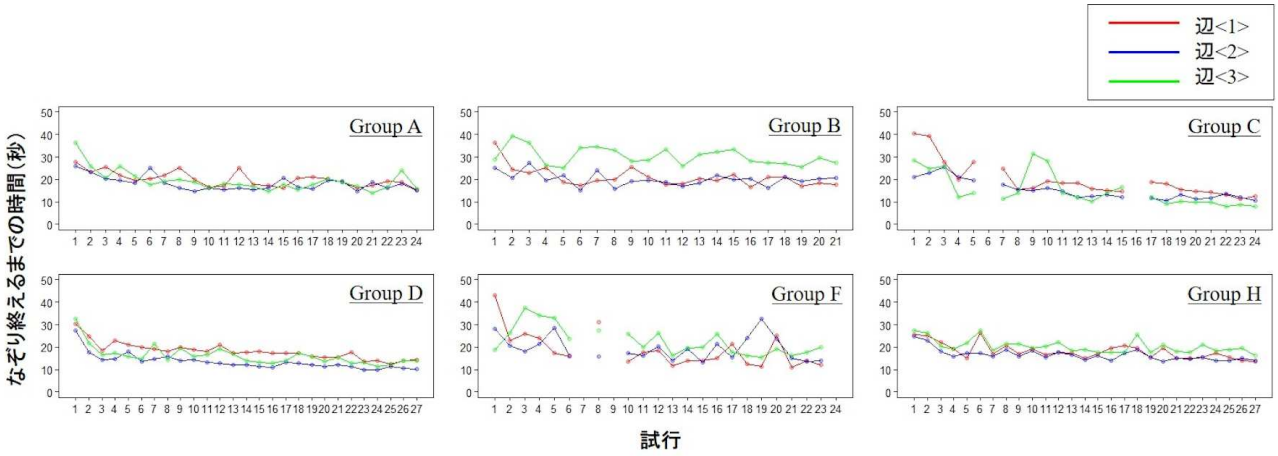


図 4　試行を通した b）なぞり終えるまでの時間の推移．プロットがない試行は途中で糸が切れる等の計測トラブルによって記録できなかったことを示す．

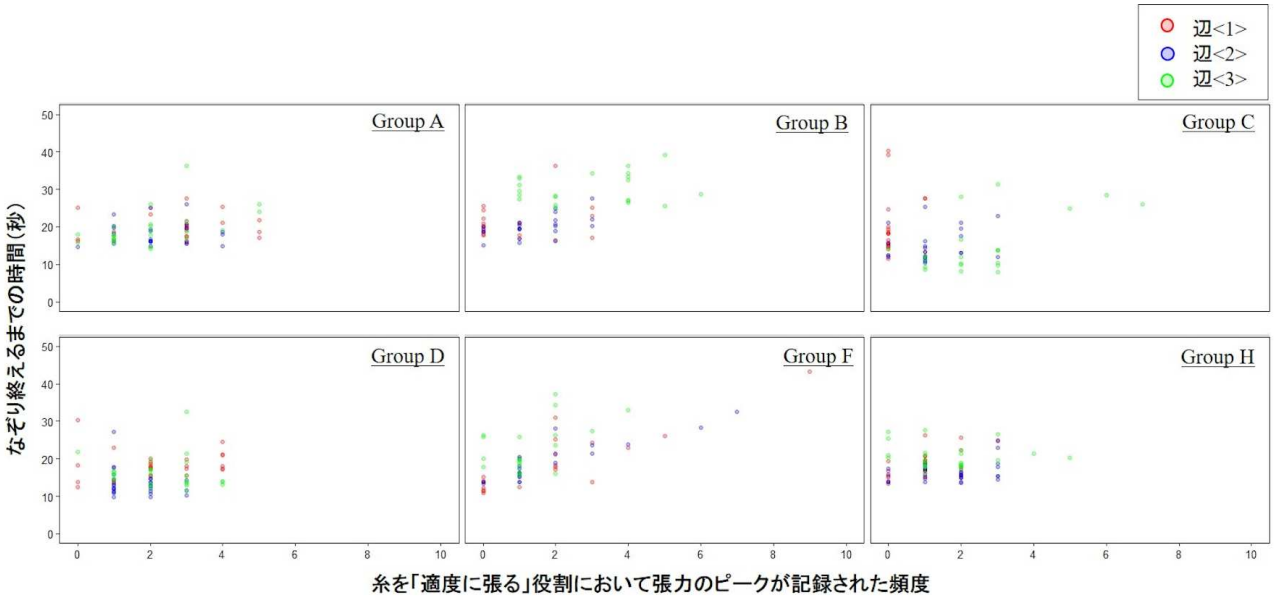


図 5　b) なぞり終えるまでの時間と d) 糸を「適度に張る」役割の散布図．

た．そして，実験を行うにあたって児玉 謙太郎准教授（当時は神奈川大学に所属，現在は東京都立大学）にご協力をいただいた．ここに謝意を表する．

文献

[1] 市川 淳・藤井 慶輔 （in press）“協調に関する議論に向けたアプローチの提案－集団運動からみる他者の行動予測と適応－”, 認知科学.
[2] Dunbar, K. (1995) “How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories.”, In R. J. Sternberg, & J. E. Davidson (Eds.), The nature of insight (pp. 365-395). Cambridge, MA: MIT Press.
[3] 林 勇吾・三輪 和久・森田 純哉 (2007)“異なる視点に基づく協同問題解決に関する実験的検討”, 認知科学, Vol. 14, No. 4, pp. 604-619.
[4] Miyake, N. (1986) “Constructive interaction and the iterative process of understanding” Cognitive Science, Vol. 10, No. 2, pp.151-177.
[5] 林 勇吾・三輪 和久 （2011）“コミュニケーション齟齬における他者視点の理解”, 認知科学, Vol. 18, No. 4, pp. 569-584.
[6] Shirouzu, H., Miyake, N., & Masukawa, H. (2002) “Cognitively active externalization for situated reflection”, Cognitive Science, Vol. 26, No. 4, pp. 469-501.
[7] Miyake, N., & Shirouzu, H. (2006) “A collaborative approach to teaching cognitive science to undergraduates: The learning sciences as a means to study and enhance college student learning”, Psychologia, Vol. 49, No. 2, pp. 101-113.
[8] Shirouzu, H., & Miyake, N. (2007) “Scaffolds for lecture comprehension: Video-jigsaw and stop-and-think using a video system”, Proceedings of the 2007 conference on Supporting Learning Flow through Integrative Technologies, pp. 175–182.
[9] Pentland, A. (2010) “Honest signals: How they shape our world.”, Cambridge, MA: MIT Press. （安西 祐一

郎（監訳）・柴田 裕之（訳） (2013). 正直シグナル―非言語コミュニケーションの科学― みすず書房）
[10] Pezzulo, G., Donnarumma, F., & Dindo, H. (2013). “Human sensorimotor communication: A theory of signaling in online social interactions. ”, PLOS ONE, Vol. 8, No. 11, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079876
[11] Stoltzman, W. T. (2006) “Toward a social signaling framework: Activity and emphasis in speech”, Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology, pp. 1-70.
[12] Curhan, J. R., & Pentland, A. (2007) “Thin slices of negotiation: Predicting outcomes from conversational dynamics within the first 5 minutes”, Journal of Applied Psychology, Vol. 92, No. 3, pp. 802-811.
[13] Knoblich, G., & Sebanz, N. (2006) “The social nature of perception and action”, Current Directions in Psychological Science, Vol. 15, No. 3, 99-104.
[14] Sebanz, N., & Knoblich, G. (2009) “Prediction in joint action: What, when, and where”, Topics in Cognitive Science, Vol. 1, No. 2, pp. 353-367.
[15] Couzin, I. D., Krause, J., James, R., Ruxton, G. D., & Franks, N. R. (2002) “Collective memory and spatial sorting in animal groups”, Journal of Theoretical Biology, Vol. 218, No. 1, pp. 1-12.
[16] Fujii, K., Kawasaki, T., Inaba, Y., & Kawahara, Y. (2018) “Prediction and classification in equation-free collective motion dynamics”, PLoS Computational Biology, Vol. 14, No. 11, https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006545
[17] Yokoyama, K., & Yamamoto, Y. (2011) “Three people can synchronize as coupled oscillators during sports activities”, PLoS Computational Biology, Vol. 7, No. 10, https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002181
[18] 丸野 俊一. (1991).“社会的相互交渉による手続き的知識の改善と自己-他者視点の分化・獲得”, 発達心理学研究, Vol. 1, No. 2, pp. 116-127.
[19] 日道 俊之・小山内 秀和・後藤 崇志・藤田 弥世・河村 悠太・野村 理朗 （2017）“日本語版対人反応性指標の作成”, 心理学研究, Vol. 88, No. 1, pp. 61-71.
[20] Yokoyama, K., Shima, H., Fujii, K., Tabuchi, N., & Yamamoto, Y. (2018) “Social forces for team coordination in ball possession game”, Physical Review E, Vol. 97, No. 2, https://doi.org/10.1103/PhysRevE.97.022410
[21] Fujii, K., Yokoyama, K., Koyama, T., Rikukawa, A., Yamada, H., & Yamamoto, Y. (2016) “Resilient help to switch and overlap hierarchical subsystems in a small human group”, Scientific Reports, Vol. 6, No. 23911, https://doi.org/10.1038/srep23911
[22] Tomasello, M. (2010) “Origins of human communication”, Cambridge, MA: MIT Press.

電子掲示板上での社会ネットワークの可視化による集団的認知責任の向上の支援の試み

Attempting to improve collective cognitive responsibilities using a social network visualization function on BBS

近藤 秀樹[†]，遠山 紗矢香[‡]，大﨑 理乃，山田 雅之
Hideki Kondo, Sayaka Tohyama, Ayano Ohsaki, Masayuki Yamada
[†]九州工業大学，[‡]静岡大学，東京都立産業技術大学院大学
Kyushu Institute of Technology, Shizuoka University, Advanced Institute of Industrial Technology
kondo@mse.kyutech.ac.jp

概要

本研究の目的は，知識構築コミュニティの構成員が，自らの集団的認知責任を意図的に発揮させることを支援する方法を提案することである．この目的のため，電子掲示板を用いて活動する知識構築コミュニティにおいて，各構成員の集団的認知責任の指標をリアルタイムに可視化するためのシステムを社会ネットワーク分析を利用して開発し，学習環境デザインを支援するコミュニティにて実践した．その結果，コミュニティ構成員の相互貢献に資する活動が活発になる傾向が示された．

キーワード：社会ネットワーク分析，媒介中心性，集団的認知責任

1. 背景と目的

知識構築コミュニティにおいて，個々のメンバーが「集団的認知責任」を持つことが重要であることが知られている[1]．メンバーが集団的認知責任を持っている状態とは，コミュニティ全体として知識を作り上げて行く目的のために，メンバーが互いに何をすべきかについて適切な責任を意識している状態を指す．この集団的認知責任に基づく行動をコミュニティ内の各メンバーが表出していたかを調べるためには，社会ネットワーク分析が有効であることが示されてきた[2]．社会ネットワーク分析では，コミュニティ内のメンバーをノードと見立て，各メンバーのコミュニティ内での他メンバーとのつながりをエッジとしたときに，そのつながりの強さを「中心性」と呼ばれる指標で表すことができる．中心性の中でも「媒介中心性」は，ネットワークの中でハブとして機能しているノードについて高い値が出ることが知られている[3].

先行研究によれば，ある学習コミュニティにおいてメンバー全員が責任を分かち持って活動していた状況では特定のメンバーの媒介中心性が一貫して高い状況にはなく，メンバーで交互に媒介中心性が高くなる状態が観察されたことが示されている[4]．また，オープンソースのプロダクト開発コミュニティを対象とした分析によると，媒介中心性が高いメンバーを含むコミュニティにおいては，そうでないコミュニティよりも創造性が低い傾向が見られたことが示されている[5]．さらに，Zhang らの分析では，アクティブラーニング環境下では，メンバー全員が責任を分かち持って活動していた状況の方が，メンバーの学習到達度が高かったことが示されている[2]．これらのことから，媒介中心性の値はコミュニティ内の構成員の責任分散の状態を示していると考えられること，コミュニティ内の構成員の責任が分散されていたほうがアクティブラーニングやオープンソースのプロダクト開発などの構成員の主体的な活動が期待される場面では有効に働くことが期待できる．媒介中心性の値は低ければよいということではないものの，一人の媒介中心性が高い状態が継続されている状況は，リーダー的な人物がコミュニティの中で活躍する状況が続いているものと解釈できる．

これまでの研究では，上記で述べたようなネットワーク分析の結果を研究者や教師がコミュニティの状況を把握するために活用してきたが，コミュニティの構成員自身にとっても利用の可能性があるだろう．そこで本研究では構成員自身がネットワーク分析の結果を利用することの可能性について検討することを目的とする．

2. 研究対象

著者らは，学生スタッフ 10 名程度からなる学習環境デザインチームの一員として，アクティブラーニングのために作られた学習空間 MILAiS[6]を運営している．グループワークのための教室として整備され，ICT 機器の活用等により，学部初年次から大学院にいたるまでの多様な授業に柔軟に対応できる施設である．本研

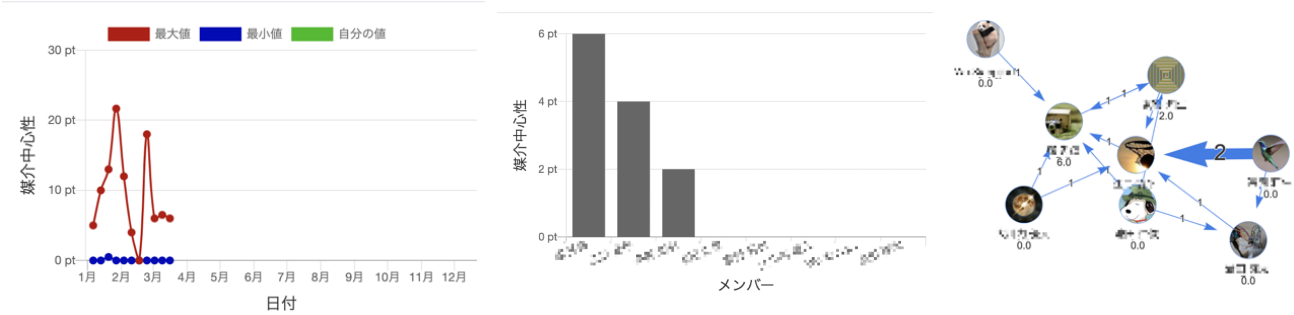


図 1 社会ネットワーク分析に基づくフィードバック機能

究では MILAiS で働く学生スタッフのコミュニティを対象とする.

学生スタッフはこの施設において，定型的・固定的に業務を担当するのではなく，施設の利用の状況に合わせて継続的な改善を行う．学生スタッフの業務には，授業担当教員のサポートだけでなく，施設・設備自体の整備や維持，改善も含まれる．またそれらの活動に必要な連絡や議論を電子掲示板上で非同期的に行うことが期待される．チームのミッションは「学習環境をよりよくしていくこと」と表現される.

これまでの我々の研究で，媒介中心性の値をメンバーに直接フィードバックすることで初心者は特に自身の行動に意識を向けられるようになることが示唆されたが[7]，初心者がそのフィードバック結果を利用して具体的に行動を変えることは難しいことも分かった[8]. 学生スタッフに対してより多くの業務上の主導権を渡すためには，具体的な行動を学生スタッフ自らが意図的に計画できるような支援が必要と考えられる．ここでの「意図的に計画できる」とは，学生スタッフが自らの状況と活動の意義や目標から検討して行動の変化としてどう実行するかの計画を立てることを意味する. したがって，外部から与えられた具体的な目標をどう達成するかの計画を立てることと異なる. たとえば「今週はあまり返信を書けなかった気がするので，来週は昼休みを返信の時間にしてみよう」は意図的な計画だが，「一日に 1 件は返事を書く」ように要請され，それに対して毎日昼休みの時間を割り当てることは，本稿では意図的な計画とは言い難い.

学生スタッフは掲示板を介して業務を遂行することが求められているため，どのように掲示板上に記事を投稿したり，他のメンバーの記事に返信したりするかを意図的に計画することになる.

3. HighNyammer Social Scanner

学生スタッフが自身の行動を意図的に計画できるようになる支援として，掲示板上に投稿された記事の著者同士の関係に基づき，社会ネットワーク分析に基づく 3 種類のフィードバック機能で構成されたツール HighNyammer Social Scanner (以下，可視化機能)を開発した．このツールは，具体的には以下の 3 つの機能から構成される．(1)過去一年間での週ごと・スタッフごとの媒介中心性をチャートで本人に示す機能，(2)現在の全スタッフそれぞれの媒介中心性をチャートでスタッフ全体に示す機能，(3)現在のスタッフ間のインタラクションを有向グラフとして全員に示す機能の 3 つである．図 1 に可視化の具体例を示す.

図の左側のチャートが(1)の機能に相当する．コミュニティの媒介中心性の最大値と最小値，ユーザ自身の値を一週ごとに計算し，一年分を提示する．この表示を利用することで，週ごとに相対的に自分がコミュニティ内でどの程度のポジションにいたのかを読み取り，その推移を推測することができる.

図の中央のチャートが(2)の機能に相当する．構成員全員のその瞬間の媒介中心性を比較可能なように可視化する．チャートは降順にソートされており，ユーザ自身の値は赤く強調表示される．このため，ユーザは自分よりも中心性の高い構成員が誰で，自分よりも中心性の低い構成員が誰かを把握することができる．この表示を用いることで，たとえば自分よりも中心性の高い構成員に対して普段どのように業務にあたっているのか，を相談することが可能になる.

図の右側のネットワーク図が(3)の機能に相当する．その週の掲示板上での記事への返信関係をもとに，メンバーとメンバー同士の関係を有向グラフとして表現

した可視化の手法である．メンバーをノードであらわし，メンバーとメンバーの間の返信関係を辺としてあらわす．たとえばメンバーA の書いた記事 a1 にメンバーB が返信 b1 をつけた場合，メンバーA とメンバーB がノードとなり，その 2 つのノードの間の辺が定義される．辺の太さは返信の数が視覚的に強調されて表現される．ノードはメンバーの設定したアイコン画像で表現され，媒介中心性の値がキャプションとして付与される．

これらの機能は画面上部のツールバー内のボタンからユーザの操作によって明示的に表示される．ツールバーを図 2 に示す．ツールバーにはボタン以外にも，その瞬間の媒介中心性の値が常に表示されており，ユーザの明示的な操作なしにコミュニティ内の責任分散の状況をフィードバックしている．図 2 の場合，その瞬間の媒介中心性は 1.5 であり，先週一週間を通しての値である 6.0 と並べて表記されている．

図 2 媒介中心性の値のフィードバック

4. 分析対象

学生の意図的な計画ができるようになれば，HighNyammer での活動も活発になるという仮定の下で，デザイン研究[9]の考え方に基づき，MILAiS の学生スタッフのコミュニティを，2019 年と 2020 年において比較した．比較に用いたデータは， 1 月 1 日から 4 月 18 日の間に HighNyammer に作成されたスレッドや投稿された記事の数である．学生スタッフは卒業等により交代するため，2019 年度 2020 年の学生スタッフ構成員の顔ぶれや人数は異なる．このため，厳密な意味での年度間の比較は困難だが，本研究では 3 章にて紹介した可視化機能が導入された 2020 年と，媒介中心性の値のみが個人にフィードバックされた 2019 年[8]を比較することで，ツールが果たした役割を評価することを試みた．

2 章で述べたように，MILAiS の学生スタッフは 1 人ひとりが意図的な計画をできるようになることが期待されている．本研究では，3 章で紹介した可視化機能や，2019 年に導入した媒介中心性の値をフィードバックする機能を学生スタッフが活用することによって，学生スタッフが意図的な計画ができるようになることを期待している．これは，学生スタッフのコミュニティでの問題解決はスタッフ同士が互いに協力し合うことがほぼ必須であるためである．

媒介中心性のフィードバックを学生スタッフ個人が自分で確認することによって，学生スタッフは，自分がいまコミュニティの中でどの程度仲間とやり取りをしているのかを把握することができる．2019 年は自分自身の媒介中心性の値を確認することしかできなかったが，2020 年の場合は，自分のやり取りの程度を仲間のやり取りの程度と比較することが可能となった．このため我々は，学生スタッフがこれらのフィードバックを参照することによって，学生スタッフに自分自身と仲間とのやり取りについての省察を促すことができると考えた. MILAiS の学生スタッフのコミュニティでの業務において中核的な意味を占める仲間とのやり取りの様子を客観的に見直すことは，学生スタッフが自身の日ごろの働き方を見直すことへとつながる可能性が期待できる．2020 年は，他者と自分と比較できるため，2019 年よりも，学生スタッフが自分よりも媒介中心性の値が高い仲間の活動を見習うなどの具体的な活動を引き出す可能性があると考えられた．

5. 分析方法

HighNyammer に対する可視化機能の実装前後（2019 年/2020 年）の掲示板への投稿について，スレッド数や投稿された記事の数をカウントした．スレッドは，一般的な掲示板システムと同様の機能であり，あるテーマについての一連のやり取りを表すものである．HighNyammer では，1 スレッドには複数の記事を含むことができる．記事を投稿する際にはいずれかのスレッドを投稿者が選択する必要がある．スレッドと記事は，学生スタッフならば誰でもいくつでも作成することができる．投稿された記事には投稿者である学生スタッフの氏名が表示される．このため，どの学生スタッフが何件の記事を投稿したのかについても調査した．

6. 結果と考察

可視化機能の実装前後（2019 年/2020 年）の掲示板の書き込みを比較した結果を表 1 に示す．

表 1 可視化機能実装前後の同時期の比較

	2019 年	2020 年
学生スタッフの人数	15	15
掲示板上に作られたスレッド数	33	94
掲示板上に投稿された記事の数	126	435
1 スレッドあたりの記事数平均	3.82	4.63
学生スタッフ 1 人あたりの投稿記事数平均	8.4	29

可視化機能を実装後，より多くのスタッフが互いに関わりながら多くのスレッドで議論を交わしており，1 スレッドあたりの記事の数も多くなる傾向が見られた．このことから，可視化機能によってスタッフの活動が協働的な知識構築へと方向づけられていたことが示唆された．

7. 今後の展望

本研究ではデザイン研究の方法を参考にして，異なる学生スタッフが参加していた 2019 年と 2020 年のコミュニティの様子を，掲示板データを用いて比較した．学生スタッフの人数は 15 名と限られていたため，各年のコミュニティを構成する学生スタッフの性向等によって，結果が影響を受けている可能性が否定できない．今後は継続的にコミュニティの観察を続けることによって，本研究で得られた結果が妥当かを検討していく必要がある．また，本研究対象で観察された傾向が，他の知識構築コミュニティでも見られるのかは今後検討する必要がある．そのためには，本研究で紹介した可視化機能を API 等の形であらゆるサービスから参照できるようにする等の技術的な改良も求めれる．

謝辞

本研究は JSPS 科研費（17K01136, 20K03066；研究代表者：近藤秀樹）の支援を受けて実施された．

文献

[1] Scardamalia, M. (2002). Collective cognitive responsibility for the advancement of knowledge, in B. Smith (Ed.), *Liberal education in a knowledge society*, Chicago, IL: Open Court, pp.67–98.

[2] Zhang, J., Scardamalia, M., Reeve, R. & Messina, R. (2009). Designs for Collective Cognitive Responsibility in Knowledge Building Communities. *The Journal of the Learning Sciences*, 18(1), 7–44.

[3] 金光淳 (2003). 社会ネットワーク分析の基礎：社会的関係資本論にむけて. 東京: 勁草書房.

[4] Leanne, M., Matsuzawa, Y. & Scardamalia, M. (2016). Rotating Leadership and Collective Responsibility in a Grade 4 Knowledge Building Classroom. *International Journal of Organizational Design and Engineering*, 4, 54-84.

[5] Kidane, Y. H. & Gloor, P. A. (2007). Correlating Temporal Communication Patterns of the Eclipse Open Source Community with Performance and Creativity. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 13(1), 17-27.

[6] 近藤秀樹，田川真樹，楢原弘之 (2014). 情報系専門科目を実施可能なアクティブラーニング環境の構築. 『日本教育工学会論文誌』, 38(3), 255-268.

[7] 近藤秀樹・遠山紗矢香・大﨑理乃・山田雅之 (2019). 教育的効果を重視する学生・教員コミュニティによる継続的な学習環境デザイン改善の実践. 日本認知科学会第 36 回大会発表論文集, 477-479.

[8] Kondo, H., Tohyama, S., Ohsaki, A. & Yamada, M. (2020). H HighNyammer: Metrics Feedback on BBS for Collaborative Improvement of Collective Cognitive Responsibilities. *International Journal of Learning Technologies and Learning Environments*, 3(1), 61-79.

[9] Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

タンザニア・カメルーン・日本でのフィールド実験による顔パレイドリアの多様性の検討
Diversity of face pareidolia revealed by field experiment in Tanzania, Cameroon, and Japan

高橋 康介[1]，島田 将喜[2]，大石 高典[3]，錢 琨[4]，田 暁潔[5]
Kohske Takahashi, Masaki Shimada, Takanori Oishi, Kun Qian, Xiaojie Tian

[1]中京大学，[2]帝京科学大学，[3]東京外国語大学，[4]九州大学，[5]筑波大学
Chukyo University, Teikyo University of Science, Tokyo University of Foreign Studies, Kyushu University, Tsukuba University
takahashi.kohske@gmail.com

概要

本研究ではタンザニア、カメルーン、日本の 3 地域でフィールド型実験を実施し、顔パレイドリア現象の地域間多様性を検討した。目と口に対応するパーツが存在する顔刺激とそうではない非顔刺激を呈示し、顔が見えるか判断させるという課題を行った結果、どの地域でも顔パレイドリアは生じたが、日本に比べてタンザニア、カメルーンでは顔パレイドリアが起こる頻度が低かった。以上の結果から顔パレイドリアの多様性の背景について議論する。

キーワード : パレイドリア（Pareidolia）、フィールド実験（Field experiment）、顔認知（Face recognition）

1. はじめに

知覚は単なる外界のコピーではなく、むしろ能動的に構成されるものである。人は無意味なパターンからでさえも多様な意味を見出し、認識する（例えばクラスター錯覚[1]）。また何かを見た際に、実際の対象とは明らかに異なるものを認識することもある。この代表例としてパレイドリア現象が広く知られている。パレイドリア現象では、空に浮かぶ雲や壁のシミ、数学記号の∵のような図形が自動的に顔として見えてしまう（顔パレイドリア）。無意味なものに意味を認識する、あるいは対象を本来とは異なるものとして認識するといった現象は、能動的な知覚の特性を反映していると考えられる点で特に興味深い。

パレイドリア現象は日常的にも経験するものであり、その存在は疑う余地はないが、見え方や見える頻度には個人差もある[2]。曖昧な情報、顔ではない情報、無意味な情報に対して顔を見るという能動的知覚過程がどのように現れるかについては、単純な個人差を越えて、生まれ育った環境が大きく影響している可能性もある。世界中の文化・地域・環境の多様性を考えれば、パレイドリアの通文化性を無条件に前提とすることはできないだろう。

そこで本研究では、特にパレイドリアの出現頻度に関する地域、文化間の多様性に注目し、タンザニア、カメルーン、日本の 3 地域で顔パレイドリア現象にどのような多様性が見られるのか探った。従来の比較文化心理学で一般的に行われている北米や西欧と東アジアの比較とは異なり、本研究では東西アフリカ地域を対象に含めている。これは、WEIRD 心理学という言葉でも指摘されるように、北米、西欧、東アジアは住環境や生活環境の点で類似性が高く、そのような地域だけを対象にして通文化性や多様性を議論することは妥当性に欠けるからである[3] [1]。

パレイドリアに多様性を仮定する根拠として、対象の意味付けに関する議論と顔認知、特に顔文字を扱った認知心理学研究について触れておく。パレイドリア現象のひとつの理由として提案されているパターニシティ[4]という考え方によれば、曖昧なものに対して意味を見出したほうが、そうしないよりも生存確率を上げる。森の中で不明瞭な対象が見えた時、それを敵だとみなして逃げるほうが、気のせいだとみなして近づくよりも生存の可能性が高まるという論理である。今回調査対象としたタンザニアやカメルーンでは、都市環

[1] 心理学研究は少数のサンプル（実験参加者、被験者）のデータから母集団である人間の心理特性について一般化して議論する。この際、サンプルは母集団から偏りなく抽出されていることが前提であるが、これまでの多くの心理学研究ではサンプルの抽出の偏りが大きいと言われている。具体的には多くの研究は北米、西欧、北欧、東アジアなどの WEIRD と呼ばれる地域に偏っている。WEIRD は western（西洋の）、educated（教育を受けた）、industrialized（工業化した）、rich（豊かな）、democratic（民主的な）の頭文字である[3]。

境とは異なり周囲に危険な外敵となる動物が多く存在する地域もある。この場合にはそうでない地域よりも過剰にパレイドリアが起こる方が有利かもしれない。しかしながら、パターニシティの妥当性は検証されておらず、逆にパレイドリアのような意味付けにより現実を歪めて認識することが食料獲得の機会損失につながる可能性も否定できない。非都市環境では対象をありのままに認識するというリアリスティックな認知の傾向は日本などに比べて高いのではないか、という当該地域に出入りする著者らの感覚もある。この場合には、むしろタンザニアやカメルーンではパレイドリアが起こりにくい、ということも十分に予測できる。以上のようにパレイドリアの多様性は全くありえない話ではないが、このどちらなのか、あるいはどちらでもないのか、これまで実証的なデータはない。まずは以上の仮説を背景に実証研究に取り組む必要がある。

2点目に、直接的に顔パレイドリアを扱ったわけではないが、顔認知に関するこれまでの研究から、顔文字や絵文字の認識には文化・地域・環境の多様性が存在することもわかっている。☺のようなスマイリーや、^^)のような顔文字は、限られた図形的情報から顔を認識するものであり、顔パレイドリア現象が関与していると考えられるが、日本で使われる顔文字と欧米圏で使われる顔文字では表情を指示するためのパーツが異なる。具体的には日本型の顔文字は目で、欧米型の顔文字は口で感情を表現している。これに対応するように、日本人大学生と北米の大学生を対象とした実験からは、顔文字に対する感情評価時の目と口の情報の使い方が地域間で異なることがわかっている[5]。違いは僅かではあるが、顔パレイドリアの多様性を示唆する知見である。

以上の背景から、本研究では、タンザニア、カメルーン、日本の3地域でフィールド型実験[6]を実施し、顔パレイドリア現象にどの程度の地域間の多様性が見られるのか検討した。実験1では顔の中の顕著な部位（目と口）に対応するパーツが存在する物体、実験2では目と口に対応する場所に強い陰影があるノイズ様画像をそれぞれ刺激として呈示し、その画像の中に顔が見えるかどうかを判断してもらうという課題を実施した。

2. 実験1

2.1. 方法

2.1.1. 実験参加者

実験は日本（N=24、女性9名、男性15名、平均年齢21.4、標準偏差 1.87）、タンザニアの一部地域（N=27、男性27名、平均年齢31.9、標準偏差8.75）、カメルーンの一部地域（N=32、女性4名、男性28名、平均年齢35.8、標準偏差12.9）で実施した[2]。

2.1.2. 装置・刺激

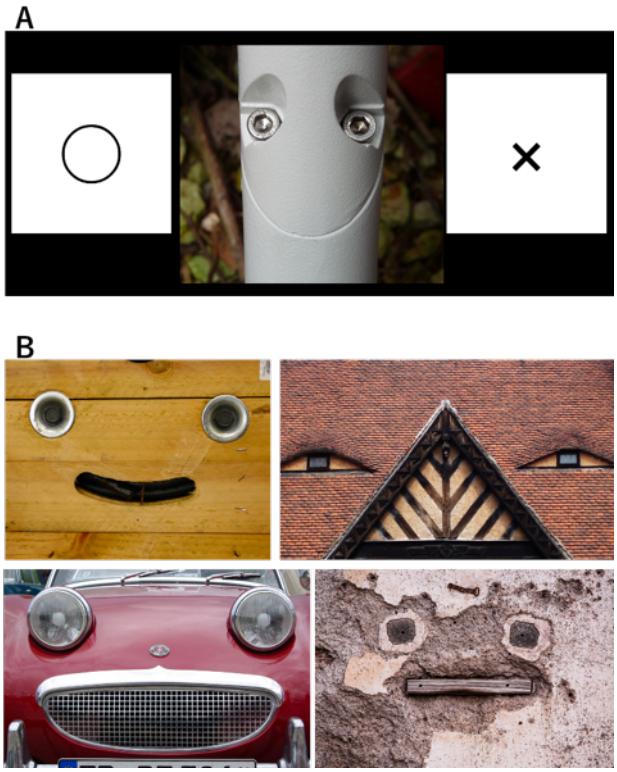


図1 A: 実験刺激の呈示画面例。B: 実験1で使われた顔刺激画像に類似する写真例（実際に使われた画像とは異なる）。図中の顔刺激写真は Wikimedia Commons Photo challenge/2016 Faces in objects より。CC-BY © Tomas Castelazo, Adamantios, nottsexminer, Berthold Werner

[2] 実験を実施する際の制約から、地域間での実験参加者の属性については、十分に統制できていない。例えば日本では大学生を対象として実験を実施しているが、タンザニアやカメルーンでは村の中などで実施しているため、年齢層には大きなばらつきがある。タンザニアやカメルーンの中に限っても、都市部に居住する人や非都市部に居住する人の両者が含まれている。

実験の実施にはタブレットを用いた。実験刺激は 30 枚の人工物が写った写真であった。この内 15 枚は、著者らから見て明らかに目と口に対応するパーツが存在しており顔として認識可能な顔刺激、残りの 15 枚は顔として認識不可能な非顔刺激であった。図 1B に、類似の顔刺激例を示す。刺激呈示の際は、横向きのタブレットの中央に実験刺激の写真を、その左右に回答ボタンを配置した（図 1A）。

2.1.3. 手続き

実験前に操作方法などを十分に説明し、実験参加者自身がタブレットを操作して実験課題を進めた。試行が始まると、最初にスタートボタンが呈示された。スタートボタンをタップすると、ブランク画面が呈示され、1 秒後に写真と反応ボタンが呈示された。実験参加者は写真の中に顔が見えるかどうかを判断し、回答するように求められた。回答後、次の試行を開始した。実験実施前に最低 4 試行、本番で用いる画像とは別の画像が呈示される練習試行を実施した。本番では 30 試行をランダムな順番で実施した。

2.2. 結果・考察

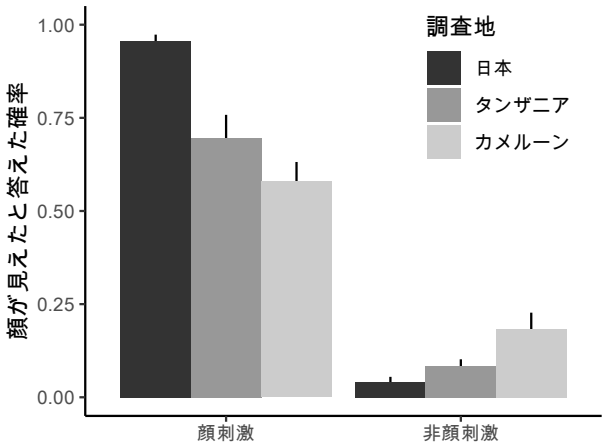


図 2　実験 1 の結果。エラーバーは平均の標準誤差を示す。

図 2 に実験 1 の結果を示す。いずれの地域でも顔刺激と非顔刺激で顔が見えたと答えた確率には大きな違いがあるため、実験課題は正しく理解されていたと考えられる。

顔刺激に対して顔が見えると反応した試行、および非顔刺激に対して顔が見えないと反応した試行は反応一致試行とし、反応一致率[3]を算出した。一致率について地域を要因とする参加者間 1 要因分散分析を行った。その結果、地域の主効果は有意であった（$F(2, 80) = 23.19$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.37$）。多重比較（Shaffer 法）の結果、すべての地域間で有意な差が認められ（$p < 0.01$）、日本、タンザニア、カメルーンの順で一致率が高いことが示された。続いて、顔刺激、非顔刺激それぞれに対して顔が見えたと回答した試行を顔検出試行とし、顔検出率について分散分析を行った結果、顔刺激（$F(2, 80) = 14.19$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.26$）、非顔刺激（$F(2, 80) = 5.44$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.12$）ともに地域の主効果は有意で、多重比較の結果、顔刺激に対する顔検出率は日本のほうがタンザニア、カメルーンよりも高く、非顔刺激の場合はカメルーンでタンザニア、日本よりも高いことが明らかとなった。

以上の結果から、顔パレイドリアを誘発すると想定される、目と口に対応する位置にパーツがある物体を見た際に、日本に比べてタンザニアやカメルーンでは顔パレイドリアが起こりにくいことが明らかとなった。一方で、目と口に対応する位置にパーツがない物体に対して、カメルーンでは日本、タンザニアに比べて顔が見えたと答える確率が高いことも明らかとなった。以上の結果は、物体写真に対する顔パレイドリアの出現頻度について、地域間での違いがあることを示すものである。

3. 実験 2

3.1. 方法

実験は日本（N=23、女性 9 名、男性 14 名、平均年齢 21.5、標準偏差 1.89）、タンザニアの一部地域（N=31、女性 1 名、男性 30 名、平均年齢 31.2、標準偏差 10.6）、カメルーンの一部地域（N=33、女性 5 名、男性 28 名、平均年齢 36.0、標準偏差 13.1）で実施した 。参加者の大半は実験 1 と同じであった。実験方法は以下の実験刺激を除き、実験 1 と同様であった。実験 2 では、実験刺激として 24 枚のノイズ画像を用いた。この内 12 枚は顔刺激で、目と口に対応する部分が認識できるように陰影がつけられていた。残りの 12 枚は非顔刺激で、

[3] 本実験課題の顔刺激、非顔刺激はあくまで実験者の基準で選んだものであるため、正解および不正解の定義はできない。したがってここでは、実験者の想定する反応との一致性から反応一致率として定義した。

目と口に明確に対応する陰影は存在しなかった。実験の実施手順は実験 1 と同様であった。

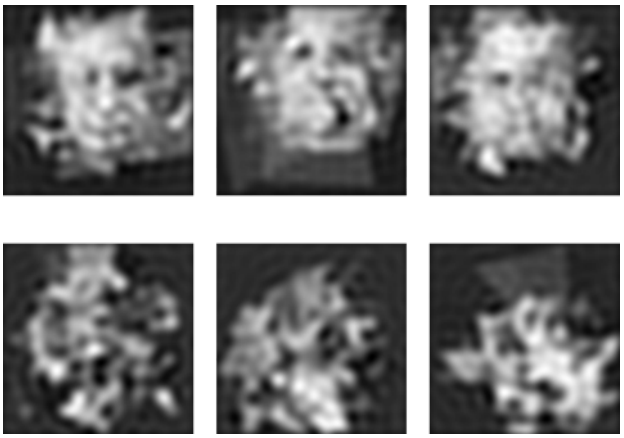


図 3　実験 2 で使われたノイズ画像の例（実際に使われた画像ではない）。上段は顔刺激、下段は非顔刺激。

3.2. 結果・考察

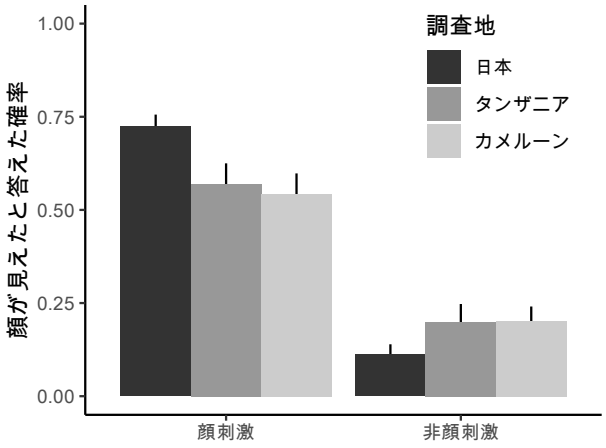


図 4　実験 2 の結果。エラーバーは平均の標準誤差を示す。

図 4 に実験 2 の結果を示す。実験 2 でも、いずれの地域でも顔刺激と非顔刺激で顔が見えたと答えた確率には大きな違いがあるため、実験課題は正しく理解されていたと考えられる。

実験 1 と同様に反応一致率について地域を要因とする被験者間 1 要因分散分析を行った。その結果、地域の主効果は有意で（$F(2, 84) = 7.02, p < 0.01, \eta^2 = 0.14$）、多重比較の結果、日本ではタンザニア、カメルーンに比べて一致率が高かった（$p < 0.01$）。顔刺激に対する顔検出率については地域の主効果は有意であった（$F(2, 84) = 3.18, p = 0.047, \eta^2 = 0.07$）。多重比較の結果、地域間の差は有意ではなかったが、日本のほうがタンザニア、カメルーンよりも顔検出率は高かった（$p = 0.055$）。非顔刺激に対する顔検出率については地域の主効果は有意ではなかった（$F(2, 84) = 1.34, p = 0.27, \eta^2 = 0.03$）。

以上の結果から、顔パレイドリアを誘発すると想定される目と口に陰影のあるノイズ画像に対しても、実験 1 同様に日本において顔パレイドリアが起こりやすいことが示唆された。地域間の違いは実験 1 の物体画像を使った場合ほど顕著ではなかったが、これはノイズ画像の顔刺激に対しては日本でも顔が検出されにくい場合があったためと考えられる。

4. 総合考察

本研究では、タンザニア、カメルーン、日本の 3 地域において、顔パレイドリア現象の地域間多様性を検討した。実験 1 では顔に見える物体の写真を、実験 2 では顔に見えるノイズ画像を実験刺激として呈示した。その結果、両実験とも、日本のほうがタンザニア、カメルーンよりも顔刺激が顔として認識される割合が高く、顔パレイドリアが起こりやすいことが示された。

本研究の結果から、第一に顔パレイドリア現象自体は通文化的（ヒューマンユニバーサル）現象である可能性が高いだろう。本研究で用いた実験刺激は顔パレイドリア研究で広く用いられているものであり（ほぼすべてが WEIRD 研究[3]である）、著者らが顔として見えると想定したものを利用した。これらはいわば西洋社会的な図式に従った顔パレイドリア刺激といえる。このような基準で選ばれた顔パレイドリア刺激であっても、例えば実験 1 では明らかに顔ではない物体に対してタンザニア、カメルーンでも 60〜70%の割合で顔が認識されていた。したがって程度の差はあるとは言え、顔ではないとわかっていても顔のような見かけものが顔として見えるという傾向自体は通文化的なものといえるだろう。従来の顔的刺激を用いた研究からも示唆される通り、顔認識は実物の顔だけでなく、顔的刺激に対して幅広くチューニングされていると考えられる[7]。また、イベントや物体に対する擬人化（anthropomorphism）についてもヒューマンユニバーサルに生じるものと言われており[8]、パレイドリアと擬人化の関連、その多様性と通文化性も今後の興味深い研究テーマである。

非顔刺激に対する反応に着目すると、実験 1 においてカメルーンでは非顔刺激に対して 19%という比較的

高い割合で顔が認識されていた。この原因について結論づけることは出来ないが、以下の 3 つの可能性が考えられる。第 1 に実験課題が正しく伝わらずにランダムに回答する割合が増えていた場合、顔認識率はチャンスレベル（50%）に近づくため、非顔刺激に対する見かけ上の顔認識率が上がる。第 2 に、上述のように西洋社会型の顔図式では顔ではないが、それとは異なる顔の図式化に一致していた可能性が考えられる。この点については、後述の議論も参照されたい。第 3 に、ヒトの顔以外の顔を認識し、顔が見えると回答していた可能性もある。本実験では教示として「顔が見えるか」ということをその顔がどの動物の顔なのかまでは明示しなかった。このため、ヒト（Homo sapiens）以外の生物の顔を認識して「顔が見える」と回答していたのかもしれない。これらの点を定量的な実験結果だけから切り分けることは難しいが、実験参加者からは動物の顔が見えるという実験後の報告も得られているため、質的研究も組み合わせて具体的にどのような顔が見えていた検討することが必要である。通常の認知心理学研究（特に WEIRD 研究）では、多くの場合「顔＝人間の顔」が暗黙の前提とされているが、普段様々な生物と接する機会が多く、生活の中での生物の価値が高いような環境では安易に「顔＝人間の顔」という前提をおいてはならないだろう。

本研究の目的は、顔パレイドリアの生起頻度についての地域間の多様性を検討することであった。実験の結果、顔パレイドリアはどの地域でも起こったものの、顔刺激に対して顔が見える割合は日本に比べてタンザニア、カメルーンで低かった。以下、この理由について考察する。ひとつの可能性として、対象をありのまま認識するリアリスティックな認知傾向の違いが考えられる。顔パレイドリアでは、見ているものが顔ではないという認知と、顔的刺激配置から生まれる顔検出の拮抗が起こる。リアリスティックな認知傾向が高いならば、この拮抗において顔ではないという認知が優先され、結果として顔認識は抑制される。しかしながら現段階での顔パレイドリア実験のみの結果では、この仮説の妥当性について検証するには不十分である。またこの仮説が正しいとして、顔が認識されにくいという知覚過程、顔のように認識されているが顔ではないと判断する反応過程のいずれが重要なのか不明である。今後の研究の方向性として、リアリスティックな認知傾向の多様性と通文化性について議論するため、顔以外のパレイドリア現象やクラスター錯覚などの認知バイアスについても実証的な検討を行う必要がある。

もうひとつの可能性として、顔認知の枠組みに関する多様性が顔パレイドリアの起こりやすさに影響していたことも考えられる。顔認知の枠組みとは、言い換えれば、顔を図式的、あるいは抽象的に表現する際に、重要視される、あるいは土台となる部位や表現方法のことである。本研究の実験刺激は西洋社会的な顔認知の枠組みに応じて選定されたものである。スマイリーや顔文字で目と口により顔の図式化がなされていることからもわかるように、顔パレイドリアでは目と口に対応する部位の存在が重要であることが知られている[9]。また顔認知に関する心理学的知見からも、∵のような形の目と口の 3 点は顔認識のための重要なパーツとして考えられている[10]。しかしこれらは主に欧米圏の東アジアの西洋社会的な顔認知の枠組みの中で検討されたものであり、目と口の 3 点による顔の図式化が通文化的なのかは明らかではない。

このような顔認知の枠組みの多様性を知る上で、本研究で用いた画像刺激と顔検出率の関連を詳細に検討することは有効であろう。本研究報告の段階では、全刺激に対する回答の割合のみを示しているが、どのような顔刺激が顔として認識されづらく、またどのような非顔刺激が顔として認識されやすかったのかを、刺激の画像特徴やパーツ配置と関連付けて検討することで、パレイドリアを起こしやすい刺激条件、すなわち図式化や抽象化に重要な部位や表現方法を明らかにできると考えられる。

図 5　様々な地域で描いてもらった笑顔のイラスト（左からタンザニア、カメルーン、フィンランド、日本）。顔身体学ニュースレターVol.1 より抜粋。

また著者らが行っている描画研究からも、地域や文化より顔認知の枠組みが異なる可能性が示されている。例えば同じくタンザニア、カメルーン、日本他において図式的な顔を描画するという描画課題を行った際に、

日本や北欧では目と口による図式化が大多数であったのに対し、タンザニアやカメルーンでは鼻が大きく描かれることや鼻梁から眉弓にかけての線が描かれることも多い（図 5）。タンザニアの教科書の挿絵などで用いられる人物のマンガ表現でも、鼻や眉弓線が明瞭に描かれていることが多いようである。以上の知見から総合して考えれば、西洋社会的な顔認知の枠組みが仮定する目と鼻の３点による顔の図式化とは異なった枠組みが用いられている可能性もある。この仮説が正しければ、タンザニアやカメルーンで顔パレイドリアが生じる割合が低かったのは、西洋社会的な図式化に従った顔刺激を用いたからであり、各地域、文化での顔の図式化に対応した顔パレイドリア刺激を作成すれば、逆の結果が得られるだろう。

結論として、本研究は日本とタンザニアの一部地域、カメルーンの一部地域という限られた場所での実験であるが、顔パレイドリア現象の多様性が確認された。これまで常識のように捉えられていた∵の 3 点による顔の図式化や、リアリスティックな認知傾向など、関連する認知メカニズムについて、WEIRD 研究を越えてより広範な地域、文化での研究を継続する必要がある。

文献

[1] T. Gilovich, *How We Know what Isn't So: The Fallibility of Human Reason in Everyday Life*. Free Press, 1991.

[2] L.-F. Zhou and M. Meng, "Do you see the 'face'? Individual differences in face pareidolia," *J. Pacific Rim Psychol.*, vol. 14, p. e2, Jan. 2020, doi: 10.1017/prp.2019.27.

[3] J. Henrich, S. J. Heine, and A. Norenzayan, "The weirdest people in the world?," *Behav. Brain Sci.*, vol. 33, no. 2–3, pp. 61–83, Jun. 2010, doi: 10.1017/S0140525X0999152X.

[4] M. Shermer, "Patternicity," *Scientific American*. 2008, doi: 10.1038/scientificamerican1208-48.

[5] M. Yuki, W. W. Maddux, and T. Masuda, "Are the windows to the soul the same in the East and West? Cultural differences in using the eyes and mouth as cues to recognize emotions in Japan and the United States," *J. Exp. Soc. Psychol.*, vol. 43, no. 2, pp. 303–311, Mar. 2007, doi: 10.1016/j.jesp.2006.02.004.

[6] K. Takahashi, T. Oishi, and M. Shimada, "Is ☺ Smiling? Cross-Cultural Study on Recognition of Emoticon's Emotion," *J. Cross. Cult. Psychol.*, vol. 48, no. 10, pp. 1578–1586, Nov. 2017, doi: 10.1177/0022022117734372.

[7] J. Taubert, S. G. Wardle, M. Flessert, D. A. Leopold, and L. G. Ungerleider, "Face Pareidolia in the Rhesus Monkey," *Curr. Biol.*, vol. 27, no. 16, pp. 2505-2509.e2, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.cub.2017.06.075.

[8] E. G. Urquiza-Haas and K. Kotrschal, "The mind behind anthropomorphic thinking: attribution of mental states to other species," *Anim. Behav.*, vol. 109, pp. 167–176, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.anbehav.2015.08.011.

[9] H. Ichikawa, S. Kanazawa, and M. K. Yamaguchi, "Finding a face in a face-like object.," *Perception*, vol. 40, no. 4, pp. 500–502, 2011.

[10] H. D. Ellis, "RECOGNIZING FACES," *Br. J. Psychol.*, vol. 66, no. 4, pp. 409–426, Nov. 1975, doi: 10.1111/j.2044-8295.1975.tb01477.x.

謝辞

本研究は科研費新学術領域研究「トランスカルチャー状況下における顔身体学の構築―多文化をつなぐ顔と身体表現-」No. 17H06342「顔と身体表現の多文化比較フィールド実験研究」の助成を受けた。す。本研究を遂行するにあたり、実験に参加していただいたフィールドの方々、フィールドワークに助力いただいた方々に深く感謝いたします。

畳み込みニューラルネットワークを用いた顔魅力要因の可視化と考察
Visualization and Discussion of Facial Attractiveness Factors Using Convolutional Neural Network

佐野 貴紀†
Takanori Sano

†株式会社構造計画研究所
Kozo Keikaku Engineering Corporation
takanori-sano@kke.co.jp

概要

近年，顔の特徴を用いて魅力度を予測する研究が盛んに行われており，特に，畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional Neural Network: CNN）を用いた研究では高い精度での予測が達成されることが報告されている．また，構築したCNNモデルの隠れ層を可視化することで，予測に重要な特徴の確認が可能となる．本研究では，CNNを用いた隠れ層の可視化による顔魅力要因の調査を行った．その結果，本モデルから抽出された特徴は，心理学研究における知見とのいくつかの共通点が確認された．

キーワード：深層学習，畳み込みニューラルネットワーク，隠れ層，心理学

1. はじめに

「Beauty is in the eye of the beholder」（美に対する感じ方は人それぞれ）と長年の間考えられてきたが，数々の研究の中で顔の魅力については性別や文化間においても高い一貫性があることが明らかになっている[1]．顔の平均性[2]，シンメトリー性[3]，性ホルモンマーカー[3]（いわゆる男らしさ，女らしさ）等が人間の顔の魅力の知覚に影響を与える重要な要因であることが報告されているが，魅力知覚に影響する顔の特徴やその心理メカニズムの詳細は未だ明らかではない部分が多い．

近年では，これらの顔の特徴を用いて魅力度を予測する研究が機械学習の分野で盛んに行われており[4][5]，顔の魅力度予測が化粧推薦や画像検索などの応用[6]に有用であることが示されている．その中でも特に，畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional Neural Network: CNN）を用いた研究では高い精度での予測が達成されることが報告されている[7]．さらに，構築したCNNモデルの隠れ層を可視化することで，魅力予測に重要となる特徴について考察を行っている研究もある．例えばXu et al(2015)[8]の研究では，CNNモデルを用いて顔魅力予測モデルを構築し隠れ層の可視化を行った結果，顔の輪郭や目と口が顔の魅力の予測に重要な特徴として抽出され，これは人間の視覚認識の直感と一致することを提唱している．このように，CNN等の予測モデルを用いることにより，顔魅力における定量的に観測可能な普遍性の高い特徴の抽出が可能となる．しかし，隠れ層の可視化による特徴の抽出は，先行研究では予測精度を高める手法の検討を目的にするものが多く，人の魅力知覚に影響する顔の特徴や魅力知覚メカニズムの解明を目的とした研究はあまり行われていない．

2. 目的

本研究では，CNNを用いて魅力予測モデルの構築及び隠れ層の可視化を行う．可視化結果を確認し，モデルが重要と判断している特徴とこれまでの心理学研究における知見との共通点や差異を調査することで，人の魅力知覚に影響する顔の特徴や魅力知覚メカニズムの理解を拡張することを目的とする．

3. 検証の手続き

検証は，ベンチマークデータベースのSCUT-FBP5500[9]を用いて行う．SCUT-FBP5500には，魅力得点が 60 人の評価者によってラベル付けされた男性画像2750枚，女性画像2750枚の顔画像が収録されている．

最初の検証では，構築する魅力予測モデルの精度検証を行う．Xu et al(2015)[8]の研究では女性顔データセットのみを用いていたが，本研究では，性差についても今後考察を行うことを念頭に，男女画像を別々に分割し，それぞれで検証を行う．検証では，2750枚の画像の中から 2200 枚の画像をランダムに選択して学習データセットを作成し，残りをテストデータセットとする．データ分割による偏りを減らすために，すべての検証は 5 分割の交差検証を行う．また，先行研究

[10][11]にならい，予測性能を評価するための精度指標は，画像のラベル値と予測結果間のピアソン相関を用いる．さらに，本研究で構築する CNN モデルと既往手法による予測精度を比較するため，機械学習のベンチマークモデルとして Linear Regression(LR), Gaussian Process Regression(GPR),Support Vector Regression(SVR)を用い，それぞれの手法についても同条件で予測精度の算出を行う．

次の検証では，構築したモデルを用いて隠れ層の可視化を行う．可視化結果を確認し，モデルが重要と判断した特徴の結果と，心理学研究において人の魅力知覚に重要と提唱されている内容との共通点や差異を探り，魅力知覚における顔の特徴に関する考察を行う．

4. 構築モデル

本稿で用いたモデルのネットワーク図を図 1 に示す。図中の各層の上数字はその層のサイズを表し、下の記載はその層における処理を表す．各プーリング層と全結合層の直後に Dropout の処理を行っている．活性化関数は ReLU を使用し、ミニバッチサイズは 64 で固定し，1000epoch で学習を行った．

5. 精度検証結果

CNN モデルを構築し，精度検証を行った結果，男性顔データセットを用いた検証ではテストデータに対して平均 0.771 の相関が達成され，女性顔データセットを用いた検証ではテストデータに対して平均 0.789 の相関が達成された．機械学習のベンチマークモデルとなる LR, GPR, SVR の予測精度は男性顔データセットの場合はそれぞれ 0.225，0.356，0.704 女性顔データセットの場合はそれぞれ 0.199，0.354，0.703 であり，本モデルは既往の機械学習手法と比較しても高い精度であった．5 分割の交差検証の結果を表 1 に示す。

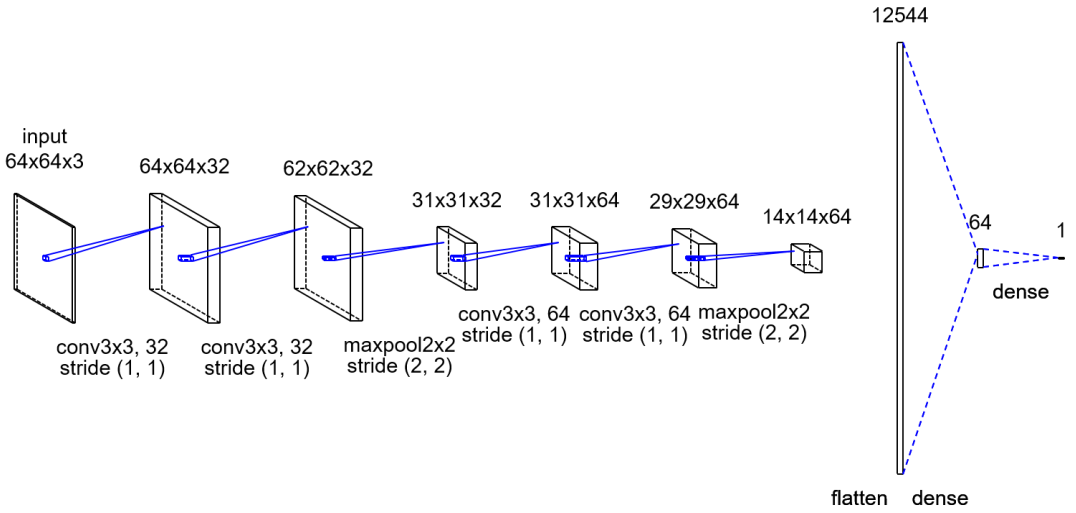


図１　モデルネットワーク図

表１　精度比較結果

model	sex	1	2	3	4	5	average
本モデル（CNN）	male	0.753	0.798	0.750	0.750	0.806	0.771
	female	0.792	0.787	0.794	0.807	0.790	0.794
SVR	male	0.743	0.730	0.696	0.676	0.672	0.704
	female	0.702	0.715	0.678	0.713	0.707	0.703
GPR	male	0.386	0.340	0.388	0.361	0.304	0.356
	female	0.342	0.314	0.361	0.369	0.386	0.354
LR	male	0.234	0.167	0.279	0.286	0.160	0.225
	female	0.206	0.155	0.249	0.185	0.197	0.199

6. 隠れ層の可視化結果

次に，全データで学習を行った本モデルを用いて，モデルが何の特徴を根拠に魅力値を予測していたのかを確認するため，CNN の予測判断根拠を視覚的に把握するのに優れた Gradient-weighted Class Activation Mapping (Grad-CAM)[12]を用いて出力層に最も近い隠れ層の可視化を行った．ここでは，男性および女性それぞれの魅力得点のラベル値が高い上位 10 枚の画像について確認を行った (図 2)．その結果，男女ともに，目や眉の周りが活性している傾向があるものがいくつか見られた．これは目と眉の魅力度は顔全体の魅力と有意に相関する[13]という過去の知見と一致する．また，魅力的な顔の中には，活性がほとんど見られないものもいくつか確認された．これは，魅力的な顔は平均的[2]であることが知られているため，魅力顔は特徴が少ないこととの関連が考えられる．また，魅力得点が高い顔画像の中には、顔全体が活性している傾向があるものも見られた．これは，顔の色やテクスチャが魅力評価に影響を及ぼすこと[14]が関連している可能性が考察される．

これらのように，隠れ層の可視化によりモデルから抽出された特徴は，心理学研究における知見とのいくつかの共通点が確認された．本稿は特に魅力得点の高い画像に注目して分析を行ったが，今後，魅力の強度による差異や，各画像におけるモデルの予測精度等も考慮することで，より詳細の分析が可能になると考える．

図 2　Grad-Cam を用いた可視化結果

7. まとめ

本モデルを用いることで，男性顔データセットではピアソン相関 0.771，女性顔データセットではピアソン相関 0.794 の精度での顔魅力の予測が達成され，機械学習のベンチマークモデルと比較しても高い精度であることが示された．さらに，隠れ層の可視化によりモデルから抽出された特徴は，心理学研究における知見とのいくつかの共通点が確認された．引き続き，他の隠れ層の可視化結果も踏まえ，モデルの処理過程についても考慮し考察を深めることにより，本研究で検討しているアプローチが人の魅力知覚に影響する顔の特徴の理解に加え，魅力知覚の心理メカニズムの解明の一助に繋がると考える．

文献

[1] Langlois, J., Kalakanis, L., Rubenstein, A., Larson, A., Hallam, M., & Smoot, M., (2000) “Maxims or myths of beauty?: A meta-analytic and theoretical review”, Psychological Bulletin, 126, 390–423.

[2] Perrett, D. I., May, K. A. & Yoshikawa, S.,(1994) “Facial shape and judgments of female attractiveness: Preferences for non-average characteristics”, Nature, 386, 239–242.

[3] Gangestad, S. W., Thornhill, R., & Garver-Apgar, C. E., (2010) “Men’s facial masculinity predicts changes in their female partners’ sexual interests across the ovulatory cycle, whereas men’s intelligence does not”, Evolution and Human Behavior, 31, 412–424.

[4] Mao, H., Jin, L., & Du, M., (2009) “Automatic classification of Chinese female facial beauty using Support Vector Machine”, in Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 4842–4846.

[5] Zahang, D., Zhao, Q., & Chen, F., (2011) “Quantitative analysis of human facial beauty using geometric features”, Pattern Recognition, 44, 4, 940-950.

[6] Liang, L., Jin, L., & Li, X., (2014) “Facial skin beautification using adaptive region-aware mask”, IEEE Trans. on Cybernetics, 44, 12, 2600–2612.

[7] Xu, J., Jin, L., Liang, L., Feng, Z., Xie, D., and Mao, H., (2017) “Facial attractiveness prediction using psychologically inspired convolutional neuralnetwork (pi-cnn)”, in IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 1657‑1661.

[8] Xu, J., Jin, L., Liang, L., Feng, Z., Xie, D., (2015) “A new humanlike facial attractiveness predictor with cascaded fine-tuning deep learning model”, 2015

[9] Liang, L., Lin, L. Jin, L., Xie, D., and Li, M., (2018) “SCUT-FBP5500: A diverse benchmark dataset for multi-paradigm facial beauty prediction,” in ICPR, pp. 1598–1603.

[10] Chiang, W., Lin, H., Huang, C., Lo, L., and Wan, S., (2014) “The cluster assessment of facial attractiveness using fuzzy neural network classifier based on 3D Moir features,” Pattern Recognition, 47, 3, 1249-1260.

[11] Yan, H., (2014) “Cost-sensitive ordinal regression for fully automatic facial beauty assessment”, Neurocomputing, 129, 334-342.

[12] Selvaraju, R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D., and Batra, D., (2016) Grad-CAM: Visual explanations from deep networks via gradient-based localization. In arXiv preprint arXiv:1610.02391, 1–24.

[13] 加藤隆, 阿磨大介, 森岡久美子, & 赤松茂. (1998) “顔の魅力度判断におけるパーツの魅力の影響”，信学技報 (HIP 97-53), 17-22.

[14] Fink, B., Grammer, K., & Thornhill, R., (2001) “Human (Homo sapiens) facial attractiveness in relation to skin texture and color”, Journal of Comparative Psychology, 115(1), 92–99.

多様な環境の学習におけるACT-Rを用いた内発的動機づけのモデル
Model with Intrinsic Motivation Using ACT-R in Learning Diverse Environments

長島 一真[†]，森田 純哉[‡]，竹内 勇剛[‡]
Kazuma Nagashima, Junya Morita, Yugo Takeuchi
[†] 静岡大学
Shizuoka University
nagashima.kazuma.16@shizuoka.ac.jp, j-morita@inf.shizuoka.ac.jp, takeuchi@inf.shizuoka.ac.jp

概要

人工エージェントが多様な環境を学習するためには，内発的動機に基づく報酬が必要である．これまでに，エージェントの内発的動機づけの研究が行われてきたが，統合的なアーキテクチャの中で検討するものはなかった．本研究では，ACT-R を用いて内発的動機づけの認知モデルの構築を目指す．モデルは環境中のパターンの発見を知的好奇心の源泉とみなす．それによって，モデルは複数の異なる広さの環境を学習することができた．

キーワード：認知モデリング，ACT-R，内発的動機づけ

1. はじめに

人間は，外部から与えられる報酬だけでなく，内部から発生する報酬を利用し，目的を達成するために様々な環境を学習することができる．このような人工エージェントの意欲的な学習を実現するために，自己効力感や好奇心などの報酬によって駆動される内発的動機づけの概念が，複数の研究者によって議論されてきた [15, 10].

しかし，強化学習の枠組みに基づいたこれらの研究は，内発的動機づけと他のプリミティブな認知機能との関連性を説明していない．これに対し，最近の認知モデルの研究では，様々なタスクで共通に利用される認知のプリミティブな機能を統合した認知アーキテクチャへの注目が高まってきている．異なるタスク間でプリミティブなプロセスを共有することで，人間の認知の全体的な構造を引き出すことができる．

このような研究に従って，本研究では，内発的動機づけの背後に存在する認知メカニズムの一つを，認知アーキテクチャに基づいて表現することを試みる．本研究では，複数存在する認知アーキテクチャのうち，ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational[1]) を用いる．このアーキテクチャは広く利用されており，先行研究も豊富である [7]．また，ACT-R は，脳の部位に対応し心理学実験で検証されているモジュールを複数有している．その中には，従来の自律エージェントで用いられている強化学習に近いモジュールも存在する．したがって，我々は数あるアーキテクチャの中から ACT-R を利用することが適していると考えた．本研究においては，ACT-R のプリミティブな認知機能を集積することで内発的動機づけをモデル化する．

このモデルを提案する前に，このテーマに関連する先行研究を示すことで目的を明確にする．その上で，人間の知的好奇心との対応を想定し，特に環境と内部知識とのパターンマッチに着目した内発的動機づけのメカニズムを提案する．提案したメカニズムは，特定のタスクのシミュレーションを行うために実装されている．最後に，現状をまとめ，今後の方向性を示す．

2. 関連研究

本節では，環境学習に関する研究の方向性として，強化学習に基づく研究と ACT-R に基づく研究を紹介する．

2.1 強化学習における内発的動機づけ

今日，内発的動機づけに基づく人工エージェントの研究が存在する [15, 10]．これらの研究では，内発的動機の一つである好奇心をモデル化し，エージェントに広く環境を探索させる方法を検討している．このような研究の多くは，強化学習などの統計的学習の枠組みを用いている．

通常，強化学習におけるエージェントは，外部環境から受け取った情報に基づき行動を決定する．行動の結果によって環境は報酬を発生させ，エージェントは時間経過の中で，それを最大化するように努める．この従来的な強化学習の枠組みに対し，Sutton はエージェントと環境間の境界と，身体と環境間の物理的

な境界は同様ではないとのべる [16]．この主張を援用し，Singh は，従来の強化学習に内発的動機を取り入れた Intrinsically motivated reinforcement learning (IMRL) [15] を提案した．外部環境から直接報酬を受ける従来の強化学習に対し，IMRL は，内部環境の状態によって報酬が変動する．これにより，予期せぬ反応に対する好奇心などをモデル化する．

近年，この内発的動機づけに基づく強化学習の研究は，深層強化学習の枠組みで発展している [2, 13]．特に，Burda は，エージェントの内側から得られる内因的報酬のみに基づいた環境学習を検討した [2]．Atari や Unity の迷路課題などのゲーム画面を入力 [11] とし，エージェントにとって未知の状況から内在的報酬を生成した．その結果，エージェントは幅広く環境を学習し，ゲームのスコアを向上させた．Burda は，エージェントのゲームスコアがあがった理由を，通常ゲーム環境はユーザーの好奇心を刺激するために設計されていることが多く，環境の中で新しい情報を見つけるとゲームの点数が上がるように設計されているからだと主張している．

2.2 ACT-R による環境探索と感情のモデル

前節で述べた関連研究は，最適な探索を実現する学習アルゴリズムの提案を目的としていた．しかし，人間とモデルの対応関係については検討されていない．

前節の先行研究に対し，ACT-R を用いることで，人間とモデルの対応関係について検討することができる．ACT-R は脳の部位に対応するモジュールを保持する認知アーキテクチャである．例えば，宣言的モジュールは経験や知識を保持し，ゴールモジュールはタスクの状態を管理する．ACT-R のプロダクションルールは，このようなモジュールの状態に基づいて選択され，アクションとしてモジュールにコマンドを送る（条件を満たす知識を探す，タスクの現在の状態を更新するなど）．これらのルールには，モジュールの状態と柔軟な対応（パターンマッチ）を実現する変数が含まれている．

環境学習について，Fu は，上下左右の方向に関する知識を実装し，繰り返し迷路課題を解くために ACT-R を用いた [19]．Fu のモデルは，Q-Learning[20] と同様の ACT-R の「ユーティリティ」モジュールを用いる．そのモデルでは，現在の目標達成につながる行動をしたときには正の報酬を，目標達成につながらない行動をしたときには負の報酬を受け取るようにした．このような報酬を得る試行を蓄積することで，モデルは最適な行動をとるように学習した．

他の研究では，迷路課題を，強化学習だけでなく，ACT-R で実装された宣言的知識の学習（事例ベース学習）を用いて行った．Reitter は，モデルの宣言的知識に位置情報を入れ，トポロジカルマップを構成し，それを利用したバックトラッキングを用いて経路探索を行うモデルを構築した [14]．

ACT-R による環境探索に内発的動機づけを組み入れる直接的な研究は存在しないものの，内発的動機づけと密接に関係する感情的要素のモデルは多く提案されている．Dancy は ACT-R による認知プロセスと生理的なメカニズムとの結合によって感情の生起を説明した [3]．また，Vugt は，抑うつを感情を伴う記憶の割合によって説明する認知モデルを構築した [18]．さらに，Juvina は，そのような感情的記憶と報酬関数の関係を説明することを目指した [5]．

これらの研究はいずれも，ACT-R の新しいモジュールや機能を開発し，感情プロセスにアプローチしている．これに対し，本研究では，ACT-R のプリミティブな機能を用いて，内発的動機づけをモデル化することを目的としている．特に本研究では，ACT-R の学習過程から自然に生まれた報酬変動のメカニズムを提案する．

3. 内発的動機づけのメカニズムの提案

本節では，我々が提案する内発的動機づけのメカニズムを提案する．このメカニズムは，知的好奇心とパターンマッチを対応させるという考えに基づいている．この考えを説明した後，ACT-R のプリミティブな機能を集積させた内発的動機づけの一般的なフレームワークを示す．

3.1 知的好奇心と ACT-R モデルの対応

本研究では，Burda に従い，内発的動機づけの要因として好奇心に注目する．先行研究に示されるように，好奇心は環境探索を促進し，ゲームにおけるパフォーマンスを向上させる．実際，ゲームデザイナーである Koster は，著書の “Theory of Fun for Game Design [6]” において，優れたゲームがユーザの好奇心を刺激するものであることを述べている．特に，Koster は，人間が感じる楽しさは，環境や状況において，新しいパターンを発見することによって引き起こされると述べる．例えば，数あるパターンから最適解が発見されたゲームは，「飽き」が生じてしまう．

ここで，人間によるパターンの発見に対応する概念として，パターンマッチという仕組みに注目する．パターンマッチは汎用的な仕組みである．例えとして，テキスト検索で用いられる正規表現で表現されたパターンマッチがあげられる．ACT-R においてパターンマッチは，プロダクションルールとモジュールの状態のマッチングに利用される．図 1 は，ACT-R のパターンマッチを示している．この例では，ACT-R プロダクションルールの THEN 句に含まれる変数「Var1」と「Var2」を，宣言的知識の定数である 1 や 2 などの数値に束縛させている．

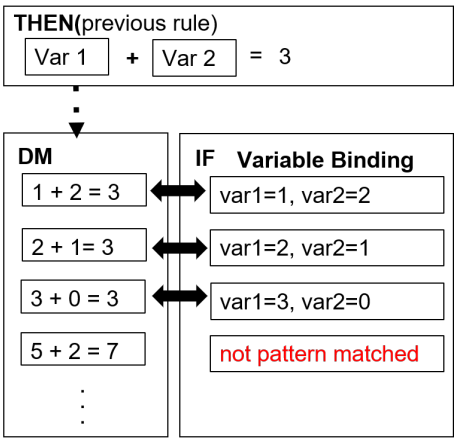


図 1　ACT-R のパターンマッチの簡単な例．この例では，前のルールの THEN 句で宣言知識のメモリを問い合わせ，次のルールの IF 句で変数が束縛される流れを示している．

このようにパターンマッチは，ルールに埋め込まれた変数のパターンに応じてデータや環境中の構造を発見する．この仕組みは人間の認知の柔軟性を説明するとされ，類推に代表される関係的推論，ゴールを状況に応じて変更するメタ認知など，人間に固有とされる認知機能のベースとなるともされる[1]．このことから，我々は，認知モデルのパターンマッチが，人間による知的探究（＝パターンの発見），すなわち知的好奇心と対応するのではないかと考えた．

3.2　知的好奇心の衰退

一般的な認知プロセスにおける知的好奇心の役割を説明するためには，そのような動機づけがタスク実行の過程でどのように減衰していくのかを考える必要がある．我々は，このような減衰のプロセスが飽きと対応すると仮定する．以下に，これを具体的に検討するために，ACT-R の学習機能である「ユーティリティ」と「プロダクションコンパイル」モジュールについて説明する．

3.2.1　ユーティリティ

ACT-R には，宣言的知識（チャンク）と手続き的知識（プロダクションルール）の 2 種類の知識がある．それぞれには，知識を獲得するための学習メカニズムと，知識の利用を変更するための学習メカニズムがある．本研究では，タスクを続けるか（楽しい状態），タスクをやめるか（飽きた状態）を決めるための手続き的知識の競合に着目する．ACT-R は，競合解決（特定の状況で発火可能なルールを選択すること）を制御し，得られた報酬によって効用値を更新するユーティリティモジュールを有している [19]．このモージュールから得られる報酬の量は，プロダクションコンパイルの働きによって変動する．

3.2.2　プロダクションコンパイル

「プロダクションコンパイル」とは，2 つの定義されているプロダクションルールを 1 つのプロダクションルールに統合する機能である [17]．ある課題に対しての一連のルールを反復発火することで，ルールの統合が起き，課題達成までに発火するルールの数が減る．通常，統合の対象となるルールは，条件節に変数を含むものとなる．つまり，ACT-R において，プロダクションコンパイルによって統合されるルールは，IF 節とモジュールの状態（たとえば宣言的モジュールに含まれる知識）の間でのパターンマッチを伴うものである．つまり，統合前のルールに含まれていた変数は，個別の宣言的知識の値によって置換される．そのため，定型的で自動的な課題遂行のルールが生成され，モデルの振る舞いは，人間の慣れと同様の振る舞いになる．

図 2 は後述のシミュレーションで使用する迷路課題の環境において，現在位置からゴール位置までの経路探索に関する ACT-R モデルのトレースを示す．縦軸に時間を示し，各列はモジュールのイベントを示している．左側のトレースは，宣言的知識を用いて経路探索を行うモデルの初期状態の処理を表している．右側のトレースはプロダクションコンパイルによる学習後，宣言的知識を取得せずに経路探索を行うモデルの処理を表している．

[1] Anderson は「ダイナミック・パターンマッチ」と呼ばれる ACT-R の機能の導入時にこの主張をした．

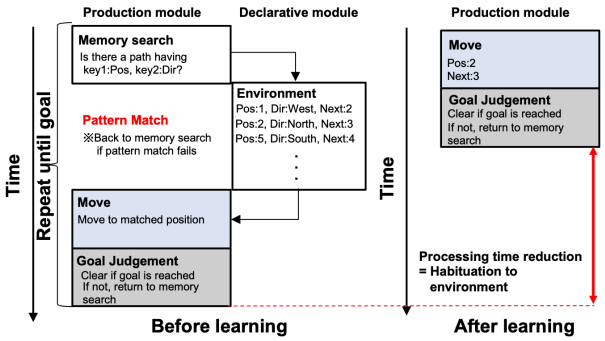


図 2　プロダクションコンパイルモジュールによる学習前と後の例

上記の仕組みを迷路環境の探索に当てはめれば，モデルはタスク初期において，環境地図の記憶検索を度々行う．タスクが進行するに従って，それらの記憶検索が必要なくなる．その結果，モデルによるタスクの遂行が効率化されるだけでなく，パターンマッチの頻度が減少する．つまり，環境におけるパターンが発見尽くされ，飽きをモデル化できると考える．

3.3　タスク継続のメカニズム

前節で提示した ACT-R のプリミティブな機能を用いて，我々はタスクを継続するか停止するかを判断する知的好奇心のメカニズムを提案する．図 3 は，我々が提案する一般的な環境におけるタスク継続のメカニズムである．各ラウンドの開始時に，モデルはタスクを継続するか停止するかを判断する（2 つのルールの競合解決）．タスクの継続を判断した後，モデルは様々なルール（マップの探索など）を発動させてラウンドを進める．ラウンドを終了する条件に遭遇すると，新たなラウンドを開始し，再びタスクを継続するか停止するかを判断する．

上記のプロセスにおいて，タスク続行ルールの効用値の初期値は，タスク終了ルールの効用値の初期値より高く設定されると考える．タスク開始時に，人間はある程度はタスク継続の意思があると考えるためである．この初期状態からの「飽き」のプロセスは，各ラウンドの終了を認識するルールの発火を負の報酬のトリガーとすることでモデル化できる．ラウンド終了時に負の報酬が与えられることで，そのラウンドにおいて競合解決の結果として発火したルール（すなわちタスク続行ルール）の効用値が低下し，タスク終了ルールが選択される確率が増加する．

「飽き」を抑止し，タスクを継続させる条件を検討するためには，タスクにおける「楽しさ」のモデルが

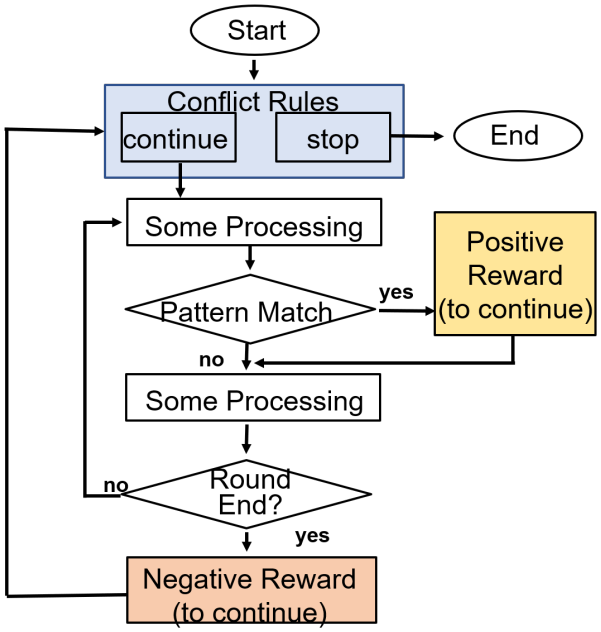


図 3　タスク継続モデルのフローチャート．パターンマッチが発生すると正の報酬が得られる．

必要である．タスク中に「楽しい」と感じるプロセスが生起した時に正の報酬がトリガリングされれば，タスク続行ルールの効用値は高い値を保ち，継続的なタスク継続が可能となる．中の宣言的知識の検索成功（地図を思い出せた，他者の振る舞いの予測できたなど）に付随して発火するルールと定義する．宣言的知識の検索はルールの IF 節（現在の状況）と宣言的知識内の記憶とのパターンマッチであり，これに成功することは Koster による楽しさの定義と整合する．ただし，このルールは繰り返し実行されると慣れ，つまりルールの統合が起こる．統合が起こるとルーティン化してしまい報酬を得られなくなり，タスク続行ルールの効用値が減少してタスク終了ルールが発火するようになる．つまりこのモデルにおけるタスク続行の要因は，パターンマッチの対象となる宣言的知識を見つけ続けられることとなる．

4.　実装

本研究の目的は，ACT-R のプリミティブな機能を用いて内発的動機をモデル化することである．この目的を達するためには，前節で示したモデルを具体的な課題の上に実装し，その振る舞いを観察する必要がある．本研究では，従来の内発的動機づけに関わる研究でも用いられてきた迷路探索を課題とする．

4.1 迷路課題のモデル

本研究の迷路探索のための ACT-R モデルの実装では，Reitter のモデル [14] をタスク継続のメカニズムを含むように拡張した（図 3）.

4.1.1 迷路環境

迷路探索に対する ACT-R モデルの実装は，Reitter に従い，確率的な DFS (depth-first search) によってヒューリスティックに環境探索を行う．モデルは，各曲角の繋がりをノードとするトポロジカルマップを宣言的モジュールに保持する．トポロジカルマップはノードとノードを結合するチャンクの集合として表現され，モデルはそれを検索することで環境探索を行う．迷路環境は，縦横 5×5, 7×7, 9×9 の大きさのマップを各々 10 マップずつ用意した．これらマップの初期位置は迷路の最も左上の曲角であり，ゴール位置はスタート位置から最も遠い曲角である．つまり，スタート位置から経由するホップ数が最も多い曲角がゴール位置として選択される．なお，複数のゴール位置の候補があった場合は，候補の中から最も早くホップ数を計算したものが決定される．

4.1.2 環境探索

それぞれの環境において，モデルは現在自分が位置する曲角をゴールバッファに格納する．モデルの課題は，スタートからゴールにゴールバッファ内の現在位置を遷移する事である．現在位置の遷移は，宣言的モジュールに格納されたチャンクを検索することで行われる．現在位置と結合するチャンクが呼び出され，そのチャンクと結びつく位置が新たにゴールバッファに格納される．これをゴールに達するまで繰り返す．

モデルは，ゴールをするたびに，現在地からゴールまでに想起されたチャンクに対して，それを正解とするラベルを付与し，宣言的記憶に格納する．次のラウンドからは，モデルはこれらのラベル付けされたチャンクを用いて，事例ベース学習理論の手法に従い，タスクを効率的に実行する [8].

モデルがラベル付けされたチャンクを取得できなかった場合，モデルは現在位置からゴール位置までのパスを，確率的な深さ優先探索 (DFS) というヒューリスティックな探索を用いて経路探索する．DFS で用いられるバックトラッキングを実現するために，ACT-R のイマジナルモジュールを用いてスタック構造を実装した．図 4 は，このモジュールで生成されたチャンクを用いたスタック構造を示している．スタック内のプッシュ機能は，ARG1 スロットに過去のチャンク名を格納するチャンクを生成することで実現している．また，スタック内のポップ機能は，ARG1 スロットの値を過去のスロットの値に戻すことで実現している．これらの生成されたチャンクは宣言的知識に格納され，後から取得してポップ機能を実現することができる．これらの処理はすべて，LISP など他のプログラミング言語で書かれた外部関数を定義することなく，ACT-R の生成ルールのみで実装した．

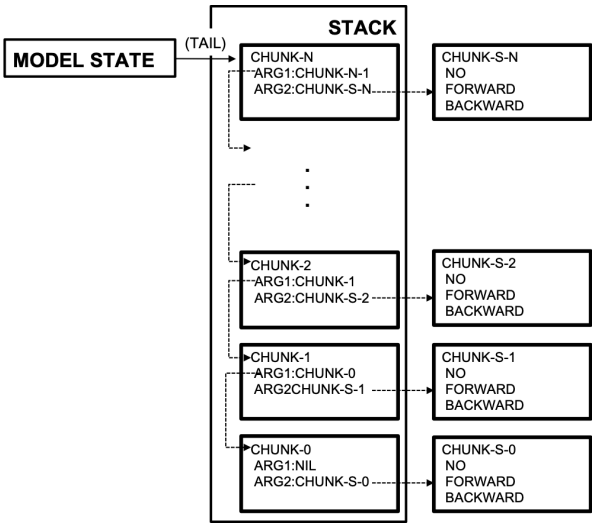


図 4　ACT-R のチャンクで構築したスタック構造．スタックの実装のために ACT-R のイマジナルモジュールを使用している．

4.1.3 タスクにおいての内発的動機づけ

この単純な迷路課題の中で，前節で示した楽しさや飽きのプロセスがどのように生じるのかを検討した．このモデルにおいて，パターンマッチに付随する「楽しさ」は，現在の状況から宣言的知識に記憶しているパスを思い出すことと定める（パスの発見時に発火するルールを正の報酬のトリガーとする）．また，パス探索の終了を課題の継続のモチベーションの減少と定義する．つまり，ゴール探索の成功，失敗によらず，ラウンドの終了時に発火するルールを負の報酬のトリガーとする．課題を継続すると継続ルールの効用値は，負の報酬によって減少していく．そして，継続ルールの効用値が，終了ルールの効用値を下回った時に，終了ルールが発火し，課題が終了することになる．

4.2 シミュレーション

4.2.1 設定

実装されたモデルによる内発的動機づけの挙動を確認するシミュレーションを実施した．本シミュレーションの環境は，我々がこれまでに行ったシミュレーションの環境を拡張したものである [12]．環境は，広さを変数に持ちマップの広さを変化させることができる．加えて，各々の広さの中で，モデルは複数の異なるマップにおいて同様の課題を行うことができる．

この環境において，内発的動機づけの効果をはかる指標として，モデルがマップの曲角を訪れる回数をもとにしたエントロピーを用いる．エントロピーは不確実性をはかる指標である．本シミュレーションにおいて，モデルが幅広く環境を探索，つまりモデルが多くの曲角に訪れていればエントロピーが増加する．したがって，エントロピーは，モデルが幅広く環境を探索しているかどうかの指標になるのではないかと考えた．これらの環境において，継続ルールの効用値の初期値を 10，終了ルールの効用値の初期値を 5 とした[2]．また，ラウンドの終了ルールには負の報酬のトリガー $(r = 0)$ を，パターンマッチを含むルールには正の報酬のトリガーを割り当てた．加えてパスの発見によってトリガーされる報酬値を 1 から 20 まで変化させ，各報酬値に対して 1000 回，課題の継続シミュレーションを行った．なお，各ラウンドの制限時間をそれぞれ 100 秒と設定した．制限時間に達するとモデルはゴールの達成によらず次のラウンドに移行した．

4.2.2 結果

図 5 は，縦横 5×5, 7×7, 9×9 の環境において，パスの発見に伴う報酬値を変化させた際のシミュレーション結果を示す．それぞれのグラフは，ラウンド継続数，コンパイルモジュールによって生成されるルールの数，エージェントが環境の曲角を訪問した回数のエントロピー，ゴール達成率の変化をグラフ化したものである．報酬値が大きいほどラウンド継続数，ルール数，エントロピーが大きくなっていく．これに伴い，ゴール達成率が大きくなっていっている．また，マップの広さを変更した際も同様の傾向が見られる．これらの結果からエントロピーの増加によって，モデルは幅広く環境を探索する事を確認できた．

以上のことより，我々の提案した内発的動機づけのメカニズムがよく機能したことが示される．加えて，同様の広さのマップでも，特にゴール達成率に差異が生じている事が確認できる．マップの広さに着目すると，マップが広ければ広いほど全体的にゴール達成率が低下する．また，マップが広いほどルール数は全体的に増加するが，その増加数は微々たるものである．モデルの学習は飽和状態になっていると考える．人間は，複雑過ぎる環境において，学習における内発的動機が低下する [9] つまり，モデルは，マップの広さと 100 秒という制限時間において，学習の限界を向かえていたと考える．

5. 既存手法との対比

我々が提案した ACT-R のモデルの振る舞いを明確化するために，同様の環境で動作する強化学習モデルを実装し，シミュレーションを行った．実装したモデルは，IMRL を援用した Q-Learning を行う．方策には ε-グリーディ法[3]を用いた．モデルが 1 ラウンドに行動できる限界を 100 ステップとした．この行動限界までに，モデルは，スタートからゴールまでたどり着けば，課題クリアとなる．式 1 は，本モデルの Q 値の更新式である．r_e は外部の環境からの報酬を r_i は内部の報酬を表す．モデルは外因的報酬，つまり r_e を，道を思い出せなかった場合は負の報酬 (-1)，移動できた場合は 0 として，ゴールのできた場合は正の報酬 (10) を受け取る．

$$Q(s,a) \leftarrow Q(s,a) + \alpha[\acute{r_i} + \acute{r_e} + \gamma max Q(\acute{s},\acute{a}) - Q(s,a)] \quad (1)$$

式 2 の p は Q 値に対しての遷移確率を表す．確率 p に対して，余事象の確率のエントロピーを r_i としている．r_i は 1 ステップ毎のモデルの内発的動機である．また，τ はシミュレーション時に用いる報酬値のための係数である．この係数を 0.35 から 0.73 まで 20 段階変化させ各報酬値に対して 10000 回シミュレーションを行った．1 ラウンド中の内因的報酬の合計値が，5 以下であればラウンドの終了とした．

$$r_i = -\tau(1-p)\log(1-p) \quad (2)$$

図 6 は，τ を変化させた際に，ラウンド継続数，エージェントが環境の曲角を訪問した回数のエントロピー，ゴール達成率がどのように変化するのかをグラフ化したものである．ACT-R モデルの結果に対し，これらの結果は，同じ広さのマップ間によって差異が目立ち，安定してないように思われる．また，内因的報酬に関わる τ の値が大きいほど，モデルは課題を継続する

[2]探索方向（上下左右）を確率的に決める各ルールの効用値の初期値をそれぞれの 10 とした．記憶の想起のノイズである ans (activation noise level) = 0.1，継続ルールと終了ルールの効用値の比較のノイズである egs (expected gain s) = 1 と設定した．

[3]$epsilon = 0.2$, $gamma = 0.9$, $alpha = 0.2$

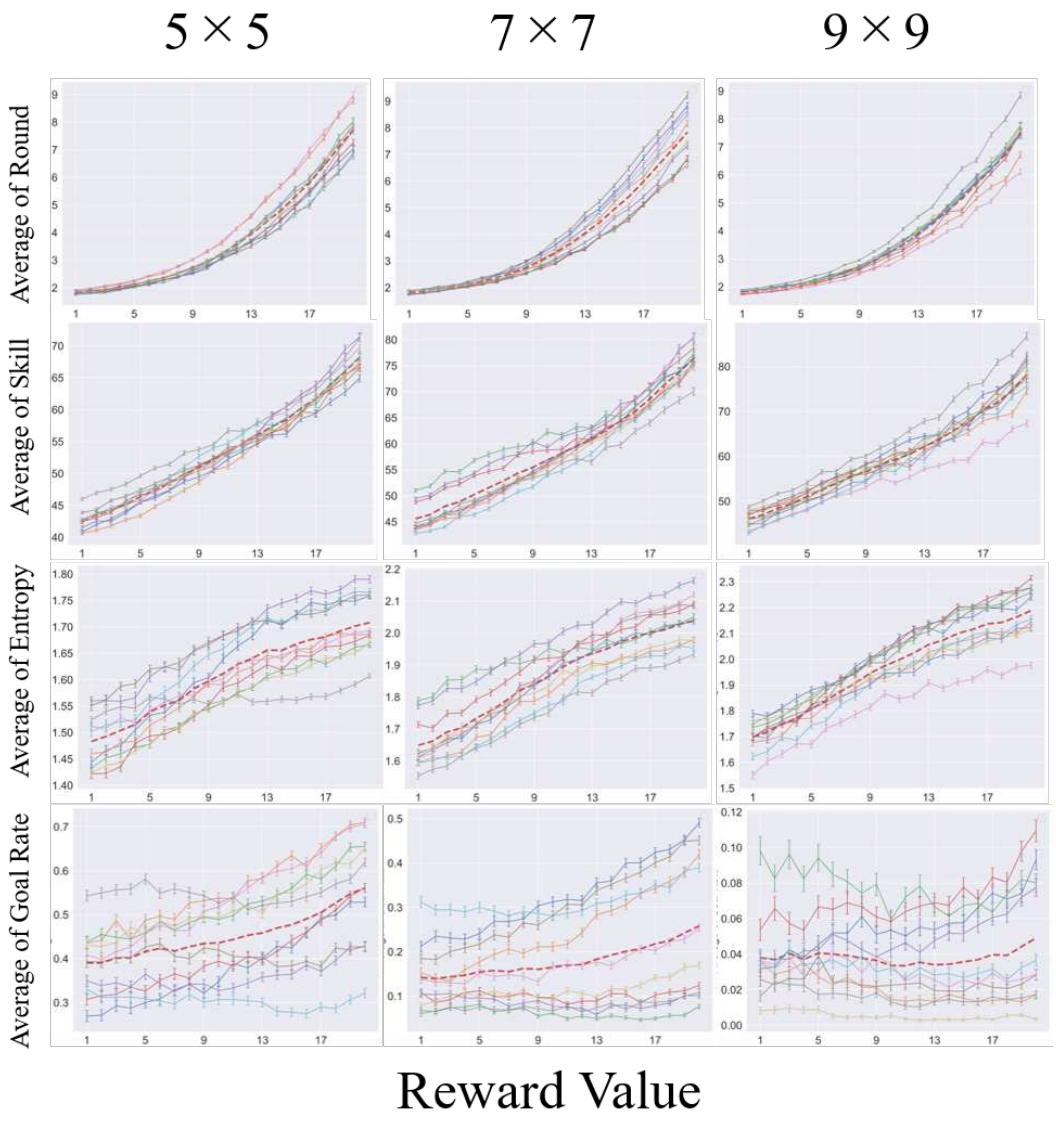


図 5　5 × 5, 7 × 7, 9 × 9 マップの ACT-R モデルの内部報酬値におけるラウンド継続数，ルール生成数，エントロピー，ゴール達成率の推移．エラーバーは標準誤差を表す．赤のダッシュ線はグラフの平均である．

が，ゴール達成率は下がっている．加えて，エントロピーが増加する環境や減少するマップが存在する．

このモデルの詳細な行動を確認するため，それぞれの τ の値による 9 × 9 の大きさの時のエントロピーの推移を詳細に確認した．図 7 は，図 6 のうち，エントロピーが減少しているマップと増大しているマップを，それぞれ 1 つずつ抜き出したものである．図より τ の値の変化による減少，増大の傾向を確認できる．また，この時のマップの曲角の訪れた頻度をヒートマップとして図 8 に示す．上段がエントロピーが減少している時の環境，下段がエントロピーが増大している時の環境である．黄色と緑のひし形は，それぞれの環境においてのスタートとゴールを示す．各々の曲角の色の濃さは，モデルが訪れた回数に比例して濃くなる．また，各曲角に出力されている数字は，各曲角の訪れた回数を環境全体の曲角の訪れた回数で正規化したものである．どちらも τ が大きくなるにつれて，スタート付近の曲角の色の濃さが薄くなり，探索しているように思える．そのため，先行研究にもあるように内発的動機づけのパラメータの増大によって環境を探索する幅が広がっていると思われる．しかし，このモデルの動作はゴール達成率に寄与していない．おそらく，モデルは，スタート付近の曲角を中心とした移動を繰り返していると思われる．そのため，左のグラフは，スタート付近の曲角が行き止まりになっているため，行き止まりからスタートに戻るという動作を繰り返す回数が

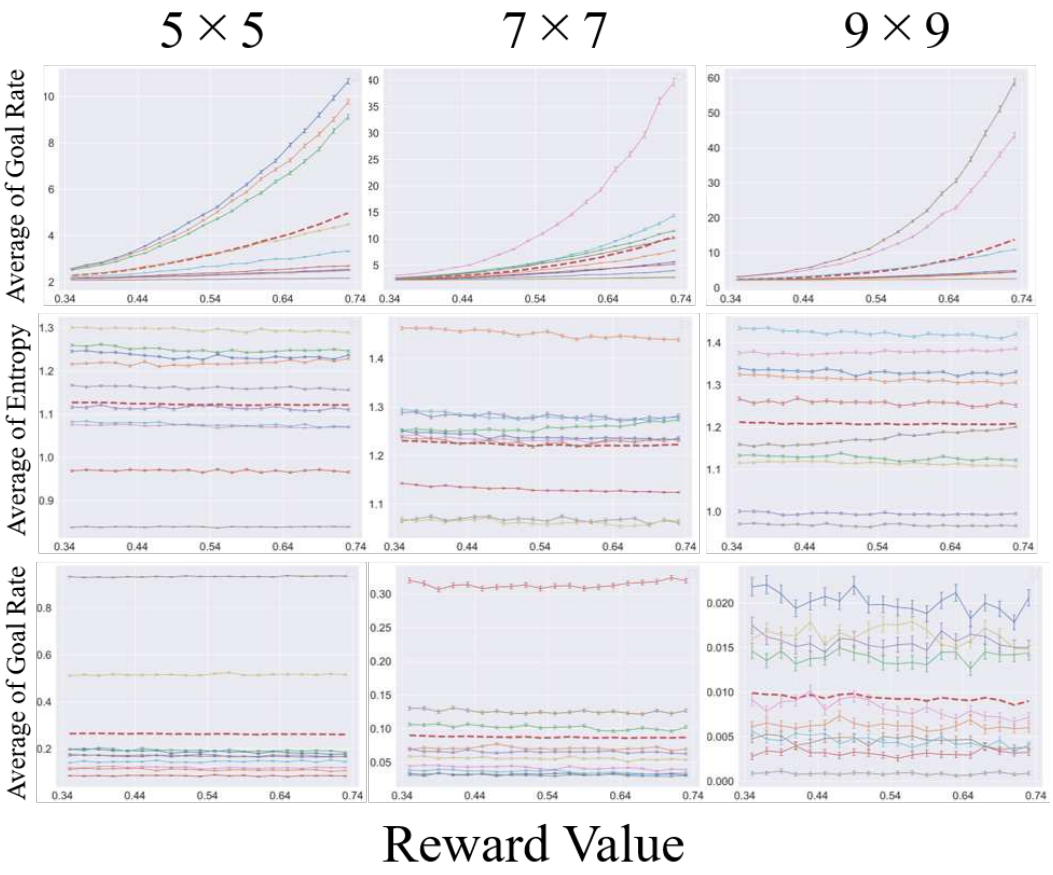


図 6　5 × 5, 7 × 7, 9 × 9 マップの強化学習モデルの内部報酬値におけるラウンド継続数，エントロピー，ゴール達成率の推移．エラーバーは標準誤差を表す．赤のダッシュ線はグラフの平均である．

増えることでエントロピーが減少しているのではないかと考える．

これらの結果から，エントロピーの増減がゴール達成率の増減に関連していないことが示される．一般的に，課題中に特別なイベントがない環境では（正の報酬はゴール時のみ），強化学習はうまく動作しない．そのため，モデルはこれらの環境を学習できていないと考えられる．このモデルの行動は，式の r_i と r_e のバランス調整や，Burda が指摘しているように，好奇心を刺激するために迷路の環境を注意深く設計することで変えられると思われる [2]．また，通常の強化学習に内発的動機づけを付与するだけでなく，特に IMRL で用いられていたオプションによるスキルの階層型の学習が必要であると思われる [15]．これは，ACT-R のコンパイルモジュールと同様，エージェントの環境においての慣れを表現し，エージェントが環境の探索済み箇所よりも未探索の箇所を探索する機会が増えることで，幅広く環境を探索するように振る舞うのではないかと考える．しかし，我々の ACT-R モデルは，このような慎重なパラメータ調整や環境設計，階層型学習の仕組みを実装しなくても，汎用的なモジュールを用いれば環境学習を行うことが可能である．このように，内発的動機づけを表現する上で，本モデルの優位性を主張することができた．

6.　まとめ

本研究の目的は，ACT-R と強化学習モデルの対応を検討するものであった．まず，ACT-R から提供されるプリミティブな認知プロセスの集積によって，認知モデルに内発的動機づけのメカニズムを実装した．この実装を行うために，Koster の理論を基に，パターンマッチのメカニズムが知的好奇心の源泉である「楽しさ」を表していると仮定した．その結果，パターンマッチが成功することで，課題継続に対する高い内発的動機づけが維持された．一方，コンパイル機能を用いてパターンマッチをスキップすることで，モデルは課題に対する「飽き」を生じさせ，課題を終了すると考えた．

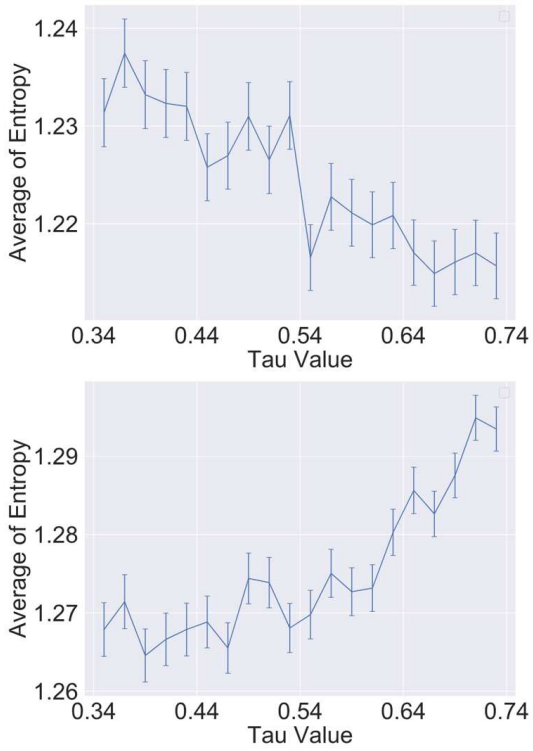


図 7　エントロピーが減少しているマップと増大しているマップの τ による推移.

この内発的動機づけのメカニズムの振る舞いを確認するため ACT-R のモデル実装し，シミュレーションを実施した．モデルは報酬値が大きいほどラウンド継続数，ルール数，エントロピーが大きくなった．これに伴い，ゴール達成率が上昇した．また，マップの広さを変更した際も同様の傾向が見られた．エントロピーの増加によって，モデルは幅広く環境を探索する事を確認できた．また，マップの広さと制限時間によって，モデルが学習の限界を向かえる振る舞いを確認できた．

この ACT-R のモデルに対し，IMRL を援用し，内発的動機づけを付与した強化学習モデルを実装し同マップにおいてシミュレーションを実施した．その結果は，同じ広さのマップ間によって差異が目立ち安定していなかった．また，内因的報酬に関わる τ の値が大きいほど，モデルは課題を継続するが，ゴール達成率は下がった．加えて，エントロピーが増加する環境や減少するマップが存在した．その後，エントロピーが減少したマップと増加したマップを取り上げ，モデルの詳細な振る舞いを観察した．エントロピーの増減に関わらずモデルのゴール達成率は減少していたためエントロピーの増減がゴール達成率の増減に関連していないことが示された．

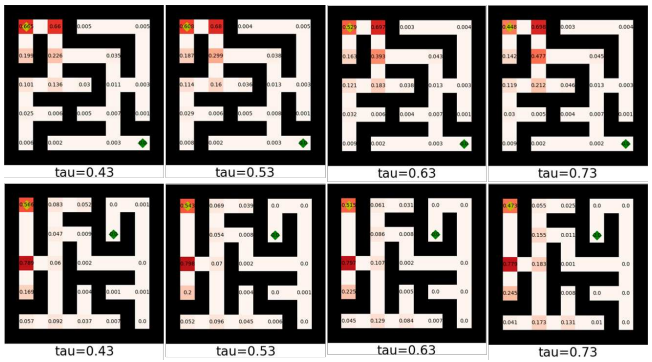


図 8　図 7 に対応するエントロピーが増大しているマップと，減少しているマップのヒートマップ.

これらのシミュレーション結果から，本モデルは新しい環境を学習する上で優位性を持っていると考えられる．このモデルでは，ユーティリティモジュールやコンパイルモジュールだけでなく，ゴールまでの正しい経路を記憶する事例ベースの学習 [8] を用いている．このようないくつかの学習アルゴリズムの組み合わせは，現在の迷路タスクにおける内在的報酬と外在的報酬のバランスをとるのに役立つかもしれない．

また，我々のモデルの内在的報酬の表現は，他の先行研究と比較しても新規性がある．我々のモデルでは，内発的報酬と外発的報酬を式の中で明示的に分けてはいないが，内発的動機づけの効果は既存の ACT-R のメカニズムの中で自然に表現されている．このアプローチは，人間の認知理論に基づいていること，既存の学習研究との関連性があること，理論上の不要な要素を省けることなどの利点があると考えている．

今後の研究では，内発的動機づけのモデルを人間のデータと比較する必要がある．人間の認知のモデルとして，従来の強化学習で提示された行動が誤りではなかったかもしれない．探索作業中，人はしばしば目標を忘れてパフォーマンスを低下させる．このような非合理的な行動は,「計算精神医学」のテーマにも関連しているかもしれない [4].

今後の課題として，動機づけの最適水準 [21] に達するまでのモデル化が必要である．本モデルは静的に継続ルールの効用値を決めている．つまり，最適水準に達するまでの過程はモデル化されていない．したがって，モデルが最適水準に達するまでの課題の検討が必要になってくるだろう．

文献

[1] J. R. Anderson. *How Can the Human Mind Occur in the Physical Universe.* Oxford Press, 2007.

[2] Yuri Burda, Harri Edwards, Deepak Pathak, Amos Storkey, Trevor Darrell, and Alexei A Efros. Large-scale study of curiosity-driven learning. *arXiv preprint arXiv:1808.04355*, 2018.

[3] C. L. Dancy, F. E. Ritter, K. A. Berry, and L. C. Klein. Using a cognitive architecture with a physiological substrate to represent effects of a psychological stressor on cognition. *Computational and Mathematical Organization Theory*, Vol. 21, No. 1, pp. 90–114, 2015.

[4] Quentin JM Huys, Tiago V Maia, and Michael J Frank. Computational psychiatry as a bridge from neuroscience to clinical applications. *Nature neuroscience*, Vol. 19, No. 3, p. 404, 2016.

[5] Ion Juvina, Othalia Larue, and Alexander Hough. Modeling valuation and core affect in a cognitive architecture: The impact of valence and arousal on memory and decision-making. *Cognitive Systems Research*, Vol. 48, pp. 4 – 24, 2018. Cognitive Architectures for Artificial Minds.

[6] R. Koster. *Theory of Fun for Game Design*. ParaglyphPr, 12 2004.

[7] Iuliia Kotseruba and John K. Tsotsos. 40 years of cognitive architectures: core cognitive abilities and practical applications. *Artificial Intelligence Review*, Jul 2018.

[8] Christian Lebiere, Cleotilde Gonzalez, and Michael Martin. Instance-based decision making model of repeated binary choice. 2007.

[9] Thomas W Malone. Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive science*, Vol. 5, No. 4, pp. 333–369, 1981.

[10] A. Manoury, M. N. Sao, and B. Cédric. Hierarchical affordance discovery using intrinsic motivation. In Proceedings of the 7th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI ' 19), pp. 186–193.

[11] Volodymyr Mnih, Koray Kavukcuoglu, David Silver, Andrei A Rusu, Joel Veness, Marc G Bellemare, Alex Graves, Martin Riedmiller, Andreas K Fidjeland, Georg Ostrovski, et al. Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, Vol. 518, No. 7540, pp. 529–533, 2015.

[12] K. Nagashima, J. Morita, and Y. Takeuchi. Modeling intrinsic motivation in act-r: Focusing on the relation between pattern matching and intellectual curiosity. In *ICCM2020: 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COGNITIVE MODELING*.

[13] Deepak Pathak, Pulkit Agrawal, Alexei A Efros, and Trevor Darrell. Curiosity-driven exploration by self-supervised prediction. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, pp. 16–17, 2017.

[14] D. Reitter and C. Lebiere. A cognitive model of spatial path-planning. *Computational and Mathematical Organization Theory*, Vol. 16, No. 3, pp. 220–245, 2010.

[15] S. Singh, A. G. Barto, and N. Chentanez. Intrinsically motivated reinforcement learning. In L. K. Saul, Y. Weiss, and L. Bottou, editors, *Advances in Neural Information Processing Systems 17*, pp. 1281–1288. MIT Press, 2005.

[16] R. S. Sutton and A. G. Barto. *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press, 2 1998.

[17] Niels A Taatgen and Frank J Lee. Production compilation: A simple mechanism to model complex skill acquisition. *Human Factors*, Vol. 45, No. 1, pp. 61–76, 2003.

[18] Mj .K van Vugt and M van der Velde. How does rumination impact cognition? a first mechanistic model. *Topics in Cognitive Science*, Vol. 10, No. 1, pp. 175–191, 2018.

[19] F. Wai-Tat and J. R. Anderson. From recurrent choice to skill learning: A reinforcement-learning model. *Journal of experimental psychology. General*, Vol. 135, pp. 184–206, 6 2006.

[20] C. J. C. H. Watkins. *Learning from delayed rewards*. King's College, Cambridge, 1989.

[21] Robert M Yerkes and John D Dodson. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of comparative neurology and psychology*, Vol. 18, No. 5, pp. 459–482, 1908.

日本語文における単語の選択と非辞書語の機能：メカニズムデザインとブロッキングシステムのメタファー

Choice for words and function of non-lexicographic words in Japanese sentences: The metaphors of mechanism design and blocking systems

犬童 健良†
Kenryo Indo

†関東学園大学
Kanto Gakuen University
kindo@kanto-gakuen.ac.jp

概要

本論文は，文理解の認知モデル化に経済メカニズムデザインを適用することを試みた. 文中の各単語は, その位置に対応するエージェントから送信されたメッセージであり，文の意味は辞書内の単語とそれ以外の残余（スケルトン）から計算されると仮定された. 具体的には総記のガや対比のハの解釈を切替える戦略に着目し，WordNet を用いてそれに影響する示唆的特徴語の分布を調べ，またブロッキングシステムとして定式化した．さらに比喩などの婉曲表現に応用可能なより抽象的なメカニズムにおける戦略的操作可能性から，論理プログラミングによる実験手法を用いて，総記や対比の発生を予測する具体的モデルを提案した.

キーワード: 文理解，メカニズムデザイン，ブロッキングシステム，戦略的操作可能性

1. はじめに

言葉の意味の成り立ちを説明するためゲーム理論を応用する試みは分析哲学ないし形式意味論の分野に古くからあり[1]，また近年の戦略的話者の理論 [11]にも見られる．他方，経済メカニズムデザイン論[2][3]は市場取引における価格シグナルや組織の意思決定，情報システムなどの分権的なコミュニケーションをゲーム理論的なメカニズムとして抽象化する. 本論文では, 前者ではなく, 後者のアプローチを, しかし人々の間のコミュニケーションではなく，個人内の文理解において適用する.

本論文では主格をマークする助詞ガとハの交換で文の意味が微妙に変化する現象に注目する．例えば，「蛙ハ両生類デス」は自然な日本語文だが，「蛙ガ両生類デス」は不自然であり，「蛙ダケガ両生類」という意味合いを生じる. また「宅急便ガ到着シタ」は自然であるが，「宅急便ハ到着シタ」は何か他のものも届く予定があるように思える．前者は「総記のガ」，後者は「対比のハ」として論じられている[4].

本論文ではこうした文例をメカニズムデザインの観点から抽象化する．メカニズムデザインではゲームフォームを与えると，エージェントたちが自律的に反応してメッセージを送り，ゲームフォームのルールに従って結果が選択される．例文では「X ハ Y」と「X ガ Y」という文の型は，それだけでは具体的な意味を持たないが，X と Y に単語のペアを代入することで文として理解され, かつ結果として異なる意味を生じる. つまり言語理解者の脳は，文を辞書の単語と残余の文字列断片（スケルトン）に分解し，文全体として文の意味を計算する関数の計算であり，代入組（X，Y）は適切な単語を選んで文中位置に割当てる資源配置問題の解である.

メカニズムデザインは，市場モデルと言語モデルの間のメタファーを厳密化する．文理解は文中の各語の位置に対応するエージェントから送信されるメッセージの組および適切なゲームフォームに結び付けられたスケルトンから計算される分権化された情報システムとみなせる．またブロッキング関係を導入することで，この胎児的な言語モデルにより簡潔な表現と説得力を持たせることができる.

ブロッキング関係は, 2 人非協力ゲームにおけるプレイヤー間の敵対的な関係としてモデル化される．第 4 節で紹介するように，「X ハ Y」や「X ガ Y」の述部 Y を定常性（静と動の特徴量）によって整列することで，総記や対比の解釈切替えがミニマックス解[5]と類比される．本論文の第 5 節では，総記や対比のメカニズムをより具体的に単語配置問題として論じるが，そのボトルネック解はクラッター（配置者）とブロッカー（阻止者）の間のゲームのミニマックス均衡として明示的に特徴づけられる．ボトルネックがミニマックス均衡として記述できる集合族ペアはブロッキングシステム[6]と呼ばれる．経営科学において，ボトルネック問題は異なる領域で独立に論じられていた. 例えば, 配置問題におけるボトルネックは，最短路問題におけるパスとカットの双対性に翻訳できる．ブロッキング関係はメカニズムデザインと社会選択理論の基礎である．認知科学のような学際分野では，同じ対象について分野によって異なる表現（定式化の違い）がボトルネックとなることは，おそらくその黎明において経験されているはずである.

ボトルネック現象は普遍的であり，思考や推論の認知プロセスも例外ではない．とうぜんながら長い文章の推敲や複雑なパズル的問題解決において，それは時間を費やし作業の進展を阻む．文中の単語の出現順序を選ぶ（あるいは次にくる単語を予測する）問題として文を書いたり, 話したり, あるいは読んだりする認知プロセスは，単語のパスを文末に到達するまで伸長するクラッターと，途中でパスカットして文全体の意味の完成を妨害するブロッカーとの間の敵対的ゲームとみなすことができる. またボトルネック均衡では, 意味伝達に失敗するリスクを抑えて最大限情報を伝える単語の並びを定めることと，それを除去することで文の意

味が理解できなくなる最小の単語集合を見つけることとが等しい.

本研究ではより単純な文の意味理解におけるボトルネック現象としての総記のガや対比のハ[4]に注目する. また本研究で日本語版 WordNet [7][8]における語義説明文をコーパスとして, 実験的に検証を試みる. 近年深層学習による機械学習アプローチが自然言語処理分野でも注目されているが, 人間によって分類された WordNet はその比較対象とされる一方, 上位語, 下位語, 帰結, 原因など WordNet の提供する関連性データを利用して近傍を定義しサポートベクター回帰で訓練することによって類似性判定や感情語彙分類において深層学習に匹敵するとの報告もある[9]. 本論文では, 文理解における総記や対比の発生を予測する簡便な実験を目的として, WordNet の見出し語とその語義説明を利用し, 関連性データは用いない. 4 節で文の述部の定常性を判別が容易な示差的特徴語に注目して, ハとガの用法の切替えと統計的意思決定問題との類似を示す. またこの類似は必ずしも偶然ではなく, より根本的な文理解の認知過程の性質から帰結していると考えられる. そこで第 5 節ではブロッキングシステム, より具体的にボトルネック配置問題のミニマックス均衡として解釈を試みる.

ところで, メカニズムデザインのもうひとつの側面としてインセンティブ (経済的誘因) がある. メカニズムデザインではエージェントたちから情報を正しく引き出し全体目標と一致させるようにインセンティブを与えるため, 非協力ゲームの形式を用いる. これがインプリメンテーション (遂行) 問題である. 言語使用者は, 自分が意図する意味を再現できるよう単語を選ぶ必要がある. これは全体目標を文の意図された意味, 単語の選択をメカニズムに反応する自律的なエージェントの行動と考えたインプリメンテーション問題である.

インプリメンテーション問題においては戦略的操作の可能性が生じ得る. 戦略的操作とは, 直観的に言うと, エージェントが自分自身の選好を偽って報告することでより有利な結果に誘導することであり, 一般的な用語としての虚, 情報操作, 偽装などを抽象化する. 第 6 節で述べるが, 総記のガや対比のハは戦略的操作不可能性 (つまり耐戦略性) と関連する. 本論文では [10]で提案された論理プログラミングを応用して, 具体的に総記や対比のメカニズムを設計する. また戦略的操作アプローチは, 比喩, 類推, 皮肉などの婉曲評言に適用可能であり, 潜在的に, 戦略的話者の理論[11]と関連する.

経済学ではワルラス均衡やオークションなどの価格メカニズムによって資源配分問題を解く分権的なメカニズム, 公共財供給におけるヴィックレー＝クラーク＝グローブズ・メカニズムのようにグループ意思決定における虚偽報告防止に焦点を当てたメカニズムがある. また投票メカニズムを抽象化した Arrow の一般不可能性定理や Gibbard=Satterthwaite 定理 (以下 GS 定理) [12]は抽象化された社会選択問題におけるメカニズムデザインの基礎をなす. なお, メカニズムデザインという用語は, 機械工学や情報数理 (オートマタ理論) に同じ用語があり, またメカニズムと言う用語は認知科学, とくに因果推論[13]のキー概念である. これらと区別するため, 本論文では経済メカニズムデザインと呼ぶ.

以降の部分では第 2 節で認知的メカニズムデザインを説明し, どのように経済的メカニズムデザインを認知モデル化への分析枠組みとして適用できるかを, 具体例を通じて明らかにする. 第 3 節ではモデルを定式化する数学的用語を整理し, 実験用 Prolog プログラムとの関係を述べておく. 第 4 節では, 「X は Y」「X が Y」の形をした簡単な文における意味的変化 (主題／対比／中立叙述／総記) を, リスク下の意思決定におけるミニマックス解によって説明することができることを示す. 第 5 節では文理解をボトルネック配置問題として解釈し, そのミニマックス解によって 4 節のモデルを一般化する. 第 6 節で比喩, 類推, 皮肉などの婉曲評言を戦略的操作の観点から説明し, 総記や対比に対して具体的に適用することを試みる. 最後に第 7 節でまとめとする.

2. 認知的メカニズムデザイン

Hurwicz & Reiter[4]はメカニズムデザインの概念を図 1 のような可換図(commuting diagram)として示した (図 1 参照).

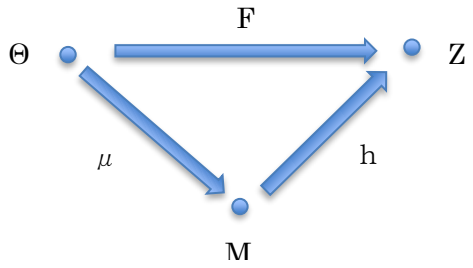


図 1 メカニズムデザイン

図 1 における記号Θ, Z, M, F, g, h の意味を説明しておくと, Θはエージェントの環境の集合, M はメッセージ空間, Z は目標状態の集合である. N をエージェントの集合とする (N＝1, 2, …, n). 各エージェント i∈N が知っている情報 θi の組 θ ∈Θはプロフィールと呼ばれる. θ はメカニズム設計者から直接観察できない私的情報であると仮定される. F は目標関数であり, Θから Z の冪集合への写像である. すなわち任意の θ ∈Θに対し F (θ) ⊆Z はシステム全体として目指す (あるいは許容される) 目標状態の集まりである.

メカニズムπは, メッセージ空間 M, メッセージ関数μ, 結果関数 h の組π＝ (M, μ, h) として定義される. μはメッセージプロセスとも呼ばれ, 各エージェントの私的情報 θi の組からメッセージ空間 M への写像である. m∈M は全エージェントの送信したメッセージの組である. m＝ (m*i*) $_{i\in N}$.

経済的メカニズムデザイン問題とは, システム全体としての目的を表すある目標関数 F と, エージェントたちが自発的に選んだ行動の結果として生じる状態と F がつねに一致している (F (θ) ＝h◦μ (θ) ∀θ ∈Θ) ようにπを定めることである. いいかえればπは F を実現する分権的メカニズムである.

図 1 で表されるメカニズムデザインは, 経済領域に限らず, さまざまな情報システムを対象となりうる (筆者は詳しく知らないが, 数理システム理論では実現理

論と呼ばれるらしい). 認知モデルに対して適用すると, ある認知主体をシステム全体とみなし, $\theta \in \Theta$は環境からの刺激を処理した脳の状態（情報）, μは認知プロセスであり, 意識の空間 M において記憶表象や言葉を発生させる. hは意識状態に基づくより高次の判断や推論, 意図的あるいは非意図的な行為であり, そのパフォーマンス z ∈Z が観察される. 実際, 言語使用は, 言葉mを通じて何か z を成し遂げる. 実際, 言葉には, 挨拶, 警告, 依頼, 質問, 命令, 感情表出（感嘆）といったさまざまなコミュニケーション機能を遂行する.

例えば, 池に一匹のカエルがいるのを見た人が,「カエル」という単語を発したとしよう. そのメッセージの意味は「その人がカエルを見ている」という事実（コト）を伝える. つまりそのメッセージの送り手の意図は, 送り手自身とそのカエルとを「見ている」という関係を通じて成立した事実（見ている, 送り手, カエル）を記録することを目的とするメカニズムとみなせる.

均衡メッセージ組は, μの各成分が実関数でその差分 g がゼロであるメッセージ組である. すなわち g（m）$=\mu(\theta_{t+1})-\mu(\theta_t)=0$. μの代わりに g を用いて, メカニズムをπ=（M, g, h）として定義することもできる. その場合, 均衡メッセージの下で F を実現する（g（m）＝0→F（θ）＝h◦g（m）$\forall\theta\in\Theta\,\forall m\in M$）ことがメカニズムデザイン問題となる.

より一般的に, m＝$\mu(\theta_{t+d})=\mu(\theta_t)$の場合を均衡メッセージと考えることができる. 例えば,「カエル」の意味を説明する文章を作文しようとしたとすると, 直ちに回答を思いつくか, 数回以上の推敲を経るか, あるいは回答しない理由を考えるだろう. メッセージプロセスが均衡するのは, それ以上遂行の必要なしと判断されたときである. また前出のカエル文メカニズムの例は, 単一のエージェントの活動しか含まないので, いわば集権的なメカニズムであった. より一般には, 文理解では複数の単語をそれぞれエージェントとみなした分権的なメカニズム, すなわち独立した複数のエージェントの活動から成り立つ心の社会を考えることになる. もしもっと良いと思える別の単語や単語の組合せ（結託）, すなわちブロッカーが見つかれば, 現在の文章で納得せず, 推敲を続ける. 新たなブロッカーが見つからなくなったとき, 原稿が採択される.

言うまでもなく, 辞書は, その見出し語である単語の語義を説明する文からなる. 具体的に, 日本語版 WordNet によると,「カエル」の語義（gloss）は,「跳躍するための長い後肢のある種々の尾のないぽっちゃりした体を持つ両生類の総称; 半水生と陸生の種」とされる. WordNet 内の見出し語によって包含関係がないように分解すると, 以下のような単語が抽出される.

「跳躍」「する」「ため」「長い」「後肢」「ある」「種々」「尾」「ない」「ぽっちゃりした」「体」「持つ」「両生類」「称」「半」「水」「生」「陸」「生」「種」

またこれらの単語以外の 4 個の「の」, 1 個の「を」, および「の総」という文字列断片が残る.「カエル」文スケルトンは, これらの単語を引数に代入して計算される関数のように見なしたものである. つまりカエルの語義説明は, そのスケルトンをゲームフォームとして, 語義説明中の単語たちをメッセージ組として代入することで,「カエル」の意味と一致する結果を得ていると解釈することができる.

結果関数とメッセージプロセスの合成関数 h◦μ はゲームフォームとも呼ばれる. ゲームフォーム h◦m は非協力ゲームから選好プロフィールを除去した残余であり, それを代入することで一つの非協力ゲームが定義される（本論文で提案する文理解モデルではスケルトンがゲームフォームの役割を果たしていると仮定される）. GS 定理では, ゲームフォームとして各自の選好順序の直接表明（Θ＝M）を用い, 支配戦略均衡と目標関数を一致させる. すると 3 案 2 人以上の無制限領域では耐戦略性と市民主権条件 (全射性) から独裁が導かれる. またそのゲームフォームと解概念を緩めた問題はナッシュ遂行と呼ばれる. 直接表明ではナッシュ遂行の必要条件である Maskin 単調性と全会一致性を用いても GS 定理と同じく独裁が導かれる. ただし制限領域では両者は必ずしも一致しない.

3. 文理解モデル

前節の終わりに観察した文理解の例をより一般的な形で述べ直そう. ある言語 L の単語の辞書 D を考える. Ω を辞書内のすべての見出し語の集合とする. またある単語 w の語義説明を d（w）と書く. 辞書は有限個の見出し語 w∈Ω, その語義を説明する文 d＝d（w）, およびその他の付帯的情報 s＝s（w）の組（w, d, s）の集まりとする. また語義説明中に現れる D 中の単語のリストを作る操作を Γ とする. 数学的な表現では写像 $\Gamma:\Omega\to 2^{\Omega}$であり, w∈Ω の写像先を Γ（w）⊆Ω と書くことができる. なお一般に同義語が存在するため, Γ の逆写像 Γ^{-1}は, 任意の w∈Ω に対し, Γ^{-1}（d（w））⊆Ω∋w である. いわば, 単語当てクイズに答えるプログラムのようなものである.

例えば,「塩分の摂取を控える」という文を S とする. 文 S に対し, 辞書内に「塩分」「摂取」「控える」が存在するとき, { A, の, B, を, C } のように S を部分的に変数化した文字列断片に分解し, A＝「塩分」, B＝「摂取」, C=「控える」とする. { A, の, B, を, C } を結合した文の形「A の B を C」S を（文）スケルトンないし文スキーマと呼ぶ. スケルトン内の変数でない要素は, 非辞書項目であり, Γ の値域に入らない. 文 S に対して, そのスケルトンと辞書内の単語の代入組のペアに分解する操作を γ とする. 上記の例では, スケルトン「A の B を C」と代入組（A, B, C）＝（塩分, 摂取, 控える）が γ の値である. γ（塩分の摂取を控える）＝（A の B を C, {A＝塩分, B＝摂取, C=控える}）.

Prolog は論理に基づく汎用プログラミング言語として AI を中心に広く活用されており, 本論における文理解メカニズムの実装にも適する. 付録 A にオペレータ γ（とその逆操作 λ）の Prolog プログラムを例示する.

第 2 節で説明したメカニズムデザインの用語を用いると, 文理解メカニズム（M, μ, h）において, スケルトンは文の意味を計算するゲームフォーム h に相当している. カエルを見た人の脳状態 θ に対して, γ はゲームフォームとしての文スケルトン $h=\gamma_1(\theta)$ とそれぞれ各単語に対応するエージェントのメッセージ組として辞書内単語の部分集合 $m=\gamma_2(\theta)$ を同時に返す. すなわち, $\gamma(\theta)=(h, m)=(h, \mu(\theta))$ である. 上記の例文では A, B, C の 3 語に対応する 3 エージェントの均衡メッセージの組 m＝（m_A, m_B,

m_C ），m_A＝「塩分」，m_B＝「摂取」，m_C=「控える」である．この均衡メッセージm*のゲームの結果はｚ＝ｈ◦μ（θ）＝ｈ（m*）＝「カエル」∈Ωである．

次節では文理解の認知的メカニズムの例として，ハとガの交換による文の意味の変化（総記・中立叙述・対比・主題）を取り上げる．文の解釈は述部の定常性，すなわち特徴量と関連する．

4. 総記のガ，対比のハ

言語学の文献[4]では，主格をマークする助詞ハとガには,「主題のハ」「対比（対照）のハ」「中立叙述のガ」「総記のガ」の 4 用法の区別があるとされる．X が主格の場合,「X ガ Y」には中立叙述と総記があり，中立叙述は述部 Y が非習慣的動作や一時的状態であるときに限られる．それ以外，つまり Y が習慣的動作や恒常的状態であると,「極めて座りが悪い」([4] p.32)．また X ハ Y では主題と対比がある．主題のハは，X が総称か文脈指示，より一般に文脈から予測可能のときであり, それ以外は対比である. ただし対比は文使用のコンテキストが肯定的か否定的かによって影響を受ける（[4] p.31)．また日本語の特徴として，主格のガに限らず, 主な語句すべてが総記の解釈をとりうる ([4] p.41)

説明を簡単にするため，本論文では述部の性質に焦点を当てて，以下で説明する示差的特徴語の出現回数（特徴量と呼ぶ）を調べる．

表 1　特徴量の分布：名詞(n)以外の示唆的特徴語

静	動	度数	静	動	度数
0	0	65,535	0	0	65,535
0	1	105	1	0	138
0	2	114	2	0	182
0	3	85	3	0	141
0	4	115	4	0	75
0	5	74	5	0	66
0	6	64	6	0	57
0	7	49	7	0	47
0	8	44	8	0	72
0	9	41	9	0	73
0	10	59	10	0	62
0	11	25	11	0	38
0	12	32	12	0	53
0	13	2	13	0	30
0	14	23	14	0	8
0	15	68	15	0	19
0	16	32	17	0	28
0	20	4	19	0	1
0	24	7	20	0	16
-	-	-	21	0	9
-	-	-	31	0	8
(0,0)以外計		943	(0,0)以外計		1,123
				総計	67,601

示差的特徴語と特徴量は次のようにして求めた．まず便宜的に以下の 14 種類の文字を考える．

定常性の文字 :「静, 止, 定, 常, 恒, 固, 頑」

非定常性の文字 :「動, 変, 移, 化, 流, 軟, 柔」

日本語 WordNet の全見出し語 87,991 語から，上述のいずれか一方の文字だけ含む定常 2,228 語，非定常 5,700 語を抽出し，数字や区切り記号だけの断片を除く．

表 2　語義説明における特徴量の分布

静	動	単語数	静	動	単語数
0	0	26,679	0	0	26,679
0	1	69	1	0	117
0	2	49	2	0	107
0	3	35	3	0	65
0	4	34	4	0	36
0	5	19	5	0	32
0	6	18	6	0	23
0	7	8	7	0	15
0	8	10	8	0	20
0	9	7	9	0	20
0	10	7	10	0	10
0	11	5	11	0	8
0	12	4	12	0	7
0	13	1	13	0	4
0	14	3	14	0	2
0	15	4	15	0	3
-	-	-	17	0	5
-	-	-	19	0	1
-	-	-	20	0	2
-	-	-	21	0	2
-	-	-	31	0	1
(0,0)以外計		279	(0,0)以外計		480
				総計	27,438

表 3. 部文字列としての示唆的特徴語の分布

静＼動	0	1	2	3	4	5	6	計
0	10,313	4,763	1,923	387	70	13	1	17,470
1	10,159	4,493	1,516	319	128	51	2	16,668
2	6,813	2,892	1,072	319	92	2		11,190
3	3,218	1,605	412	130	34	8		5,407
4	1,379	621	209	16	2	1		2,228
5	461	408	121	10	4			1,004
6	213	133	74	7	1			428
7	63	28	13					104
8	62	9		20				91
9	9	8						17
10	1							1
11	1							1
12	3	1						4
15	1							1
計	10,313	4,763	1,923	387	70	13	1	17,470

こうして抽出された定常 1,193 語，非定常 3,016 語を示差的特徴語と呼ぶ．表 1 に WordNet における特徴量の分布を示す．

なお複数の語義説明がある場合，表 1 ではそれぞれの語義説明を分解した．また同一の特徴量パタンを省いて集計し直して表2とした(全特徴量パタンが一意)．

参考までに，単語分解を経ずに語義説明文中の部分文字列として示差的特徴語をカウントしたものを表 3 とした．表 3 が示すように，単語分解を経なければ示唆的特徴語内であっても特徴量は1次元的にならない．

実際に，特徴量の多い方から疑似文例を作ってみよう．非定常 (動の特徴量) のランキング上位の単語から作った疑似文例を以下に示す．

31; X が変化; X は変化
21; X が煽動; X は煽動
21; X が震動; X は震動
20; X が切り変える; X は切り変える
20; X が扇動; X は扇動
19; X が道化; X は道化
17; X が動く; X は動く
17; X が動揺; X は動揺
17; X が合流; X は合流
17; X が合理化; X は合理化
17; X が浄化; X は浄化
15; X が変える; X は変える
15; X が漂流; X は漂流
15; X が進化; X は進化

これらの疑似文ペアは，文型 XAYB を持ち， X に任意の名詞，A にハまたはガ，文末 B に適当な文字列を追加して文例を作ることができる．上記の疑似例文では Y が「動」の示唆的特徴語であるから，久野の 4 用法からの予測として，B としてサ変動詞の活用形語尾「〜シテイル」や「〜スル」を追加することで，A＝ガのとき中立叙述として自然に解釈できるが，A＝ハのとき中立叙述として不自然であり，対比の意味を生じる．また Y が名詞とみなせるなら，B を助動詞「〜デス」「〜デアル」「〜ダ」などとしたコピュラ文は A=ハでは主題の意味に解釈できるが，B=ガでは総記の意味を生じる．

次に定常 (静の特徴量) のランキング上位から疑似文を作成する．

14; X が予定; X は予定
14; X が推定; X は推定
14; X が規定; X は規定
15; X が不安定; X は不安定
15; X が固い; X は固い
15; X が止める; X は止める
15; X が特定; X は特定
16; X が休止; X は休止
16; X が停止; X は停止
16; X が定か; X は定か
16; X が査定; X は査定
20; X が勘定; X は勘定
24; X が中止; X は中止

期待される結果としては，例えば Y が「静」の特徴量を持つコピュラ文は主題のハとして自然に解釈できるが，サ変動詞の現在形「シテイル」を B とすると，総記の意味を生じる．

言語学[4]の理論は簡潔だが完全とは言いがたい．少なくとも，単独文には先行文脈がない．また X が総称かどうかは，明らかな固有名詞の場合などを除くと，客観的に判定しにくい．実際には先行句 X の予測可能性は述部 Y を認知した時点で更新されていると考えられる．例えば Y が否定ムードの場合，非言語的文脈が明示されていなくても，対比 (や総記) の強さは影響を受けるのではないだろうか．むしろ，X の性質と文脈予測性は独立ではなく，混在した一つの特徴量と考えるべきではないだろうか (実際，前節で考察したように語尾からサ変動詞であるのかコピュラ文であるのかといった手がかりが得られる)．

参考までに，ランダム生成した例文 (145 ペア) のどちらがより自然に思えるかかを聞くアンケート実験 (https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSduWQqXlR0vx5w2ew8hj7hHaK4SfwzHPCQfQla27vCJ9dOh-g/viewform) を筆者自身で試みた結果を図 2 として示す．図 2 の縦棒は特徴量の階級ごとの度数，折れ線は，「X ハ Y」の方がより自然とした回答を 1，「X ガ Y」を選んだ回答を-1，わからないと回えた場合 0 としてハの選択傾向を数値化した．図 2 からは，前述した特徴量と文の読みのリグレットとの関係が読み取れる．

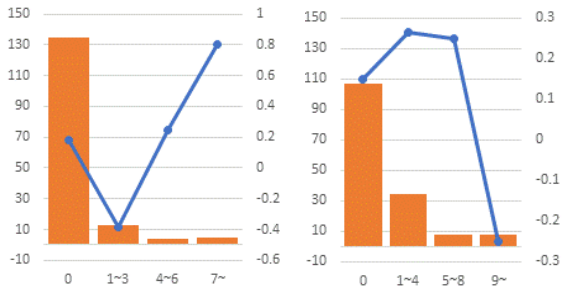


図 2　特徴量とハの選択傾向：静（左），動（右）

```
> summary(g)
Call:
glm(formula = d$ChoiceX ~ ., data = d)
Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.53045  -0.77408   0.09732   0.57671   1.37072
Coefficients:
             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.10495    0.14285  -0.735  0.46367
否定         0.73934    0.16380   4.514 1.29e-05 ***
コピュラ     0.49308    0.14700   3.354  0.00101 **
進行        -0.11081    0.23895  -0.464  0.64351
過去         0.23141    0.16969   1.364  0.17473
丁寧         0.03688    0.13690   0.269  0.78801
常用漢字    -0.07960    0.14999  -0.531  0.59643
move        -0.02069    0.02139  -0.967  0.33516
stat        -0.01217    0.03203  -0.380  0.70463
---
Signif. codes:
0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.5615974)
Null deviance: 117.019  on 156  degrees of freedom
Residual deviance:  83.116  on 148  degrees of freedom
AIC: 365.69
Number of Fisher Scoring iterations: 2
```

図 3　ハの選択傾向：R 言語の GLM を用いた．

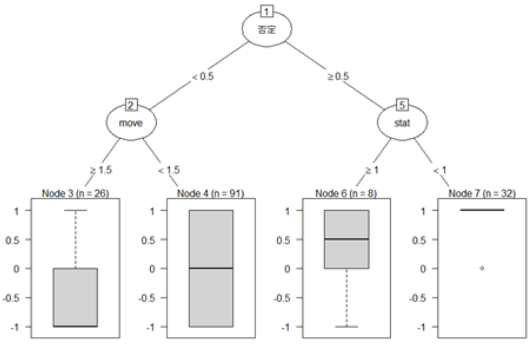


図 4　否定の効果：決定木帰納（rpart+partykit）.

他方, 図 3 に示す GLM の結果では, 述部が否定であるかどうかや, コピュラかどうかがハの選択傾向に影響し, 特徴量そのものは有意ではない. 図 4 に示す決定木では, 静の特徴量に否定による反転効果が認められる.

以上の考察から, 特徴量はハの選択傾向に関連する共変量であると考えられる. それゆえ文理解は統計的推論に似て, 単語を反復的にサンプリングして特徴量を推定し, これに基づいて解釈を切替えているように見えるのかもしれない. 仮に, 主題／対比, あるいは中立叙述／総記の異なる読みの間の選択が, 述部の特徴量に依存してある閾値で切替わっているのだとするならば, それはベイズ戦略[5]の一種である. 実際, 主題や中立叙述は失敗するリスク (リグレットを生じる) があるが, 対比や総記は助詞の位置にアクセントを置くことによって常に可能であるので, より安全な選択である. 統計的意思決定[5]における例題との類比から, もし特徴量が正規分布にしたがう確率変数であり, かつ文理解者である読み手ないし聞き手が特徴量の閾値によるベイズ戦略を採用するなら, そのミニマックス解と一致するだろう.

5.　ブロッキングシステム

前節では特徴量に依存するハとガの用法の切替わりに着目して, 統計的意思決定問題との類似を論じた. そこでは最大化プレイヤーは明示されていなかったが, 文理解が失敗するリスクを,「不自然さ」や「座りの悪さ」としてシグナルする, つまり内部的なマークドネス（有徴性）を発生させる脳の自律的なはたらきに相当しているものと推測される.

示差的特徴語はそれを語義説明内に持つ単語の集合を, 定常（静）のクラスか非定常（動）のクラスの, いずれかに区分し, 重複しない (表 1, 表 2). 言い換えれば, 示差的特徴語はお互いに自分以外のクラスをブロック (阻止) する関係にある. このような性質を持つ集合のペアを集めたものは, より一般的にブロッキングシステムと呼ばれ, ミニマックス解を帰結する興味深い性質 (ボトルネック極値) を有することが知られている[6]. そこで本節では, 文理解メカニズムを, より操作的に, 表4に示すような単語配置問題として考える.

表 4　単語の配置費用

単語	*位置 A*	*位置 B*	*位置 C*
1：雨	1	3	3
2：ガ	4	2	5
3：降ッテイル	4	3	1
4：象	1	4	3
5：ハ	5	2	4
6：ホニュウ動物	2	3	1

メカニズムの目標としては, θ_1＝「雨が降っている」または θ_2＝「象は哺乳動物である」という情報を, 各エージェントからの報告を文中位置 A, B, C に割当てることによって, 前者のケースを z_1＝「中立叙述のガ」, 後者を z_2＝「主題のハ」に対応させたい. すなわち, 目標関数は $F_\alpha(\theta_1) = \{z_1\}$, $F_\alpha(\theta_2) = \{z_2\}$ である. またこの結果関数は, それぞれ表 1 で（ABC←123）, （ABC←456）という割当案から生じる文に相当しており, 結果関数 h はエージェントから報告されるメッセージ組 m＝（1:雨, 2:ガ, 3:降ッテイル）, m’＝（4:象, 5:ハ, 6:哺乳動物デアル）を単純に文字列結合する. その配置費用の最悪値はいずれも 2 である.

われわれ認知科学者としては, メッセージ組が (雨, ハ, 降ッテイル）のとき, メカニズムが「対比のハ」, また（象, ガ, 哺乳動物デス）のときは「総記のガ」を出力させたい. F_αを拡張して, これらのパタン選択できるような目標関数 F_βとする（mとm’の逆像を θ_4 とする）.

表 1 では, しかし位置 B における助詞交換によって割当結果の費用（表 4）は変化しないから, 助詞の使い分けを説明することができないことに注意する. 絶望を実感するため, 費用をモンテカルロ実験で生成して均衡分布を確かめてみることも可能だ.

ちなみに, ボトルネック配置問題[6]では, 最小化プレイヤー (割当案 π を求める) と最大化プレイヤー (割当案を阻止する矩形領域(X,Y)を求める）が互いにその戦略を阻止し合うことによってミニマックス均衡点が見出される. すなわち, 割当を π, 費用 h(i, j), i∈{1,2,3}, j∈ {A,B,C} とすると, 以下のボトルネック定理が成立する[6].

$$\min_{\pi\in\Pi}\max_{i\in\pi} h(i,\pi(i)) = \max_{\substack{X\subseteq\{1,2,3\}\\ Y\subseteq\{A,B,C\}\\ |X|+|Y|=4}} \min_{\substack{i\in X\\ j\in Y}} h(i,j).$$

上述のミニマックス条件を満たす集合族のペアのことをブロッキングシステム[6]と言い, 本節の例では配置案の集合族と阻止矩形領域の集合族のペアである. また h は任意の実数値関数である. h は具体的に表 1 の配置費用である. また文理解モデルとしては前節で考察した特徴量を h に読み替える.

配置問題では正方配列が仮定されるため, 表 4 の 6 行に対応してダミーの 3 列を追加し, また式右辺の最大化引数を X⊆{1, …, 6}, Y⊆{A,B,C,D,E,F}, |X|+|Y|=7 に変える.

改良されたペイオフ表を表 5 として示す.

表 5　ボトルネック配置問題のペイオフ表

単語	A	B	C	E	F	G
1：雨	1	3	3	∞	∞	∞
2：ガ	4	**2**	5	∞	3	∞
3：降ッテイル	4	3	1	∞	∞	∞
4：象	2	∞	∞	1	4	3
5：ハ	∞	3	∞	5	**2**	4
6：ホニュウ動物	∞	∞	2	2	3	1

表 5 の配置問題のボトルネック解（ミニマックス均衡）は明らかに F_β を実現する．また図 5 として表 5 の配置問題のボトルネック均衡配置とその阻止矩形領域を示す．

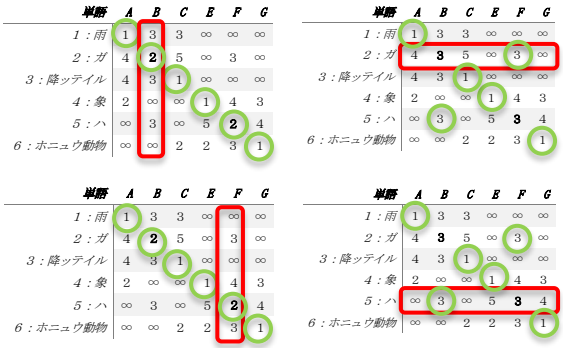


図 5　ボトルネック均衡配置とその阻止矩形領域

図 5 左側に示した上下の配置案は，文 1 中の単語位置（ABC 列）に「雨ガ降ッテイル」，文 2 中の単語位置（DEF 列）に「象ハホニュウ動物（ダ）」が選択された状態として解釈され，そのミニマックス均衡値は 2 である（この配置案を阻止する矩形領域は単独の行か列であり，かつ 2 行目，6 行目，B 列，F 列の最小値が 2 で，それ以外の行や列は最小値が 1 である）．

図 5 左上で配置案を阻止する矩形領域は B 列，図 5 左下では F 列であり，それぞれ助詞ガとハを含んでいて，その費用がボトルネック値と一致する．助詞を含む阻止矩形領域はスケルトン（ゲームフォーム）を切替えていると解釈する．

例えば，図 5 右側に示したように，表 5 の 2 行 B 列あるいは 5 行 F 列の値に 1 を課税することによって F_β が実現される．実際表 5 右の二つの図では，ABC 列で「雨ガ降ッテイル」，DEF 列で「象ガホニュウ動物」が選択されている．総記や対比の発生は，図 5 左側で阻止が実際に起きて，図 5 右側に示したように 2 行または 5 行による単一行阻止矩形領域をもつボトルネック均衡へのシフトとしてモデル化されている．図 5 右上では「象ガホニュウ動物」のみ選択可能だが，図 5 右下では選択された「雨ハ降ッテイル」に代えて，「象ハホニュウ動物」も選択可能であることに注意する．またこれらのボトルネック配置で F_β を実現する単一行の阻止矩形領域は，元のボトルネック配置で F_α を実現する代替的な阻止矩形領域でもある．すなわち，対比や総記の読み方は，意識すれば常に可能である．

6.　戦略的操作としての比喩，類推

前節の単語配置メカニズムでは，各単語エージェントからその配置費用を他のエージェントと独立に報告されていた．本節ではより一般的なメカニズムとして，ある文位置にどの単語がふさわしいかについての選好順序を各単語に申告させる．またそれによって，総記のガや対比のハを，戦略的操作可能性の観点からより直接的に説明することができることを示そう．また婉曲表現を文理解という目標の戦略的操作と解釈することは，対人的コミュニケーションの文脈においても自然に適用できる．

一般にエージェントが常に正直に報告するとは限らず，メカニズムを利用してあるエージェントが自らの真の状態を偽って伝えることで，そのエージェントにとってより好ましい結果を誘導することができるとき，その目標関数は（メカニズムを通じて）戦略的操作可能(manipulable)であると言われる．すなわち，戦略的操作可能性とは，それによって目標関数の達成が阻止されるブロッキングシステムの性質である．また戦略的操作が不可能であることを耐戦略性(strategy-proofness)とも言う．

また比喩，類推，皮肉などは，ある言語表現 S を用いることによって，S の文字通りの意味ではなく，別の表現 S’ に対応する意味を伝えることが意図される．すなわち，婉曲表現は形式的に文の意味（目標関数）が文理解メカニズムを通じて戦略的操作可能であることに等しい（付録 B 参照）．

ここで，分権的な文理解メカニズムでは，一般に独裁ではないと仮定できることに注意して頂きたい．独裁とは，ある一人のエージェントの報告がつねに目標関数の値を左右し，それ以外のエージェントの報告は無視される場合である．もし文理解メカニズムが独裁であるなら，つねに一つの単語位置だけで済むので，情報伝達は効率的である（一次元的なメッセージ空間に縮約される）が，複数の単語から文を組み立てても，一つの一の単語以外，意味を持たないから非効率である．婉曲表現が人々に受け入れられるとすると，何らかの意味でよい性質を持つからであると考えられる．それは戦略的操作可能であるという点では好ましくないが，少なくとも独裁ではない．

文献[12]にしたがって，本論文では耐戦略性と全射性（市民主権条件とも呼ばれる）の下でつねに独裁を帰結するという領域を γ 独裁的であると言う．また γ 独裁性がつねに成り立つプロフィールの集合（目標関数の領域）は γ 独裁的領域と言われる[12]．GS 定理は 3 代替案以上の無制限領域が γ 独裁領域であることと同値である．無制限領域では全射性の代わりに全会一致性を用いてもよい．積領域における γ 独裁性の必要十分条件は近年提案された（詳しくは[12]に譲る）．

γ 独裁領域では，独裁ではないと仮定すると，全射性もしくは戦略的操作可能性は両立しないため，一方が成立すると他方の違反が論理的に含意される．この二者択一的な性質ゆえに，対象とする言語現象を予測できる γ 独裁的領域を特定することで，簡潔に文理解メカニズムを設計できる．例えば総記のガは，この観点から以下のように簡潔に説明できる．

総記のガの心理過程 μ は，文中の単語ペア（ a, b ）

は a 以外の c が b と結合して目標関数 F が戦略的操作可能になることを阻止する意識を生じさせる．総記のガについては，対応するγ独裁的領域において，その戦略的操作可能性が生じるプロフィールを領域から削除することによって，全射性を諦めて耐戦略性を確保し，またそれゆえγ独裁性を維持することができる．他方，全射性を保つ限り，戦略的操作可能性が検出されるので，文理解の認知モデルにおいて，対比や総記の用法に伴う「不自然さ」や「座りの悪さ」の主観発生を説明するメカニズムとして適わしい．総記のガを予測するγ独裁的領域を付録 C に示す．

また前述のように，文理解のモデルとしては非独裁が要件と考えられるが，付録 D に説明したように，非独裁全射耐戦略性はγ独裁領域からプロフィールペアの交差的消去の手続きによって容易に実現できる．一方，対比のハは，若干パズル的である．対比のハのそれは，むしろ（a，b）以外のペアを探すことで耐戦略性が成立するかのような状況である．しかし一般にプロフィールの追加によって戦略的操作可能になることはあってもその逆はない．γ独裁的領域はプロフィール集合の包含関係にかんして単調ではない．プロフィールの追加は戦略的操作可能性が増すことはあるが，減らすことはないため，一般にγ独裁性を保たない．γ独裁的領域にかんする実験から得られる知見を付録 D にまとめておく．このγ独裁領域の性質から，対比のハの生成モデルは次のように推論できる．「X ハ Y」の形の文は，通常，当面の話題を X に集中して X 以外のことを考慮しないが，対比のハでは言外のペアを意識的に探す間，過渡的に全射性が制限された状態になる．このためγ独裁的領域の性質が損なわれて，戦略的操作を検出しにくくなり，その結果対比によって生じる違和感が軽減される．またこの対比のモデルを応用すると，戦略的話者[11]の用いる間接的発言をより簡潔に説明できる．曖昧な表現は，直接的な伝達を迂回するという点において非効率だが，相手がその意図を拒絶したときに，対比を発生させて聞き手の側で戦略的操作の意図を特定しにくくする．他方，因果推論[13]の立場では，言語の曖昧さは行為に伴う（因果的）メカニズムの切替えが一対一対応であるかのように，目的や手段の連鎖のみ意識させるという点においてむしろ効率的である．同様に，文理解メカニズムは単語プロフィールに応じてハ／ガの解釈を切替えることで，γ独裁性を微調整し，それによって言語使用者に対し文脈からの主体的な情報取得を促している．

7. まとめ

本研究は，文理解の認知モデル化への新しいアプローチとして，経済メカニズムデザイン問題と類比する試みを提案した．文を辞書データベース内の単語と残余の文字列からなるスケルトンに分解し，単語をエージェントの送信するメッセージ，スケルトンをゲームフォームに対応させて，文全体の意味を計算するメカニズムとみなした．具体的には，ハとガの切替えによって生じる意味の変化を予測するため，述部に用いる単語の示差的特徴語数（特徴量）に依存する傾向を，日本語 Wordnet のデータを活用して検証することを試みた．少数の便宜的な示差的特徴語からランダム生成した単純な例文の自然さを比較した実験手法を示した．またハとガの切替わりが特徴量に依存する傾向を生成するメカニズムを，ブロッキングシステムにおけるミニマックス均衡をモデルとして分析し，特徴量に依存してハとガの解釈の切替る戦略が単語配置問題のボトルネックに対応していると推論した．また潜在的にさまざまな婉曲表現に応用可能なより抽象化されたメカニズムにおける戦略的操作可能性から，総記と対比の発生を再解釈した．論理プログラミングによるモデル生成・自動証明で補強された経済メカニズムデザインアプローチを用いることによって，表層的な類比では不可能な，認知プロセスの深い部分まで考察しうることを具体的に示した．ただし本論文の実証データは予備的なものに留まる．また Prolog プログラミングを応用した認知的メカニズムデザインの計算化についても，単純な文形についてのハ・ガの解釈の切替わり以外の実用的応用は示されなかった．今後の課題としたい．

付録 A

Prolog のプログラムは，節(clause)の集まりである．節は述語(predicate)から成り立ち，行の終わりをピリオドで区切る Prolog の述語や節，およびプログラムの実行結果は，それ自体が真理値を返す関数のように読むことができる．述語はファンクター（述語名）と括弧内の引数の並びに分解でき，引数の数（アリティ）によって区別される．述語単独からなる節は事実(fact)と呼ばれる．ルール(rule)としての述語は，一つの述語の右側を「:-」で区切り，別の述語を並べたもので，カンマで区切られた右辺の述語は連言（AND 条件）としての意味を持つ．ルール節は，いわば論理値型の関数定義として，頭部の述語を定義する．

以下はオペレータγおよびγの逆操作λの Prolog プログラムを示す．処理系は SWI-Prolog 7.6.4 Windows 64bit を用いた．

述語「γの行先/7」は処理の終了と継続を区分する．

```
γの行先( _最後, _変数, _, L, R, A, B ):-
    ¥+ sub_atom( _最後, _, _, _, _変数 ),
    !,
    A = L,
    B = R.
γの行先( _, _変数, _代入, L, R, A, B ):-
    A = [ _変数 | L ],
    B = [ _代入 | R ].
```

γ/4 は変数と代入を与えてスケルトンを抽出するプログラムである．

```
γ( _結果, [ ], [ ], _結果 ).
γ( _文字列, [ _変数 | L ], [ _代入 | R ], _結果 ):-
    atom_concat( _変数まで, _残り, _文字列 ),
    atom_concat( _前, _変数, _変数まで ),
    atomic_list_concat( [ _前, _代入, _残り ], _新 ),
    γの行先( _残り, _変数, _代入, L, R, A, B ),
    γ( _新, A, B, _結果 ).
```

テスト 1.

```
?- _文字列 ='x は y が z',
     _変数組 =[ x, y, z ],
     _代入組 =[ 象, 鼻, 長い ],
     γ( _文字列, _変数組, _代入組, _結果 ).

_文字列 =x は y が z,
_変数組 =[x, y, z],
_代入組 =[象, 鼻, 長い],
_結果 = 象は鼻が長い .
```

テスト2.

```
?- _文字列 ='x は y が z が，w は u が z',
     _変数組 =[ x, y, z, w, u ],
     _代入組 =[ 象, 鼻, 長い, キリン, 首 ],
     γ( _文字列, _変数組, _代入組, _結果 ).

_文字列 ='x は y が z が，w は u が z',
_変数組 =[x, y, z, w, u],
_代入組 =[象, 鼻, 長い, キリン, 首],
_結果 ='象は鼻が長いが，キリンは首が長い'.
```

逆操作λは，split_string/4 と atomic_list_concat/2 を用いると簡単である．これらは SWI-Prolog の組込述語であるが，自作することもできる．

```
λ( _文字列, _スケルトン, _代入 ):-
    split_string( _スケルトン, '%', '%', _リスト ),
    atomic_list_concat( _リスト, _区切り ),
    split_string( _文字列, _区切り, _区切り, _代入 ).
```

上述の述語λ/3 は，第1引数の文字列に対して第2引数のスケルトンを適用し，第3引数として変数に代入される部分文字列を抽出する．λは文中の単語の変数化に応用できる．例として，「吾輩は猫である」のという文の名詞を変数化する．

実行例を示す.

```
?- _文字列 ='吾輩は猫である',
     _スケルトン ='%は%である',
     λ( _文字列, _スケルトン, _代入 ).

_文字列 = 吾輩は猫である,
_スケルトン ='%は%である',
_代入 =["吾輩", "猫"].
```

なお本文中の実験では，γ/4 の前処理として，word_cutter/2 による単語分解を経ている．

以下に実行例を示す.

```
?- wn( A, B, C ), %①
  word_cutter( C, D ), %②
  findall( X, member( _:X, D ), W ), %③
  findall( Y, (
     nth1( J, W, X ),
     atom_concat( '%', J, Y )
  ), V ), %④
  γ( C, W, V, S ). %⑤

A = '00001740-a',
B = 可能,
C = '何かをするのに必要な方法、技能またはノウハウまたは権利を持っている',
D = [0:何か, 3:する, 7:必要, 10:方法, 13:技能, 15:また, 18:ノウハウ, 22:また, ...|...],
W = [何か, する, 必要, 方法, 技能, また, ノウハウ, また, 権利|...],
V = ['%1', '%2', '%3', '%4', '%5', '%6', '%7', '%8', '%9'|...],
S = '%1 を%2 のに%3 な%4、%5%8 は%7%6 は%9 を%10'.
```

上の実行例では，①でまず WordNet データを wn/3 で取り出す．A は Synset 記号，B は単語，C はその語義説明である．②は word_cutter/2 で単語リスト D に分解し，③で位置指標を外す．④は単語リスト W と同じ長さのリスト V に記号%を番号付きで並べ，最後に⑤でγ/4 を用いてスケルトン S を出力している．

付録 B

婉曲表現を，文理解メカニズムを通じて文の意味（目標関数）が戦略的操作可能であることとして，形式的に以下のように記述できる．表現者の意図を θ として，文の意味はメカニズム（M，μ，h）によって，$h \circ \mu(\theta) \in Z$ として解釈される．直接メカニズムを仮定すると，$M = \Theta$ であり，文の文字通りの解釈は，$\mu(\theta) = \theta$，すなわち正直報告である（間接メカニズム $M \neq \Theta$ ではメッセージプロセス μ は伝言者のようにはたらく）．婉曲表現は，$\mu(\theta) \neq \theta$ であり，それによってメカニズムは $z = h(\theta)$ ではなく $z' = h(\theta')$，$z' \neq z$ を出力するが，報告者にとって直接に θ と表明して z として伝わるよりも，あえて θ' として表明して z' として伝わる方が，結果として望ましい．つまり $z' > z$ である．ここで “$x > y$” という記法は，x，$y \in Z$ に対して，「x は y よりも好ましい」という報告者の選好を表現する．あるいは，意図の解釈が $h \circ \mu$ の逆像 $Z^{-1}: 2^Z \to \Theta$ として定義されて，$(z')^{-1} = \theta$，$(z)^{-1} \neq \theta$ である．

付録 C

文「a ガ b」の場合，a と b に対応する 2 エージェントが，文頭「a」の位置に a，c，b のうちいずれを選ぶかを決め，残り「ガ b」を固定した目標関数を考える．単語 a エージェント a の選好は a ＞ b ＞ c，単語エージェント b は a と合意できるか，あるいは少なくとも自分自身が文頭に選ばれたくないと仮定する

[10]のプログラムを利用して，前述の条件を満たす 2 プロフィール上の戦略的操作可能な目標関数をすべて生成すると，以下のケースが唯一出力される．

```
?- pp(A), A=[ [ a, b, c ], [ a, c, b ] ], B=[ [ a, b, c ], [_,_,b] ], pp(B), A ¥= B, F=[ A - a ], manipulable( _, B - Y, F ), nl, write( A - a ), nl, write( B - Y ), fail.

[ [ a, b, c ], [ a, c, b ] ] - a
[ [ a, b, c ], [ c, a, b ] ] - b
false.
```

上の出力結果では，ハイフンの左側が 2 人のプロフ

ィール，右側がそのプロフィールに対する目標関数の値を示す. 1 行目では両者が合意して目標関数の値 a が文頭位置に置かれ，2 行目では b が選ばれる．総記のガが生じるのは b が静の特徴量を持つ場合である．それゆえゲームフォームとしての「a ガ b」は，報告 [c, a, b] を受信すると b が静の（あるいは総記を検出できる何らかの）特徴量をもつと解釈していることになる. 静の特徴量を持つ名詞が文頭に立つことは文として不自然ではない．また b は，本当の選好順序は [c, a, b] であっても [a, c, b] であるかのように装うことで，自分自身が文頭に立たされるという最悪の事態を回避することができる.

まとめると，総記は受信するはずのないメッセージを受信した際の驚きに似た，次のような反事実的条件推論に近い．「b が自分自身で静の特徴量をもつと申告することは通常考えられない. なぜならば, その場合, 虚偽報告が有利なはずであるからだ.」

付録 D

より一般的なγ独裁領域については，弱順序の積領域の場合に必要十分条件が知られている[12]. プロフィール集合レベルでの必要十分条件は未解明のようであるが，2 人 3 案の線形順序では以下の 6 プロフィールとそのエージェント位置反転であることが, [10]の提供する論理プログラムを使った実験で確かめられる.

[[a,b,c],[b,a,c]]
[[a,b,c],[c,b,a]]
[[b,c,a],[a,c,b]]
[[b,c,a],[c,b,a]]
[[c,a,b],[a,c,b]]
[[c,a,b],[b,a,c]]

この 6 プロフィールをγ環と呼ぶ．[10]への追加は https://twitter.com/oo17681304/status/1285938242735312897 に報告されている．また同じケースで Arrow の公理（独立性と全会一致性）から独裁を帰結する領域をα独裁的領域と呼ぶことにする．具体的ないくつかのケースは超アロー領域として研究されているが詳しくは省く．その一つは以下のようである.

?- m1(B), member(P, B), nl, write(P), fail.

[[a,c,b],[c,b,a]]
[[a,b,c],[c,a,b]]
[[b,a,c],[a,c,b]]
[[b,c,a],[a,b,c]]
[[c,b,a],[b,a,c]]
[[c,a,b],[b,c,a]]

これをα環と呼ぼう．α環はいわば独裁を決めるトークン（決定性）を環状に流すリング型ネットワークである. エージェント位置を交換したそれぞれα独裁，γ独裁である．無制限領域内のα，γ，α*，γ*の配置は https://twitter.com/oo17681304/status/1286808480448307201?s=09 で図示されている. [10]で示されたように, 無制限領域以外でも，α環からのプロフィール消去にかんして同値性を示すが, 一般に両者は一致せず, 関係は単純ではない．例えばα環の上位集合はすべてα独裁的（最小の超アロー領域）であるが，α環はγ独裁的ではない．またプロフィールの追加によって戦略的操作可能性が新たに発生しうるので，とうぜんながらγ環の上位集合は必ずしもγ独裁的ではない. 例外はある. 例えばγ環とα環の和集合，およびγ*環とα*環の和集合はγ独裁的かつα独裁的である．逆にγ独裁的領域から全射性を損なわずにプロフィールを削除できればγ独裁性が保たれる．非独裁全射の耐戦略的目標関数が存在する領域をγ可能領域と呼ぶ．2 人 3 代替案線形順序のアローの公理系の可能領域とγ可能領域は一致する[10]．また[10]のプログラムに適切なコードを追加して実験することで以下の事実が容易に確認できる. これらの環を無制限領域から消去するとき，単独，α∪γ，α*∪γ*だけがγ独裁性を保つ．極大γ可能領域は 4 環からの交差的消去により 108 組存在する．γ∪γ*からは最悪値合意プロフィール同士のペアを消去する.

文献

[1] Lewis, D. (1969) “Convention”, Cambridge, MA: MIT press.
[2] Hurwicz, L., (1972) “On informationally decentralized systems”, in R. Radner and C.B. McGuire (eds.) Decisions and organization, a volume in honor of Jacob Marschak, pp. 297-336.
[3] Hurwicz, L. and S. Reiter, (2006) “Designing economic mechanisms”, New York, NY: Cambridge University Press.
[4] 久野障（1973）『日本文法研究』 大修館書店.
[5] Chernoff, H. and Moses, L. (1959) “Elementary decision theory”, New York, NY: Dover Publications.
[6] Edmonds, J. and Fulkerson, D.R. (1970) “Bottleneck extrema”, Journal of Combinatorial Theory, 8(3), 299-306. Reprinted in G.B. Danzig and B.C. Eaves (eds) “Studies in optimization”, MAA studies in mathematics, Volume 10, MAA, pp.94-103, 1974.
[7] Fellbaum, C. (ed.) (1998) “WordNet”, Cambridge, MA: MIT press.
[8] Isahara, H., Bond, F., Uchimoto, K., Utiyama, M., and Kanzaki, K. (2008) Development of Japanese WordNet. In LREC-2008, Marrakech.
[9] Jimenez, S., Gonzalez, F. A., Gelbukh, A., and Duenas, G. (2019) “Word2set: WordNet-based word representation rivaling neural word embedding for lexical similarity and sentiment analysis”, IEEE Computational Intelligence Magazine, 14(2), 41-53.
[10] Indo, K. (2014). “Parallel possibility results of preference aggregation and strategy-proofness by using Prolog”, In ICAART2014, pp.243-248. DOI 10.5220/0004913302430248
[11] Lee, J. J., and Pinker, S. (2010) “Rationales for indirect speech: The theory of the strategic speaker”, Psychological Review, 117(3), 785-807.
[12] Kruger, J., and Sanver, M. R. (2018) “Which dictatorial domains are superdictatorial? A complete characterization for the Gibbard–Satterthwaite impossibility”, Mathematical Social Sciences, 94, 32-34.
[13] Pearl, J. (2002) “Reasoning withcause and effect” AI Magazine, Spring, 95-111.

カードゲームにおいて他者の行動を読む認知モデルの評価 —事例使い分けモデルは他者の行動を読むのか— Evaluation of Cognitive Models Reading the Behavior of Others in a Card Game -Does the Case-Selection Model Read the Behavior of Others?-

細川 敦司[†]，森田 純哉[†]
Atsushi Hosokawa, Junya Morita
[†]静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University

概要

日常において、他者の行動を探り合う状況は頻繁に発生する。しかし、その認知プロセスは十分に明らかになっていない。これを明らかにするには、認知プロセスを詳細に記述するモデルが必要である。本研究では、行動の探り合いが発生するカードゲームで認知アーキテクチャ ACT-R によるモデルと人間を対戦させる実験を行った。その結果、自己の行動を模倣するモデルを相手としたときに、参加者はモデルを人と感じる傾向にあった。

キーワード：人工知能、相互作用、人とコンピュータのインタフェース、ゲーム、認知モデル、ACT-R、行動の読み合い

1. はじめに

日常において、他者の行動を探り合う状況は頻繁に発生する。交差点での他者との一瞬のすれ違い、対面での会話や議論、メールや SNS (Social Networking Service) による非同期でのメッセージの送受信、評価者に向けたレポートや申請書の執筆など、おおよそ全ての社会的場面で、人は他者の行動を予測、あるいは推測する。その過程を通して、人々は他者と協力するにせよ対立するにせよ、自己の利益を最大化することを目指す。ときとして相手の行動を読みつつ、相手を出し抜くことも行われる。

しかし、他者の行動を読む認知プロセスは未だ十分に明らかになっていない。これまでにインタラクションに関連する認知科学の研究分野において、様々な理論が提唱されてきた [3, 4, 10]。植田は主体の内部に他者についての心的表象である「他者モデル」を構築することが、持続的なインタラクションに必要であると指摘した[10]。また、比較認知科学においては、再帰的に他者の心的状態を推論することが人間の高度な知能を導いたという仮説も提起されている [4]。しかし、これらの多くは理論的な仮定を述べるに止まり、現実の人間による複雑な処理を十分に記述できていない。

実際の人間による処理を明らかにするためには、認知プロセスを詳細に記述するモデルが必要である。本発表ではまず、他者の行動を読む認知プロセスをモデル化するために提案された、単純な状況において行動の探り合いが発生するカードゲームを示す。次に、単純なカードゲームに対する認知アーキテクチャ ACT-R [2]を用いたモデルとシミュレーション結果を示す。さらにその結果を受けて実施した、モデルと人間を対戦させる実験の結果を示し、構築されたモデルが他者の行動を読むといえるかどうか考察する。最後に、現状のまとめと今後の課題を述べる。

2. 関連研究

本節においては、行動の読み合いを促す課題についての関連研究、およびモデル化のフレームワークをまとめる。

2.1. ゲームを利用した行動の読み合いに関する研究

認知プロセスのモデル化を行う際には、現実の複雑な現象をそのまま捉えるよりも、対象となる処理に焦点を当てた単純化された課題を設定することが有効である。人工知能や認知科学の分野においては、特にパズルやゲームを課題とする研究がこれまでに多く行われている。対人的なインタラクションが関係するゲームとしては、人狼 [7, 9] や Hanabi [6]、ブラックジャック [1]、インディアンポーカー [8] などを扱った研究が行われている。これらのゲームの多くにおいて、行動の読み合いが行われる。しかし、上記のゲームの多くは、配布される手札などにおいて確率的な要素が関係する。これらのゲームの初期条件に関わる確率的要素は、エンターテインメントとしてのゲームには必要なものであるのかもしれない。しかし、認知プロセス

に関する仮説を検証するためのゲームとしては、検定力を確保するためのデータ数を増加させるため望ましいものではない。純粋に行動の読み合いを検討するためには、確率的要素を排除した新たなゲームを設計することが有効であると考えられる。

2.2. 認知アーキテクチャ

人間の内部に生じる心的プロセスを表現する手段として、認知モデルに関わる研究が積み重ねられている。認知モデルは人間の内部処理に関わる計算機上に実装された仮説である。計算機上で実行可能なプログラムとして記述され、人間の行動データとの対応を図ることで検証される。また、認知モデルの構築には、ときとして認知アーキテクチャと呼ばれるフレームワークが用いられる。認知モデルが個別の課題における認知処理を表現するのに対し、認知アーキテクチャは、多様な課題に共通して利用されるモジュールを体系化する。

これまでに認知アーキテクチャのひとつであるACT-R を用いた複数のインタラクションに関わるモデルが構築されている。森田らは、メッセージ付きの協調ゲームにおけるインタラクションを ACT-R を利用することでモデル化した [5]。モデルは課題における各ラウンドの経験を事例として蓄える。直面する状況に対して、過去の類似した事例を用いることで、他者の振る舞いを予測し、現在の状況における自分の行動を決定する。また、モデルには事例の利用の仕方として、自己の経験をそのまま利用するだけでなく、過去の他者の振る舞いを再現する模倣を含めた。結果として、模倣を含むモデルは協調ゲームにおける人間の振る舞いをよく再現した。

しかし、上記の森田らの研究が扱ったインタラクションの状況は、協調場面にとどまる。本研究が対象とするような行動を読み合うメカニズムを検討するためには、課題およびモデルの拡張が必要である。

3. カードゲーム

本研究では認知モデルや実験参加者に遂行させる課題として、確率的要素を排除したカードゲーム [11] を利用する。これは二人で行うゲームである。また、ブロックという単位で進行する。以下、ブロックの進め方について説明する。

3.1. ブロックの進め方

ブロックを始めるにはまず、1, 2, 3, 4, 5 が一つずつ書かれた 5 枚のカードをそれぞれ二人に配る。

1. 各プレイヤーは自分の手札から 1 枚を選び、数字を隠して場に出す。
2. その結果、より大きな数が書かれたカードを出したプレイヤーに 1 ポイントが加算される。カードに書かれた数が等しい場合はどちらにもポイントは与えられない。
3. 場に出したカードは手札からなくなる。

お互いの手札がなくなるまで (5 回)、1〜3 を繰り返し、より多くのポイントを得たプレイヤーがこのブロックの勝者となる。両者のポイント数が等しい場合は引き分けとなる。

3.2. 具体例

ブロックの進行の具体例を表 1 に示す。

表 1 では I 巡目にプレイヤーA が 5、プレイヤーB が 3 のカードを出している。この場合、プレイヤーA に 1 ポイントが加算される。場に出したカードは手札からなくなるので、2 巡目以降 A は 5、B は 3 のカードを出すことができない。さらに表 1 のⅡ巡目において、プレイヤーA と B はともに 2 のカードを出している。この場合は、どちらにもポイントは与えられない。場に出したカードは手札からなくなるので、Ⅲ巡目以降 A と B はともに 2 のカードを出すことができない。これを繰り返し、お互いの手札がなくなるまで（Ⅴ巡目まで）行う。表 1 においては、A が I 巡目、B がⅢとⅤ巡目でそれぞれ 1 ポイントずつ獲得したため、B がこのブロックの勝者となる。

表 1　ブロック結果の例

	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	計	
A	5	2	3	1	4	1	負
B	3	2	4	1	5	2	勝

このゲームにおいて各プレイヤーに配布されるカードは常に同一のものである。そのため、ポーカーやブラックジャックのように配布される手札による有利不利の要素が存在せず、純粋に他者の行動を読むことにより勝敗が決定することになる。

4. モデル

3 節に示したカードゲームを遂行する ACT-R モデルを構築した。本研究で構築したベースのモデルは、自分と他者の振る舞いを蓄積し、それらの事例をもとに自分の行動を決定する。また、森田らのモデル [5] で提案された模倣による推論を加えた。本節ではモデルの挙動を説明し、シミュレーションの結果を示す。

4.1. モデルによる推論

ACT-R のゴールモジュールと宣言的モジュールを利用する。ゴールモジュールはゲームの進行に応じて場に出された手札の情報を保持する。宣言的モジュールは過去のゲームにおいて出されたゴールモジュールの情報を蓄える。

モデルは各ブロックにおいて宣言的モジュールに蓄えられた事例に基づいて意思決定をおこなう。場に出すカードを決める方法が異なる 3 種類のモデルを作成した。

1. 【ランダム】

自分の手札からランダムに 1 枚を選ぶ。

2. 【事例そのまま】

ブロック終了時に、自分と相手がカードをどのような順序で出したかと、そのブロックにおける対戦結果を記憶する。次のブロックからは、自分が勝った事例を思い出し、それと同じようにカードを出していく。思い出せなければ自分の手札からランダムに 1 枚を選ぶ。

3. 【事例使い分け】

【事例そのまま】と同じようにブロック終了時に事例を記憶する。次のブロックからは、対戦結果を問わず事例を思い出す。自分が勝った事例を思い出したのならばそれと同じようにカードを出すことを試み、自分が負けた事例を思い出したのならばそのとき相手が出したカードを出すことを試みる。引き分けた事例を思い出した場合、事例を思い出せなかった場合、出そうとしたカードが自分の手札にない場合はいずれも手札からランダムに 1 枚を選ぶ。

このモデルは【事例そのまま】に対して、森田ら [5] による模倣を付け加えたものである。本研究においては、このように事例を使い分けることが、対人的なインタラクションにおける他者の行動を読む認知プロセスのモデル化に必要な要素だと仮定する。

表 2　シミュレーションによる勝敗表

	→	ランダム		そのまま		使い分け	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
ランダム	勝ち	309.42	13.53	308.19	14.83	309.75	12.26
	負け	308.21	14.60	307.86	13.93	308.65	13.56
	引き分け	382.37	16.44	383.95	15.41	381.60	13.96
そのまま	勝ち			519.34	496.71	236.63	48.70
	負け			478.92	496.64	536.41	91.77
	引き分け			1.74	1.66	226.96	54.73
使い分け	勝ち					291.68	13.94
	負け					290.58	15.16
	引き分け					417.74	15.57

4.2. シミュレーション

4.2.1. シミュレーション条件

4.1 のモデルのうち 2 つを 1000 ブロック続けて対戦させ、勝敗ブロック数と、それぞれのモデルが記憶した事例の種類数を集計した。なお、100 組が対戦した結果を平均した。

4.2.2. シミュレーション結果

モデル同士の対戦成績を表 2 に示す。表側のモデルによる表頭のモデルに対する 1000 回の対戦成績の平均 ($n = 100$) が示される。なお、本論文の表においては、【事例そのまま】を「そのまま」、【事例使い分け】を「使い分け」と省略して記載している。

表より、対戦したモデルのうち少なくとも一方が【ランダム】に手を決定していた場合、勝敗数はほぼ等しくなることがわかる。これは、本ゲームにおいて、相手が何らかの戦略を持っていないと行動を読むことができないためと考えられる。また、【事例そのまま】は【事例使い分け】に半数以上のブロックで負けたことがわかる。【事例使い分け】は相手の行動をまねることもできるため、模倣は相手の行動を読む手掛かりになるということが示唆される。

モデルによって獲得された事例の数を表 3 に示す。表中の m1 は表側に示されるラベルのモデルを表し、

m2 は表頭に示されるラベルのモデルを表す。表より、【事例そのまま】どうしの対戦、【事例そのまま】対【事例使い分け】の対戦、【事例使い分け】どうしの対戦の順に事例数が増加していることがわかる。【事例そのまま】は一度自分が勝つとその事例を使い続けるため、記憶した事例数が増加しにくい。反対に【事例使い分け】は対戦結果を問わず過去の事例を使うので、記憶した事例数が増加しやすいと考えられる。

上記の結果をまとめれば、設計されたゲームは、行動を読み合うモデルの行動を複雑化させることが示唆される。それに対して、ランダムな振る舞いを行うモデルにおいては、行動が複雑化せず、対戦相手によらず常に同じ結果が生成されることになる。

表 3　各対戦において獲得された事例数

		ランダム	そのまま	使い分け
ランダム	m1	0.00	0.00	0.00
	m2	0.00	122.52	897.82
そのまま	m1		4.74	73.55
	m2		4.74	73.55
使い分け	m1			897.82
	m2			897.82

5.　実験

シミュレーションの結果から、模倣を行うモデルにおいて行動の読み合いが生じることが示唆される。しかし、これらの結果から他者の行動を読み合う認知プロセスが再現されたと主張するためには、実証的なデータが必要である。本研究では、ACT-R モデルと実験参加者がコンピュータを介して対戦する実験を行い、実際の人間どうしがするような行動の読み合いが発生するかを検討する。実験において取得されるアンケート結果から、本研究で構築したモデルが他者の行動を読んでいるとみなせるかどうかを検討する。

5.1.　方法

5.1.1.　実験参加者

静岡大学情報学部において第二著者が担当する講義内で実験参加者を募集した。募集において、受講者は実験に参加することで成績が加点されることを告げられた。結果として 12 名からの応募があった。この 12 名を異なる実験の実施日に分割した。1 日目に 3 名（男性 2 名、女性 1 名）、2 日目に 2 名（ともに女性）、3 日目に 7 名（男性 4 名、女性 3 名）が参加した。どの参加者も実験前に本ゲームを行ったことはなかった。

5.1.2.　機材

実験には、4 節に示した 3 種類のモデルと実験参加者が対戦できるゲームシステムを用いた。このシステムは ACT-R 7.x において採用された RPC (Remote Procedure Call) サーバを利用することで、ユーザインタフェースとモデルのリアルタイムでの通信を実現している。ユーザインタフェースの作成には、スタンドアロン版 ACT-R 7.x に含まれる Web インタフェース（Node.js にて実装）を用いた。ゲームシステムのインタフェースを図 1 に示す。参加者は画面中のオレンジ色のカードをクリックした後に黄色の確定ボタンを押すことで場にカードを出すことができた。

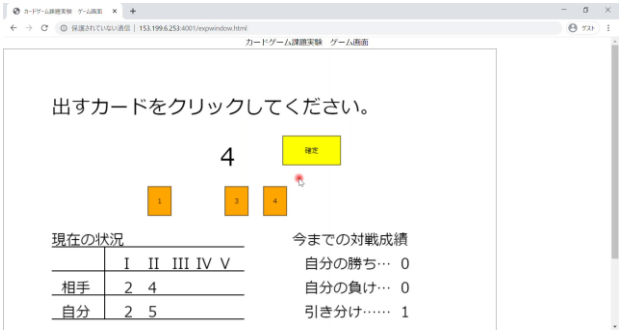


図 1　ゲーム画面の例

ACT-R モデルとユーザの対戦を実現するにあたり、カードの提出タイミングを決定する機構を実装した。ACT-R は手続き的知識や宣言的知識の実行に要する時間を見積もる機構を保持する。しかし、ACT-R による反応時間のシミュレーションは、数秒単位で完結する単純な認知プロセスを対象としたものである。本研究が扱うような他者の行動を読む活動において ACT-R による反応時間のシミュレーションを行うことは容易ではない。そこで、本研究におけるゲームシステムにおいては ACT-R による反応時間の見積もりを用いず、より簡便な方法でカード提出タイミングを決定した。

まず、本ゲームシステムは、モデルがカードを先手で出すか後手で出すかをランダムに決定する。モデルが先手となった場合、参加者によるカードの提出直後にモデルによって決定されたカードが画面に表示され

る。モデルによるカードの提出が後手となった場合、参加者によるカードの提出から「待ち時間」を経たのちに、モデルのカードが提出される。待ち時間の計算には、本ゲームシステムを用いた予備実験 (n = 4) のデータを利用した。予備実験では、参加者がカードを出すまでの時間を手巡別に集計した。その平均を表 4 に、不偏標準偏差を表 5 に示す。モデルによるカード提出が後手となった場合、表 4 の値を最短の待ち時間とし、平均を 0、表 5 の該当する値を s とするロジスティック分布から生成された値を加算することで待ち時間を求めた。

表 4　手巡別の最短時間

手巡	I	II	III	IV	V
最短[秒]	5.4695	5.7610	5.6429	5.9004	2.2242

表 5　手巡別の s 値

手巡	I	II	III	IV	V
s 値[秒]	5.4394	5.5228	5.5341	5.3204	2.6998

5.1.3. 手続き

実験において各参加者は上記のゲームシステムを介することで、3 つのモデルと対戦した (参加者内要因)。対戦する順序は全部で 6 通りあり、それぞれの対戦順序に 2 人ずつランダムに割り当てた。

実験の進行および教示は、オンライン会議システム (Zoom) を用いることで遠隔実施された。実験参加者には事前に電子メールで Zoom のミーティングへのリンクを送付した。5.1.1 にて述べた実施日ごとに、参加者は同時にミーティングにアクセスした。ミーティングルームにアクセスすると、参加者は実験者 (第一著者)

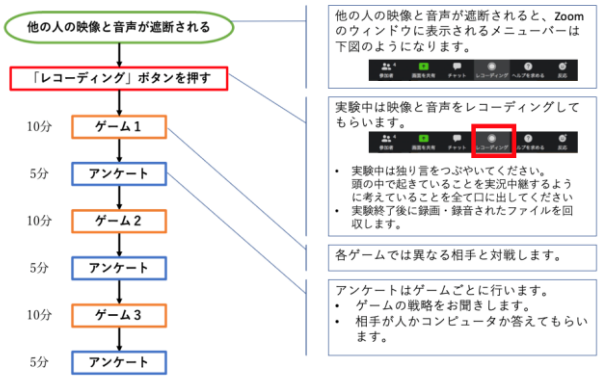


図 2　実験の流れ

だけでなく、他の参加者の名前を画面上のリストから確認できた。

予定された全参加者のアクセスが確認されたのち、実験者は実験全体の流れ、ゲームのルールとシステムの操作方法を口頭および Microsoft Word によって作成された電子ファイルによって説明した。教示に利用した電子ファイルは Zoom のチャット機能を利用することで参加者に送付された。ファイルには、図 2 に示される実験の流れの説明が含められた。実験を通してカードゲーム課題に 3 回取り組むこと、各課題の終了後にゲームについてのアンケートが設定されることが教示された。

ゲーム課題とアンケートを行っている時間は、実験者も含め他の参加者の映像と音声を遮断した。これは Zoom のブレークアウトセッションで参加者を一人ずつ異なる部屋に割り当てることによって実現した。課題中に、参加者は実験中に考えていることを全て話すように教示され、映像と音声を記録させた。また、ゲームの対戦相手は毎回変わり、人かコンピュータのどちらかになると教示した。

ゲーム課題では、それぞれの相手と約 10 分ずつ、ブロックをできるだけたくさん繰り返しプレイするよう教示した。ただし、急ぐ必要はなく、参加者自身が快適にプレイできる速さで行うように教示した。なお、ゲームプレイでは相手より多くのブロックで勝つことを目指すように教示した。

ゲーム課題後のアンケートには Google フォームを用いた。参加者は各課題後に以下の問いに対する回答を送信した。

1. どのような戦略を立ててカードを出しましたか？
2. 相手がどのカードを出すか予想した上でカードを出しましたか？
3. 相手はどのような戦略を立ててカードを出していたと思いますか？
4. 相手はあなたの行動を読んでいたと思いますか？
5. 相手は人だと思いますか、それともコンピュータだと思いますか？

上記 1 と 3 は自由記述項目であり、2, 4 においては「はい」「いいえ」「その他」、5 においては「コンピュータ」「人」の回答項目が与えられた。また、3 回目のゲーム課題の後のアンケートでは、上記に加えて次のことも尋ねた。

6. このゲームに最適解 (相手がカードをどのような順で出しても相手より多くのブロックで勝つことが

できる戦術）があると思いますか？

- あると思う場合：最適解はどのような戦術ですか？
- ないと思う場合：最適解がないと思うのはなぜですか？

参加者全員が全てのアンケートに答え終わった後にブレークアウトセッションを終了し、参加者がゲーム課題で対戦した相手は 3 回ともコンピュータだったことを明かした。Zoom ミーティングを終了した後に電子メールで参加者に教示し、ゲーム課題中の録画・録音ファイルをアップロードさせた。

5.2. 結果と考察

実験において得られたデータのうち、今回の報告では、各モデルとの対戦後に行われたアンケートに対する回答結果を示す。対戦したモデル別に、「2. 相手がどのカードを出すか予想した上でカードを出しましたか」、「4. 相手はあなたの行動を読んでいたと思いますか」、「5. 相手は人だと思いますか、それともコンピュータだと思いますか」という 3 つの質問に対する回答をクロス集計した（表 6, 7, 8）。これらについてカイ二乗検定を行ったところ、5 つめの質問においてのみ有意な回答の偏りが認められた（表 6: $\chi^2(4) = 2.35, p = 0.67$，表 7: $\chi^2(4) = 3.96, p = 0.41$，表 8: $\chi^2(2) = 13.72, p < 0.01$）.

この結果から、他のモデルと比べ【事例使い分け】は参加者に人間らしい印象を与えることが示された。表 2, 3 のシミュレーション結果に示されるように【事例使い分け】は、【ランダム】に対して一貫した戦略に基づく行動をおこない、【事例そのまま】に比べて多様な行動をとる。このように一貫しつつも複雑な行動を生成することが、参加者に人間らしさを感じさせる原因となったのかもしれない。一方で、表 7 から【事例使い分け】が他のモデルに比べて、参加者の行動を読むという印象を与えるということは確かめられなかった。この原因としては、実験参加者数の不足に起因する可能性が考えられる。

表 6　各モデルの行動を予想した人数

		回答		
		はい	いいえ	その他
モデル	ランダム	10	2	0
	事例そのまま	9	2	1
	事例使い分け	9	3	0

表 7　各モデルが行動を読んでいたと思った人数

		回答		
		はい	いいえ	その他
モデル	ランダム	7	5	0
	事例そのまま	4	7	1
	事例使い分け	8	3	1

表 8　各モデルを人だと思った人数

		回答	
		コンピュータ	人
モデル	ランダム	5	7
	事例そのまま	10	2
	事例使い分け	1	11

6. まとめ

本研究では、行動の探り合いが発生するカードゲームで ACT-R モデルと人間を対戦させる実験を実施した。この検討により、対戦相手が人かコンピュータかわからない状況では、【ランダム】モデルや【事例そのまま】モデルよりも、【事例使い分け】モデルは、対戦した参加者から人間だと思われやすいことが明らかになった。今後は、実際の人間が立てる戦略の分析などによって、行動を探り合うための認知プロセスを検討する必要がある。そのうえで、行動の読み合いに関わる認知プロセスを認知モデルによってより詳細に記述する方法を検討する。

文献

[1] ACT-R Tutorial Unit 5 [Computer software manual]

[2] J. R. Anderson, (2007) How Can the Human Mind Occur in the Physical Universe?, Oxford University Press.

[3] 安西 祐一郎, (2017) “情報共有によるインタラクションの理論”, 認知科学, Vol. 24, No. 2, pp. 234-260.

[4] Richard W Byrne, (1995) The Thinking Ape: Evolutionary Origins of Intelligence, Oxford University Press.

[5] 森田 純哉, 金野 武司, 奥田 次郎, 鮫島 和行, 李 冠宏, 藤原 正幸, 橋本 敬, (2018) “協調的コミュニケーションを成立させる認知的要因”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 20, No. 4, pp. 435-446.

[6] 大澤 博隆, (2015) “協力ゲーム Hanabi におけるエージェント間の協調行動の分析”, 人工知能学会全国大会論文集, JSAI2015 巻, 第 29 回全国大会, セッション ID 1F2-3, p. 1F23.

[7] 大澤 博隆, 鳥海 不二夫, 片上 大輔, 篠田 孝祐, 稲葉 通将, (2014) “人狼ゲームのプロトコル設計：推理と説得のプロトコル”, FAN2014.

[8] 大本 義正, 植田 一博, 大野 健彦, 小松 孝徳, (2006) “複数の非言語情報を利用した嘘の読み取りとその自動化”,

ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 8, No. 4, pp. 555-564.
[9] 汪 博豪, 大澤 博隆, 佐藤 健, (2017) “進化シミュレーションを用いた 3 人人狼の戦略分析”, HAI シンポジウム 2017, p. 48.
[10] 植田 一博, (2017) “『認知的インタラクションデザイン学』の展望 : 時間的な要素を組み込んだインタラクション・モデルの構築を目指して”, 認知科学, Vol. 24, No. 2, pp. 220-233.
[11] 細川 敦司, 森田 純哉, (2020) “行動の読み合いをモデル化するためのカードゲームの開発”, HAI シンポジウム 2020, p. 7.

数値と意味がアンカリング効果に与える影響
The influence of numbers and semantics on anchoring effects

大貫祐大郎[1,2]・本田秀仁[3]・植田一博[1]

Yutaro Onuki・Hidehito Honda・Kazuhiro Ueda

[1]東京大学, [2]日本学術振興会 特別研究員, [3]追手門学院大学
The University of Tokyo, Japan Society for the Promotion of Science (JSPS), Otemon Gakuin University.
onuki-yutaro32@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

The anchoring effect is a phenomenon in which a prior presentation of a number can change a subsequent numerical estimation. Previous studies have discussed whether anchoring effects occur by a numerical priming or a semantic priming. However, no study has examined whether anchoring effects occur by only the presentation of numbers or the presentation of words that induces the semantic priming without using numbers. In previous studies, it was thought that the anchoring effect would occur by the presentation of numbers or the presentation of words that induces the semantic priming alone, but our study found that the anchoring effect did not occur with only one of them. From the results of our study, it was revealed that the occurrence of the anchoring effect needs to present both factors. The results of this study suggest that to combine the two models is important to elucidate the generation mechanism of anchoring effect.

Keywords — Anchoring effect, Selective Accessibility, Numerical Priming, Scale Distortion Theory

1. アンカリング効果に関して

提示された数値情報が後続の数量推定に影響を与える認知バイアスはアンカリング効果として知られている (Tversky & Kahneman, 1974). Tversky and Kahneman (1974)の実験では. “65”か“10”で止まるように操作したルーレットを使用して, 実験参加者にルーレットで止まった値 (アンカー) と国連に占めるアフリカ諸国の割合 (推定対象) のどちらが大きい, あるいは小さいと思うかを比較させた後, 推定対象の具体的な割合を推定させた. その結果, アンカーの値が“65”であった場合の推定の中央値は 45%が観測され, “10”であった場合の推定の中央値は 25%が観測された. このように, アンカリング効果とは, 推定には無関係であるはずのアンカーが, 後続の数量推定に影響を及ぼすことを意味する (Tversky & Kahneman, 1974). アンカリング効果は日常的にも見られ, 非合理的な行動を引き起こす頑健な効果として知られている (Mussweiler, Englich, & Strack, 2004). また, 専門家のような高度な知識を有した人間でもアンカリング効果の影響を受けてしまう (Northcraft & Neal, 1987). 例えば, 裁判官が裁判の量刑判断をする際にも上記の現象が影響を及ぼす (Englich & Mussweiler, 2001). そのため, どのような刺激がアンカリング効果を誘発するのかを知ることは, 日常生活にも大きく影響を与えると予想される.

人間の思考方法には, 意識的かつ内省的な判断を実施するシステム 2 と, 無意識的かつ直感的な判断を遂行するシステム 1 の 2 種類が存在すると二重過程理論では考えている (Kahneman & Frederick, 2002, 2005). そして, アンカリング効果の発生メカニズムは, 二重過程理論で示された 2 つの思考過程によって変化すると考えられている (Kahneman, 2011). 意識的かつ内省的な判断を実施するシステム 2 の下では, 係留と調整プロセスによってアンカリング効果が発生する (Kahneman, 2011). 係留と調整プロセスとは, 人はある値を推定する際に, 与えられた数値情報を手掛かり(アンカー)として利用し, 推定値を調整するが, その調整が不十分なため, 推定値をアンカーに近い値で回答してしまうプロセスである (Tversky & Kahneman, 1974). 一方で, 無意識的かつ直感的な判断を実施するシステム 1 の下では, プライミングによってアンカリングが発生すると考えられている (Kahneman, 2011). 特に, 数値プライミング (Jacowitz & Kahneman, 1995; Wilson et al., 1996; Wong & Kwong, 2000)と意味プライミング (Strack & Mussweiler, 1997; Mussweiler & Strack, 1999a, b, 2001; Mussweiler, Strack, & Pfeier, 2000)による説明が代表的である。例えば, “7300m”と“7.3km”は意

味的には等価であるが, 使用されている数値は異なる. Wong and Kwong, (2000) の研究では, 上記の刺激をアンカーとして使用した後, 香港の啓徳空港の長さを予想させた場合, “7300m”の方が“7.3km”よりも大きな値を誘発することを確認した. そのため, アンカリング効果は数値プライミングによって発生すると示唆された. 一方で, “横幅 150m”と“高さ 150m”は同じ数値を使用しているが, 異なる意味を示している. Strack and Mussweiler (1997)の研究では, 上記のアンカーを使用した後にブランデンブルグ門の高さを推定させた場合, “高さ 150m”のみが有意に推定に影響することを確認した. このことから, アンカリング効果は意味プライミングによって発生すると主張される. Strack and Mussweiler (1997)の研究では, 刺激と推定対象の次元が同じ時に, プライミングを誘発する意味的な活性が生じると考えられている. 例えば, “ブランデンブルグ門の高さ”を推定させる場合, 同じ次元の刺激は“高さ”であり, “横幅”は異なる次元であると定義される. そのため前述の意味プライミングの理論に従うと, アンカリング効果を発生させるには, 刺激と推定対象の次元を合わせた上で, “大きい”や“小さい”などの感覚を実験参加者から導く必要がある. システム 1 思考下でのアンカリング効果の発生メカニズムは, 数値プライミングなのか, あるいは意味プライミングなのかは未だに結論が出ていない. 先行研究では, アンカリング効果を発生させる際に, “7300m”や“高さ 150m”というように, 数値プライミングと意味プライミングの両方を誘発する刺激を使用している. つまり, “7300m”では, “長い距離”という意味と“7300”という数値の 2 つの刺激が両立しており, “高さ 150m”では, “垂直方向に長い”という意味と“150”という数値の 2 つの刺激が両立している. そのため, 実際に数値のみを提示した場合や, 意味的な活性化を誘発する単語のみを使用した刺激がアンカリング効果を誘発するのかどうかは検証されていない. 本研究では, 上記のプライム刺激のみでアンカリング効果が実際に発生するのかどうかを確認した.

2. 実験 1

実験 1 では, 数値のみを提示した場合にアンカリング効果が発生するのかどうかを検討した. 先行研究では, 提示した刺激と推定対象のどちらが大きいあるいは小さいのかを比較させた後に, ターゲットの値を推定させる実験手続きが主流である. 一方で, 数値と推定対象を比較させることで, 数値刺激に単位などが付与される可能性がある. 例えば, “150”と”日本人の平均体重”を比較させた場合, 実験参加者が“150kg”と自主的に単位を付随させて“日本人の平均体重”と比較する可能性がある. そのため, 比較タスクを使用した場合, 数値だけを刺激として利用できていたのかどうかを担保するのが困難になってしまう. 実際に, Tversky and Kahneman (1974)の実験でも数値のみを提示し, 数値と推定対象を比較させた後に推定をさせることでアンカリング効果の発生を確認している. また, 推定とは無関係であるはずの社会保障番号の数値が, 商品を購買したい価格に影響を与えることを確認した研究 (Ariely, Loewenstein, & Prelec, 2003, 2006) においても, 社会保障番号の数値と商品の価格を比較させた後, 商品を購買したい価格を推定させている. そのような理由から, 実験 1 では従来の研究で多用されてきた比較タスクを使用せずに実験を実施した.

2.1. 実験参加者

実験参加者 (n = 59, M_{age} = 47.23, SD_{age} = 11.11, *Women* = 32, *Men* = 27), は Rakuten Insight (https://insight.rakuten.co.jp)で募集し, 実験は Qualtrics で遂行した (http://www.qualtrics.com). 実験参加者数を設定するため, G*Power (Version 3.1.9.3) (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) で検出力検定を実施した. アンカリング効果のメタ分析では, アンカリングの効果量は r = 0.30 よりも低いものは報告されていない (Guthrie & Orr, 2006). そのため, G*Power を利用する際に, r = 0.30 で検出力検定を実施した (r = 0.30 は, Effect Size Converter [http://escal.site]を使用し, 等価である効果量 d = 0.629 に変換して利用した). また, 今回の研究では, 大きい数値を見せる方が小さい数値を見せるよりも大きな推定値が得られると予想しているため, 片側検定で検出力検定を実施した. その結果, 1 つの群で 32 名前後の実験参加者が必要と算出された (Detection power = 80%, α = .05). そのため, 今回の研究では 32 名前後の実験参加者を募集した. 実験 1 では, 推定させるターゲットの値を実験前に知っていた 1 名の参加者は分析から除いた. 以下の全ての実験で, 募集方法 (Rakuten Insight), 実験遂行方法 (Qualtrics), 実験参加者数に関する検定は同一の方法を実施した.

2.2. 実験課題・刺激・手続き

多くの日本人が正解を知らないと考えられる”チェ

コ人の平均体重”を推定対象に設定した．実験刺激は，“150”，“25”の 2 種類を使用し，2 群で実験を実施した．

“150”，“25”の中から 1 種類をランダムに実験参加者に提示し，“何と書かれていると思うのかを回答してください”と質問した．その後，“チェコ人の平均体重はどのくらいだと思いますか？”と質問し，数値を回答させた．

2.3. 結果

実験 1 の結果を図 1 に示す．2 群間で Wilcoxon rank-sum test を実施した結果，“150” ($Median_{kg}$ = 68, SD_{kg} = 10.53)と“25” ($Median_{kg}$ = 65, SD_{kg} = 7.49)を刺激に使用した2群間で有意な差が見られなかった (p = .26, z = .14, r = .14).

2.4. 考察

実験1の結果から，数値のみを提示した刺激ではアンカリング効果を誘発しないことが示唆された．一方で，実験1では従来使用されてきた手法とは異なる方法で実験を実施した．そのため，実験手法に問題が存在するために，実験1ではアンカリング効果が観測されなかった可能性がある．

3. 実験 2

実験2 では，実験1 と同じ実験手法を使用し，実験1 とは異なる刺激を使用した場合にアンカリング効果が観測されるのかどうかを確認した．特に，数値と単位を同時に提示した場合にアンカリング効果が発生するのかどうかを検討した．比較タスクを使用していない先行研究では，象の重さを推定させた後にキリンの重さを推定させると，キリンの重さに関する推定に影響を与えることが確認されている (Harris & Speekenbrink, 2016)．上記の方法では，“数値”に“単位”を付随させる以外にも”動物の体重”という刺激の種類を限定させているが，“単位”の存在だけでもアンカリング効果に有意に影響を与えると予想し，実験 2 では“数値”に“単位”のみを刺激に付随させて実験を実施した．

3.1. 実験参加者

62 名が実験に参加した (M_{age} = 46.96, SD_{age} = 10.69, $Women$ = 41, Men = 21).

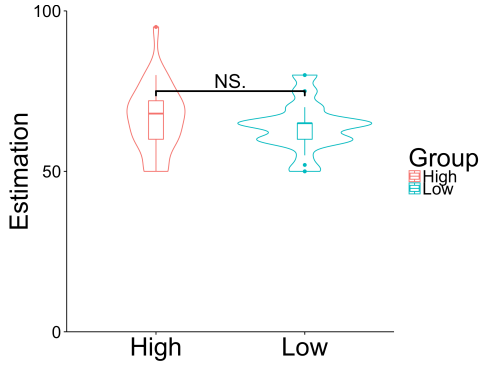


図 1 チェコ人の平均体重を推定した値をバイオリンプロットした図．縦軸の単位は kg を示している．*NS* p > .05

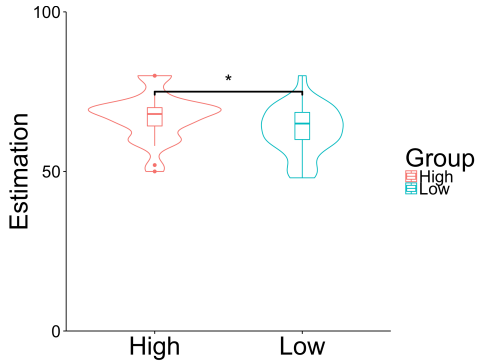


図 2 チェコ人の平均体重を推定した値をバイオリンプロットした図．縦軸の単位は kg を示している.* p < .05

3.2. 実験課題・刺激・手続き

実験 2 では，実験 1 と同一の実験課題，実験手続きを使用した．一方で，実験2では“数値”に“単位”を加えた“150kg”，“25kg”を刺激に使用した．

3.3. 結果

実験の結果を図2に示す．“150kg” ($Median_{kg}$ = 68, SD_{kg} = 7.20)と“25kg” ($Median_{kg}$ = 65, SD_{kg} = 7.52)を刺激に使用した2群間で有意な差が見られた (p = .03, z = .28, r = .27).

3.4. 考察

実験2の結果から，比較タスクを使用しない実験手続きの場合でも，アンカリング効果は発生することが確認された．また，実験1，2の結果から，“単位”の有無

がアンカリング効果の発生に影響を与えていることが明らかになった.

4. 実験 3

実験 1 では, 数値のみを提示した場合にアンカリング効果は発生しないことが明らかになった. 実験 3 では意味プライミングでアンカリング効果が発生するのかどうかを確認した. 特に, 数値を刺激として使用せずに, 意味的な活性化を誘発する単語のみを刺激として使用した際にアンカリング効果が発生するのかどうかを検討した.

4.1. 実験参加者

56 名が実験に参加した (M_{age} = 44.51, SD_{age} = 11.38, *Women* = 34, *Men* = 22). 推定させるターゲットの値を実験前に知っていた 2 名の参加者は分析から除いた.

4.2. 実験課題・刺激・手続き

実験 3 では“とても重い体重”, “とても軽い体重”を刺激として使用した. 実験参加者は上記の刺激と“チェコ人の平均体重”のどちらが重い, あるいは軽いと思うのかを予想した後, “チェコ人の平均体重”は何 kg なのかを予想した.

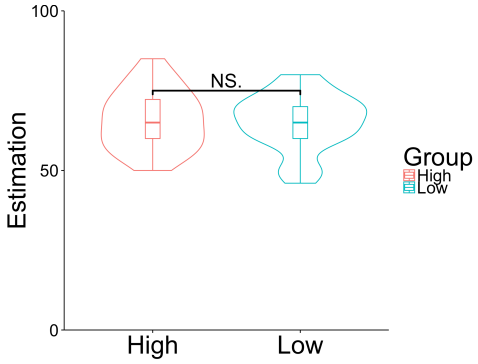


図 3 チェコ人の平均体重を推定した値をバイオリンプロットした図. 縦軸の単位は kg を示している. *NS* $p > .05$

4.3. 結果

実験の結果を図3に示す. “とても重い体重”, ($Median_{kg}$ = 65, SD_{kg} = 9.13)と “とても軽い体重”(M_{kg} = 65, SD_{kg} = 8.87)を刺激に使用した2群間で有意な差が見られなかった ($p = .99, z = .04, r = .04$).

4.4. 考察

実験3の結果から, 数値を刺激として使用せずに, 意味的な活性化を誘発する単語のみを刺激として使用した際にアンカリング効果は発生しないことが確認された.

5. 実験 4

実験1, 3 の結果から, 数値のみを提示したアンカー, あるいは意味活性を誘発する単語のみをアンカーにした場合のいずれにおいてもアンカリング効果は発生しないことが確認された. これらの結果は, 先行研究で得られていた知見と反するものである. 先行研究では, 数値プライミング (Jacowitz & Kahneman, 1995; Wilson et al., 1996; Wong & Kwong, 2000)も意味プライミング (Strack & Mussweiler, 1997; Mussweiler & Strack, 1999a, b, 2001; Mussweiler, Strack, & Pfeier, 2000)もアンカリング効果に影響を与えると示唆されている. 本研究と従来の研究で得られた知見から, アンカリング効果の発生には数値と意味活性の両方が必要なのではないかと仮説を導いた. そこで, 数値と意味活性の両方を提示することが, どのような影響をアンカリング効果に与えるのかどうかを確認した.

5.1. 実験参加者

231 名が実験に参加した (M_{age} = 45.72, SD_{age} = 9.73, *Women* = 98, *Men* = 133). 推定させるターゲットの値を実験前に知っていた 1 名の参加者は分析から除いた.

5.2. 実験課題・刺激・手続き

実験4 では, “150”, “25”, “とても重い体重”, “とても軽い体重”, “とても重い体重 150kg”, “とても軽い体重25kg”を提示する 6 群に加えて, アンカーを使用しないコントロール群の合計 7 群を使用した. “150”, “25”を刺激として使用した場合には実験 1, “とても重い体重”, “とても軽い体重”, “とても重い体重 150kg”, “とても軽い体重 25kg”を使用した場合には実験 3 と同じ

手続きで実験した．コントロール群では，アンカーを使用せずに“チェコ人の平均体重”は何 kg だと思うのかを推定させた．実験 4 では，“提示した刺激を推定の参考にしたのかどうか”を 0-101 段階で回答させた．また，“とても重い体重”と”とても軽い体重”を使用した際に，意味的な活性化を誘発できているのかどうかを確認するため，上記の 2 種類をアンカーに使用した際に，“提示した刺激に対して，重いと感じたか，軽いと感じたか”を 0-101 段階で回答させた．

5.3. 結果

“とても重い体重”と“とても軽い体重”の2種類をアンカーに使用した際に，“提示した刺激に対して，重いと感じたか，軽いと感じたか”を 0-101 段階で回答させた結果を 2 群間で比較した．その結果，“とても重い体重”，($Median_{kg}$ = 62, SD_{kg} = 16.71)と “とても軽い体重” (M_{kg} = 43.5, SD_{kg} = 18.84)を刺激に使用した 2 群間で有意な差が見られた ($p < .001, z = .6, r = .53$).

“150”，“とても重い体重”，“とても重い体重 150kg”を示した群と，コントロール群の 4 群で分散分析をした結果 (図 4)，数値の有無 ($F = 10.37, p < .01$)，意味活性を誘発する単語の有無 ($F = 18.16, p < .001$)，それらの交互作用 ($F = 16.30, p < .001$)において有意な差が見られた．また，“25”，“とても軽い体重”，“とても軽い体重25kg”を示した群と，コントロール群の4群で分散分析をした結果 (図 5)，数値の有無 ($F = 10.55, p < .01$)，意味活性を誘発する単語の有無 ($F = 7.46, p < .01$)，それらの交互作用 ($F = 7.62, p < .01$)において有意な差が見られた．これらの主効果は，有意な交互作用によって限定されることに注意されたい．上記の結果に対して，Bonferroni 調整を使用した多重比較の結果を表 1, 2 に示す．Bonferroni 法で調整し，全ての群で多重比較を実施した結果を表 3 に示す．また，“チェコ人の平均体重”の推定と“提示した刺激を推定の参考にしたのかどうか”の間に有意な相関は確認されなかった ($R^2 = 0.02$, $p = .73$)．上記の相関分析では，刺激を提示していないコントロール群は分析から除外した．

5.4. 考察

実験の結果から，数値の提示と意味的な活性化を誘発する単語の提示の交互作用によってアンカリング効果が発生することが確認された．

また，“とても重い体重”と “とても軽い体重”を刺激に使用した2群間で，刺激に対して感じる重さに有意な差が見られた．その結果から，“とても重い体重”と“とても軽い体重”を刺激に使用した際に，意味的な活性化を誘発していたことが示唆された．

さらに，“チェコ人の平均体重”の推定と“提示した刺激を推定の参考にしたのかどうか”の間に相関関係が確認されなかったことから，今回の実験パラダイムでは，刺激を意識的に利用することでアンカリング効果が発生しているわけではないことが示唆された．そのため，今回の実験では，意識的かつ内省的な判断を実施するシステム2の下で利用される係留と調整プロセス (Kahneman, 2011)とは異なるプロセスでアンカリング効果が発生したと示唆された．また先行研究で提唱されている会話推論仮説 (Northcraft & Neale, 1987) とも一貫しない結果が得られた．会話推論仮説 (Northcraft & Neale, 1987)とは，実験者から提示された刺激は推定に有益な情報だと実験参加者が捉えることがあり (Grice, 1975)，上記の理由でアンカリング効果が発生すると考える仮説 (Northcraft & Neale, 1987)である．

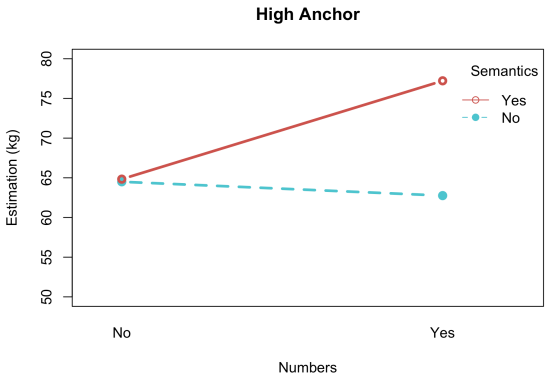


図 4 “150”，“とても重い体重”，“とても重い体重 150kg”を示した群と，コントロール群の 4 群で分散分析をした結果を示した図．Numbers は数値を刺激に使用したかどうか．Semantics は意味的な活性化を誘発する単語を使用したかどうかを表している．

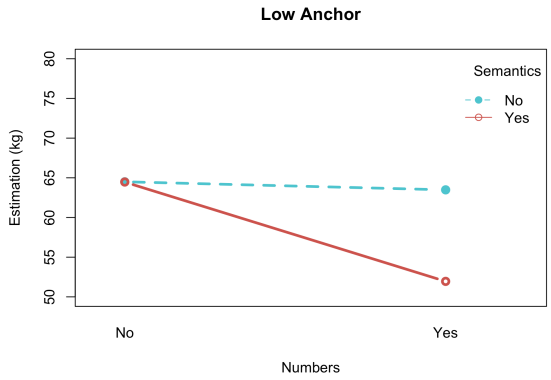


図 5 “25”, “とても軽い体重”, “とても軽い体重 25kg”を示した群と，コントロール群の 4 群で分散分析をした結果を示した図. Numbers は数値を刺激に使用したかどうか. Semantics は意味的な活性化を誘発する単語を使用したかどうかを表している.

表 1

“150”, “とても重い体重”, “とても重い体重 150kg”を示した群と，コントロール群の 4 群で多重比較を実施した結果を示した表. “Control”はコントロール群, “Num”は“150”, “Sem”は“とても重い体重”, “NumSem”は“とても重い体重 150kg”を表している.

	Control	Num	NumSem
Num	$p = 1$		
NumSem	$\mathbf{p < .001}$	$\mathbf{p < .001}$	
Sem	$p = 1$	$p = 1$	$\mathbf{p < .001}$

表 2

“25”, “とても軽い体重”, “とても軽い体重 25kg”を示した群と，コントロール群の 4 群で多重比較を実施した結果を示した表. “Control”はコントロール群, “Num”は“25”, “Sem”は“とても軽い体重”, “NumSem”は“とても軽い体重 25kg”を表している.

	Control	Num	NumSem
Num	$p = 1$		
NumSem	$\mathbf{p < .001}$	$\mathbf{p < .01}$	
Sem	$p = 1$	$p = 1$	$\mathbf{p < .001}$

表 3

全ての群で多重比較を実施した結果を示した表. “C”はコントロール群, “NH”は“150”, “SH”は“とても重い体重”, “NSH”は“とても重い体重150kg”, “NL”は“25”, “SL”は“とても軽い体重”, “NSL”は“とても軽い体重25kg”を表している. 表の中の値は p 値を示している.

	C	NH	NL	NSH	NSL	SH
NH	1					
NL	1	1				
NSH	**< .001**	**< .001**	**< .001**			
NSL	**< .001**	**< .01**	**< .01**	**< .001**		
SH	1	1	1	**< .001**	**< .001**	
SL	1	1	1	**< .001**	**< .001**	1

6. 総合討論

従来の研究では，システム1思考下において，数値プライミングか意味プライミングのどちらか一方でアンカリング効果が発生すると考えられていた. 本研究の結果は，上記の要因の両方がアンカリング効果の発生に必要なことを明らかにした. 今回得られた知見は，アンカリング効果の定義と発生方法を再考させると考えられる.

アンカリングの効果の発生メカニズムは，様々な理論が展開されている (Mussweiler, Englich, & Strack, 2004). 特に代表的なのが，係留と調整プロセスや数値プライミング (Jacowitz & Kahneman, 1995; Wilson et al., 1996; Wong & Kwong, 2000)と意味プライミング (Strack & Mussweiler, 1997; Mussweiler & Strack, 1999a, b, 2001; Mussweiler, Strack, & Pfeier, 2000)である. その他にも，5.4. の考察で触れた会話推論仮説 (Northcraft & Neale, 1987)や，尺度歪み理論 (Frederick & Mochon, 2012)が存在する. 尺度歪み理論 (Frederick & Mochon, 2012)とは，アンカーが与えられた場合，実験参加者は推定対象に関する大小の感じ方は変化しないが，実験参加者が持つ推定対象への尺度が変化することによってアンカリング効果が発生すると考えている. 例えば，アライグマの体重をポンドで推定させた後にキリンの体重もポンドで推定させた場合，前者が後者に影響を与える.

一方で, アライグマの体重を7段階評価で推定させた後にキリンの体重もポンドで推定させた場合, 前者は後者に影響を与えない (Frederick & Mochon, 2012). この実験では, 両方の群でアライグマの体重を刺激として使用しているため, 意味プライミング (Strack & Mussweiler, 1997; Mussweiler & Strack, 1999a, b, 2001; Mussweiler, Strack, & Pfeier, 2000)だけがアンカリング効果の発生要因の場合は, どちらの群でもアンカリング効果は発生すると予想される. そのため, Frederick and Mochon (2012)の研究では, 軽い体重 (アライグマの体重)を刺激として使用されることがキリンの体重を軽く感じさせるのではなく, ポンドという同じ尺度を持つ刺激が実験参加者の動物の体重に関する尺度を歪めることによって推定変化が発生すると考える. 今回の研究結果は, 尺度歪み理論 (Frederick & Mochon, 2012)とも一貫する結果が得られている. 例えば, 尺度歪み理論 (Frederick & Mochon, 2012)では, 動物の体重に関する尺度は定規のようなものだと考えている. そのため, 定規には“数値”だけでなく, どのような尺度を示しているのかの“単位”や“動物の体重”という“意味的な情報”が重要となる. 実験1, 2, 3, 4では, “数値”に加えて“意味的な情報”がアンカリング効果の発生に必要不可欠であることを確認した. この知見は, アンカリング効果の発生が単純な数値プライミング (Jacowitz & Kahneman, 1995; Wilson et al., 1996; Wong & Kwong, 2000)と意味プライミング (Strack & Mussweiler, 1997; Mussweiler & Strack, 1999a, b, 2001; Mussweiler, Strack, & Pfeier, 2000)では説明できない一方で, 尺度歪み理論 (Frederick & Mochon, 2012)では説明できる点と相違がない. つまり, “数値”と“意味的な情報”を有している尺度を変化させるためには, “数値”と“意味的な情報”を両方使用したプライミング刺激が必要だと考えられる. これからの研究では, “数値”と“意味的な情報”を両方使用したプライミング刺激がアンカリング効果の発生に必要であると明らかにした本研究結果と, 刺激が推定者の尺度を歪めることによって推定変化が発生すると考える尺度歪み理論との関連を明らかにしていくことで, 既存の理論を一層発展させることが期待される.

今回の研究は, アンカリング効果の発生メカニズムは単純な数値プライミング (Jacowitz & Kahneman, 1995; Wilson et al., 1996; Wong & Kwong, 2000)と意味プライミング (Strack & Mussweiler, 1997; Mussweiler & Strack, 1999a, b, 2001; Mussweiler, Strack, & Pfeier, 2000)だけでは説明できないことを示した. “数値”だけの提示, あるいは“意味的な活性を誘発する単語”だけの提示だけではアンカリング効果が発生しないと示唆する実験1, 3に関する本研究の結果は, 有意差を確認していないネガティヴなデータであるとも考えられる. 研究に関する発表をする際に, 出版バイアスが影響を与えることが知られている. 例えば, 有意な差が確認されたポジティブなデータは, 有意な差が確認できなかったネガティヴなデータよりも多く出版される (Dwan et al, 2008). また,ポジティブなデータはネガティヴなデータよりもインパクトファクターが高い論文誌に掲載されやすい (Littner, Mimouni, Dollberg, & Mandel, 2005). 従来の研究では, アンカリングは効果量の大きい頑健な効果であるとして考えられており, 有意差が見られなかった論文は掲載されていない (Guthrie & Orr, 2006). そのため, アンカリング効果の研究においても, ネガティヴなデータは発表されにくいことが予想される. 本研究のようなネガティヴなデータを伝えることは, 新たな知見の獲得やより深いアンカリング効果の発生メカニズム考察に繋がると考える.

参考文献

Ariely, D., Loewenstein, G., & Prelec, D. (2003). “Coherent arbitrariness”: Stable demand curves without stable preferences. *Quarterly Journal of Economics,* ***118***, 73–105. https://doi.org/doi: 10.1162/00335530360535153

Ariely, D., Loewenstein, G., & Prelec, D. (2006). Tom Sawyer and the construction of value. *Journal of Economic Behavior and Organization,* ***60***, 1–10. https://doi.org/doi: 10.2139/ssrn.774970

Dwan, K, Altman, D. G, Arnaiz, J. A, Bloom, J, Chan, A. W, Cronin, E, et al. Systematic review of the empirical evidence of study publication bias and outcome reporting bias. *PLoS One,* ***3***,

e3081. https://doi.org/ 10.1371/journal.pone.0003081

Englich, B., & Mussweiler, T. (2001). Sentencing under uncertainty: Anchoring effects in the courtroom. *Journal of Applied Social Psychology*. ***31***. 1535–1551. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2001.tb02687.x

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, AG., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods* ***39***, 175–191. http://doi.org/0.3758/BF03193146

Frederick, S. W., & Mochon, D. (2012). A scale distortion theory of anchoring. *Journal of Experimental Psychology: General*, ***141***, 124–133. http://doi.org/10.1037/a0024006

Grice, H. P. (1975). Logic and conversation. In P. Cole & J. L. Morgan (Eds.) *Syntax and semantics. Vol. 3: Speech arts*, New York: Academic. pp. 41–58.

Guthrie, C., & Orr, D. (2006). Anchoring, Information, Expertise, and Negotiation: New Insights from Meta-Analysis, *21 Ohio State Journal on Dispute Resolution*. 597–628. https://scholarship.law.vanderbilt.edu/faculty-publications/826

Harris, A. J. L., & Speekenbrink, M. (2016). Semantic cross-scale numerical anchoring. *Judgment and Decision Making,* ***11***, 572–581. Retrieved from http://journal.sjdm.org/16/16609/jdm16609.pdf (May 3, 2020)

Jacowitz, K.R., & Kahneman, D. (1995). Measures of anchoring in estimation tasks. *Personality and Social Psychology Bulletin,* ***21***, 1161–1166. http://doi.org/10.1177/01461672952111004

Kahneman, D. (2011). 11. anchors. *Thinking, fast and slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux. pp. 118–152.

Kahneman, D., & Frederick (2002), Representativeness Revisited: Attribute Substitution in Intuitive Judgment. Gilovich, T., Griffin, D., & Kahneman, D., (Eds.) *Heuristics and Biases: The Psychology of Intuitive Judgment*. New York: Cambridge University Press, pp. 49–81.

Kahneman, D., & Frederick (2005), A Model of Heuristic Judgment. Holyoak, J. K., & Morrison, G, R., (Eds.) *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*, New York: Cambridge University Press, pp. 267–293.

Littner, Y., Mimouni, F. B., Dollberg, S., Mandel, D (2005), Negative results and impact factor: a lesson from neonatology. *Archives of pediatrics & adolescent medicine,* ***159***, 1036–1037. http://doi.org/10.1001/archpedi.159.11.1036

Mussweiler, T., & Strack, F. (1999a). Comparing is believing: A selective accessibility model of judgmental anchoring. *European Review of Social Psychology,* ***10***, 135–167. http://doi.org/10.1080/14792779943000044

Mussweiler, T., & Strack, F. (1999b). Hypothesis consistent testing and semantic priming in the anchoring paradigm: A selective accessibility model. *Journal of Experimental Social Psychology,* ***35***, 136–164. http://doi.org/10.1006/jesp.1998.1364

Mussweiler, T., & Strack, F. (2001). The semantics of anchoring. *Organizational Behavior and Human Decision Processes,* ***86***, 234–255. http://doi.org/10.1006/obhd.2001.2954

Mussweiler, T., Strack, F., & Pfeier, T. (2000). Overcoming the inevitable anchoring effect: considering the opposite compensates for selective accessibility. *Personality and Social Psychology Bulletin,* ***26***, 1142–1150. http://doi.org/10.1177/01461672002611010

Mussweiler, T., Englich, B., and Strack, F. (2004). 10 Anchoring effect. Ruediger, F, Pohl (Eds.), *Cognitive Illusions: A Handbook on Fallacies and Biases in Thinking, Judgement and Memory.* Psychology Press. pp. 183–200.

Northcraft, G. B., and Neale, M. A. (1987). Experts, amateurs, and real estate: An anchoring-and-adjustment perspective on property pricing decisions. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, **39**, 84–97.

Strack, F., & Mussweiler, T. (1997). Explaining the enigmatic anchoring effect: Mechanisms of selective accessibility, *Journal of Personality and Social Psychology,* ***73***, 437–446. http://doi.org/10.1037/0022-3514.73.3.437

Tversky, A., and Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristic and biases. *Science*, ***185***, 1124–1130.

Wilson, T.D., Houston, C., Etling, K.M., & Brekke, N. (1996). A new look at anchoring effects: Basic anchoring and its antecedents. *Journal of Experimental Psychology: General,* ***4***, 387–402. http://doi.org/10.1037/0096-3445.125.4.387

Wong, K. F. E., & Kwong, J. Y. Y. (2000). Is 7300 m equal to 7.3 km? Same semantics but different anchoring effects. *Organizational Behavior and Human Decision Processes,* ***82***,

314–333. http://doi.org/10.1006/obhd.2000.2900

二重構造を持つ問題としての洞察問題の実験的検討
An experimental examination of the insight problem as a problem with a dual structure

岡崎 優実†，日髙 昇平†，鳥居 拓馬†
Yumi Okazaki, Shohei Hidaka, Takuma Torii
†北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
okazaki＠jaist.ac.jp

概要
本研究では洞察問題が，「問題が何か特定せよ」という二次問題と，それに答えて完成する一次問題の指示に従うことで解答を導く二重問題構造であると仮説を立て，検証のため二値化曖昧画像に写る動物を見つけて回答する二値画像課題を用いて実験した. その結果，解答者の視線の代理指標としたマウスの軌道がひらめきの有無によって異なる結果を示すことが示唆され，二値画像課題が二重構造をとることが示唆された.

キーワード：洞察問題解決，二値画像，二次問題

1. はじめに
人は初めて出会う問題に対して，経験や知識をもとに解を導く．このような問題解決で，悩んだ末に不意に解を思いつく場合がある．このような解のひらめきのある問題解決を洞察問題解決と呼ぶ(Metcalfe & Wiebe, 1987)．洞察問題解決には，すべての研究者が合意する定義はなく，その機序には未解明な点が多い．本研究は洞察問題解決の認知過程の解明を目的とし，洞察問題の持つ本質的な問題構造について次節で示す仮説を立て、それを実験的に検討する．

2. 洞察問題の二重構造仮説
本研究では，問題解決を，求めるべき内容の指示書である「問題文」から，その内容を満たすべき「解答」を導くことと考える．洞察問題ではない通常の問題解決で，解答者は「問題文」から問題の指示を理解し，解答を導こうとする．

一方の洞察問題解決は，解答者にとって指示が「問題は何であるか特定せよ」という二次問題（メタ問題）になっていて，二次問題に解答することで明らかになる一次問題（特定すべき問題）の指示に従い，解答を導く特殊な問題解決と捉える．洞察問題の解答者は，与えられた問題文から直接指示を読み取ることはできない．これは一次問題が未完成で，従うべき指示が不明なためである．このとき，二次問題は「問題は何であるか特定せよ」（「一次問題の問題文を完成せよ」）と考える．解答者はこの指示に従い二次問題の解を導くことで，完成した一次問題を導くことができる．解答者はこの一次問題の指示に従うことで，与えられた問題文の解を導くことができる．従って，未完成な一次問題の解答を導くには，二次問題に答えて，一次問題の指示を明らかにする必要がある．一次問題を特定するには，その一次問題の答えがただ一つに定まる性質に基づいて推論をすると考えられるため，一次問題と二次問題の二つは同時に解決し，それがひらめきの感覚につながると仮説をたてた.

3. 謎解き検定の課題分析
洞察問題の二重構造を確認するために,「第 5 回謎解き検定」（以下，謎検と表記する）の課題を分析した. 結果として，一部の課題で二重構造を確認できた．問題番号 15 の問題を例に、表 1 に二重構造を示す.

問題文は図 1 である．問題文からは，解答者は表示された画像の中の？に入る適切な解答を「P」と「C」から選択することが求められていると読み取れる．だがこの一次問題は未完成であり，直接読み取れる指示からでは，適切な解答を導くことはできない．このとき二次問題は「一次問題は何であるか特定せよ（一次問題を完成させよ）」となっていて，解答は表 1 に示すような指示文である．この指示が完成した一次問題の問題文である．解答者はこれに従うと，適切な解答が「P」と特定できる.

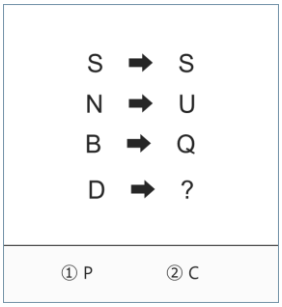


図 1　第 5 回謎解き検定 (引用)の問題 15
（図は原文を基に、著者が図を再構成したもの）

表 1　第 5 回謎解き検定 (引用)の問題 15 の問題構造

問題	未完成な一次問題	二次問題	完成した一次問題 (特定された一次問題)
指示	図1の？にあてはまる適切なものを①か②から選べ.	一次問題を特定せよ（一次問題を完成させよ）.	特定した一次問題の指示に従って, 図1の？にあてはまる適切なものを①か②から選べ.
解答	不可	(1)表示されているアルファベットをすべて小文字で表記せよ (2) 上から4段目について, 以下の①②を満たし？に入るアルファベットを選択肢から選べ. ①矢印の左側のアルファベットを小文字で表記したものを180度回転させると，矢印の右側のアルファベットを小文字で表記したものと一致する. ②上3段は，(1)(2)を満たす例になっている.	① P

表 2　二値画像課題の二重構造

問題	未完成な一次問題	二次問題	完成した一次問題 (特定された一次問題)
指示	図2に写る動物を答えよ.	一次問題を特定せよ（一次問題を完成させよ）.	図3に写る動物を答えよ
解答	不可	図2に写る動物を答えるのに十分な画像の一部を特定し，それが何の動物であるのかわかること.	クマ

4.　二値画像課題の二重構造

洞察問題の二重構造仮説を検証するための課題として，写体の境界を曖昧にした二値画像を用いる．このような画像を見たときに，何が写っているか分からない状況から，あるとき何が写っているかをひらめくことがある(Giovannelli et al., 2010)．すなわち，二値曖昧画像から何が写っているかを見つけて答える過程を洞察問題解決と捉えることができる(石川ら, 2013)．こうした背景を踏まえ，本研究では写体の境界を曖昧にした二値画像を提示して，「写っている動物名を答えよ」と出題する二値画像課題を扱う．

二値画像課題は問題構造自体が空間的であり，問題解決に直結する指標として解答者の視線を取得することが可能と考える．洞察問題解決研究において視線情報の利用は解決過程を明らかにするために有効と考えられており（Knoblich, Öllinger & Spivey, 2005)，本研究では解決過程解明のために有意義な視線情報が取得できると考え，二値画像課題を使用した．また課題に用いる二値画像は複数作成することができ，量産可能なことも課題の選択理由に挙げられる．

図 2 を例に，この課題の二重構造を示す．解答者が図 2 を白い背景に黒の線や点がランダムに描写された二値画像と認識するとき，解答できない．これはそのように認識する場合には図 2 を含む一次問題=「この領域にいる動物を答えよ」が未完成なためである．問題文に解答するには，「一次問題を特定せよ」すなわち、「「どの領域に動物がいるか」を特定せよ」という二次問題の指示に従う必要がある．二次問題の正解は，写る動物を理解した図 3 のような図になる．ただし，解答者が一次問題特定するのに十分な範囲のうち最小でよい．この二次問題に解答したとき，一次問題は「この特定された領域(図 3)に写っている動物名を答えよ」と再構成され，解答者は指示に従い「クマ」と解答を導く．

図 2　二値画像の例

図 3 「図 2 に何が写っているか」ひらめいた後に回答者が得られていると考えられる動物の領域を特定したイメージの模式図

5. アプローチ

洞察問題解決の際に解答を思いつく前から，解答に近づいていると知覚することがあり，先行研究ではAha体験の有無と主観的な解への近さの知覚に関係があると報告されている(Kizilirmak et al, 2018).

前述のように二値画像課題が二次問題の構造をとるならば，二値画像課題では図 2 のような画像から動物を認識するのに十分な画像の一部を見つける過程に付随して解への近さの知覚が起こると予想される．この解への近さの知覚が，二値画像上で領域を探索し特定しようとする行動に反映されるならば，解答者の視線は動物の写った領域に徐々に集中し，また視線の集中度合いと，主観的な解への近さの知覚には相関があると予想される.

6. 実験方法

6.1 二値画像の作成と選定

課題に用いる二値画像は，動物の写る自然画像と背景となる自然画像を組み合わせて作成した．動物は知名度が高いと思われる哺乳類 19 種類（クマ，ラクダ，ネコ，ウシ，シカ，イヌ，ゾウ，キツネ，キリン，ゴリラ，カンガルー，ヒョウ，ライオン，パンダ，ブタ，ウサギ，ヒツジ，リス，トラ）の写る画像を用いた．動物の写る自然画像からは動物のみを切り出し，背景となる自然画像からは600pixel×600pixelのサイズを切り出した．動物画像と背景画像を組み合わせ，動物画像と背景画像それぞれの二値化閾値とガウスぼかしのカーネルサイズを調整して，約60枚の画像を作成した．そのうち実験者が適切な難易度であると判断した30枚を実験課題として採用した.

6.2 実験環境

本実験は，実験参加者が各自所持するコンピュータ上でオンライン実験をおこなった．オンライン実験のため，視線計測機器の使用ができなかったため，視線の代理指標として，参加者が課題にとりくむ際のマウスの軌道の時系列データを取得した.

6.3 手順

実験参加者は各自所持するコンピュータ上で実験画面の提示，操作，回答した．提示した各二値画像は600pixel×600pixel であるが，以下実験参加者ごとに実験時に見ている画像サイズは統制できていない．参加者は練習試行 3 試行と本試行を前半・後半の 2 つのセッションに分けて，前半 10 試行，後半 20 試行の課題に取り組んだ．練習セッションでは操作・回答方法について本番セッションと同様の画面で確認し，3 試行終了後に実験中に取得した時間，回答，マウス軌道を記録したファイルを取得し提出を求めた．また課題についての不明点や疑問点がないか確認し解消した上で，前半セッションを開始した.

各試行は実験参加者が画面中央の「Next」ボタンを押すと開始する．二値画像が提示され，実験参加者は写っている動物が分かったらその動物の頭部をダブルクリックする．動物を探している間は，視線をマウスが指し示すように操作することを求められた．実験参加者には動物の種類と頭部が分かったらすぐにダブルクリックし，名前だけが思い出せない場合はダブルクリック後に考えるように要請した．ダブルクリックをした場合，もしくはダブルクリックをせずに制限時間3分経過した場合に次の画面に進む. 二値画像が消え，画面には質問が表示された．一問目に「画面の中に何かしら動物が見つかりましたか？」という質問に（はい/いいえ）のどちらかを回答することが求められた．「はい」の場合は「画像の中に見つけた動物の名前を入力してください」という質問に対し回答を入力欄に記述，また「答えにどれくらい自信がありますか」という質問に対し（1 自身は全くない/2 自身はあまりない/3 少し自信がある/4 自信がある/5 確信がある）の中から最も当てはまるものを選択した．「いいえ」の場合は「答えにどれくらい近い感覚がありましたか？」という質問に対し（1 全く分からなかった/2 分かりそうになかった/3 何とも言えない/4 分かりそうな気がした/5 もう少しで分かりそうだった）の中から最も当てはまるものを選択した.

回答が終わり「Next」ボタンで次の画面に遷移すると，正解の動物の名前と，動物の部分に色がついた画像が表示される．確認後「Next」ボタンで遷移すると質問が 2 問表示され，回答者はどちらにも答える事が求められた．一問目は「正解を見る前にひらめいた感覚がありましたか？」に対して（はい/いいえ）のどちらかを回答し，二問目は「正解を見た後に「あ!!なるほど!!」と感じましたか？」に対して（1 回答が正解だったので，正解を見て「やっぱりな」と思った/2 回答が不正解だったので，正解を見て「なるほど」と思った/3 回答できなかったが，正解を見て「なるほど」と思った/4 正解を見ても「なるほど」と思わなかった）の中から最も当てはまるものを選択した．

各セッション全試行終了後，実験参加者は画面上の指示に従い時間，回答，マウス軌道を記録したファイルを取得し提出をした．

6.4 実験参加者

実験参加者は 9 人の大学院生（男性：8 名，女性 1 名）であった．このうち指示を理解せずに実験を実施した 1 人を除く 8 名（男性：7 名，女性 1 名，平均年齢 24.6，SD = 4.00）が分析対象となった．

7. 結果と考察

正答の判断は，頭部をダブルクリックできていることに基づきおこなった. 全試行 240 のうち, 正答が 77.5%（186 試行），誤答が 16.7%（40 試行），無回答（時間切れ）が 5.83%（14 試行）であった．また回答時間は正答試行 16.1±29.4 秒，誤答試行 59.5±49.8 秒であった．回答後の解の確信度は図 4 のようになり，正答試行と誤答試行で差が見られた．

正答試行のうち，ひらめいた感覚があると回答した試行群とひらめいた感覚がないと回答した試行群のマウス軌道の時系列変化を比較した結果を, 図 5 に示す．横軸は時間であり，実験参加者がダブルクリックして動物の顔の位置を回答した時刻を 0 として 5 秒前から記載した．縦軸はマウスカーソルの位置から対象となる動物の頭の中心までへの距離であり，該当試行群の平均値である．図中の破線は，それぞれの群のデータに基づく回帰直線である．ただし，ダブルクリック直前の 1 秒間は，動物の位置が判明した後に対象となる動物へ向かう動きになると考え、回帰分析から除外した．ひらめきの有無によらず 1 本の回帰直線ですべての正答試行のマウスの軌跡を説明する帰無仮説に対し，ひらめきの有無ごとに 1 本計 2 本の回帰直線でマウスの軌跡を説明する仮説の尤度比検定をしたところ，有意な差はみられなかった（$p = .367$）．しかし，ひらめいた感覚があると回答した試行群では，離れた位置から急速に対象物へ向かうマウスの動きをとる傾向が見られた．本実験では視線をマウスが指し示すように操作することを要求しているため，この動きは実験参加者の視線と一致すると考える．すなわち，解答をひらめいた感覚のある実験参加者は解答の直前に視線を対象の動物に集中させたといえる．これは解への近さの知覚が二値画像上で領域を探索し特定しようとする行動に反映され，解答時のひらめきの感覚と関係するという予想には反しない結果と考えられる．

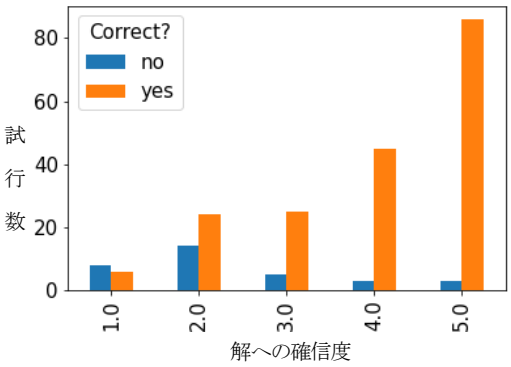


図 4 正答試行と誤答試行の解への確信度の評価

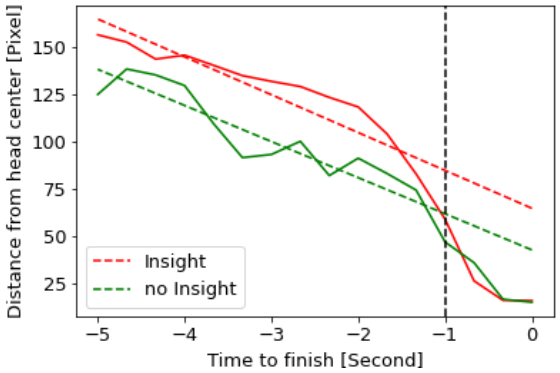


図 5 ダブルクリック前 5 秒間のマウス位置と対象動物の頭の中心までの距離

8. 今後の課題

8.1 詳細な分析

本稿にはマウスの軌道の時系列データとひらめいた感覚の有無の関係について得られた結果を記載した（図 5）．今回の分析では各群に対して単一の回帰直線と両群に一つの回帰直線を比較した検討を行ったが，図 5 ではダブルクリック直前のマウスカーソルと顔の中心までの距離の変化と，それ以前での変化との違いが特徴的である．今後特徴を抽出するような分析を実

施する予定である．また，実験で得た他の主観的指標とマウスの軌道の関連についても調査予定である．

8.2 視線情報の取得

本実験では，対面での実験が不可であったためオンライン実験を実施し，実験参加者に視線をマウスが指し示すように操作することを指示した上で取得したマウスの時系列データを視線の代理指標とした. しかし，実際にマウスの軌道が視線と同様の動きをしているかは未検証である．また，本実験では実験指示で動物の姿を見つけることを明示したが, 本来二値画像課題は, 画像の中に写る動物を見つけることのみを出題する課題であった. 本研究で提唱した二重構造仮説によると，実験参加者が動物の姿を見つけるのは一次問題を完成させるためである．しかし本実験では動物の姿を見つけることを明示しており，一次問題の解答に動物のいる領域の特定が含まれていると解釈もできる．

これらの点を再度検証し適切に仮説の検証をおこなうために，今後の実験では視線情報を取得し実験する予定である．

参考文献

[1] SCRAP. (2019). 謎検過去問題&練習問題集2019秋, 27. SCRAP出版.

[2] Metcalfe, J., & Wiebe, D. (1987). Intuition in insight and noninsight problem solving. *Memory & cognition*, 15(3), 238-246.

[3] Knoblich, G., Öllinger, M., & Spivey, M. J. (2005). Tracking the eyes to obtain insight into insight problem solving. *Cognitive processes in eye guidance*, 55-75.

[4] Giovannelli, F., Silingardi, D., Borgheresi, A., Feurra, M., Amati, G., Pizzorusso, T., ... & Cincotta, M. (2010). Involvement of the parietal cortex in perceptual learning (Eureka effect): an interference approach using rTMS. *Neuropsychologia*, 48(6), 1807-1812.

[5] 石川哲朗, 戸嶋真弓, ビクトルス・ガルカビス, 茂木健一郎, & 神門典子. (2013). 視覚情報探索時の発見的気付きに伴う主観的体験の基礎付け. 情報アクセスシンポジウム 2013, 1-8.

[6] Kizilirmak, J. M., Serger, V., Kehl, J., Öllinger, M., Folta-Schoofs, K., and Richardson-Klavehn, A. (2018). Feelings-of-warmth increase more abruptly for verbal riddles solved with in contrast to without Aha! experience. *Frontiers in Psychology*, 9, 1404. doi:10.3389/fpsyg.2018.01404

失敗した行為の目的推定：倒立振子運動の分析
Inference of goal underlying failed action: numerical analysis of pendulum swing-up

鳥居 拓馬，日髙 昇平
Takuma Torii, Shohei Hidaka

北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
{tak.torii, shhidaka}@jaist.ac.jp

概要

人間の幼児はよく似た動作の背後にある他者の意図や目的の違いを識別できる．先行研究では身体を力学系とみなすとき，動作のフラクタル次元が意図や目的の違いを識別するのに有用な特徴であることを示した．本発表では意図や目的の違いの識別に加えて，意図や目的の同定（同一性判断）にも有効かを数値シミュレーションで検討した．本研究の結果は，意図や目的レベルでの同一性認識への有効性を示唆する．

キーワード：目的推定，模倣，力学系，倒立振子

1. はじめに

人間の幼児は一見よく似た動作の背後にある他者の意図や目的の違いを識別できる[1]．それだけでなく，幼児は他者の行為の背後にある目的に関して推論し，もし他者が目的を達成できなかったと思うときには他者を助けるつまり他者の目的を代わりに達成する適切な行為を選択できる[1]．本稿では，目的に向けた動作を行為と呼び，行為の計画を意図と呼ぶ．他者の行為からその目的を推論する能力は社会学習の基礎と考えられる．乳児と大人（他者）は異なる容姿や身体をもつため，他者の動作に適合する自分の動作を意図するには他者の動作と自分の動作を同一視する必要がある．

著者らはこれまで，Warneken & Tomasello [1] の心理実験に着想をえた数値シミュレーションを行い，位置や速度など動作に関する表面的な特徴に比べて，動作のフラクタル次元が動作の背後にある意図や目的の違いを識別するのに有用な特徴であることを示した[2]．本発表では意図や目的の違いの識別に加えて，動作のフラクタル次元が意図や目的の同定（同一性判断）にも使えるかを数値シミュレーションで検討する．

2. シミュレーション

著者ら[2]は単振子を身体のモデルとみなした数値実験を行った．単振子を用いた最適制御問題に倒立振子課題がある．倒立振子課題では，角度 θ_t の単振子を振り上げ，振り上げ姿勢 $\theta_t = 0$ で維持する制御を求める（慣例に従い 90 度左回転した座標系を用いる）．強化学習の問題設定（標準振子課題）[3]では，各時点 t の報酬は $\cos\theta_t$ で定義され，その長期的な時間平均を最大化する制御を求める．この課題を改変し，可動域に制限をもつ単振子を考える（図 1）．倒立姿勢は可動域に含まれない．これを制約振子と呼ぶ．可動域の境界を $\pm B$ と書く．制約振子を用いた制約振子課題（図 1）では，各時点 t の報酬は，可動域の内側（開区間）では $\cos\theta_t$ だが，可動域の境界では最低報酬 $\cos B = -1$ とする．つまり，制約振子の場合には，可動域の境界に接触せずしかしできるだけ振り上げ姿勢に近い位置に滞在するよう振り続ける制御則が最適となる．以上 2 種類の課題を組み合わせ，目的に対して制御と動作が最適でない，すなわち目的と行為が整合しない状況を作りだす．具体的には，**標準**振子課題に最適化した制御則を**制約**振子課題に用いた場合，学習課題と実演課題が一致して**いない**ため，実演動作は意図通りと**ならない**．その制御則の生みだす動作は倒立姿勢まで振り上げようとして可動域境界に接触することを繰り返す（境界に接触している期間は最低報酬を受ける）．これは目的の達成を失敗した動作をみなせる．本研究では他者の失敗した動作を観察したイミテータ（エージェント）がその失敗した動作をデータとして未知なる真の目的（もし成功していたら）を推定できるかを調べる．

本研究では[4]で提案された制御則を用いる．この制御則では最大振り上げ角度 G をパラメータとする．標準振子課題では $G = 0$ が最適であり，制約振子課題では $G = B$ が最適である．合計報酬は G で決まるため，目標角度 G を目的の代理指標とみなす．イミテータは，未知なる G_* の下で生成された他者の動作を観察データとして未知なる G_* を推定する．目的推論では，イミテータは仮想的に（メンタル）シミュレーションして，いろいろな G の下で想定される動作を観察された

動作と比較し，最も尤もらしい G を推定値 $\tilde{G}$ に選ぶ．最尤推定には著者らの方法[5][6]を用いた．この方法では動作データをフラクタル次元に変換した上で動作の類似性を評価している．イミテータの観察する動作は関節空間（角度）ではなく作業空間（実座標）とする．

3. 結果：目的の同定と動作の生成

図 2 赤線は，イミテータが動作を実演するエージェントと同一の身体パラメータ（単振子の棒の長さ $l = 1$，質点の質量 $m = 1$，可動域境界 $B \approx 0.39$）をもつ場合の結果である．図ではさまざまな G に対して最尤推定法[5]で算出された尤度（それらしさ）を示した．未知なる目標角度は $G_* = 0$ である．図から，尤度は可動域の境界の前後で大きく変化し，可動域境界以上の G で尤度は高い．このことから，イミテータは未知なる目標角度 G_* をずばり言い当てることはできていないが，大まかに「この動作を生成したエージェントは可動域の限界よりも上まで振り上げたい」ことを捉えていると考えられる．

フラクタル次元は位相空間の不変量であり，距離空間の一部の性質を抽象してなお保存される量である[7]．そのため，動作データをそのまま比較するのではなく，フラクタル次元に抽象化した上で比較することで表面上は異なるデータでもその位相的な同一性のある側面を評価できる．このことから，フラクタル次元を用いた動作の類似性判断では，身体的な詳細（長さや重さ）や観察上の詳細（座標系や単位）に影響されにくいと考えられる．図 2 青線・緑線は，イミテータが動作を実演するエージェントと異なる身体パラメータをもつ場合の結果である（ただし可動域境界 $B \approx 0.39$ は同じ）．作業空間（実座標）では数量的に大きく異なるデータに対しても，同一身体を想定した場合（赤線）と定性的に類似した結果がえられている．

著者らは，イミテータが目標角度 G_* と可動域境界 B_* の両方を推定する場合も数値実験を行った．その結果，尤度が急上昇する G は B の値と連動した．このことから，最尤推定法[5]では，可動域境界に関してもずばり言い当てることはできないが，やはり大まかに「この動作を生成したエージェントは**適当な**可動域の限界よりも上まで振り上げたい」ことを捉えていると考えらえる．

4. 議論

異なる身体で生成された動作データは数値的には大きくことなるので適切な座標変換を行うなどしないとそもそも比較することすら難しい．工学的な状況では，通常，研究者がエージェントの身体や作業に応じた適切な座標変換を考え，問題の事前知識として持ち込むことが多い．本研究で用いたフラクタル次元に基づく動作の類似性判断では，身体や作業に関する詳細は捨象され，同一の身体の場合と定性的に類似した結果がえられている．こうした抽象化は身体模倣など多くの場合表面的に異なる対象（動作）の間の同一性を判断する能力である．本研究の数値実験は，フラクタル次元（力学的不変量）への抽象化が異なる動作を意図や目的のレベルで同一視することへの有効性を示唆した．その一方で，本研究の方法ではフラクタル次元という抽象的な量だけを用いたため，正確なパラメータを特定することは難しいと思われる．おそらく人間の問題解決では抽象と具体を併用しており，それによって実際に問題を解決できる知識の転移が成立すると考えられる．本研究はその基礎能力のひとつで，一見大きく異なる対象（系）を同一視する枠組みのひとつを数値的に検証できたと考えている．

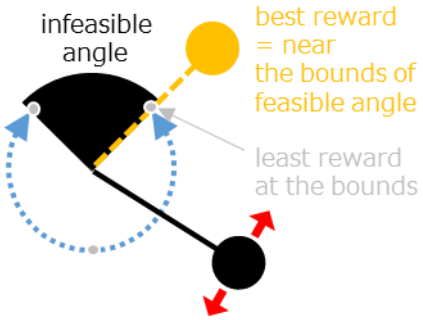


図 1. 制約振子と制約振子課題

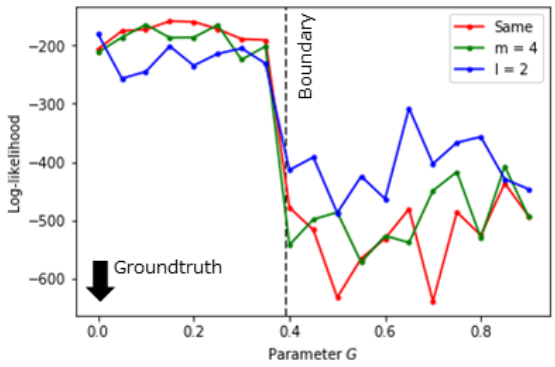


図 2. 目標角度 G の最尤推定結果

謝辞

本研究は科学研究費補助金 JP16H05860, JP17H06713 の助成を受けて行われた.

文献

[1] Warneken, F. & Tomasello, M. (2006) Altruistic helping in human infants and young chimpanzees. Science, 311, 1301-1303.
[2] 鳥居拓馬, 日高昇平 (2019) 模倣学習の機序解明に向けた意図推定のモデル化：倒立振子課題の分析. 知能と情報, 31(5), 826-833
[3] Doya, K. (1999) Reinforcement learning in continuous time and space. Neural Computation, 12, 243-269.
[4] Astrom, K.J. & Furuta, K. (2000) Swinging up a pendulum by energy control. Automatica, 36(2), 287-295.
[5] 鳥居拓馬, 日高昇平 (2017) 身体運動の模倣メカニズム解明に向けた力学系同定の試み. 身体知研究会, 52-53
[6] Hidaka, S. & Kashyap, N. (2013) On the estimation of pointwise dimension. ArXiv:1312.2298
[7] Cutler,C.D. (1993) A review of the theory and estimation of fractal dimension. In Nonlinear Time Series and Chaos: Dimesion Estimation and Models, 1, 1-107

協調問題解決型授業におけるヒント資料の提示が生徒の理解に及ぼす影響—機能機構階層図による理解深化過程の可視化に基づいて—

Effect of using assigned pieces of knowledge as hints on processes of students' collaborative learning

齊藤 萌木[†]，飯窪 真也[†]，白水 始[†]
Moegi Saito, Shinya Iikubo, Hajime Shirouzu
[†]東京大学CoREF
CoREF, The University of Tokyo
contact@coref. u-tokyo. ac. jp

Abstract

In order to clarify effect of using assigned pieces of knowledge as a hint on process of collaborative problem solving, we examined seven graders' learning processes in one science lesson using "Knowledge-Constructive-Jigsaw (KCJ)". We analyzed writings and dialogues of three members of one jigsaw group and visualized their trajectories of knowledge construction using "Function-Mechanism-Hierarchy". Our analysis revealed that using assigned pieces of knowledge as a hint in a KCJ lesson, three students shared and adopted those pieces almost equally, but on the other hand each of them connected those pieces in their own way both in jigsaw activity (collaborative problem solving) and post writing. This result suggests that even if using learning material as a hint, the process of constructive interaction in which each students construct and elaborate their own understanding occurred as well as the convergence of understanding.

Keywords — Collaborative problem solving , constructive interaction, Convergent Conceptual change, Function-Mechanism-Hierarchy, Knowledge Constructive Jigsaw

1. 主題の設定

本稿の目的は，協調問題解決型授業において問題解決のヒントとなる知識を事前に渡しておくことが，生徒の理解にどのような影響を及ぼすかについて知見を得ることである．目的の達成のため， 中学理科の「知識構成型ジグソー法」授業（Knowledge Constructive Jigsaw 以下 KCJ）[1]において 1 つのグループで協調問題解決に取り組んだ 3 名の生徒のプレポストテストの解答および発話記録を，「機能機構階層図（Function Mechanism Hierarchy 以下 FMH）」[1]を用いて分析し，個々の生徒の理解深化過程を，学習者に資料として提示されたヒント知識との関係に即して描出する．

認知科学の先行研究は，協調問題解決活動が従事者の理解深化をもたらす仕組みを，考えの表現と内省をとおして各自が自身の視点で理解を構築，精緻化していく「建設的相互作用」[2]と，集団内での知識の共有と統合により集団の考えがよりレベルの高い 1 つの説明に収束していく「収斂」[3][1]の 2 つの枠組みを用いて説明してきた．近年では 2 つの枠組みの「相補性」[4]が指摘され，協調問題解決の場では．各自の説明の外化と内省が互いの考えの差異の自覚を促し，自覚をきっかけとして差異の解消を思考した知識の共有や統合が進むと共に，各自の理解も精緻化していくことが明らかにされつつある[5].

こうした先行研究は，実験者や教授者による介入をできる限り排除した環境でなされた発話や行動の分析に基づいて，協調問題解決活動が従事者の理解深化をたらす仕組みを説明しようとしたものである．他方，授業において協調問題解決活動を取り入れる際には，教育目標の達成を目指す意図で，授業者がヒントとなる知識を渡すといった介入を行う場合も少なくない．

こうした授業者による意図的な介入については，「学習者が一本道の学習経路をたどらされてしまう可能性は否定できない」[6][1]という懸念もあり，授業者による介入の影響については継続的に検討が重ねられている状況である[7][1]．また，現場での実践では「学習者の自力構成をヒントがどう促すか」という研究としての視点より，正解への段階的誘導としての資料提示や板書，声掛けが多い．

先行研究を広く見渡しても，問題解決や洞察におけるヒント研究[8,9]や，資料（テキスト）そのものの理解・読解研究[10]，テキストを巡る国語授業などの談話研究[11]はあれど，授業における学びを学習者の主体的な協調問題解決と見て，そこに資料がヒントとしてどう役立つかを検討する研究は見当たらない．

そこで本稿では，子どもに課題解決の手がかりとなる知識を与えたうえで協調問題解決活動に取り組ませるという特徴を持つ KCJ を題材に，個々の生徒の理解深化過程の描出を試みることにより，授業者のねらう理解深化過程とそのために提示されたヒントという

介入が理解深化の過程に与える影響について知見を得たい．理解深化の過程とは，様々な知識を関係づけたり関係を見直したりしながら，知識構造を構成・精緻化していく「概念変化」[12][1]の過程である．こうした知識の構造的な変化の過程において，提示した知識がどの程度使われ，結果として生徒間で理解の共通性がどの程度生まれるのかを描出するため，授業者のねらう理解深化過程を FMH を用いて書き出し，分析指標として活用する方法を用いる．

2. 題材

本稿では，アンモニアと試薬によって作られる噴水の実験の仕組みの解明を主題とした中学校 1 年生理科の KCJ 授業「赤い噴水の仕組み」を分析の題材とした．

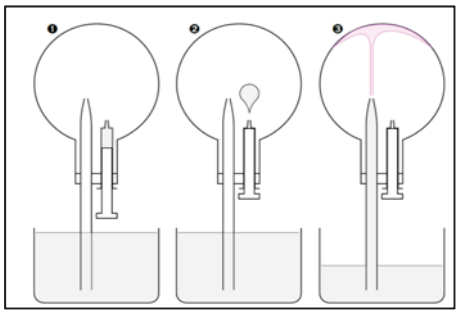
KCJ による授業は，以下の 5 つのステップにより構成される．KCJ はこうした一連のステップにより，協調問題解決活動を教科内容の理解深化につなげることを意図する授業の型である． KCJ の授業では，本時の目標，目標へ向かうための課題，課題解決のヒントとしてどんな知識を提示するかは授業者によって計画される．そこで生徒は，事前に課題の教師が準備したヒントを分担して確認したうえで（エキスパート活動），異なるヒントを持ち寄って課題解決を目指すことになる（ジグソー活動）．ただし，グループ単位で課題の解を発表できることがゴールではなく，続くクロストークではグループ間で見えてきる解を比較吟味し，最終的には各自の判断で解をポストテストで表現するところまでがゴールとなっている．協調問題解決活動をとおして一人ひとりの理解深化を目指す授業法である．

KCJ による「赤い噴水の仕組み」授業デザインを表 2 に示す．授業は「気体の性質」の単元の導入として，中学校 1 年生の 1 クラス（18 名）を対象に実践された．授業は表 2 に示した KCJ の流れに沿って行われた．前時の最後に「アンモニア噴水」の演示実験を一通り観察し，実験手順を確認するとともに赤い噴水が発生する様子を確認させたうえで，1）の個人思考に取り組ませた．その後，本時の最初に改めて演示実験を観察した後，45 分で 2）～4）のステップが実践された．5）は個人レポートの形で授業後に各自で取り組ませ，後に提出させた．2）のエキスパート活動では，文章と補足設問から構成される A41 枚程度の資料に取りませた．3）のジグソー活動では，表 2 中に示したクロストーク発表用のボードが配布され，図や言葉を書き込みながら課題を探究した．

表 1 「知識構成型ジグソー法」（KCJ）の流れ

1) 教師から提示された課題について個人で考えを書く（プレテスト）
2) グループに分かれて，課題により良い答えを出すためのヒントになる知識を分担して確認（エキスパート活動）
3) それぞれ異なる知識を確認したメンバーが集まって新しいグループを作り，課題解決に取り組む（ジグソー活動）
4) 各グループの課題の解を全体で吟味（クロストーク）
5) 改めて個人で，本時の問いに対する答えを書く（ポストテスト）

表 2 「赤い噴水の仕組み」の授業デザイン

課題	 赤い噴水の仕組みを解明しよう（上図を使用）
Exp. A	指示薬と気体の特定
Exp. B	気体が溶解について粒子でイメージする
Exp. C	気圧の差とその利用
目標	アンモニアの噴水実験の仕組みを，粒子や気圧の概念を使って説明できるようなる． ●ビーカーの水に「フェノールフタレイン溶液，丸底フラスコ内に，「アンモニア気体」が入っていた。 ●注射器で少量の「水」を丸底フラスコの中に入れると，「アンモニア」が水に溶けるため，フラスコ内の気体分子が減り，フラスコ内が真空に近づく． ●フラスコの中の気圧が低下すると，外の大気圧に押されたビーカーの水がガラス管を上昇し，噴水が起こる． ●ビーカーからフラスコ内に入った水には「フェノールフタレイン溶液」が含まれているため，アンモニア水の「アルカリ性」と反応して赤色の噴水となる．

3. 構成

(1) 分析の課題

本稿では，協調問題解決型授業において問題解決のヒントとなる知識を事前に渡しておくことが，生徒の理解にどのような影響を及ぼすかについて知見を得るため，以下の 2 点を分析の課題とする。課題 1：「赤い噴水の仕組み」の授業においてエキスパート活動の資料として与えられたヒント知識はジグソー活動をとおして各生徒にどの程度共有されるか.

課題 2：ポストテストにおいて生徒が解答として表現する理解はどの程度共通したものになるのか.

先行研究で示されているように，協調問題解決活動をとおした理解深化が「建設的相互作用」と「収斂」の相補的な機能によってもたらされるとすると，ジグソー活動では，生徒たちが 1 つの共通理解へ向けて自分たちの理解を収斂させていくプロセスと，各人がそれぞれに理解を深化させていくプロセスが同時並行で進行していると考えられる．このとき，ヒント知識がエキスパート資料によって提示されたうえで協調問題解決に取り組むという KCJ のデザインは, 収斂を促進させる方向に機能するだろう.

ただし,「建設的相互作用」も同時に進行していると考えると，問題解決中にそれぞれの生徒は自身の視点で説明を構築, 精緻化しようともしているはずである. そのため，ヒント知識が提示されていても，提示された知識のすべてが 3 名の生徒に同じように共有され，ポストテストで同じ解が表現されるわけではないと考えられる．エキスパート資料で提示されたヒント知識は，学習者の理解の共通化を促進しつつも，理解深化の過程でどの知識がどのように取り込まれ，授業終了時にどういった理解に至るかは生徒によって異なるという仮説をたてられる.

本稿では，ジグソー活動中およびポストテストにおけるヒント知識の共有に焦点化して分析を行うことで，この仮説を検証するための 1 つの手がかりを得たい. そこで，ヒント知識がジグソー活動において各生徒にどの程度共有され（課題 1），ポストテストにおいて生徒が表現する理解はどの程度共通したものになるのか（課題 2）の 2 点を分析課題とする.

(2) 分析指標の設定

分析に際し，FMH を用いて分析指標を設定した. FMH とは，理解深化過程を階層的に可視化するための図式の 1 つである．FMH を用いると，「機能（Function）」（〇で示す）と「機構 (Mechanism)」（□で示す）という粒度の異なる 2 種類の知識を指標とし，階層や粒度の違う知識間の関係づけや構造を可視化することができる．本稿で題材とする理解深化のプロセスは，個別具体的な知識の獲得と区別される知識の構造的な変化を伴う「概念変化」と呼ばれるような認知過程である．そこで，それぞれの生徒がどのような階層・粒度の知識をどのように関係づけ，構造化しているかを可視化し，その変化を把握できる FMH は分析ツールとして大きな強みを持つと考えられる.

「機能」とはあるレベルの理解を構成する知識の要素,「なぜ」や「どのように」を含まない，事実の表象である．それに対し，同一レベルの複数の「機能」を関係づけて統合したより粒度の大きな知識が「機構」である.「機構」は，1 つ上のレベルの「機能」が「なぜ，どのようにして成り立つのか」を裏付ける説明になっている．FMH は 知識の量的増大や知識の正誤だけでなく，知識の関係づけや意味の変化を伴う構造的な変化の過程として理解深化を可視化できる点が強みである．知識間の関係づけの有無は「ー」で示される.

FMH を考案した Miyake（1986）は,「ミシンが布を縫う仕組み」について FMH を作成し，2 人組での協調問題解決活動をとおした個々の理解深化過程を分析している［2］. Miyake は分析に用いた FMH をミシンが布を縫う仕組みの完全の理解を網羅した図ではなく,「1 つの可能な理解のあり方を示すもの」として作成し，FMH と発話内容の対照による実験参加者の理解深化過程の可視化を試みている．これを参考にすれば，授業における理解深化過程を FMH を用いて可視化しようとする際には，授業者の設定した本時の目標が達成された場合に想定される理解を FMH であらわしたうえで，それとの学習者の記述や発話を比較分析し，理解深化の可視化を試みることが妥当であると考えられる.

そこでまず本稿では，題材とする授業の「目標に即して，授業者がねらった理解を表す FMH を作成した（図 1）. 目標とする理解を構成する「機能」は，レベル分けし,「F0-1～F4-2」まで記号を付した．左側の数字はどのレベルに位置する「機能」かを示しているが，右側の数字に序列はなく，同じレベルの「機構」となる異なる複数の知識を区別するために付したものである.

図中の「機能」のうち，エキスパート資料中で教

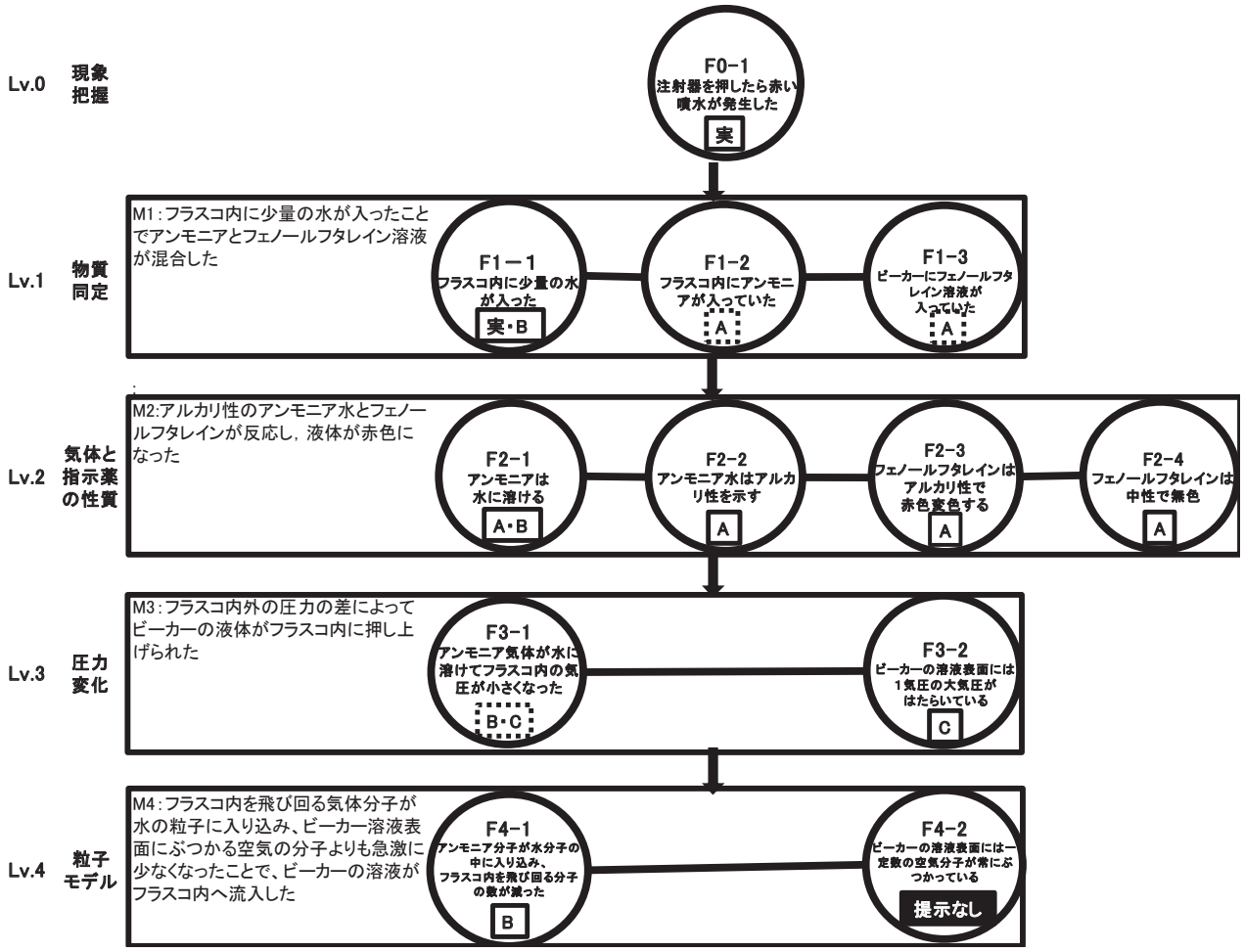


図 1　「赤い噴水の仕組み」の授業における理解深化分析のための FMH

師により提示された知識については資料記号を付した．また，演示実験で視認しうる知識については「実」を付した．資料記号を実線で囲んだものその知識自体が情報として示されていたこと，対して点線で囲んだものは，その「機能」が答えとなる設問が資料中に提示されていたことを意味する．例えば「F1-2」の場合，資料 A には「丸底フラスコの中の気体が何かを予想しましょう」という設問と，水素・二酸化炭素・アンモニアなど学習者にとって身近な気体の諸性質をまとめた表が資料に示されていた．また，「提示なし」としたものは， 教師側から知識が提供されなかったことを意味する．

以上のように整理すると，「赤い噴水の仕組み」の KCJ 授業で目標とする理解は 4 つのレベルからなる FMH で表現することができる．また，目標とする理解に含まれる知識は，ほぼすべて教師から何らかの形のヒントとして提示されていたことがわかる．

図の各レベルは，「アンモニア噴水」の生じた仕組みについて異なる視点からそれぞれ妥当な説明を提供している．レベル 1 は物質同定に主眼をおいて実験の仕組みを説明しようとする段階である．次にレベル 2 は，気体と指示薬の性質に着目して実験の仕組みを説明しようとする段階である．レベル 2 の「機能」を統合すると，「アルカリ性のアンモニア水とフェノールフタレインが反応し，液体が赤色になった」といった「機構」を認識できる．この「機構」は，レベル 1 の「機能」として認識した物質がなぜそれであると言えるのかについて根拠を提供している．

さらに圧力変化に着目するレベル 3 では，液体の色の変化から，液体が噴水のように吹き上げた理由へと視点が移っている．レベル 3 の「機能」を結びつけると，「フラスコ内外の圧力の差によってビーカーの液体がフラスコ内に押し上げられた」といった「機構」を認識できる．この「機構」は，レ

ベル 2 で認識したアンモニアの溶解などの「機能」がどのようにして実現しえたのかについて説明を提供している．最後にレベル 4 は，粒子モデルを使って実験の仕組みを説明しようとする段階であり，このレベルで「フラスコ内を飛び回る気体分子が水の粒子に入り込み，ビーカー溶液表面にぶつかる空気の分子よりも急激に少なくなったことで，ビーカーの溶液がフラスコ内へ流入した」といった「機構」を把握できれば，レベル 3 で認識した「機能」を原理的に裏付けることができる．

生徒が以上の 4 レベルの「機能」「機構」を認識し統合することができれば，表 2 の目標に示された知識を網羅した解答をつくることが可能になる．勿論，目標が達成されたとしても，この実験の仕組みについて自然科学の専門的観点から見て完璧な理解が構成されるわけではないが，目標設定の妥当性を議論することは本稿の主題とは異なる．以下ではあくまで，「赤い噴水の仕組み」の授業において授業者が設定した授業の目標との対比において生徒の理解深化のプロセスを把握するための分析指標として，図 1 を活用する．

（3）分析の方法

①分析対象データ

本稿で分析対象とするのは，「赤い噴水の仕組み」の授業においてジグソー6 班で活動した 3 名の生徒のジグソー活動中の発話とプレポストテストの解答である. 生徒はジグソー活動中の発話を記録した IC レコーダの番号に即して「21/20/19」の番号を付して区別する．生徒 21 はエキスパート A，生徒 20 はエキスパート B，生徒 19 はエキスパート C をそれぞれ担当した．

ジグソー活動中の発話は，IC レコーダで録音し，話者を特定したうえで手動で書き起こし，エクセルシートに話者ごとに整理したものを分析に使用する．発話は，一息ごとに 1 つのセルに入力し，1 セルを「1 発話」として発話順に番号を付した．ジグソー活動の所要時間は約 18 分で，総発話数は 604 発話であった．604 発話のうち，発話 1-8 は，席を交代するなどの学習内容と関係ない発話であったため，分析から除外した．結果，分析対象とした発話は 9-604 までの 596 発話である．

プレポストテストは課題の図（表 2 に示したもの）を記載したワークシートに，文章と図への書き込みによって答えを書かせたものである．プレテストは前時に行い，ワークシートを一旦回収した後，本時終了後にポストテストに各自で解答した．

②分析手続き

ジグソー活動中の発話は活動内容によって 5 つのフェーズに分割し，それぞれについて発話分析を行った。5 つのフェーズを発話番号と共に記すと，「1．エキスパート A の確認（9-140）」「2．エキスパート B の確認（141-198）」、「3．エキスパート C の確認（199-303）」、「4．解探究（304-356）「5．ボード作成（357-604）」となる。

「エキスパート A/B/C の確認」の局面は，それぞれのエキスパートを分担した生徒がエキスパートで自分の得た知識や考えたことを報告し，その他の生徒が適宜言い換えや質問等をしながら内容を確認している局面である．次の「解探究」は，「赤い噴水の謎を説明する」という課題の解を 3 人で探究している局面である．最後の「ボード作成」は，発表用のボードに答えを表現しようとしている局面であり，「矢印くらい書けばいいのに」「口で説明すればいいんじゃない」など，学習内容よりはまとめ方や整理の仕方に関する発言が増えているところから，「解探究」と区別した。

個々の発話については，下記の 2 つの手続きによって分析した。

手続き 1 : 発話内容に着目し，発話中で分析用 FMH で示した「機能」に言及しているかを確認する（知識の認識）

手続き 2 : 接続詞や指示語に着目し，どの「機能」とどの「機能」を結びつけているかを確認する（知識の関係づけ）

分析の例を表 3 に示す　表中では，「知識の認識」の分析結果を分析用 FMH の知識記号で，「知識の関係づけ」の分析結果を加算記号によって示している。

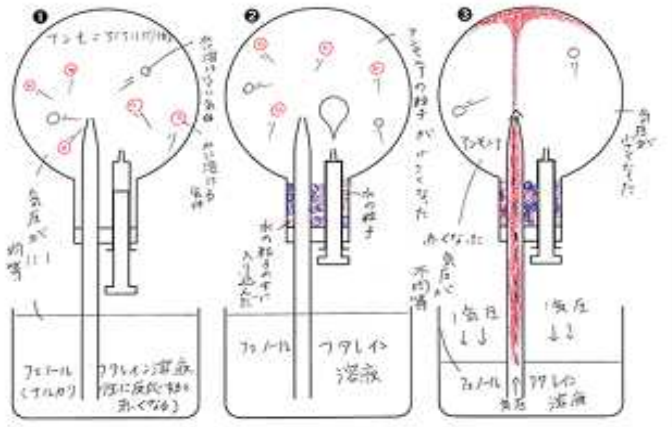
発話 51 では，生徒 21 が資料中のフェノールフタレインの文字を示して「ビーカーの水にこれが入ってて」と言っていることから，「F1-3　ビーカーにフェノールフタレイン溶液が入っていた」の知識を認識していると分析できる。

発話 52 では，生徒 20 が生徒 21 の発話を聞いた直後に「フェノールフタレイン液」と発話しているため，モニタリングをとおして生徒 21 も F1-3 を認識したと分析できる。続いて発話 53 では生徒 19 が資料を見て「これが入って」と発話を引き継いで

表 3　発話分析の例（抜粋）

	No.21 (A)		No.19 (B)		No.20 (C)	
51	うん、ビーカーの水にこれ(資料中のフェノールフタレインの文字を示して）が入ってて	F1-3				
52					フェノールフタレイン溶液。	F1-3
53			（資料を見て）これが入って、	F1-3		
54	で、最初は無色だったんや。	+F2-4				
55			で、それがアルカリ性？　あっ、アンモニアに反応して赤になった。	+F2-3 +F2-2		
56	んで、に反応して赤になった。	+F2-3				

表 4　プレ/ポストテスト分析の例（抜粋）

①には、丸底フラスコの中にアンモニア（アルカリ性）が入ってあり、ビーカーの中にはフェノールフタレイン溶液がはいっています。リトマス液・BTB溶液は色がついているのでちがいます。		F1-2 + F2-2 + F1-3 + F2-4

いるところから，ここで生徒 19 も F1-3 を認識したと分析できる。以下発話 54 以降も同様に，発話の内容と接続詞や感嘆詞を指標として，全発話について「知識の認識」と「知識の関係づけ」の様子を分析した。

プレ／ポストテストについても，発話分析と共通する 2 段階の手続きによって分析した。分析の例を表 4 に示す。

手続き 1：.記述内容（文及び図）に着目し，発話中で分析用 FMH に示した「機能」に言及しているかを確認する（知識の認識）

手続き 2：接続詞や指示語に着目し，どの「機能」とどの「機能」を結びつけているかを確認する（知識の関係づけ）

この解答では，はじめの説明文にフラスコの中にアンモニアが入っていること，ビーカーの中にフェノールフタレイン溶液が入っていることが記載されているところから，F1-2、F1-3 が認識されていると分析できる。また，同文中でアンモニアがアルカリ性を示すことに言及があり，図のフラスコ内のア

ンモニア（赤い○）には「水に溶ける気体」と記されているところから，F2-2 についても認識できていると分析できる。また，3 つの知識は一つの文に含まれていることから，3 つの知識が関係づけられていると分析できる。2 つ目の文にも同様に分析すると,説明文と図が，「F1-2＋F2-2＋F1-3＋F2-4」という理解の表現であるとみなすことができる。

発話とプレ/ポストテストの分析は，本稿執筆者のうち 2 名が行い，一致率は 96.2%であった。不一致については合議によった。

4. 分析結果

発話とプレ／ポストテストの分析結果は,プレテスト,ジグソー活動の 5 つのフェーズ,ポストテストのそれぞれの段階で. その生徒がどの知識を認識し，どの知識をどの知識と結びつけていたかを，分析用 FMH を指標に図式化することによって示した. 3 人の生徒の図式は一覧表にまとめ（図 2），個人内で時系列的な比較を行うことで理解深化のプロセスを認識すると共に，個人間での比較も可能とした.

図において，「機能」の認識は，「○」の囲みによって示した。実線で囲んだ「機能」はその生徒がそのフェーズにおいて当該の「機能」を認識していること，二重丸で囲んだ「機能」は当該の「機能」をそのフェーズにおいて 2 回以上認識していること，点線で囲んだ「機能」は，当該の「機能」をそれ以前のフェーズで認識していたもののそのフェーズでは認識していないことを示す。グレーに色づけされている「機能」は，それまでに一度も認識されていないことを示す。

「機構」の認識は「□」の囲みによって示した。実線で囲んだ「機構」は，その生徒がそのフェーズにおいてそのレベルの「機構」を構成するすべての「機能」を認識し，関係づけて統合したことを示す。点線で囲んだ「機構」は，当該の「機構」をそれ以前のフェーズで認識していたもののそのフェーズでは認識していないことを示す。

「機能」間の関係づけは直線によって示した. 2 つの「機能」が実線で結ばれているものは，その 2 つの「機能」をそのフェーズにおいてその生徒が関係づけていること，二重線はそのフェーズにおいて 2 回以上関係づけていることを示す．点線は，2 つの「機能」をそれ以前のフェーズで関係づけていたもののそのフェーズでは関係づけていないことを示す。

以下，分析の結果を課題と対応づけて述べる．課題 1 は，「赤い噴水の仕組み」の授業においてエキスパート活動の資料として与えられたヒント知識はジグソー活動をとおして各生徒にどの程度共有されるかであった．分析からは，ヒント知識はジグソー活動をとおして 3 人の生徒に大半が共有されたものの，知識の関係づけの仕方は生徒によって異なっているという結果が得られた。なお，「関係づけの仕方」には，関係づけの数と特徴を含む.

図 1 に示したように，本授業では, 12 の「機能」で構成される「赤い噴水の仕組み」の理解を目標とし，そのうち 11 の「機能」を何らかの形でヒント知識として提示していた．分析対象班では，ジグソー活動の 5 フェーズをとおして，11 の提示されたヒント知識のうち 8 が共通に認識された（F1-1～3，F2-1～3，F3-1～2）．そこで，あらかじめ提示されたヒント知識はジグソー活動をとおして 3 人の生徒に大半が共有されたと言える．残り 3 つの知識うち，F4-1 は 2 名が認識し，F2-4 は 1 名が認識し，F0-1 はジグソー活動中には誰にも認識されなかった．したがって，授業者が提示したヒント知識はジグソー活動をとおして 3 人の生徒に大半が共有されたと言える.

他方，知識の関係づけの仕方は生徒によって異なっていた．生徒 21 の場合，ジグソー活動中に見出した知識間の関係の数はそれほど多くなく（12），同じ 2 つの知識を 2 回以上関係づけてその関係性を確認することも少なかった.また関係づけの特徴としては，実験に使われた気体および指示薬の認識とその性質にかかわるレベル 1・2 の知識と，実験装置の圧力変化にかかわるレベル 3 の知識を関係づけず別個に認識していることを指摘できる.

次に生徒 19 については，ジグソー活動中に見出した知識間の関係の数が際立って多く（31）,同じ知識間を 2 回以上関係づけてその関係性を確認することも多かった（6）．また，関係づけの特徴としては，フラスコ内に少量の水が入ったことと（F1-1），アンモニアの溶解の粒子モデルによる説明（F4-1）という知識を，早い段階（フェーズ 2）で結びつけ，2 つの知識の関係を柱として他の知識を関係づけ，レベル 1-4 を跨いだ関係づけを構築していったことを指摘できる.

最後に生徒 20 については，ジグソー活動中に見出した知識間の関係の数は最も少ない一方（10），

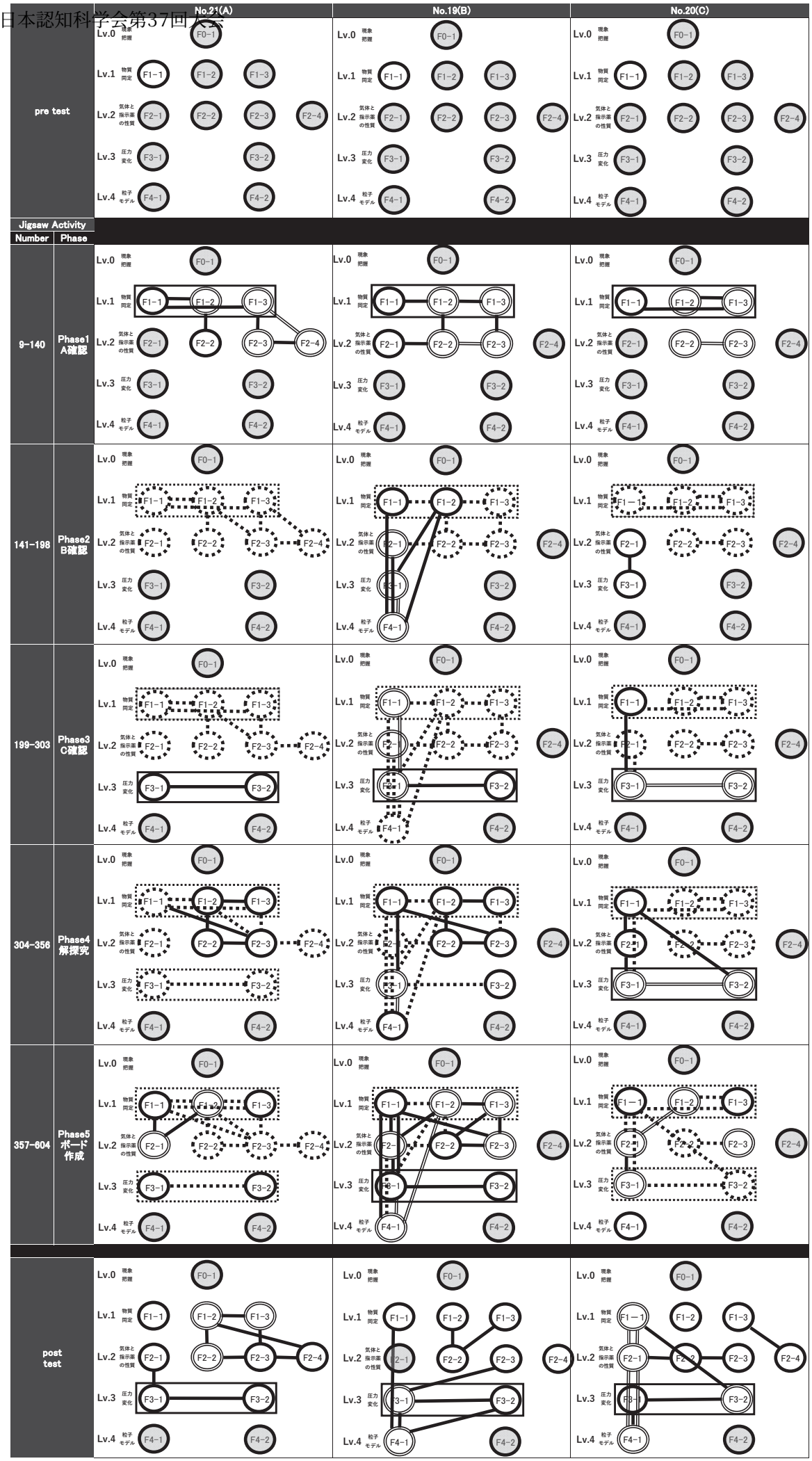


図2 「赤い噴水の仕組み」のジグソー活動中の発話とプレ/ポストテストFMH分析の結果

同じ知識間を 2 回以上関係づけてその関係性を確認することは比較的多く行っていた（4）.特に，F3-1 と F3-2 についてはフェーズ 3・4 の 2 局面にわたって複数回以上関係づけを行い，フラスコ内外の圧力の差によりビーカーの液体が押し上げられたという「機構」を繰返し認識している.また，関係づけの特徴として，アンモニア気体の溶解によってフラスコ内の気圧が下がったこと（F3-1）を起点にレベルを遡るような形でレベル 1-3 に関係づけを広げていったことを指摘できる.

つづいて課題 2 は，ポストテストにおいて生徒が解答として表現する理解はどの程度共通したものになるのかであった．これについては，ポストテストにおいて生徒の解答に含まれる知識はほぼ共通していたものの，知識の関係づけの仕方は生徒によって異なっていたという結果が得られた.

ポストテストにおいては，授業で目標とした理解を構成する 12 の知識のうち，8 つの知識は 3 人の解答に含まれており（F1-1～3，F2-1～3，F3-1～2），2 つの知識は誰の解答にも含まれておらず（F1-0,F4-2），残り 2 つの知識は 3 人中 2 人が認識していた（F2-1，F4-1）.そこで，ポストテストにおいて生徒の解答に含まれる知識はほぼ共通していたと言える.

その一方，知識の関係づけの仕方は生徒によって異なっていた.それぞれの生徒がポストテストの際に行った知識間の関係づけの数は，どの生徒もジグソー活動中より減っていたものの，特徴については，ジグソー活動中の発話分析結果との類似性と変化の両方を確認できた.

生徒 21 は，レベル 1・2 の知識とレベル 3 の知識の関係づけが弱い点にジグソー活動中との類似性を見出せる．ポストテストではアンモニアの溶解（F2-1）とフラスコ内の圧力の低下（F3-1）が関係づけられているものの，F2-1 は，レベル 1・2 のその他の知識（F1-2，F1-3，F2-2，F2-3，F2-4）とは関係づけられていないところから，実験に使われた気体および指示薬及びその性質と，実験中に起こった圧力変化に関する知識は，この段階でも別個に認識されている可能性が高い.

次に生徒 19 は，F1-1 と F4-1 の関係を柱としてレベル 1-4 を跨いだ関係づけを構築している点にジグソー活動中との類似性を見出せる．ただし,ポストテストでは,アンモニア気体の溶解によってフラスコ内の気圧が下がったこと（F3-1）を複数回認識したうえでレベルを超えた 3 つの知識と関係づけているところから, F1-1 と F4-1 に加えて F3-1 の重要度も高まっていることが窺われる．また，ジグソー活動中に見出した知識間の関係と，ポストテストに表現された関係の差が大きいのも生徒 19 の特徴と言える.

最後に生徒 20 は，F3-1 を起点としてレベルを超えた知識の関係づけが行われている点にジグソー活動中との類似性を見出せる．ポストテストではジグソー活動中に明示的に関係づけられていなかった F4-1 にも関係づけが広がっている点はポジティブな変化であると言える.

5. 結論および考察

（1）結論

本稿では，KCJ「赤い噴水の仕組み」の授業において 1 つのグループで協調問題解決に取り組んだ 3 名の生徒のプレポストテストの解答および発話記録を，FMH を用いて分析することにより，協調問題解決型授業において問題解決のヒントとなる知識を事前に渡しておくことが，生徒の理解にどんな影響を及ぼすかについて検討した．一連の検討からは，問題解決のヒントとなる知識を事前に渡しておくことは，授業の目標となる理解を構成する知識が 3 人の生徒に共有されたという点で「収斂」を促進しているものの，知識の関係づけの仕方を 1 つに収束させるような強い「収斂」の機能を果たしているとは言えないという結論が見いだせる。

分析結果から明らかなように，各エキスパートで提示された知識は，その多くがエキスパートを確認した前半の 3 フェーズにおいて生徒たちに共有されていた．そこで，エキスパート資料を介して授業者からヒントとなる知識を事前に渡しておくことが，理解の「収斂」に寄与していると解釈できる.

他方，聞き手の生徒は，担当者が伝達した知識について，担当者の関係づけの仕方をそのまま受け入れるわけではなく，伝達された知識の間に，あるいはその他の知識の間にも自分なりに関係を作りながら，理解を変化させていた．対話を継続しても生徒間の関係づけの仕方の違いは解消されることはなく，ポストテストにおいても各自の表現した知識の関係づけの仕方には違いがあった．このことから，ヒント提示を行った場合でも，理解深化の過程では

各自が自分の視点で理解を構築，精緻化する「建設的相互作用」が同時進行していると解釈できる．

更に，プレ/ポストテストを比較したときに，3 人の生徒の理解はどの生徒の場合も大きく授業者の設定した目標に向けて深化していた．

以上より，本授業では，授業の目標へ向かう「収斂」と「建設的相互作用」の相補的な機能による理解深化の過程が進行しており，問解解決のヒントとなる知識を事前に渡しておくことは，授業の目標となる理解を構成する知識が生徒に共有されたという点で理解の「収斂」を促進する機能を担っていると結論づけることができる．

（2）考察

ヒント資料の提示が知識の共有を促進しているとすると，各生徒における知識の関係づけの仕方の固有性には授業デザインのどういった要素が影響しているのだろうか．この点の検討は次の課題であるが，最後に考察を示す．

分析結果を見直すと，各生徒の知識の関係づけの仕方の違いには，その生徒がどのエキスパートを分担したかということがある程度影響している可能性を指摘できる．例えば，エキスパート A を担当した生徒 21 が実験に使われた気体および指示薬の認識とその性質にかかわるレベル 1・2 の知識と，実験装置の圧力変化にかかわるレベル 3 の知識を関係づけず別個に認識していたのは，エキスパート活動時にエキスパート A で提示されたレベル 1・2 の知識（F1-2,F1-3,F2-2,F2-3,F2-4）の間で関係づけを繰り返していたためとも解釈できそうである．

ただし，エキスパートを分担することは，必ずしも知識の関係づけの仕方を分担した資料中の知識の範囲に留めるものでないとも言える．エキスパート B を担当した生徒 19 は，自身の担当資料中に提示されていた知識は 4 つ （F1-1,F2-1,F3-1,F4-1）に過ぎないにもかかわらず，ジグソー活動中に様々な知識の間にレベルを跨ぐものも含む 31 もの関係づけを見出している．これは，B の資料に提示されていた知識がレベル 1-4 までを広くカバーしていたことで，他のエキスパートから伝達された知識との関係づけを見出しやすかったためとも解釈できる．

また，知識の関係づけの仕方は担当した資料の性質だけでなく，個々の考えの表現と内省の行き来の仕方にも影響されると考えられる．生徒 20 はエキスパート B を確認するフェーズ 2 において，B を担当していた生徒 19 が行っていなかった F2-1 と F3-1 の関係づけを行っている．これは，生徒 20 が F3-1 を含むエキスパート C を担当していたために,F3-1 を事前に認識した状態で他者の表現した F2-1 の知識について内省したためと解釈できる．

以上の考察は，協調問題解決型授業においてヒントとなる知識を含む資料を提示することが生徒の理解に及ぼす影響を解明するためには，ヒント提示そのものが是か非かという論点を超えて，どのようなタイプの資料を提示し，どのような相互作用が起こると，個々の理解にどういった影響が及ぶのかといった具体的な視点で検討を重ねる必要があることを示唆している．今後も研究を継続したい．

参考文献

[1] 三宅なほみ, (2011), ”概念変化のための協調過程―教室で学習者同士が話し合うことの意味―”, 心理学評論, Vol.54, No.3, pp.328-341.

[2] Miyake, N., (1986). “Constructive interaction and the iterative process of understanding.”, Cognitive Science, Vol.10,No.2, pp.151-177.

[3] Roschelle, J.(1992). “Learning by collaborating: Convergent conceptual change.”, The Journal of the Learning Sciences, Vol.2, pp.235-276.

[4] Miyake, N., (2009).”Conceptual change through collaboration.”, Paper presented at AERA 2009, San Diego.

[5] 著者,(2016), ”「説明モデル」の精緻化を支える「社会的建設的相互作用」.”『認知科学』,Vol. 23、No.3, pp.201-220.

[6] 鈴木栄幸, (2012)”誰の誰による誰のためのデザイン原則？”, 日本教育工学会　第 28 回全国大会発表論文（課題研究）

[7] Hmelo-Silver, C. E., Chinn, C. A., Chan, C. K. K. & O ’ donnell, A.(Eds.), (2013), The International Handbook of Collaborative Learning. New York: Routledge

[8] Maiyer, N.R.F., (1931), “Reasoning in humans: II The solution of a problem and its appearance in consciousness.”, Journal of Comparative Psychology, Vol.12, pp.181-194

[9] Suzuki, H., Miyazaki, M., and Hiraki, K. (1999). “Goal constraint in insight problem-solving.” Proceedings of the Second International Conference of Cognitive Science.

[10] Kintsch, W., (1994)., “Text comprehension, memory, and learning”. American Psychologist. Vol.49, No.4, pp.294-303.

[11] 秋田喜代美(編), (2006) “授業研究と談話分析”, 放送大学教育振興会.

[12] Vosniadou, S. (Ed.), International handbook of research on conceptual change 2nd edition. London, Taylor & Francis Group.

主観的な時間認識が洞察問題解決に与える影響
The Effects of Time pressure on Insight Problem Solving

阿部 慶賀
Keiga Abe
岐阜聖徳学園大学
Gifu Shotoku Gakuen University
keiga.abe@gmail.com

Abstract

本研究では，洞察問題解決時における時間圧の影響を心理学実験によって検討した。先行研究では、他者の平均解決時間を提示することにより、洞察問題の解決成績が向上することが報告された。この結果は他者の成績と自身の主観的な進行状況を照らしあわせた社会的に比較により自身の解決方針の見直しを促したためだと考えられる。本研究では、この先行研究に則り、被験者に提示する時計に操作を加え、時間認識を変えることにより主観的な時間圧を強めた場合の効果を検討する。

Keywords — Insight problem solving, Time pressure

1. 研究の背景

洞察問題解決研究では、議論の焦点として解決を阻む思い込みに相当する制約の緩和と、そのための諸要因が取り扱われてきた。制約の動的緩和理論（開・鈴木, 1998）では、制約緩和の程度を左右する個人差要因として、初期制約の強度と分布、現在状態の評価の適切さ、失敗経験からの学習率の 3 点が挙げられている。これらの要因に基づいて、目標状態と現在状態の差異を視覚的に確認しやすくすること（阿部・鈴木・開, 2001）や、他者との協同で解決に臨むこと（清河・伊沢・植田, 2997）、反省的な言語化を行うこと（Kiyokawa & Nagayama, 2007）で解決成績が向上することが報告されている。また、自分の行った試行を、時間をおいて「他人の試行」であるとして見直すこと（）が解決を促進するといった結果も報告されている。これらは共通して、自身の試行や解決方針を見直しやすくする点で共通している。有賀（2013）は他者の（偽の）成績情報（平均解決時間）を提示することによって、社会的比較を促し、それによる解決成績への影響がみられるかを検討した。具体的にはパズルを解く課題を課し、事前に一部の群には「他の被験者は平均 5 分で解決した」と教示し、また別の群には平均 20 分で解いた」と教示し、これらの群と、事前教示を行わない統制群とで成績を比較した。その結果、平均解決時間には差は見られなかったものの、平均解決時間 5 分と教示された群は、平均 20 分と教示された群より自力解決者の割合が高いことが示された。これは、他者の平均解決時間が迫っているにもかかわらず解決の糸口が見えない場合に、「皆が解決できているのに自分が解決に近づいていない」という社会的比較と時間圧が、自身の解決方針の見直しを迫るからだと考えられる。

一方、時間圧に関する先行研究では、時計表示による時間圧の変更によって単純作業効率に変化が生じることは報じられている（伴・櫻井・鳴海・谷川・廣瀬, 2016）が、創造的思考に対して効果を検討したものは見られなかった．本研究では、実験時に提示する時計の進むスピードに操作を加え、それによる洞察問題解決成績を比較検討した。これにより、社会的比較ではなく、時間圧の認識による影響に焦点を絞って効果を検討した。

2. 方法

被験者：実験に用いる T パズル（図 1）の解決経験がない大学生 32 名を被験者とした。実験は 1 要因 2 水準の被験者間実験計画を用いた。実験室には制限時間確認用のアナログ時計プログラムを用意し、被験者の手元のノートパソコン上に提示した。被験者のうち 13 名は通常通りのスピードで分針が進む normal 条件に割り当て、19 名は分針が通常の 1.5 倍のスピードで進む fast 条件に割り当てられた。

題材： 実験者の課題は T パズルを制限時間 20 分以内に完成させることであった。パズルは完成状態と同寸のシルエットが描かれた型紙の上に乗せる形で完成させるよう教示した。実験は個室で一人ずつ実施した。

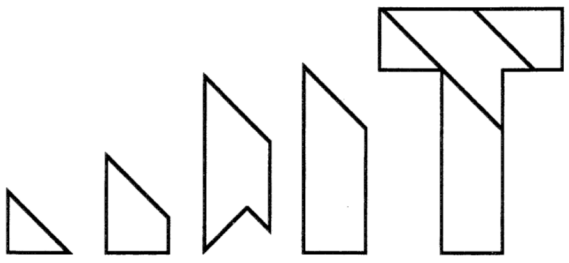


図 1. T パズルの初期状態と目標状態

手続き：まず初めに被験者間で時間感覚に差がないことを確認するために，簡単な事前課題を行なった。事前課題では、実験測定用のストップウォッチの動作確認と称して、1 分だと思うタイミングでストップウォッチを止めるという作業を課した。次に実験参加者は T パズルを解いた。実験参加者が T 字を完成させるまでの時間（完成時間）が通常の速度で進むストップウォッチで計測された。

3. 結果

まず、被験者群ごとの時間間隔に違いがないか確認するため、事前課題での反応時間について Welch の t 検定を行った。その結果、両群の反応時間に有意差は見られなかった(t(38.962)=0.119, p=.906, n.s.)

解決時間の平均については、制限時間内に解決できなかった者を 1200 秒として分析に加え，Welch の t 検定を行った。その結果（図 2)、両群の間に有意な差は見られなかった（t(38.047)=0.247,p=.806)。

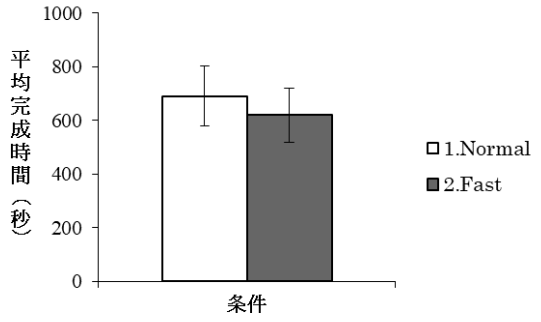


図 2.各群における T パズルの平均解決時間（ひげは標準誤差)

続いて、課題時間を 10 分ごとに前半と後半に分け，各時間区分の自力解決者数および未解決者数を条件別に分類して，その比率を図 2 に表した。先行研究（有賀, 2013）に倣い、前半解決者（課題を 10 分以内に完成）と後半解決者（課題を 20 分以内に完成）と未解決者との関連を検討するために，χ^2 検定を行なった。その結果，5%水準で有意な差がみられた（χ^2(2)=8.490, p<.05, V=.515)。残差分析の結果，後半完成者の比率は，Normal 条件よりも Fast 条件の方が有意に高く，未完成者の比率は Fast 条件が Normal 条件よりも有意に低いことが示された。

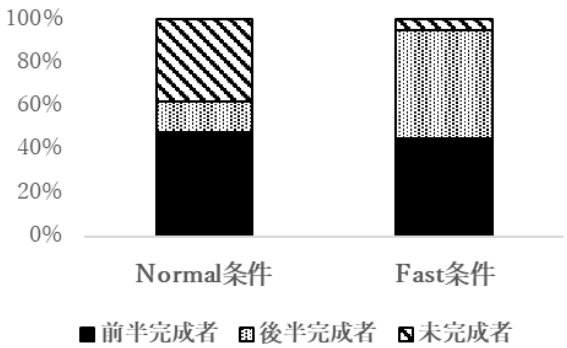


図 3.各群における T パズルの自力解決者の割合

4. 考察

本研究の結果からは時計の表示による時間圧の主観的な変化によって、洞察問題の自力解決率を向上させることができたことが示された。この結果からは、時間圧だけでも洞察問題解決に影響を与えることができること、そしてその時間は実時間でなくとも、時計の表示による虚偽の時間圧でも効果が生じるということが示唆される。また、今回の実験は、制限時間の設定による明示的な時間圧への介入ではなく、被験者のうかがい知らぬ時計表示による時間圧の介入であった。そのため、被験者が制限時間から課題の難易度を推定してしまい、最初から被験者群ごとに問題解決への意欲が異なっていたという可能性は考えにくい。

しかし、今回の実験結果のみからでは、時間圧と創造的思考全般との関係について議論するのは難しい。有賀や本研究が用いた明示的な目標状態が定義された課題であれば、解決時間の設定や時間圧の設定も行いやすいが、アイデア生成のような解が無数にあり、評価が多様になりやすい課題の場合においても、時間圧の影響が表れるのかは検討する必要がある。

引用文献

阿部慶賀・鈴木宏昭・開一夫 (2001) 洞察問題解決における失敗による制約の緩和. 日本認知科学会第 18 回大会発表論文集, 18-19.有賀 敦紀(2013)，社会的比較に基づく洞察の促進・抑制，心理学研究 2013 年第 83 巻第 6 号，pp.576-581.

伴 祐樹・櫻井 翔・鳴海 拓志・谷川 智洋・廣瀬 通考 (2016). 時計の表示時間速度制御による単純作業の処理速度向上手法，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，21 巻 1 号，p.109-120.

開 一夫・鈴木 宏昭(1998),表象変化の動的緩和理論：洞察メカニズムの解明に向けて,Cognitive

Studies,5(2),69-79.
清河 幸子・伊澤 太郎・植田 一博（2007）．洞察問題解決に試行と他者観察の交替が及ぼす影響の検討，『教育心理学研究』，55，255-265.
Kiyokawa, S. & Nagayama, Y. (2007). Can verbalization improve insight problem solving? Proceedings of the 29th Annual Conference of the Cognitive Science Society, 1791.

先進的運転支援システムに対する評価手法の考察 ーユーザビリティ評価の横断的分析ー

Discussion for Evaluation Method toward Advanced Driving Assistance Systems

松林 翔太†，前東 晃礼‡，三輪 和久†，青木 宏文†，山口 拓真†，鈴木 達也†
Shota Matsubayashi, Akihiro Maehigashi, Kazuhisa Miwa, Hirofumi Aoki, Takuma Yamaguchi, Tatsuya Suzuki
† 名古屋大学，‡ 静岡大学
Nagoya University, Shizuoka University
shota.matsubayashi@nagoya-u.jp

概要

2 種類の先進的運転支援システムに対して，主観的評定のひとつである自動化システムのユーザビリティテストを適用し，本指標の汎用性について検討した。実験の結果，ACC 実験と教習支援実験では全く同じように因子が抽出された。すなわち，満足度と違和感がひとつの因子に，効率と意図の理解がひとつの因子にまとまった。本指標を現実的なシステムに適用する際の争点について議論した。

キーワード：ユーザビリティ評価 (usability), 先進的運転支援システム (advanced driving assistance system)

1. 導入

1.1 先進的運転支援システムの影響

近年，先進的運転支援システムの開発が進んでおり，一般ドライバがそれらを使用する機会も増えてきている。運転支援システムがドライバに与える影響は，主に 3 つの観点から評価される。最も一般的な観点はドライバの運転行動に基づく客観的評価である。例えば，システム経験前後の走行速度の差分から，そのシステム使用による安全性の変化が論じられている [1, 2]。また，システム挙動に対する理解の観点から，メンタルモデルの測定も行われている [3, 4]。さらに，主観的評価の観点から，システムに対する信頼性などの測定も行われている [5]。これらの 3 つの観点を総合的に加味することがシステムの評価には欠かせない。

運転行動の観点では走行速度など汎用性・客観性ともに高い指標が用いられており，逆にメンタルモデルは対象とするシステムに依存するため，その指標や測定手法の汎用性は極度に低い。一方，主観的評価ではシステムを使用する際にユーザが感じた満足度などを測定するため，様々なシステムに対して共通して用いることが可能である。ただ，幅広く使用するため，その手法をより洗練することもまた必要である。本研究では，主観的評定のひとつである自動化システムのユーザビリティテスト [6] を，運転支援システムに対して実施し，指標の汎用性について検討する。

1.2 自動化システムのユーザビリティテスト

本研究で主観的評価手法として用いるユーザビリティテストでは,「有効さ」「効率」「満足度」に，自動化システムの特性を考慮した「意図の理解」「違和感」「モチベーション」が追加されている [6]。この開発に際して，コンピュータを用いた路線追従課題が用いられた。この課題で参加者は，キーボードの矢印キーで自車を操作してできる限り正確に路線を追従するよう求められた。またスペースキーを押すことで，操作をいつでもシステムに委任することもできた。この際，システムの経路の表示/非表示，システム追従の正確性高/低，自車の蛇行あり/なし，システム委任のコスト高/低という各状況が設定された。それらの組み合わせ全 16 通りの状況についてユーザビリティテストを実施した。因子分析の結果，上記 6 因子が抽出され，全 18 問のテストが設計された (表 1)。

1.3 本研究の目的

本研究では，自動化システムのユーザビリティテスト [6] を実際の運転支援システムに対して実施し，その分析を通して主観的評価手法に関する考察を行う。本ユーザビリティテストをより現実的な運転支援シス

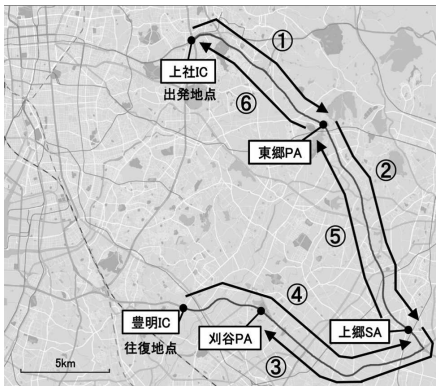


図 1　ACC 実験概要。[7] より引用。

図 2　教習支援実験外観。[1] より引用。

テムで実施した際の因子の抽出結果から，運転支援システムに対する主観的評価手法において今後考慮すべき争点を明らかにすることができる。

2.　方法

以下の 2 つの先進的運転支援システムを用いた実験で，それぞれユーザビリティテスト [6] を使用した。すなわち，各実験参加者は 6 項目，全 18 問の設問に対して 5 段階で評定を行った。

2.1　ACC 実験

参加者 20 名が愛知県内の高速道路を走行中に ACC (Adaptive Cruise Control) を使用し，その後にユーザビリティテストに回答した [7]。この ACC は前方車を検出できた場合，前方車との距離を一定に保ちつつ加減速を行い，前方車が検出できない場合は，ドライバの設定した速度で定速走行を行った。参加者は極力 ACC を使用するよう教示し，6 つの区間 (図 1) を走行後にそれぞれユーザビリティテストに回答した。

2.2　教習支援実験

参加者 80 名が，ドライビングシミュレータに搭載された運転支援システムを使用し，その後にユーザビリティテストに回答した [1]。このシステムは，事故のリスクを自律的に検出し，ドライバに視覚的・聴覚的な情報を提示し，ドライバの減速操作と操舵操作に介入を行うことで安全走行を促す (図 2)。情報提示の有無と介入強度の高低により，3 種類のシステムが用意された。参加者 1 名は 2 種類のシステムを使用し，それぞれユーザビリティテストに回答した。

3.　結果

ACC 実験の 120 件，教習支援実験の 160 件のデータそれぞれを，先行研究 [6] と同様の最尤法バリマックス回転を用いて因子分析を行った。その結果，ACC 実験では 4 因子が抽出され，第 1 因子は効率と意図の理解，第 2 因子は満足度と違和感，第 3 因子は有効さ，第 4 因子はモチベーションが該当した。また，教習支援実験でも 4 因子が抽出され，第 1 因子は満足度と違和感，第 2 因子は効率と意図の理解，第 3 因子はモチベーション，第 4 因子は有効さが該当した (表 2)。

4.　考察と結論

抽出された因子の順序こそ異なるが，ACC 実験と教習支援実験では全く同じように因子が抽出された。

満足度と違和感がひとつの因子にまとまった原因は，運転支援システムにおける不自然な挙動は事故の危険性を想起させたためだと考えられる。ACC 実験は実車環境で行われ，また教習実験では実際の環境をよく再現した fidelity [8] の高いシミュレーション環境が用意されていた。これらの環境では，システムの不自然な挙動は安全性を脅かし，それゆえ違和感と満足度がひとつの因子にまとまったと考えられる。主観的評価には走行の危険性が大きく影響する可能性がある。

効率と意図の理解がひとつの因子にまとまった原因は，システムの自律的な挙動に対する操作性に起因するものと考えられる。ACC 実験においては，システム挙動が予想外であるときも，使いこなせない感覚を持ったと考えられる。一方，教習実験ではそもそもシステムの入切権限が参加者に与えられておらず，操作の主体感 [9] が得にくかったと思われる。もし操作の困難さに起因するなら，長期的な使用で困難さが軽減されれば，効率と意図の理解が別の因子となる可能性がある。

本研究では，ユーザビリティテストを先進的運転支援システムに対して実施することで，現実的なシステ

表 1　ユーザビリティテスト設問一覧。(R) は逆転項目を示す。[システム] の箇所は ACC 実験では「ACC」，教習支援実験では「支援システム」に，[追従] の箇所は ACC 実験と教習支援実験ともに「運転」に置き換えられた。

項目	設問
有効さ 1	この [システム] を使うことで正確に [追従] することができた
有効さ 2	この [システム] は [追従] のミスを防止してくれる
有効さ 3	この [システム] を使用すれば，[追従] のミスをすることはないと思う
効率 1	この [システム] を使いこなすには，誰かのサポートが必要だ (R)
効率 2	この [システム] をすぐに使いこなすことができた
効率 3	この [システム] を使うことで [追従] が難しくなった (R)
満足度 1	この [システム] を使うのは不安だ (R)
満足度 2	この [システム] には満足している
満足度 3	この [システム] には満足していない (R)
意図の理解 1	この [システム] の動きは，誰にも予測できないと思う (R)
意図の理解 2	運転中に [システム] の動作を予測することができた
意図の理解 3	この [システム] は何をするかわからない (R)
違和感 1	この [システム] の動作は滑らかだった
違和感 2	この [システム] の動作は自然だった
違和感 3	この [システム] の動作はぎこちない (R)
モチベーション 1	[システム] の [追従] に任せるより，自分で [追従] する方が楽しい
モチベーション 2	この [システム] を使ってみて，もっと自分で [追従] したいと思う
モチベーション 3	[システム] に [追従] を任せず，もっと自分で [追従] したいと思う

表 2　因子分析結果。設問は表 1 に対応。太字は因子負荷量が .50 以上または −.50 以下であることを示す。

	ACC	教習	ACC	教習	ACC	教習	ACC	教習
設問	因子 1	因子 2	因子 2	因子 1	因子 3	因子 4	因子 4	因子 3
有効さ 1	.02	.05	.36	.47	**.71**	.14	−.09	−.16
有効さ 2	.09	.01	.24	.24	**.77**	**.60**	−.05	.07
有効さ 3	.07	.08	.05	−.15	**.84**	**.77**	−.01	.16
効率 1	**.85**	**.71**	−.04	−.04	−.04	−.08	−.10	−.05
効率 2	**.78**	**.51**	−.08	.33	.05	−.15	−.14	.07
効率 3	.49	.30	.15	**.58**	.49	−.10	−.28	.09
満足度 1	**.82**	.38	.12	−.02	.16	.28	−.17	−.24
満足度 2	.28	−.09	**.58**	**.65**	.21	.23	−.29	−.13
満足度 3	.18	−.16	**.57**	**.57**	.16	.40	−.27	−.02
意図の理解 1	**.63**	**.50**	.40	−.22	.00	.25	.11	−.02
意図の理解 2	**.70**	**.50**	.27	.12	.04	.08	.04	.15
意図の理解 3	**.61**	.31	.33	.12	.16	.20	−.04	−.08
違和感 1	.01	.07	**.80**	**.69**	.15	−.08	−.01	.11
違和感 2	.05	.08	**.84**	**.93**	.20	−.12	−.04	.11
違和感 3	.27	−.12	**.77**	**.84**	.10	−.09	−.18	.00
モチベーション 1	.00	.08	−.16	−.05	−.24	.10	**.80**	**.70**
モチベーション 2	−.14	−.25	−.02	.16	.22	.07	**.73**	**.52**
モチベーション 3	−.09	.09	−.24	−.03	−.20	.09	**.84**	**.95**

ムに対する主観的評定において今後検討すべき争点を明らかにした。

文献

[1] 松林翔太・三輪和久・山口拓真・神谷貴文・鈴木達也・池浦良淳・早川聡一郎・伊藤隆文, (2018) "先進的運転支援システムにおける情報提示と行動介入の認知的・行動的影響に関する検討", 認知科学, Vol. 25, No. 3, pp. 324-337.

[2] Matsubayashi, S., Miwa, K., Yamaguchi, T., & Suzuki, T., (2019) "Short- and Long-Term Effects of an Advanced Driving Assistance System on Driving Behavior and Usability Evaluation", The Twelfth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2019), pp. 1-6.

[3] Beggiato, M., & Krems, J. F., (2013) "The evolution of mental model, trust and acceptance of adaptive cruise control in relation to initial information", Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Vol. 18, pp. 47-57.

[4] Aziz, T., Horiguchi, Y., & Sawaragi, T., (2014) "Towards understanding the development of driver's mental model of a Lane Departure Warning system while driving", Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol. 8, No. 3, pp. 1-12.

[5] Verberne, F. M. F., Ham, J., & Midden, C. J. H., (2012) "Trust in smart systems: Sharing driving goals and giving information to increase trustworthiness and acceptability of smart systems in cars", Human Factors, Vol. 54, No. 5, pp. 799-810.

[6] 前東晃礼･三輪和久･小島一晃･寺井仁･鈴木達也, (2017) "自動化システムのユーザビリティ評価アンケートの開発", 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J100-A, No. 6, pp. 240-250.

[7] 前東晃礼・三輪和久・青木宏文・鈴木達也, (2018) "高度運転支援システムのユーザビリティ評価要因に関する検討", 認知科学, Vol. 25, No. 3, pp. 310-323.

[8] Noble, C., (2002) "The relationship between fidelity and learning in aviation training and assessment", Journal of Air Transportation, Vol. 7, No. 3, pp. 33-54.

[9] Polanyi, M., (1967) "The Tacit Dimension", University of Chicago Press (高橋勇夫訳 (2003) "暗黙知の次元", 筑摩書房.).

日本語複合語の形態素の主辞機能と意味的透明性
Headedness and Semantic Transparency of Morphemes in Japanese Compound Words

水野 りか，松井 孝雄
Rika Mizuno, Takao Matsui

中部大学
Chubu University
mizunor@isc.chubu.ac.jp

Abstract

Semantic transparency refers to the semantic relatedness between a compound word and its constituent morphemes. Semantic transparency of the second morpheme—which is typically the head—of two-morpheme English compound words has been found to have greater facilitatory effects as compared to the first morpheme. It is unclear, however, whether this is due to their semantic transparency or their headedness. The head of Japanese two-morpheme compound words is not necessarily the second morpheme—in fact, the head of Sino-Japanese compound words is the first morpheme—making it possible to explore the independent effects of headedness and semantic transparency. The question, then, is whether such compound words can have opaque heads. This study aimed to confirm their existence and to choose Japanese compound words to explore the independent effects of headedness and semantic transparency. An online survey was conducted to evaluate the semantic transparency of each morpheme among 106 Japanese compound words with a first-morpheme head and 110 compounds with a second-morpheme head. The results showed that the number of words categorized as transparent-transparent, transparent-opaque, opaque-transparent, and opaque-opaque did not differ greatly across first- and second-morpheme headed compounds, and that the compound words with opaque heads had some unique characteristics.

Keywords — Japanese compound words, headedness, semantic transparency

1. 問題と目的

意味的透明性とは，複合語と形態素の意味的な一致度を指す (Marslen-Wilson, Tyler, Waksler, & Older, 1994)。例えば “haircut” という複合語と “hair” , “cut” という形態素の意味は一致度が高いため透明性が高く (transparent), “rugcut” (踊る)という複合語と “rug” (敷物), “cut” という形態素の意味は一致度が低いため不透明 (opaque) とされる。

英語の複合語処理への形態素の意味的透明性の影響は多くの研究で確認されてきた (e.g., Sandra, 1990)。Libben, Gibson, Yoon, & Sandra (2003) は，意味的透明性の影響の中でも特に，主辞である第 2 形態素のそれが大きいことを確認した。しかし，英語の複合語の多くは修飾語+名詞，修飾語+動詞で，第 2 形態素が主辞のものがほとんどのため，実際にはその原因が形態素の主辞機能にあるのか意味的透明性にあるのかは特定できない。

幸い日本語の複合語の主辞の位置は，複合語の種類によって異なる。日本語の複合語は，1. 修飾＋被修飾 (例えば「山桜」)，2. 補語＋動詞 (「外食」)，3. 動詞+補語 (「登山」)，4. 反対語対 (「男女」)，5. 類義語対 (「山岳」) に分類することができる (Joyce, 2002) [1]。1 と 2 の複合語は，英語と同様，第 2 形態素が主辞，3 の複合語は漢語で語順が中国語に準ずるため第 1 形態素が主辞，そして，4 と 5 の複合語は形態素の一方が主辞というわけではない (影山, 1997)。よってこのうちの，主辞が第 2 形態素の 1 と 2 の複合語と，第 1 形態素の 3 の複合語の各形態素の意味的透明性を操作して各複合語の意味処理過程や時間を検討する実験を行えば，日本語複合語処理への形態素の主辞機能と意味的透明性の影響を分離して検討することができる。

問題は，主辞である形態素の意味的透明性が主辞でない形態素の意味的透明性より低い場合があるか否かである。複合語の中心的な形態素が主辞である以上，その意味的透明性は他の形態素より高いのが普通ではないかと考えた。もしそうならば，第 1 形態素が主辞で第 2 形態素の意味的透明性が第 1 形態素より高い刺激語や第 2 形態素が主辞で第 1 形態素の意味的透明性が第 2 形態素より高い刺激語は存在しないことになるた

[1] 中学国語や漢字検定ではこのうちの 1 と 2 はまとめて修飾＋被修飾の複合語に分類され (日本漢字能力検定協会, 2018)，また，他に第 1 文字が第 2 文字の意味を打ち消している複合語と主語+述語という複合語という 2 種の分類が用いられている。しかし，前者は「非」,「否」,「不」,「未」,「無」の接頭辞がつく場合に限られており，後者は該当する複合語の数が著しく少ないことから，本研究では扱わないものとした。

め，上述の影響を分離して検討することは難しくなる。

そこで本研究では，主辞の意味的透明性の方が低い複合語が存在するか否かを明らかにするとともに，形態素の主辞機能意味的透明性の影響を分離・検討する実験の刺激語選定の予備データを得るものとした。

2. 方法

2.1 参加者

日本語を母語とする大学生 58 名 (男性 24 名，女性 34 名) が調査に参加した。

2.2 刺激語

第 1 形態素が主辞の分類 3 の複合語 110 語と第 2 形態素が主辞の分類 1 と分類 2 の複合語 106 語。

2.3 手続き

意味的透明性に Web 調査システム QCAS (水野・松井・清河, 2011) を用い，各形態素と複合語を「本」－「本棚」のように対呈示し，両者の意味が「全く一致していない」(1) から「非常に一致している」(7) までの 7 件法で回答させた。

3. 結果

まず，第 1 形態素が主辞の分類 3 の複合語と第 2 形態素が主辞の分類 1 と分類 2 の複合語では，各々主辞である形態素の方が意味的透明性が高いか否かを確認するために，複合語の種類と形態素を要因とする 2 要因混合分散分析を行った。両複合語の各形態素の意味的透明性の平均と *SD* は Figure 1 に示す通りである。分析の結果，複合語の種類の主効果 (F (1, 214) = 0.57, p = .45, η_p^2 = .003) と形態素の主効果 (F (1, 214) = 2. 59, p = .11, η_p^2 = .012) は有意でなく，交互作用 (F (1, 214) = 844, p = .004, η_p^2 = .038) は有意であった。複合語の首里の単純主効果は第 1 形態素では有意だったが (F (1, 428) = 6.37, p = .01) 第 2 形態素では有意でなく (F (1, 428) = 2.00, p = .16)，形態素の単純主効果は分類 3 の複合語では有意でなく (F (1, 214) = 0.84, p = .36)，分類 1・2 の複合語では有意だった (F (1, 214) = 10.18, p = .002)。

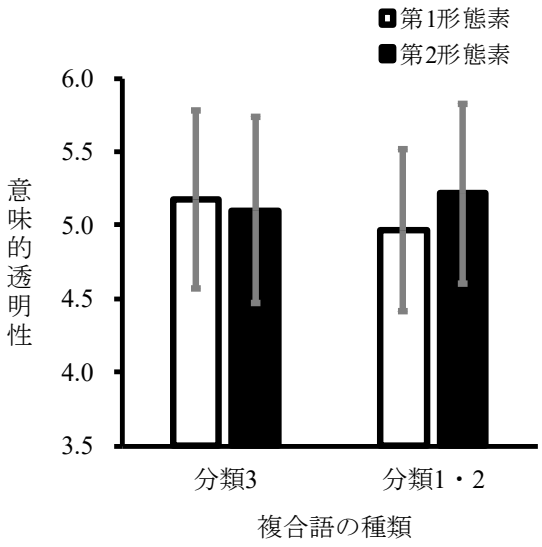


Figure 1. 主辞の位置の異なる 2 種の複合語の各形態素の意味的透明性の平均 (エラーバーは *SD*)。

Table 1

主辞の方が意味的透明性の低い条件の複合語

第1形態素が主辞のOT条件	第2形態素が主辞のTO条件
喫茶	駅前
給食	仮定
献金	香水
習字	再会
施錠	再発
調味	斜面
徹夜	瞬間
配色	初期
拍手	必要
発汗	黙認
	汚点

次に，第 1 形態素が主辞の分類 3 の複合語と第 2 形態素が主辞の分類 1 と分類 2 の複合語の各々で第 1 形態素と第 2 形態素の意味的透明性が高-高 (TT)，高-低 (TO)，低-高 (OT)，低-低 (OO) の 4 条件の一般語の選定を試みた。各条件に最低でも 10 語が選定されるよう，すべての形態素の評定平均値 (5.12) ＋ 0.4*SD* (0.61) の 5.4 以上を透明性高 (T)，評定値平均 － 0.4*SD* の 4.9 以下を透明性低 (O) として分類した。その結果，第 1 形態素が主辞の複合語では TT 条件が 14 語，TO 条件が 13 語，OT 条件が 10 語，OO 条件が 13 語で，第 2 形態素が主辞の複合語では TT 条件が 10 語，TO 条件が 11 語，OT 条件が 17 語，OO 条件が 18 語だった。第 1 形態素が主辞の複合語と第 2 形態素が主辞の複合語の主辞の方が意味的透明性の低い条件の複合語を Table 1 に，両複合語の各条件の各形態素の意味的透明性を Table 2 に示す。

Table 2
各複合語の各条件の 2 つの形態素の
意味的透明性の平均値と *SD*

		第1形態素が主辞		第2形態素が主辞	
条件		第1	第2	第1	第2
TT	*M*	5.63	5.76	5.57	5.81
	SD	0.17	0.19	0.15	0.21
TO	*M*	5.73	4.46	5.68	4.62
	SD	0.25	0.52	0.14	0.28
OT	*M*	4.48	5.60	4.44	5.82
	SD	0.23	0.20	0.39	0.26
OO	*M*	4.21	4.42	4.48	4.47
	SD	0.51	0.43	0.30	0.25

4. 考察

意味的透明性の分析では，第 2 形態素が主辞の分類 1 と分類 2 の複合語の第 1 形態素の意味的透明性だけが他よりも低く，第 2 形態素が主辞の複合語の第 1 形態素の意味的透明性が高い TT 条件や TO 条件の複合語，特に第 2 形態素の意味的透明性の方が低い後者が存在するか否かが問題であることがわかった。しかし，分類した結果，第 1 形態素が主辞の複合語では 4 条件の語数に大きな違いはなく，第 2 形態素が主辞の複合語では第 1 形態素の意味的透明性が低い語が多かったものの第 2 形態素の意味的透明性が低い語が特に少なかったではなかった。したがって，日本語複合語の場合は，形態素が主辞だからといって意味的透明性が高いわけではなく，4 条件の複合語の選定は可能であることが明らかとなった。

Table 1 を見るとわかるように，存在が疑問視された複合語には特徴があり，第 1 形態素が主辞の OT 条件の複合語は第 1 形態素が比較的難しいか具体性に欠ける動詞の漢語，第 2 形態素が主辞の TO 条件の複合語も第 2 形態素がやや具体性に欠ける単語であった。複合語の意味的透明性を操作した実験を行う場合，意味的透明性のデータベースがあるわけではないため，実験参加者と等質な集団に事前に意味的透明性を調査して刺激語を選定する必要がある。その際，こうした特徴がわかっていれば合理的に調査対象単語の選定を行うことができる。今後はこのデータを利用して，形態素の主辞機能と意味的透明性の影響を分離して検討する実験を行う予定である。

謝辞

本研究は 2020 年度中部大学特別研究費 (A) の助成を受けた。

引用文献

Joyce, T. (2002). Constituent-morpheme priming: Implications from the morphology of two-kanji compound words. *Japanese Psychological Research, 44*, 79-90.

影山 太郎 (1997). 文法と形態論　松本 裕治・影山 太郎・永田 昌明・齋藤 洋典・徳永 健伸 (著)　単語と辞書 (pp. 1-51)　岩波書店

Libben, G., Gibson, M., Yoon, Y. B., & Sandra, D. (2003). Compound fracture: The role of semantic transparency and morphological headedness. *Brain and Language, 84*, 50-64.

Marslen-Wilson, W., Tyler, L. K., Waksler, R., & Older, L. (1994). Morphology and meaning in the English mental lexicon. *Psychological Review, 101*, 3-33.

水野 りか・松井 孝雄・清河 幸子 (2011). 教育・研究のための携帯電話・パソコンによる Web 調査の簡易作成・管理システム：QCAS　ナカニシヤ出版

日本漢字能力検定協会 (編)　(2018). 漢検準2級漢字学習ステップ 改訂2版　三省堂

Sandra, D. (1990). On the representation and processing of compound words: Automatic access to constituent morphemes does not occur. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 42A*, 529-567.

質問発話を分割して提示する利点について

川端 良子[†]，松香 敏彦[‡]
Yoshiko Kawabata
[†] 国立国語研究所，[‡] 千葉大学
National Institute for Japanese Language and Linguistics, Chiba University
kawabata@ninjal.ac.jp

1. はじめに

会話の中で特定の対象が参照される時，話し手が意図した対象と同じ対象を聞き手が想定していることは，会話によるコミュニケーションが成立するための重要な課題の一つである。この参照対象の相互認識を対話参加者がどのように達成するかということについて複数の方略が報告されている [1],[2]。その一つに，発話の途中にポーズを入れ，発話の途中で聞き手の参照対象についての理解状況を共有する方法がある。(1) に日本語地図課題対話 [3] における例を示す。

(1)

1 G 銀の鉱山がすぐ下に {0.8}
2 F ある。
3 G あるでしょう?。
4 F うん。
5 G そこを そこうちょっと迂回す 迂回するように {1.0} ちょい左に出ながら下に行って

(マップタスク:j2n4)

上記 (1) は,「銀鉱」(会話では「銀の鉱山」という表現が用いられている) という地図上のランドマークが会話に導入される箇所の発話を転記したものである[1]。1 行目と 3 行目の Giver の発話は全体として確認という一つの行為と捉えられる。ただし，間に 0.8 秒のポーズがあり，そこで Follower が「ある」と発話を行っているため，Giver は発話が言い終わる前に Follower の地図上にも銀鉱が存在することが両者の間で既知となっている。

Clark and Wilkers-Gibbs[2] は，このように間にポーズを入れて，発話を分割して特定の対象を参照することを'Installment noun pharase' と呼んでいる。そして'Installment noun pharase' を含む会話参加者のやりとりは，参照の開始から完了までの会話における共同のエフォートを最小化すると述べている。彼らは，分割が生じる理由として，計画している名詞句が複雑すぎて聞き手が理解しづらいことを挙げている。しかし，この説明は，地図課題対話については当てはまらない。なぜなら，地図課題対話で主に参照されるランドマークは全て短い名称があらかじめ記載されており，複雑ではないからである。では，地図課題対話のランドマークを参照する際，発話にポーズを入れるのはどのような目的によるものなのだろうか。本研究は，この要因について検討する。以降では，名詞句の途中に限らず，ポーズを入れながら発話を行うことを「分割提示」と呼び，分割提示がどのような共同のエフォートに関わるのか分析する。

[1]一番左の列は会話断片内での連番，2 列目は発話者の識別子 (G:Giver/F:Follower)，3 列目が転記テキスト，{} 内の数字は発話途中の無音区間 (単位:秒)，末尾の句点「。」は発話の末尾であることを示し,「?」記号は直前が上昇調で発話されていることを示している (以降の事例でも同様)。

2. 仮説

地図課題対話を観察すると，聞き手が参照対象を知っているかどうか確認するやりとりは，一つのランドマークに対して複数回行われることがある。(2) にその一例を示す。

(2)

1 F 製鉄所の右手には大きな松の木があります?。
2 G あ。はいはいはいはい。
3 F ありますね。はい。
4 G はいはい。

(マップタスク:j1n4)

(2) の 1 行目で Follower は「大きな松の木」というランドマークを会話に導入し，2 行目で Giver が肯定的応答をしている。そしてさらにその後，Follower による確認，Giver による応答というやりとりが行なわれている。これを図示すると以下のようになる (A と B は異なる話者を示す)。

① A:質問 - ② B:肯定応答 - ③ A:確認 - ④ B:肯定応答

これに対し，前節に挙げた (1) では，聞き手である Follower が 2 行目と 4 行目で 2 回肯定的応答を行ってはいるものの，Giver は上記③の確認を行わずに次の話題を提示している。このように発話の途中でポーズを入れ，分割提示を行うことで，話し手による確認のプロセスを減らしているのではないだろうか。

3. 方法

地図課題対話に収録されている 128 対話中のうち，相手の顔を見ることができない，非視認条件下で収録

された 68 対話を用いた。68 対話それぞれの会話の中で，各ランドマークが最初に導入された箇所を分析対象とした。手順は，次のとおりである。まず，各ランドマークが会話の中で最初に言及された箇所を抽出した。次に，抽出したランドマークを含む発話に対して，発話機能の分類を行った。地図課題対話において，ランドマークは多様な発話の中で言及される [4]。本研究では最も使用頻度が高い形式である「存在確認」を分析対象とした。「存在確認」とは，対話の相手にランドマークの有無について情報を要求する発話のことである。

分析対象の発話に対して，分割提示の有無を判断した。同一の節内で，ランドマークより後に明確な休止がある場合に分割提示ありとした。休止の長さはおよそ 0.3 秒以上の場合とするが，話し手の話速からあきらかに休止を入れているととらえられる場合は，それ以下の長さの休止でも分割提示ありとした。さらに，ランドマークの導入の後に，ランドマークを導入した人と同じ人物が再び同じランドマークの有無について質問，もしくは確認を行っているか否かを調べた。

4. 結果

表 1 は，ランドマークが最初に会話に導入される際，分割提示を伴っているか，また (2) のように質問と確認が 2 回以上行われるか否かについて集計したものである。1 列目のランドマーク共有 (あり/なし) とは，地図課題対話における，ランドマークの種類を示している。「あり」とは Giver と Follower の両者の地図に存在するランドマークで,「なし」は一方の地図にしか存在しないランドマークである。括弧内の数値はランドマーク条件と分割提示の有無の 2 × 2 の 4 象限内における各頻度の比を示している。

表 1　分割提示の有無と聞き手の途中応答の種類

ランドマーク共有	確認回数	分割提示			
		なし (%)		あり (%)	
あり	1 回	193	(75.1)	45	(91.8)
	複数	39	(15.2)	2	(4.1)
	その他	25	(9.7)	2	(4.1)
	小計	257	(100)	49	(100)
なし	1 回	45	(36.9)	12	(52.2)
	複数	64	(52.5)	8	(34.8)
	その他	13	(10.7)	3	(13.0)
	小計	122	(100)	23	(100)

分割提示の頻度は全体で 16%(72/451) 程であった。

表 1 から分かるように，共有あり条件，共有なし条件共に，分割提示を行うことで，確認の回数が少なくなっていた。さらに，ランドマークの共有条件によって存在確認の頻度に差が見られた。共有あり条件よりも，共有なし条件のほうが確認回数が多かった。

5. 考察

上記の結果は，分割提示をすることで，確認のステップを省略できる可能性を示している。しかし，そもそもなぜ，論理的は明らかな事について複数回確認を行うのだろうか。特定のランドマークの存在について質問を行い，それに対して肯定，もしくは否定の応答が得られた場合，その応答が肯定/否定のどちらであったとしても，その 1 回のやりとりだけでランドマークの有無についての知識は得られるはずである。そして，やりとりは少ない方が，コストが少ないように思われる。

確認が複数回行なわれるということは，同じように見えても実は，1 回目と 2 回目の発話の役割が異なると考えられる。(2) の対話断片において，話し手 (ここでは Follower) は，1 行目の発話の時点では，相手の地図に「大きな松の木」があるか不確かであるが，3 行目では，存在することを想定している。つまり，話し手は自分が「想定していること」を相手から肯定されるというプロセスを必要とするのではないかだろうか。つまり，分割提示を行うことで，発話の途中で，相手の参照対象についての知識を獲得することで，1 回目のやりとりを省略しているのではないかと考えられる。

謝　辞

本研究は JSPS 科研費 JP19K13196 の助成を受けたものです。

文献

[1] Sacks, Harvey and Schegloff, Emanuel A.(1979), “Two preferences in the organization of reference to persons in conversation and their interaction”, Everyday language: Studies in ethnomethodology, pp. 15–21

[2] Clark, H. H. and Wilkers-Gibbs, D.(1986),”Referring as a collaborative process”, Cognition, Vol. 22, No. 22, pp.1–39

[3] 堀内靖雄, 中野有紀子, 小磯花絵, 石崎雅人, 鈴木浩之, 岡田美智男, 仲真紀子, 土屋俊, 市川熹, (1999), “日本語地図課題対話コーパスの設計と特徴”, 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 2, pp. 261–272

[4] 川端良子,(2019) “地図課題対話における参照導入方法の特徴”, 言語資源活用ワークショップ発表論文集, 国立国語研究所

名詞比喩表現の産出に及ぼす主題に付与された特徴数の影響
Number of topic-attributed features affects speaker's nominal metaphor production

岡 隆之介[1]，柳岡 開地[2]，楠見 孝[3]
Ryunosuke Oka, Kaichi Yanaoka, Takashi Kusumi
[1]三菱電機株式会社，[2]東京大学大学院教育学研究科，[3]京都大学大学院教育学研究科
Mitsubishi Electric Corporation, The University of Tokyo, Kyoto University
Qualia1006@gmail.com

Abstract
This study examined whether the number of topic-attributed features affects speakers' nominal metaphor production, with regard to the use of metaphorical rather than literal expressions. Across two experiments, participants were asked to produce an expression that best paraphrased a given sentence (e.g., "Her sarcasm hurts people"). The number of features attributed to each topic was manipulated. Both Experiment 1 and Experiment 2 showed that participants' answers of nominal metaphor (e.g., "Her sarcasm is a knife") increased with higher numbers of topic-vehicle shared significant features in a given sentence. Our results suggest that the number of topic-attributed-features affects participants' preference in the use of metaphorical expressions. We discussed the results based on the previous theory of metaphor production and metaphor form preference.

Keywords — Metaphor, Metaphor Production, Topic-Attributed Features

1. はじめに
物事を表現する方法は、大別すると 2 つある。例えば、人を傷つけてしまう皮肉について表現する場合を考えてみる。1 つは、「彼女の皮肉は人を苦しめる」というように、ことばの文字通りの意味を用いる字義表現である。もう 1 つは、「彼女の皮肉はナイフだ」というように、主題（彼女の皮肉）と特徴（人を傷つける, 鋭い）の意味をとらえた喩辞 (ナイフ) を用いる比喩表現である。

ある事柄を言い表す際に、字義表現と比喩表現のどちらも用いることができるならば、私たちはどのような場合に比喩表現を産出するのであろうか。

本研究では、比喩表現の産出に影響する要因として、主題に付与された特徴の数に着目する。そして、主題に付与された特徴の数が比喩表現の産出に影響する可能性を、表現の言い換え課題を用いて検討する。

1.1. 比喩はどのような時に産出されるか
人はどのような時に字義表現ではなく、比喩表現を産出するのだろうか。この素朴な疑問に直接答えている研究は、驚くべきことに少ない。これは、比喩表現の産出に関する研究が、産出される比喩表現の性質がどのような個人差（例えば、ワーキングメモリ容量）と関連しているかを主たる研究関心としていた（e.g.,[1, 2, 3]）ことが一因であると考えられる。

人がどのような時に比喩表現を用いるかに関する仮説として、表現不可能仮説（inexpressibility hypothesis）と簡潔性仮説（compactness hypothesis）があげられる[4]。表現不可能仮説は、比喩表現は字義表現だけでは伝えきれない対象について説明できるという仮説である。例えば、「この議論はまるで戦争だ」と伝えることで、字義表現だけでは伝えることが難しい特徴（議論が紛糾しており、事態が当面収束しそうにない）を伝えることができる。

表現不可能仮説は、Fainsiliber & Ortony[5]に端を発する一連の研究によって支持されてきた[5, 6]。彼らの研究では、参加者は過去の感情的体験を想起・説明させる課題に取り組んだ。このとき、参加者はその時にとっていた行動か、その時に感じていた気持ちを説明するように教示された。参加者の回答を分析した結果、気持ちを説明する場合には、行動を説明する場合よりも、比喩的な回答が多く見られた。この結果から、気持ちのようなとらえどころのない、はっきりとしない対象については、行動のようにその行為を説明する字義的な語彙（例：動詞）が存在する対象を説明する場合に比べて、比喩表現による説明がよりなされることが明らかとなった。この結果は、表現不可能仮説が示唆するように、直接対応する字義が存在しない対象を説明する際には、比喩が用いられることを示唆している。

一方で、簡潔性仮説は、比喩表現は少ない単語で多くの情報を伝達するという仮説である。例えば、「私の職場は監獄だ」と言うことで、職場が単に大変であるというだけでなく、狭い部屋に 1 日閉じこもって仕事をすることや、逆らうことができない先輩がいるといったことなど、字義表現では説明が冗長になる内容をも伝えることができる。

簡潔性仮説に関する直接的な言及はなされていないが、Fussell & Krauss[7, 8]はこの簡潔性仮説を支持するような結果を提供している。彼らの研究では、参加者は抽象的な線画について言語的に説明する課題に取り組んだ。参加者が作成した説明文について分析した結果、説明文が比喩的である割合は、字義的である割合よりも高かった[7]。また、比喩的であった説明と字義的であった説明の長さを比較したところ、比喩的であった説明は字義的であった説明よりも短かった[8]。これらの結果から、線画のように、抽象的な対象について説明する場合には、比喩表現がより多く用いられることと、このことに文の長さが関連している可能性が示唆された。この結果は、簡潔性仮説が示唆するように、多くの特徴が含まれる対象について説明する際には、比喩が用いられることを示唆している。

Fussell らの研究は、抽象的な線画を対象として簡潔性仮説を支持する結果を得たが、簡潔性仮説は線画のみならず、さまざまな主題領域に対して適用可能であると考えられる。たとえば、Glucksberg[9]では、話し手が聞き手が無知であると想定する主題（例：映画の演者）について説明する場合には、他の映画に出演していた他の演者を援用して説明することで、主題がもつ冗長な字義的性質（例：恐ろしく、超自然的で、悪魔的な存在）を説明することなく、聞き手に主題について説明できることを例示している。

ここで紹介した表現不可能仮説と簡潔性仮説は相互に関連するもので、どちらも比喩を用いる際の条件として並存しうると考えられる。例えば、Fussell らの研究は、抽象的な線画を対象として簡潔性仮説を支持する結果を得たが、線画を構成する個別のパーツを字義的に説明するだけでは、線画の概形を捉えることは困難である。線画の全体を捉えるためには具体的な形状をたとえた比喩が有用であろう。また、Fainsiliber らの研究は、気持ちが字義では説明不可能な側面をもつというだけでなく、その時の気持ちがもつ複数の特徴を同時に説明するために、比喩表現が用いられるとも考えられる。そこで、本研究では、主題が持つ性質に直接対応する字義がなく、多くの情報が含まれている場合に、比喩表現が用いられる可能性を検討する。

1.2. 主題に付与された特徴の数と比喩産出

本研究では、主題が持つ性質に直接対応する字義なく、多くの情報が含まれている状況として、主題に付与される特徴の数が多い場合を考える。そして、主題が複数の特徴を持つ場合に、比喩表現を用いる可能性が高まる可能性を検討する。主題に付与される特徴の数とは、ある説明文中の主部に対する述部の形容語の数を指す。例えば、「彼女の皮肉は人を傷つけ、鋭い」という文であれば、主題に付与された特徴の数は 2 つ（人を傷つける，鋭い）となる。

主題に付与される特徴の数が多い時、それらを同時に説明可能な概念は比喩的な性質を持つと考えられる。例えば、「彼女の皮肉は人を傷つける」という文を言い換える場合には、主題（皮肉）に付加される特徴（人を傷つける）は 1 つであるため、同義語によって説明可能である。一方で、「彼女の皮肉は人を傷つけて、鋭く、心に刺さる」という文を言い換える場合には、付与された特徴を同時にぴったりと言い当てる同義語は少ない。このような場合には、主題に付与された特徴を包含するカテゴリを代表する名詞（例：ナイフ）で説明される可能性がある。

主題に付与された特徴の数が比喩の産出を促進するかについては検討がなされていないが、字義表現に対する比喩表現の選好に影響することを示した研究は報告されている。岡・楠見[10]は、主題に付与された特徴の数が増えるほど名詞比喩表現の選好が高まることを示した。この研究では、主題（例：彼女の笑顔）に対して 1 つ（彼女の笑顔は美しい）、2 つ（彼女の笑顔は美しく、明るい）、あるいは 3 つ（彼女の笑顔は美しく、明るく、華やかだ）の特徴を付与した文を参加者に呈示し、その文の言い換えとして最も適切な表現を選択させる課題を行った。呈示される表現は名詞比喩表現（彼女の笑顔は花だ）、字義表現（彼女の笑顔は綺麗だ）、そして無意味なフィラー2 つの計 4 つであった。主題に付与された特徴は全て、主題と喩辞（例：花）で共有される特徴であった。その結果、参加者は主題に付与された特徴の数が増えるほど、名詞比喩表現を選択することが示された。この研究から、主題に付与される特徴の数が増えるほど、字義表現に対する名詞比喩表現の選好が促進されることが示唆された。この研究は特徴の数が比喩-字義の選好に影響することは示したが、表現を自由に言い換えることができる表現の産出の文脈でも比喩表現の産出が促進されるかどうかは明らかになっていない。

1.3. 本研究の目的

本研究では、主題に付与された特徴の数が比喩表現の産出に与える影響を、表現の言い換え課題を用いて検討する。

実験 1 では、主題に付与される特徴の数を操作し、主題に付与された特徴の数が増えるほど、字義表現の言い換えに対する比喩表現の言い換えが増えるかを検討する。参加者は主題に対して特徴が付与された文（例 : 彼女の皮肉は人を傷つける）を読む。そして、呈示された文の最も適切な言い換えを自由記述で回答する。主題に付与する特徴の数は 1 つ、2 つ、そして 3 つの 3 種類を設ける。

本研究では、主題に付与される特徴の数が参加者の比喩産出に影響するかを検討するため、参加者の回答を 2 つの方法で分析する。

1 つ目の方法は、参加者の回答を研究者によって分類する方法である。具体的には、表現の言い換え課題で得られた参加者の回答を著者 3 名が分類し、その回答の中にどれくらい比喩表現が含まれるかを分析する。本研究で設定した表現の言い換え課題は、参加者の回答から比喩表現や字義表現の回答が得られることは見込まれるものの、それ以外の表現が回答される可能性もあり、どういった分類を行うべきであるか事前に想定することができない。そのため、実験 1 では参加者から得られた回答を元に表現の分類基準の作成も行う。

2 つ目の方法は、参加者の回答を参加者自身によって比喩表現、字義表現、あるいはその他の表現に分類してもらう方法である。具体的には、表現の言い換え課題で参加者自身が作成した表現を課題終了後に改めて呈示し、その表現が 3 種類のいずれに該当するかを回答させる。

これら 2 つの方法の分析どちらにおいても、主題に付与される特徴の数が多くなるほど、比喩表現による回答が増えると予測した。とりわけ、名詞比喩表現の回答が増えると予測する。名詞比喩表現は主題の持つ特徴を、その特徴を包含する喩辞の概念で表現すると考えられている (e.g., [11, 12])。簡潔性仮説に基づけば、比喩表現は字義表現で説明される複数の特徴を同時に表現するために用いられるが、こうした性質を最も強くもつ名詞比喩表現で特に効果が見られやすいと考えられる。

実験 2 では、実験 1 と同様の実験を行うが、以下の 3 つの点を変更する。1 つ目は、表現の言い換え課題で用いる主題と主題に付与する特徴を、実験 1 で使用していない刺激とする点である。2 つ目は、表現の言い換え課題で得られた回答の分類を、実験 1 で作成した分類基準をもとに実施する点である。3 つ目は、表現の言い換え課題における、刺激の提示順序をカウンタバランスしたリストも用いる点である。これらの変更を加えた上でも実験 1 を追試できれば、実験 1 で作成した分類基準は信頼できるものであり、それは提示刺激の種類や順序によらないことの傍証となると考える。

2. 実験 1

2.1. 方法

参加者 クラウドソーシングによって集められた 114 名（男性 72 名、女性 42 名; 22〜56 歳、平均年齢 40.9 歳）の参加者が参加した。

刺激 刺激として、主題と、主題に付与される特徴が集められた。主題は、中本・楠見[13]で報告された名詞隠喩表現の中から主題だけを取り出し、30 語用意した。主題に付与される特徴は、[13]で報告された名詞隠喩表現を名詞直喩表現に変更して参加者に呈示し得られた解釈のなかで、出現頻度の高い上位 3 つの解釈を用いた[14]。実験 1 で用いた刺激の具体例を表 1 に示す。

表 1. 実験で用いた刺激の具体例

実験	特徴	文
実験 1	1 つ	彼女の皮肉は人を傷つける
	2 つ	彼女の皮肉は人を傷つけて、鋭い
	3 つ	彼女の皮肉は人を傷つけて、鋭く、心に刺さる
	1 つ	このつららは美しい
	2 つ	このつららは美しく、透明だ
	3 つ	このつららは美しく、透明で、繊細だ
実験 2	1 つ	この雑巾は固い
	2 つ	この雑巾は固く、汚い
	3 つ	この雑巾は固く、汚く、臭い
	1 つ	この議論は勝ち負けを決める
	2 つ	この議論は勝ち負けを決め、対立する
	3 つ	この議論は勝ち負けを決め、対立し、激しい

手続き 参加者は web 上で課題に取り組んだ。参加者は言い換え課題、言い換え文の比喩性評価課題の順に取り組んだ。

言い換え課題において、参加者は、主題に特徴が付与された文（例 : 彼女の皮肉は人を傷つけて、鋭い）が呈示され、その文の最も適切な言い換えを自由記述

で回答することが求められた。教示では、『あの男は孤独だ』という文を呈示し、「あの男はひとりぼっちだ」といった字義表現を用いても良いし、「あの男は狼だ」といった比喩表現を用いても良いと説明した。また、呈示された文が複数の特徴を含む場合には、すべての特徴を適切に言い換える表現を考えて回答するよう教示した。

言い換え文の比喩性評価課題において、参加者は、言い換え課題で自身の作成した表現と言い換えた元の表現が呈示された。そして、自身の作成した表現が字義（文字通りの意味を用いて説明すること）であるか、比喩（あることをそれと類似した別の物事を用いて説明すること）であるか、それ以外の表現であるかを回答することが求められた。

実験計画　主題に付与される特徴の数（1 つ, 2 つ, 3 つ）を要因とする 1 要因 3 水準参加者内計画であった。

言い換え文の分類方法　言い換え課題で参加者から得られる言い換え文は、第一著者と第二著者によって名詞隠喩/名詞直喩/その他隠喩/その他直喩/字義/それ以外のいずれかの分類ラベルに分類された。分類は 5 つの段階を通して行われた。

第一段階では、主題と主題に付与される特徴から構成される文 30 個に対する、参加者 114 名の言い換え表現の全て（3,420 個）を第一著者が確認し、18 個の分類基準を抽出した。分類基準は「主題と異なるカテゴリの名詞（句）で説明されている」のような文で示され、「彼女の皮肉はナイフだ」のような具体例 1 文とセットで整理された。参加者の回答は名詞隠喩・名詞直喩・字義に加えて、動詞句からなるが主題と異なるカテゴリからの派生的な意味が用いられている回答（例：彼女の皮肉は切れ味がある）などの名詞比喩ではない比喩的回答（その他隠喩、その他直喩）や、誤字などの理由から意味が通らない回答（例：あの雨雲はあらしい）といったそれ以外の回答が見られた。このことを踏まえて、以降の分析では、参加者の回答を名詞隠喩/名詞直喩/その他隠喩/その他直喩/字義/それ以外のいずれかの分類ラベルに分類することとした。

第二段階では、第一著者と第三著者で、作成したそれぞれの分類基準が名詞隠喩/名詞直喩/その他隠喩/その他直喩/字義/それ以外のどの分類ラベルに分類されるかを独立に分類した。分類の際には分類基準と具体例を参照して分類を行った。

第三段階では、分類結果について第一著者と第三著者で合議し、分類基準を決定した。

第四段階では、3,420 個の回答から抽出した 720 個の言い換え表現について、条件を伏せて第一著者と第二著者で分類した。抽出の際には、各主題（30 種）について重複のない回答のみを残し、その中から各主題に付与される特徴の数の条件から 8 個の回答をランダムに抽出した。分類者間の分類の一貫性を確認するため、Fleiss's Kappa を算出したところ.82（$z = 43.4$, $p < .001$）であり、高い分類一致率が確認された。その後、分類不一致があった回答について合議し、不一致を解消した。

最後に、第五段階では、残りすべての回答について条件を伏せて第一著者が分類を行った。

2.2. 結果

言い換え課題　参加者が作成した言い換え文の分類結果を表 2 に示す。

表 2. 言い換え文の分類結果（$N = 3,420$）

	主題に付与される特徴の数		
分類ラベル	1 つ	2 つ	3 つ
名詞隠喩	79	73	80
名詞直喩	191	292	325
字義	788	656	542
その他直喩	61	70	99
その他隠喩	18	45	87
それ以外	3	4	7

以降の分析では、表 2 の結果を踏まえて、特に関心のある、字義に対する名詞比喩の割合と、字義に対する比喩の割合についての条件毎の比較を行う。

字義に対する名詞比喩の割合を明らかにするため、分類結果を名詞比喩（名詞隠喩/名詞直喩）、字義、そしてその他（その他隠喩/その他直喩/それ以外）にまとめた。主題に付与される特徴の数の条件ごとの名詞比喩/字義/その他の回答割合を図 1 に示す。主題に付与される特徴数の水準間における名詞比喩の選択割合を確認するために、混合効果ロジスティック回帰モデルを用いて解析を行った。固定効果として特徴 1 つ条件を reference level とするダミーコーディングを行った。加えて、変動効果として参加者と刺激のそれぞれについて切片の変動を投入した。従属変数は、名詞比喩を選択した場合を 1 とし、それ以外を選択した場合を 0 とした。その結果、特徴 2 つ-特徴 1 つ（$b = 0.68, SE = 0.12, z = 5.72, p < .001$）も特徴 3 つ-特徴 1 つ（$b = 0.93, SE = 0.12, z = 7.82, p < .001$）のどちらも有意であった。さら

に、固定効果として特徴2つ条件を reference level とするダミーコーディングを行った同様の解析の結果、特徴3つ-特徴2つ（$b = 0.25, SE = 0.11, z = 2.20, p < .05$）も有意であった。

これらの結果から、主題に付与される特徴の数が増えるほど名詞比喩の産出が促進されることが示された。

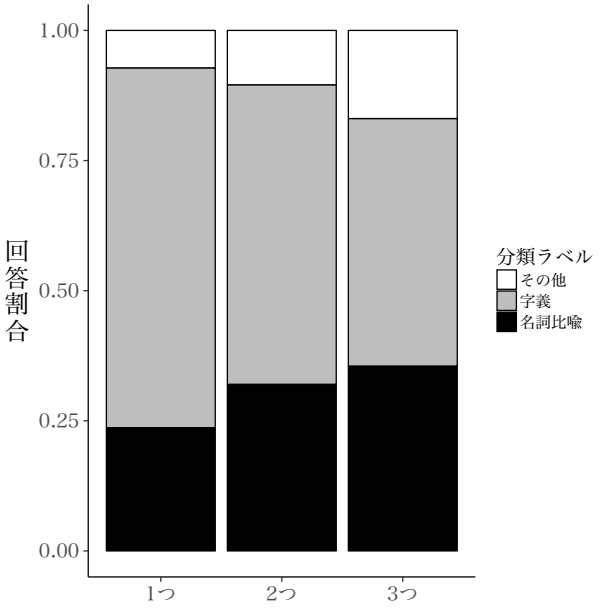


図1. 名詞比喩の選択割合（N= 114, 実験1）

続いて、字義に対する比喩の割合を明らかにするため、分類結果を比喩（名詞隠喩/名詞直喩/その他隠喩/その他直喩）、字義、そしてそれ以外にまとめた。主題に付与される特徴の数の条件ごとの比喩/字義/それ以外の回答割合を図2に示す。主題に付与される特徴の数の水準間の比喩の選択割合の差異を確認するために、混合効果ロジスティック回帰モデルを用いて解析を行った。モデルの従属変数は比喩を選択した場合を1とし、それ以外の選択肢を選択した場合を0とし、それ以外の設定は字義に対する名詞比喩の割合で検討したモデルと同じものを用いた。その結果、特徴2つ-特徴1つ（$b = 0.74, SE = 0.11, z = 6.90, p < .001$）も特徴3つ-特徴1つ（$b = 1.32, SE = 0.11, z = 12.14, p < .001$）のどちらも有意であった。さらに、固定効果として特徴2つ条件を reference level とするダミーコーディングを行った同様の解析の結果、特徴3つ-特徴2つ（$b = 0.58, SE = 0.10, z = 5.65, p < .001$）も有意であった。

これらの結果から、主題に付与される特徴の数が増えるほど比喩の産出が促進されることが示された。

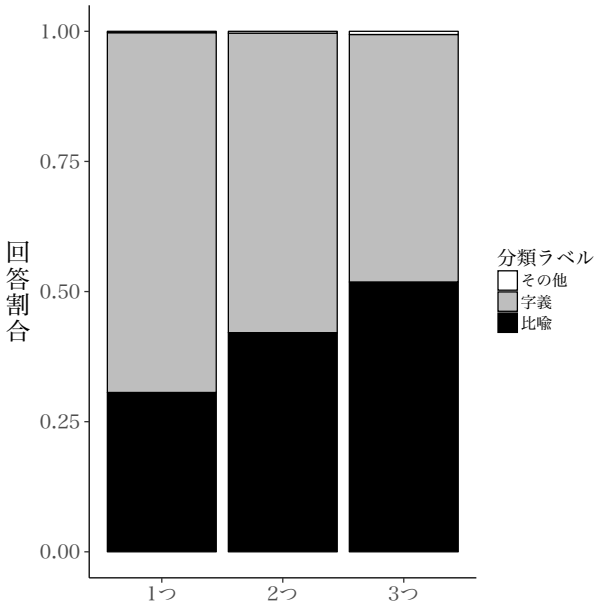


図2. 比喩の選択割合（N= 114, 実験1）

言い換え文の比喩性評価課題　続いて、主題に付与される特徴の数が、自分で作成した言い換え表現に対する比喩性の判断に与える影響を検討する。主題に付与される特徴の数の条件ごとの、参加者の言い換え文に対する分類（比喩/字義/それ以外）の回答割合を図3に示す。主題に付与される特徴の数の水準間の比喩の選択割合の差異を確認するために、言い換え課題の字義に対する比喩の割合を明らかにするために用いた混合効果ロジスティック回帰モデルを用いて解析を行った。その結果、特徴2つ-特徴1つ（$b = 0.74, SE = 0.11, z = 6.90, p < .001$）も特徴3つ-特徴1つ（$b = 1.31, SE = 0.11, z = 12.14, p < .001$）のどちらも有意であった。さらに、固定効果として特徴2つ条件を reference level とするダミーコーディングを行った同様の解析の結果、特徴3つ-特徴2つ（$b = 0.58, SE = 0.10, z = 5.65, p < .001$）も有意であった。

これらの結果から、主題に付与される特徴の数が増えるほど比喩であると参加者が判断した文の割合が増えることが示された。

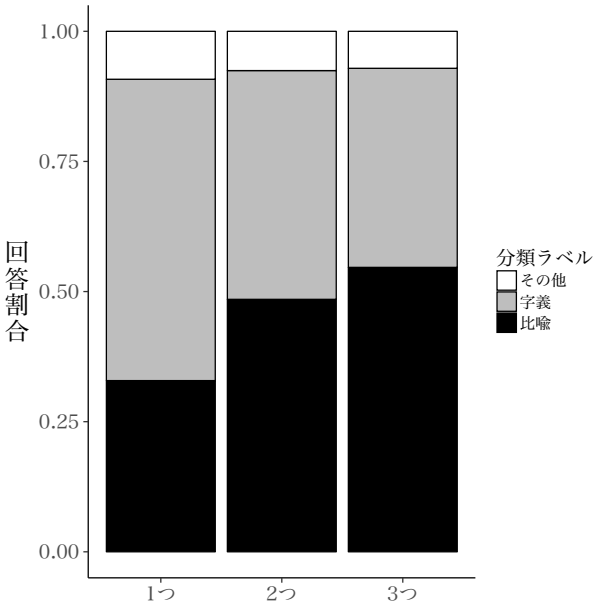


図 3. 言い換え文の比喩性評価課題の選択割合
（N= 114, 実験 1）

2.3. 考察

実験 1 の結果から、主題に付与された特徴の数が増えるほど字義表現に対する比喩表現の産出割合が、研究者による分類でも、参加者自身による分類でも、増加することが明らかになった。このことは、主題に付与された特徴の数が増えるほど比喩の産出が促進されることを示唆している。

3. 実験 2

実験 2 は実験 1 の概念的追試を行う。具体的には、刺激の変更、実験 1 の分類基準を用いた分類、そして刺激の提示順序のカウンタバランスを行い、実験 1 の結果を追試できるか検討する。

3.1. 方法

参加者 クラウドソーシングによって集められた 114 名（男性 54 名、女性 60 名; 21～61 歳、平均年齢 38.9 歳）の参加者が参加した。

刺激 実験 1 と同様に、中本・楠見[13]で報告された名詞隠喩表現から選別された主題 30 語と、岡・大島・楠見[14]で得られた出現頻度の高い上位 3 つの解釈を用いた。ただし、実験 2 では実験 1 で用いていない新しい刺激を用いた。実験 2 の刺激の具体例を表 1 に示した。

手続き 実験 1 と同様であった。ただし、実験 2 では実験 1 と異なり、刺激の提示順序をカウンタバランスしたリストも用いた。

実験計画 実験 1 と同様であった。

言い換え文の分類方法 はじめに、第一著者と第二著者で、3,420 個の回答から抽出した 720 個の言い換え表現について条件を伏せて分類した。抽出の方法は実験 1 と同様であった。分類者間の分類の一貫性を確認するため、Fleiss's Kappa を算出したところ.82（z= 38.5, p< .001）であり、高い分類一致率が確認された。その後、分類不一致があった回答について合議し、不一致を解消した。その後、実験 1 と同様に、残りすべての回答について条件を伏せて第一著者が分類を行った。

3.2. 結果

言い換え課題 参加者が作成した言い換え文の分類結果を表 3 に示す。

表 3. 言い換え文の分類結果（N= 3,420）

	主題に付与される特徴の数		
分類	1 つ	2 つ	3 つ
名詞隠喩	95	97	105
名詞直喩	193	337	364
字義	668	476	393
その他直喩	151	158	152
その他隠喩	30	67	123
それ以外	3	5	3

以降の分析では、実験 1 と同様に、表 3 の結果を踏まえて、特に関心のある、字義に対する名詞比喩の割合と、字義に対する比喩の割合について条件毎の比較を行う。

字義に対する名詞比喩の割合を明らかにするため、分類結果を名詞比喩（名詞隠喩/名詞直喩）、字義、そしてその他（その他隠喩/その他直喩/それ以外）にまとめた。主題に付与される特徴の数の条件ごとの名詞比喩/字義/その他の回答割合を図 4 に示す。解析は実験 1 と同様の混合効果ロジスティック回帰モデルを用いて行った。その結果、特徴 2 つ-特徴 1 つ（b = 0.87, SE = 0.11, z = 7.88, p < .001）も特徴 3 つ-特徴 1 つ（b = 1.06, SE = 0.11, z = 9.62, p < .001）のどちらも有意であった。また、固定効果として特徴 2 つ条件を reference level とするダミーコーディングを行った同様の解析の結果、特徴 3 つ-特徴 2 つは有意傾向であった（b = 0.19, SE = 0.10, z = 1.86, p = .06）。

これらの結果から、実験 1 と同様に、主題に付与される特徴の数が増えるほど名詞比喩の産出が促進されることが示された。

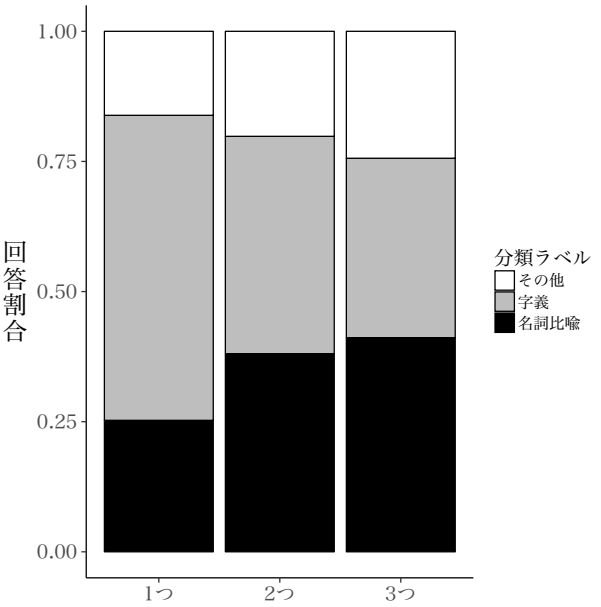


図 4. 名詞比喩の選択割合（N= 114, 実験 2）

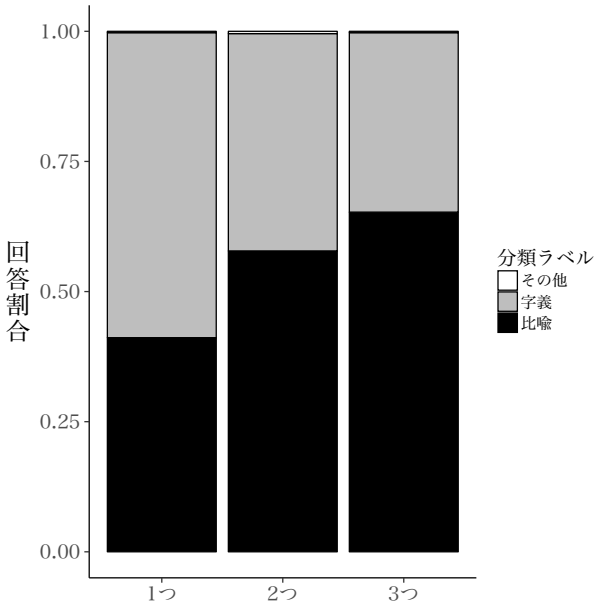


図 5. 比喩の選択割合（N= 114, 実験 2）

続いて、字義に対する比喩の割合を明らかにするため、分類結果を比喩（名詞隠喩/名詞直喩/その他隠喩/その他直喩）、字義、そしてそれ以外にまとめた。主題に付与される特徴の数の条件ごとの比喩/字義/それ以外の回答割合を図 5 に示す。解析は実験 1 と同様の混合効果ロジスティック回帰モデルを用いて行った。その結果、特徴 2 つ-特徴 1 つ（$b = 0.88, SE = 0.10, z = 9.02, p < .001$）も特徴 3 つ-特徴 1 つ（$b = 1.29, SE = 0.10, z = 12.86, p < .001$）のどちらも有意であった。さらに、固定効果として特徴 2 つ条件を reference level とするダミーコーディングを行った同様の解析の結果、特徴 3 つ-特徴 2 つ（$b = 0.41, SE = 0.10, z = 4.18, p < .001$）も有意であった。

これらの結果から、実験 1 と同様に、主題に付与される特徴の数が増えるほど比喩の産出が促進されることが示された。

言い換え文の比喩性評価課題　主題に付与される特徴の数の条件ごとの、参加者の言い換え文に対する分類（比喩/字義/それ以外）の回答割合を図 5 に示す。解析は実験 1 と同様の混合効果ロジスティック回帰モデルを用いて解析を行った。その結果、特徴 2 つ-特徴 1 つ（$b = 0.85, SE = 0.10, z = 8.57, p < .001$）も特徴 3 つ-特徴 1 つ（$b = 1.17, SE = 0.10, z = 11.68, p < .001$）のどちらも有意であった。さらに、固定効果として特徴 2 つ条件を reference level とするダミーコーディングを行った同様の解析の結果、特徴 3 つ-特徴 2 つ（$b = 0.32, SE = 0.10, z = 3.32, p < .001$）も有意であった。

これらの結果から、実験 1 と同様に、主題に付与される特徴の数が増えるほど比喩であると参加者が判断した文の割合が増えることが示された。

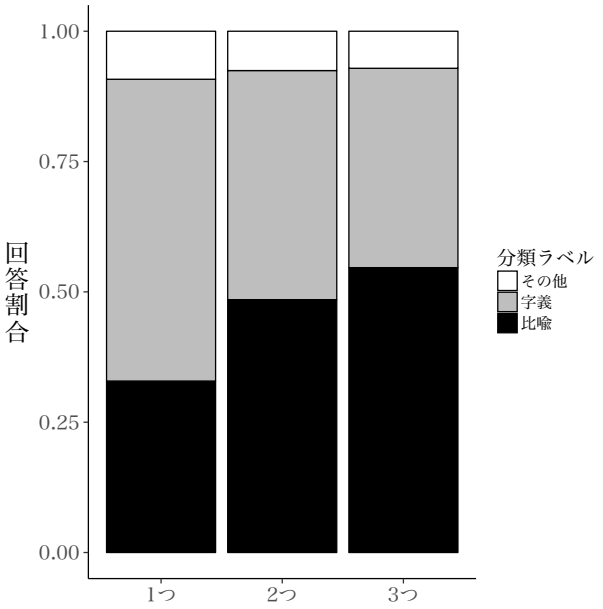


図 6. 言い換え文の比喩性評価課題の選択割合
（N= 114, 実験 2）

3.3. 考察

実験 2 の結果から、実験 1 と同様に、主題に付与された特徴の数が増えるほど字義表現に対する比喩表現の産出割合が、研究者による分類でも、参加者自身による分類でも、増加することが明らかになった。このことは、主題に付与された特徴の数が増えるほど比喩の産出に影響することを示唆している。また、実験 1 で作成した分類種類と分類基準は信頼できるものであり、それは提示刺激の種類によらないことが示唆された。

4. 総合考察

本研究では主題に付与された特徴の数が比喩表現の産出に与える影響を検討した。実験 1 と実験 2 のどちらにおいても、主題に付与された特徴の数が増えるほど、字義表現に対する比喩表現の産出割合が増加することが明らかになった。これらの結果は、主題に付与される特徴の数が多くなるほど、比喩表現による回答が増えるという予測を支持した。

比喩表現の選好の先行研究[10]は、主題に付与された特徴の数が増えるほど名詞比喩表現の選好が高まることを示してきた。比喩表現の選好研究は、私たちがどのような場で比喩を用いるかについて、選択肢が与えられた場合には主題に付与された特徴の数が影響することを明らかにしてきた。これに対して本研究は、自由に表現を産出できる場面においても、主題に付与された特徴の数が比喩の産出割合を高めることを示した。

Fainsilber & Ortony[5]は、気持ちのように、直接対応する字義が存在しない対象については、比喩が用いられることを示唆してきた。また、Fussell & Krauss[7]は、抽象的な線画を説明する場合に、比喩的な説明が字義的な説明よりも多く用いられることを報告した。先行研究は、気持ちや線画のよう主題を対象として比喩表現が用いられる可能性についての仮説である、表現不可能仮説や簡潔性仮説を支持してきた。しかしながら、先行研究の結果からは、ほかの主題領域にも適用可能かは明らかになっていなかった。これに対して、本研究では、主題について特徴が付与された説明文の言い換え課題においても、特徴が複数ある場合には特徴が 1 つの場合よりも、名詞比喩表現の産出割合が増えることを示した。本研究はこの意味で、言語的な説明を対象として比喩表現の表現不可能仮説や簡潔性仮説を支持する結果を得た研究と位置付けられる。

最後に、本研究ではまだ明らかにできていない点について述べる。本研究の実験 1 では、実験開始前に参加者からどのような種類の回答が得られるかについて仮説を持っていなかったため、言い換え課題の参加者の回答が得られてからボトムアップに回答基準を作成することとした。その結果、名詞比喩に分類されないその他隠喩やその他直喩などの回答も得られた。紙幅の都合でこれらの回答の統計的な分析結果については省略しているが、表 1 と表 2 から明らかなように、その他隠喩は主題に付与される特徴の数が増えるほどに回答割合が増えている。名詞比喩表現と同様の複数の特徴を説明しうる機能が、動詞比喩や形容詞比喩でも持たれているのかは明らかになっていない。今後は名詞比喩以外の比喩表現の産出について説明可能な比喩の処理モデルの提案が必要となる。

参考文献

[1] Chiappe, D. L., & Chiappe, P. (2007). The role of working memory in metaphor production and comprehension. *Journal of Memory and Language*, 56, 172-188.

[2] Pierce, R. S., & Chiappe, D. L. (2009). The role of aptness, conventionality, and working memory in the production of metaphors and similes. *Metaphor and Symbol*, 24, 1–19.

[3] Utsumi, A., & Sakamoto, M. (2014). Discourse goals affect the process and product of nominal metaphor production. *Journal of Psycholinguistic Research*, 43(3), 1–17.

[4] Ortony, A. (1975). Why metaphors are necessary and not just nice. *Educational Theory*, 25, 45–53.

[5] Fainsilber, L., & Ortony, A. (1987). Metaphorical uses of language in the expression of emotions. *Metaphor and Symbol*, 2(4), 239–250.

[6] Williams-Whitney, D., Mio, J., & Whitney, P. (1992). Metaphor production in creative writing. *Journal of Psycholinguistic Research*, 21(6), 497–509.

[7] Fussell, S., & Krauss, R. (1989). The effects of intended audience on message production and comprehension: Reference in a common ground framework. *Journal of Experimental Social Psychology*, 25, 203–219.

[8] Fussell, S., & Krauss, R. (1989). Understanding friends and strangers: The effects of audience design on message comprehension. *European Journal of Social Psychology*, 19, 509–525.

[9] Glucksberg, S. (1989). Metaphors in conversation: How are they understood? why are they used? *Metaphor and Symbol*, 4(3), 125–143.

[10] 岡隆之介・楠見孝 (2018). 話し手の比喩表現の選択に与える主題-喩辞の共有特徴の量. 日本認知心理学会第16回大会, pO5-004.

[11] Glucksberg, S., McGlone, M. ., & Manfredi, D. (1997). Property Attribution in Metaphor Comprehension. *Journal of Memory and Language*, 36(1), 50–67.

[12] Glucksberg, S., & Keysar, B. (1990). Understanding metaphorical comparisons : Beyond similarity. *Psychological Review*, 97(I), 3–18.

[13] 中本敬子・楠見孝 (2004). 比喩材料文の心理的特性と分類-基準表作成の試み-. 読書科学, 48(1), 1‐10.

[14] 岡隆之介・大島裕明・楠見孝 (2019). 比喩研究のための直喩刺激-解釈セット作成および妥当性の検討. 心理学研究, 90(1), 53–62.

因果構造が説明の満足度に与える影響に関する実験的検討

An experimental study on the effect of causal structure on explanation preference

下條 朝也†, 三輪 和久†, 寺井 仁‡
Asaya Shimojo, Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai

†名古屋大学, ‡近畿大学
Nagoya University, Kindai University
shimojo@cog.human.nagoya-u.ac.jp

1. 背景

人間は，どのような説明を良いと感じるのだろうか．この問いに対して，「C が E を引き起こした」という因果的説明における構造の特徴が，その説明の満足度の評価に影響することが知られている．

説明の満足度に影響すると言われている構造的特徴は，explanatory virtue と呼ばれる．本研究では，代表的な virtue である Simplicity と Scope の 2 つが，説明の満足度に与える影響について検討する．具体的には，ある説明の満足度が，対立説明によってどのように影響されるのかを，explanatory virtue の観点から検討した． 以下に，本研究における Simplicity と Scope の定義を示す．

Simplicity は，生じた事象 (結果) を説明するために用いる原因の数を指す [2]. その数がより少ない説明を“Simple”，より多いものを“Complex”と呼び，前者の方が，後者よりも満足度が高くなることが期待される．

Scope は，Manifest scope と Latent scope の 2 つに大別される．Manifest scope は，原因が引き起こす事象の数を指す [3]. その数がより多い説明を“Wide”，より少ないものを“Narrow”と呼ぶ．一方，Latent scope は，原因が引き起こすと予測した事象のうち，未観測のものを指す [4]. 本実験では，Latent scope を含まない説明を“Manifest”，含むものを“Latent”と呼ぶ．このとき，前者 (Wide, Manifest) の方が後者 (Narrow, Latent) よりも満足度が高くなることが期待される．

2. 実験

本実験は，比較対象によって，virtue の満足度に対する影響度がどのように変動するかを検討する．具体的には, 比較対象となる説明がない状態でのある説明 (ターゲット説明) の満足度と, 比較対象がある状態でのその満足度を比較する．このとき，以下の 2 つの仮説を立て，どちらの仮説が支持されるかを検討した．

仮説 1: 比較する説明 (対立説明) がターゲット説明よりも規範的に良い場合にはターゲット説明の満足度は低下し，悪い説明と比較した場合には上昇する．

仮説 2: 規範的な良さに関わらず対立説明の，存在自体がターゲット説明の満足度を低下させる．

2.1. 方法

名古屋大学の学部生 72 人が参加し，単独評価群と並列評価群にランダムに振り分けられた．

本実験は Web ブラウザ上で実施された．ブラウザの各ページに説明文が提示され，参加者は各説明の満足度を 1 (とても不満足) ～7 (とても満足) で回答した．単独評価群は 8 個の，並列評価群は 6 組 (計 12 個) の説明に対して回答した. ただし, 一度行った回答を変更することは禁じられた．各群で用いた説明の因果構造の内訳を表 1, 2 に示す.

具体例として，単独評価群の参加者に対して提示された説明のうち，Simple & Narrow な因果構造を持つもの (表 1-1 に該当) の課題概要を以下に示す. 参加者は，「ある病気 X は，症状 α を引き起こす．ある患者を診察した結果，症状 α が観察された．その結果，医師 A は，その患者は病気 X を罹患していると診断した」という内容の文章を読んだ後,「あなたは，医師 A の診断に，どのくらい満足できますか？」という問いに 1～7 のいずれかで回答した．

表 1　単独評価群で用いた説明の因果構造

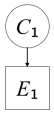
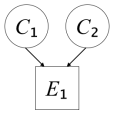
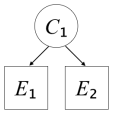
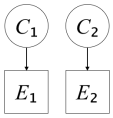
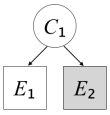
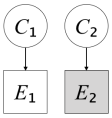
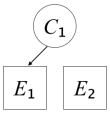
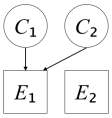
1	2	3	4	5	6	7	8
							

表 2　並列評価群で用いた説明の因果構造の組み合わせ

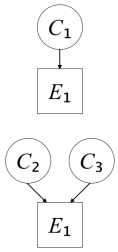
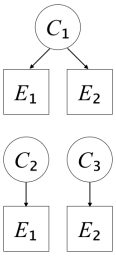
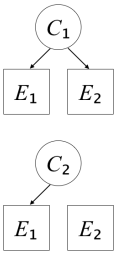
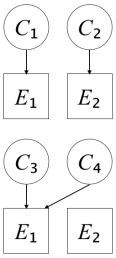
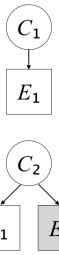
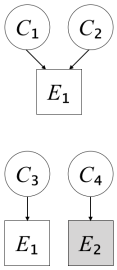
1	2	3	4	5	6
					

表 3　基礎統計量

	Case	Structure	*Mean* (*SD*)
単独評価	1	Simple & Narrow	5.595 (1.279)
	2	Complex & Narrow	5.568 (1.345)
	3	Simple & Wide	5.784 (1.436)
	4	Complex & Wide	5.324 (1.564)
	5	Simple & Latent	3.378 (1.421)
	6	Complex & Latent	2.162 (1.191)
	7	Simple & Not-good	3.757 (1.690)
	8	Complex & Not-good	3.946 (1.632)
並列評価	1	Simple & Narrow	4.378 (1.163)
		Complex & Narrow	4.243 (1.211)
	2	Simple & Wide	4.595 (1.257)
		Complex & Wide	3.973 (1.280)
	3	Simple & Wide	5.703 (0.812)
		Simple & Not-good	2.784 (0.947)
	4	Complex & Wide	4.919 (1.320)
		Complex & Not-good	3.324 (1.313)
	5	Simple & Manifest	4.486 (1.096)
		Simple & Latent	3.865 (1.437)
	6	Complex & Manifest	4.730 (1.217)
		Complex & Latent	3.351 (1.111)

表 4　分析結果と仮説の検証

	Structure	予測	結果	
仮説1	Simple & Narrow	単独 (表1-Case1) < 並列 (表2-Case1 上:)	-	Disconfirmed
		単独 (表1-Case1) < 並列 (表2-Case5 上:)	-	Disconfirmed
	Complex & Narrow	単独 (表1-Case2) > 並列 (表2-Case1 下)	0.001 ***	Confirmed
		単独 (表1-Case2) < 並列 (表2-Case6 上:)	-	Disconfirmed
	Simple & Wide	単独 (表1-Case3) < 並列 (表2-Case2 上:)	-	Disconfirmed
		単独 (表1-Case3) < 並列 (表2-Case3 上:)	0.954 *n.s.*	Not-Confirmed
	Complex & Wide	単独 (表1-Case4) > 並列 (表2-Case2 下)	0.001 ***	Confirmed
		単独 (表1-Case4) < 並列 (表2-Case4 上:)	0.426 *n.s.*	Not-Confirmed
	Simple & Latent	単独 (表1-Case5) > 並列 (表2-Case5 下)	0.147 *n.s.*	Not-Confirmed
	Complex & Latent	単独 (表1-Case6) > 並列 (表2-Case6 下)	-	Disconfirmed
	Simple & Not-good	単独 (表1-Case7) > 並列 (表2-Case3 下)	0.003 ***	Confirmed
	Complex & Not-good	単独 (表1-Case8) > 並列 (表2-Case4 下)	0.075 †	Confirmed
仮説2	Simple & Narrow	単独 (表1-Case1) > 並列 (表2-Case1 上:)	0.001 ***	Confirmed
		単独 (表1-Case1) < 並列 (表2-Case5 上:)	0.001 ***	Confirmed
	Complex & Narrow	単独 (表1-Case2) > 並列 (表2-Case1 下)	0.001 ***	Confirmed
		単独 (表1-Case2) < 並列 (表2-Case6 上:)	0.001 ***	Confirmed
	Simple & Wide	単独 (表1-Case3) < 並列 (表2-Case2 上:)	0.001 ***	Confirmed
		単独 (表1-Case3) < 並列 (表2-Case3 上:)	0.954 *n.s.*	Not-Confirmed
	Complex & Wide	単独 (表1-Case4) > 並列 (表2-Case2 下)	0.001 ***	Confirmed
		単独 (表1-Case4) < 並列 (表2-Case4 上:)	0.426 *n.s.*	Not-Confirmed
	Simple & Latent	単独 (表1-Case5) > 並列 (表2-Case5 下)	0.147 *n.s.*	Not-Confirmed
	Complex & Latent	単独 (表1-Case6) > 並列 (表2-Case6 下)	-	Disconfirmed
	Simple & Not-good	単独 (表1-Case7) > 並列 (表2-Case3 下)	0.003 ***	Confirmed
	Complex & Not-good	単独 (表1-Case8) > 並列 (表2-Case4 下)	0.075 †	Confirmed

†: $p < .100$, *: $p < .050$, **: $p < .010$, ***: $p < .001$

3.　結果 & 考察

単独評価群が回答した説明の満足度と，並列評価群が回答した同様の因果構造を持つ説明の満足度を，分散分析を用いて比較した (表 4)．その結果，全 12 組の比較のうち，仮説 1 は 4 組が支持し，5 組が棄却した一方，仮説 2 は 8 組が支持し，1 組が棄却した．このことから，相対的に仮説 2 が支持されたと言える．したがって，因果構造が説明の満足度に与える効果は，相対的に決まる規範的な良さによって変化するのではなく，説明同士を比較することで弱められる可能性がある．

文献

[1] Lombrozo, T. (2007). Simplicity and probability in causal explanation. *Cognitive Psychology*, 55, 232–257.

[2] Read, S.J., & Marcus-Newhall, A. (1993). Explanatory coherence in social explanations: A parallel distributed processing account. *Journal of Personality and Social Psychology*, 65, 429–447.

[3] Khemlani, S.S., Sussman, A.B., & Oppenheimer, D.M. (2011). Harry Potter and the sorcerer's scope: Latent scope biases in explanatory reasoning. *Memory & Cognition*, 39, 527–535.

ロボットの見聞経験と個人要因との関連
Relationships between Experiences of Robots and Personal Factors

野村 竜也，堀井 駿
Tatsuya Nomura, Shun Horii

龍谷大学
Ryukoku University
nomura@rins.ryukoku.ac.jp

概要

掃除ロボット・人型ロボット・ペット型ロボットについての見聞経験の現状およびそれに影響を与える個人要因の探索を目的として、オンラインでの質問紙調査を行った。結果として、ロボットの見聞経験、見聞経験と年齢の関係、主要な情報源と見聞経験の関係がロボットの種類によって異なることが見いだされた。特に、主要な情報をインターネットとするか否かがペット型ロボットの見聞経験において影響を持つことが示唆された。

キーワード: ロボット、見聞経験、個人要因、主要情報源

1. はじめに

近年、Roomba のような掃除ロボット、aibo のようなペット型ロボット、Pepper のような人型ロボットがマスメディア、インターネット、および日常の現実空間に登場している。一方、野村総合研究所が 2015 年に行ったオンライン調査[1]では、アメリカ・ドイツと比較して、日本社会が特別ロボットに関する経験や許容度が高いとは言えない結果となっている。この現状において、どのようなタイプのロボットがどのような形で経験されているのか、またその経験に影響を与える要因は何かということについては、十分には明らかにされていない。

また、既存研究[2][3]において、現実空間でのロボットの経験は否定的な態度を抑制することが示唆されている。そのため、今後の社会におけるロボットの浸透を考察する上で、ロボットに関する経験の現状とその影響要因を把握しておくことは重要と考えられる。

本研究では、現状において最も代表的なものと考えられる掃除ロボット・人型ロボット・ペット型ロボットについての見聞経験の現状およびそれに影響を与える個人要因の探索を目的として、オンラインでの質問紙調査を行った。

2. 調査方法

調査会社への委託により、インターネット上での質問紙調査が 2019 年 11 月に実施された。参加者は調査会社の登録者から無作為抽出されたモニター500 名で、内訳は 20 代から 60 代の 5 つの年代それぞれにおいて男性 50 名・女性 50 名であった。

電子メールにより調査への回答依頼がなされ、WEB ページを介して回答が行われた。

3. 測定内容

まず「情報を入手するのが一番多い媒体」について「新聞」「TV」「インターネット」「ラジオ」「雑誌」から 1 つ選択することで回答を求めた。

次に、「ルンバのようなお掃除ロボット」「ペッパーのような等身大人型ロボット」「犬やアザラシ等のペット型ロボット」それぞれの見聞経験について、「実際に見たことがある」「映像（ＴＶやインターネット）で見たことがある」「見たことがない」の 3 件法で回答を求めた。各ロボットについての教示は先述の文章のみとし、画像・イラスト等は一切用いられなかった。

4. ロボットの見聞経験と個人属性との関連

図 1 に、3 種のロボットに関する見聞経験の分布を示す。ロボット種の間での見聞経験度合の比較のため、Friedman 検定を行ったところ、ロボット種の間で分布の違いが認められた（$\chi^2(2) = 296.527$, $p < .001$）。Bonferroni 補正に基づく Wilcoxon 検定による多重比較の結果、ペット型ロボットを「実際に見たことがある」割合は他のロボット種よりも低いことが認められた（掃除―ペット型間：$p < .001, r = .60$、人型―ペット型間：$p < .001, r = .60$）。

各ロボットの見聞経験と性別の 3×2 クロスによる χ^2 検定の結果、性別によるロボット見聞経験の偏りはどのロボット種においても認められなかった（掃除：$\chi^2(2) = 1.482$, *n.s.*、人型：$\chi^2(2) = 3.115$, *n.s.*、ペット型：$\chi^2(2) = 2.406$, *n.s.*）。

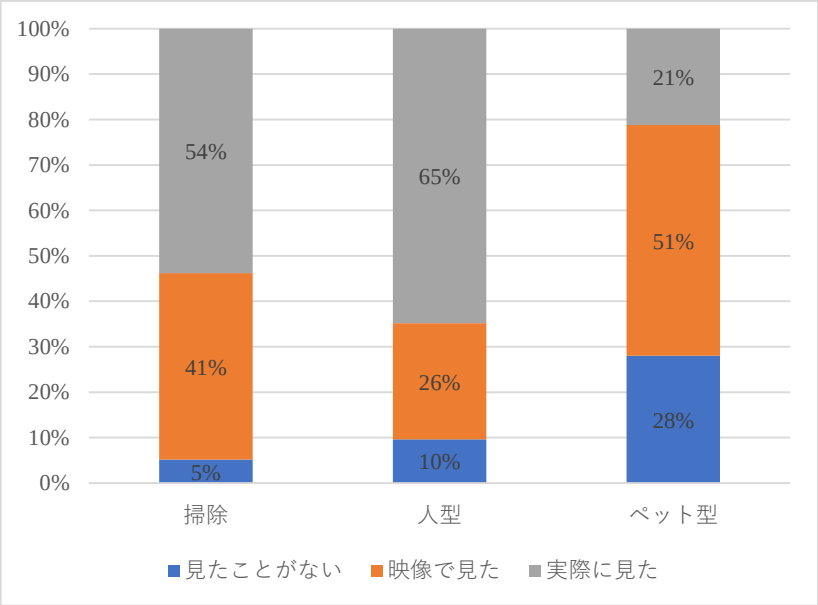


図 1　3 種のロボットに関する見聞経験の分布

年齢とロボットの見聞経験との関連を探索するため、年齢を従属変数、各ロボットの経験を独立変数とした 1 要因分散分析を行ったところ、掃除ロボットにおいては経験群間の有意差は認められず、経験と年齢の間の関係は認められなかった（$F = .164$, *n. s.*）。一方、等身大人型ロボットとペット型ロボットにおいて経験群間の有意差が認められた（人型：$F = 7.578$. $p = .001$. $\eta_p^2 = .030$、ペット型：$F = 3.635$. $p = .027$. $\eta_p^2 = .014$）。Bonferroni 法による多重比較の結果、どちらのロボットにおいても「映像で見たことがある」群の平均年齢が「実際に見たことがある」群よりも有意に高いことが認められた（人型：$p < .001$、ペット型：$p = .023$）。図 2 に、各ロボットの見聞経験群の年齢の平均と標準偏差を示す。

5.　情報の入手先との関連

情報の入手先を「インターネット」と回答した群（ネ

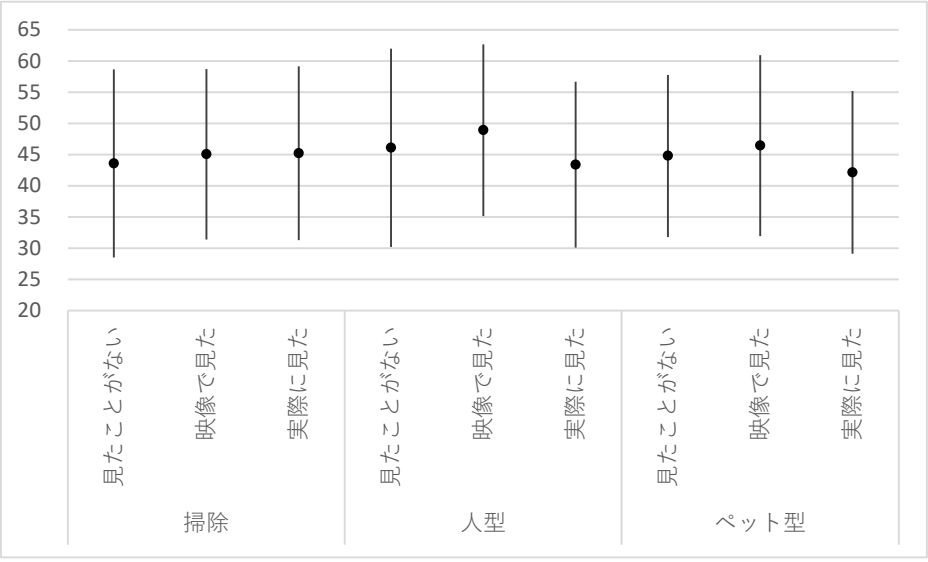


図 2　各ロボットの見聞経験群の年齢の平均と標準偏差

ット情報群：N = 313）とそれ以外の群（非ネット情報群：N = 187）にサンプルを分割し、性別・年代・ロボットの見聞経験それぞれとのクロス分析を行った。

性別とのクロスによる χ^2 検定を行った結果、男性におけるネット情報群の割合は女性よりも高い傾向が認められた。また、年代（5 水準）とのクロスによる χ^2 検定の結果、年代が上がるにつれてネット情報群の割合が低下していく傾向が認められた。表 1 および 2 に男女および年代とのクロス表および χ^2 検定の結果を示す。

さらに、各ロボットの見聞経験とのクロスによる χ^2 検定の結果、ペット型ロボットのみにおいて見聞経験が高いほどネット情報群の割合が高くなる傾向が認められた。表 3 に見聞経験とのクロス表および χ^2 検定の結果を示す。

6. 考察

今回の調査においては、ロボットの見聞経験、見聞経験と年齢の関係、主要な情報源と見聞経験の関係がロボットの種類によって異なることが見いだされた。今回でのデータでは、ペット型ロボットを実際に見たことのある人の割合が掃除ロボットや人型ロボットと比べて少ない傾向、ペット型ロボットにおいてのみ主要な情報をインターネットとするか否かがロボットの見聞経験と関連する傾向が認められた。性別は見聞経験と直接の関連は持たないものの、主要な情報をインターネットとするか否かと関連を持ち、間接的にペット型ロボットの見聞経験において影響を持つことも示唆された。

表 1　情報の主な入手先と性別とのクロス表および χ^2 検定の結果

		ネット情報群	非ネット情報群
男性	N	171	79
	%	68%	32%
女性	N	142	108
	%	57%	43%

$\chi^2(1) = 7.184$, $p = .007$, $V = .120$

表 2　情報の主な入手先と年代とのクロス表および χ^2 検定の結果

		ネット情報群	非ネット情報群
20 代	N	68	32
	%	68%	32%
30 代	N	70	30
	%	70%	30%
40 代	N	68	32
	%	68%	32%
50 代	N	60	40
	%	60%	40%
60 代	N	47	53
	%	47%	53%

$\chi^2(4) = 15.513$, $p = .004$, $V = .176$

表 3　情報の主な入手先とロボットの見聞経験とのクロス表および χ^2 検定の結果

		掃除			人型			ペット型		
		ネット情報群	非ネット情報群	合計	ネット情報群	非ネット情報群	合計	ネット情報群	非ネット情報群	合計
見たことがない	N	13	13	26	30	18	48	76	64	140
	%	50%	50%		63%	37%		54%	46%	
映像で見た	N	128	77	205	77	51	128	162	92	254
	%	62%	38%		60%	40%		64%	36%	
実際に見た	N	172	97	269	206	118	324	75	31	106
	%	64%	36%		64%	36%		71%	29%	

掃除：$\chi^2(2) = 1.972$, *n.s.*

人型：$\chi^2(2) = .460$, *n.s*

ペット型：$\chi^2(2) = 7.295$, $p = .026$, $V = .121$

ペット型ロボットにおいてのみ情報の主な入手先との関連が認められた理由は、今回の分析では推測は困難であるが、利用目的が明確な掃除ロボットや、人間との相似性が自然に喚起される人型ロボットと、何等かの理由で注意を引く点が異なる可能性が考えられる。また、これが他のロボットタイプと見聞経験の分布が異なること、年代と見聞経験に関連が見いだされたことに繋がっている可能性も考えられる。

ただし、今回の分析においては、見聞経験分布のロボット種間での差を除き、効果量は小さいものであった。そのため、今回の個人要因とロボット見聞経験との関連は、けっして強いものではないことには注意が必要である。

また、今回の分析においては性別・年齢・情報の入手先に個人要因が限定されているため、より内面的な個人特性については一切考慮されていない。ロボットの見聞経験や肯定的態度に関連する個人特性としては、BigFive に代表されるような性格特性[4]、自己効力感[5]、批判的思考態度[6]、メディアリテラシー[7]等が考えられる。これらの測定内容を含めたより詳細な調査が必要である。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金（課題番号 20H05573）の助成による。

文献

[1] H. Nitto, D. Taniyama, and H. Inagak (2017). Social Acceptance and Impact of Robots and Artificial Intelligence: Findings of Survey in Japan, the U.S. and Germany, NRI Papers No.211.
[2] Nomura, T. (2014). Influences of Experiences of Robots into Negative Attitudes toward Robots. Proc. 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2014), pp.460-464.
[3] Weiss, A., Bernhaupt, R., Tscheligi, M., & Yoshida, E. (2009). Addressing user experience and societal impact in a user study with a humanoid robot. Proc. 1st Symposium on New Frontiers in Human-Robot Interaction, pp.150-157.
[4] 並川 努, 谷 伊織, 脇田 貴文, 熊谷 龍一, 中根 愛, 野口 裕之. (2012). Big Five 尺度短縮版の開発と信頼性と妥当性の検討. 心理学研究, 83(2): 91-99.
[5] 坂野雄二, 東條光彦. (1986). 一般性セルフ・エフィカシー尺度作成の試み. 行動療法研究, 12: 73-82.
[6] 楠見 孝 (2013). よき市民のための批判的思考. 心理学ワールド, 61:.5-8.
[7] 高比良美詠子, 坂元章, 森津太子, 坂元桂, 足立にれか, 鈴木佳苗, 勝谷紀子, 小林久美子, 木村文香, 波多野和彦, 坂元昴. (2001). 情報活用の実践力尺度の作成と信頼性および妥当性の検討. 日本教育工学会論文誌, 24(4): 247-256.

萌芽期の日本語の物語文の特徴の考察
ー3 歳児の Frog Story の内容に着目してー
The Developmental Features of Frog Stories by 3-Year-Olds

稲葉　みどり
Midori Inaba

愛知教育大学
Aichi University of Education
mdinaba@auecc.aichi-edu.ac.jp

概要

本研究では、物語文の萌芽期の発達の特徴を内容面に着目して考察した。日本語を母語とする 3 歳前半と後半の幼児の物語文を KH Coder 3 を使用したテキストマイニングの手法により、頻出語、共起ネットワークを検出して分析した。その結果、絵本の各場面における主人公や登場動物の行動の絵描写的な内容から、行動の背景となる場面についても空間的、時間的な視点から言及し、主人公の心情にも触れる発達過程が明らかになった。

キーワード：物語文、Frog Story、頻出語、共起ネットワーク、局所構造

1. 研究の目的と背景

本研究では、日本語を第一言語（母語）とする子どもの物語文の発達過程を探る。題材となる物語は、文字のない絵本 Frog, Where Are you ?（Mayer, 1969）である。この絵本は、言語習得研究の世界では、Frog Story 研究として知られている。

この絵物語は、最初 Berman & Slobin (1994)により第一言語発達の研究として用いられたが、その後、第一言語、第二言語の物語文の研究において世界の多くの言語の題材となった。

本研究では、物語文の萌芽期の発達に焦点を絞り、3 歳前半の幼児（以下、3 歳前半児）と 3 歳後半の幼児（以下、3 歳後半児）の物語文を内容面から分析し、発達の特徴を明らかにする。

内容面の分析は、KH Coder 3 を使用したテキストマイニングの手法を用いて行う。頻出語や頻出語の共起ネットワークを検出し、物語文の内容を可視化して分析することにより、物語談話の構成能力の発達について新たな知見を得ることをめざしている。

2. 先行研究

稲葉（2017）は、日本人の 3〜11 歳までの子どもの物語文の発達を年齢による発話数、単語数、形態素数、平均発話長の推移の観点から分析し、発話数の変化は全年齢であまり大きく増加しないこと、単語数、形態素数は 3〜5 歳で著しく増加すること、平均発話長は、3〜5 歳で増加が見られ、5 歳で大人の値に近づくこと等を明らかにしている。また、Inaba (1999)は、第一言語発達において言語知識の発達は比較的早期で、3 歳頃にはすでに物語の出来事を描写できる言語知識を備えていることを報告している。Inaba（2001）は、物語文の局所構造を構成する能力は 3 歳頃から現れ、主に 5 歳ごろまでに発達すること、局所構造を構成する能力は、全体構造を構成する力よりも早期に発達すること、この能力は 3 歳頃から現れ、主に 5 歳ごろまでに発達し、9 歳頃までにはほぼ完成すること提示している。

以上の研究では物語の内容面を分析することは行っていないので、本研究では、物語文の発達を内容の充実という観点から考察する。特に 3 歳という早期の発達に着目し、物語文の萌芽がどのように現れるかを探る。

3. 研究の方法

分析の対象は、3 歳児 10 人の物語文（Frog Story）である。萌芽期の発達を見るため「3 歳前半児」と「3 歳後半児」のグループに分けて分析した。3 歳前半児のグループは月齢は 3 歳 2 か月から 3 歳 4 か月までの 4 人である。3 歳後半児のグループは、月齢は、3 歳 8 か月から 3 歳 11 か月までの 6 人である。物語文（テキスト）の分析は、樋口（2014, 2017）を参考に、KH Coder 3 (Ver. 3a16; 2019/03/04)を使用した。テキストマイニングにより、頻出語や共起ネットワークを検出し、物語文の内容を可視化することにより分析を進め、先行研究との関連を検討した。

4. 結果と考察

4.1 使用語彙の考察

最初に発話テキスト（以下、テキスト）の内容の全体像がどのようなものかを探るために、KH Coder を用いて、使用語彙を分析した。先ず、3 歳前半児のテキストには、段落数 129、文数 131 が確認された。また、総抽出語数は 817、異なり語数は 174 であった。この中で、分析に使用される語として 292 語、異なり語数 122 が抽出された。

【表 1】は、3 歳前半児の頻出語リストである。最小出現数が 2 回以上の上位 31 語とその出現回数を示している。これを見ると、「カエル」「信ちゃん」「犬」の 3 つの登場人物の出現回数が一番多い。また、絵本に登場する様々な動物名「蜂」「鹿」「フクロウ」「リス」等も出現している。よって、このテキストは、絵本の物語の主人公や登場人物や動物を中心と捉えて話されていると考えられる。

次に、動詞を見ると、「落ちる」「見る」「言う」「出る」「登る」「探す」「帰る」「行く」「逃げる」が出現している。これらは、主人公の少年と犬が森へカエルを探しに行って、危機に遭遇しながらも最後にカエルを見つけて帰るという筋書きを表現する動詞で、絵本の内容を表現している。

Inaba (1999)では、第一言語発達において言語知識の発達は比較的早期で、3 歳頃には、すでに物語の出来事を描写できる言語知識を備えていると報告しているが、これらの主人公の内面を表す表現の表出は、物語文の談話構成の前段階で、3 歳前半児にその萌芽が見られることの証であると考えられる。

【表】3 歳前半児の頻出語リストー上位 31 語（最小出現数が 2 回以上）

順位	抽出語	出現回数	順位	抽出語	出現回数	順位	抽出語	出現回数
1	カエル	18	12	登る	5	23	わんわん	2
2	落ちる	15	13	バイバイ	4	24	カエル君	2
3	信ちゃん	12	14	探す	4	25	シー	2
4	犬	10	15	おーい	3	26	リス	2
5	中	8	16	こん	3	27	外	2
6	蜂	8	17	と	3	28	帰る	2
7	わんちゃん	7	18	フクロウ	3	29	行く	2
8	見る	7	19	穴	3	30	長靴	2
9	鹿	7	20	木	3	31	逃げる	2
10	言う	6	21	ええと	2			
11	出る	6	22	お兄ちゃん	2			

次に、3 歳後半児のテキストの使用語彙の分析では、段落数 231、文数 234 が確認された。総抽出語数は 2,279、異なり語数は 302 で、分析に使用される語の総語数は 807 語、異なり語数 211 が抽出された。一人あたりの平均数に換算して 3 歳前半児と比較すると、総抽出語数で約 1.9 倍、異なり語数で約 2.7 倍で、発話量の爆発的増加が認められた。

3 歳後半児の頻出語からは、絵本に登場する主要な動物名（「蜂」「蜜蜂」「鹿」「フクロウ」「鳥」等）や場所や空間を表す語（「森」「池」「石（岩）」等）、時間や時を表す語（「朝」「夜」等）、位置や方向を示す（「後ろ」「下」等）が見られ、主人公や登場人物・動物の行動だけでなく、行動の場所、時、移動の空間等の情報を加えていることが分かった。

新たに「思う」「怒る」「びっくり（する）」「きらい」等の内面や心情を表す動詞や形容動詞も出現しており、その場面での主人公の心情をことばで表現できるようになってきていることが示唆された。

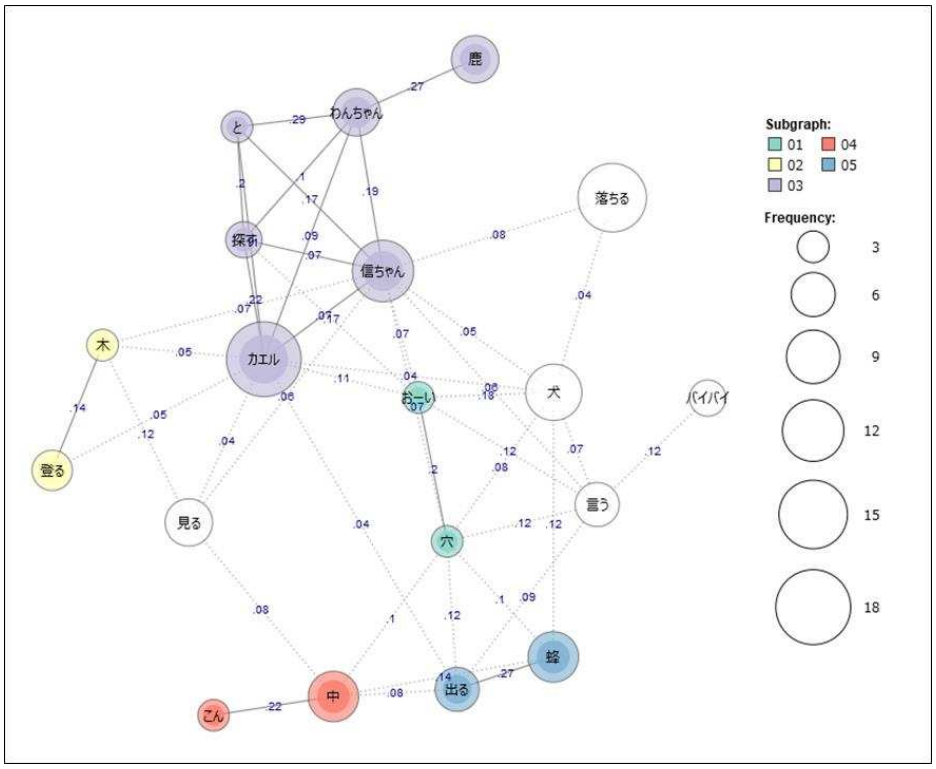
以上から、3 歳後半児は、物語の主人公や登場動物の行動を空間的、時間的に捉えて話すことができ、その背景となる場面に言及し、さらに、主人公の心情にも触れる兆しが見られた。これは、物語文の局所構造の構成の萌芽と捉えることができ、物語文の局所構造を構成する能力は 3 歳頃から現れるとする Inaba（2001）の結果と矛盾しない。

4.2 共起ネットワークの分析

3 歳前半児の頻出語彙がどのように結びついているかを探るために、KH Coder を用いて【図 1】の「共起ネットワーク」を検出した。分析では、最小出現数を 3、描画数を 60 に設定した。node の数（N）は 19、edge の数（E）は 45、密度（D）は 0.263 である。

まず、「信ちゃん」「わんちゃん」「カエル」と「探す」という動詞の連鎖が見られ、主人公がカエルを探すという絵本の主題を表していると言える。次に、2〜3 語の連鎖が 6 箇所見られる。「木」と「登る」、「こん（この）」と「中」と「見る」、「蜂」と「出る」、「おーい」と「穴」、「落ちる」とは信ちゃん」と「犬」、「言う」と「バイバイ」である。これらは、主人公がカエルをいろいろな場所で探している様子を表現している。

よって、3 歳前半児は、絵本の各場面の登場人物の行動や出来事を絵描写的に言葉で描くことができると考えられる。

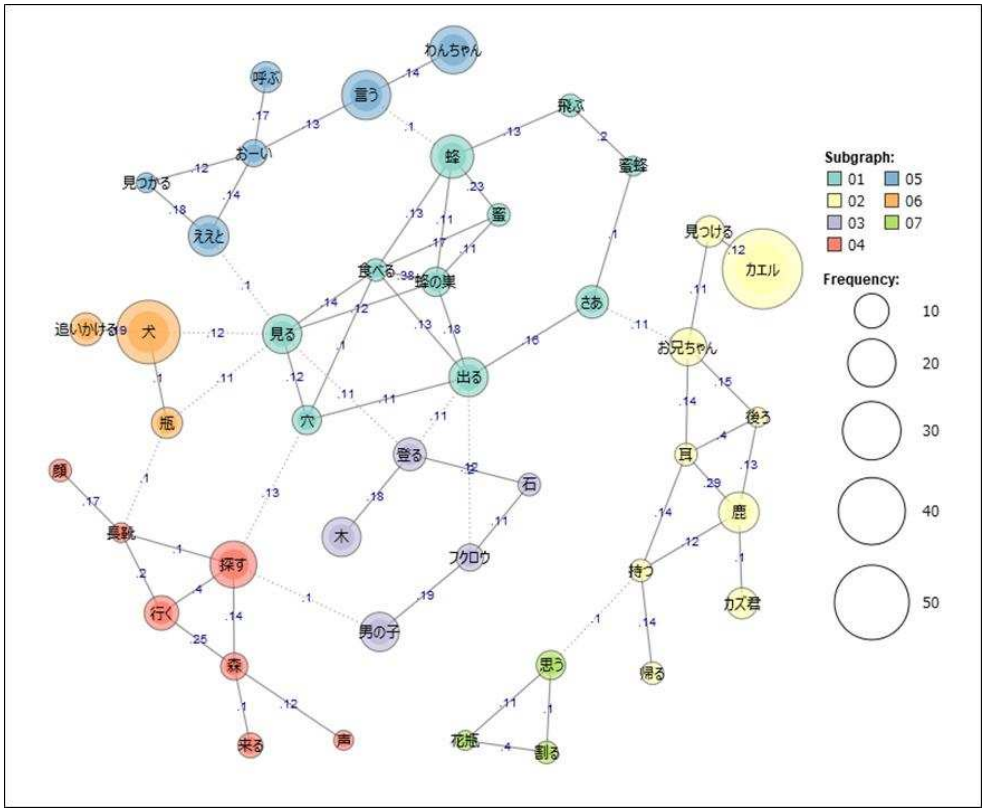


【図 1】3 歳児前半の頻出語（3 回以上）の共起ネットワーク

次に、3 歳後半児の頻出語彙についても 3 歳前半児と同様の分析を行い、【図 2】の頻出語の共起ネットワークを検出した。node の数（N）は 43、edge の数（E）は 63、密度（D）は 0.07 である（「N 43, E63, D .07」）。これを見ると、大小 7 つの連鎖で構成されている。

まず、「探す」は「長靴」「森」と連鎖し、さらに「行く」と連鎖しているので、主人公がカエルを長靴の中を見たり、森へ探しに行くという状況を描いていると考えられる。「思う」は、「花瓶」「割る」と連鎖しており、カエルが花瓶の中にいると思って探していて花瓶を割ってしまった状況を表している。次に、「見る」は「穴」「蜂の巣」と連鎖しており、カエルを探している様子を描いている。また、「出る」は「蜂の巣」「食べる」と連鎖しており、この連鎖の語全体から、森で蜂に遭遇し、犬が蜂蜜を食べようとしていることを想像した発話と解釈される。「追いかける」と「犬」の連鎖は犬が蜂に追いかけられている場面を描いていることが分かる。

次に「言う」と「おーい」「呼ぶ」の連鎖は、主人公と犬がカエルを探している様子を描いている。また、「見つける」と「カエル」「お兄ちゃん」の連鎖では、主人公がカエルを見つけた場面が描かれている。この連鎖には、鹿が岩の後ろから登場する場面も含まれている。以上から、3 歳後半児は、絵本の各場面の登場人物の行動や出来事を 3 歳前半児よりも詳しく表現していると言える。



【図 2】3 歳児後半の頻出語（3 回以上）の共起ネットワーク

5. まとめと課題

本研究では、萌芽期における物語文の発達過程を内容面に着目し、テキストマイニングにより、その特徴を考察した。その結果、以下の点が明らかになった。

3 歳前半児のテキストは、絵本の様々な場面における登場人物の行動や出来事を絵描写的に描いているが、物語の主人公や登場人物・動物を中心に捉えて話しており、物語の筋書きに沿った多くの動詞を用いていること等から、物語文の萌芽があることが示唆された。

3 歳後半児のテキストは、発話量が爆発的に増加し、頻出動詞の数は 3 倍に増えた。また、場所、空間、時、位置、方向等を示す語彙が出現し、主人公等の行動に背景的な情報を付け加えていることが分かった。主人公の心理や心情を表す動詞や形容動詞も出現した。共起ネットワークの分析から、局所構造が少しずつ整ってくる段階であることが読み取れた。

以上から、3 歳児の発達の過程は、絵本の各場面における主人公や登場動物の行動の絵描写的な表現内容から、行動の背景となる場面についても空間的、時間的な視点から言及し、さらに、主人公の心情にも触れる兆しが見られた。これらの結果から、物語文の局所構造が構成され始めるのは 3 歳後半頃で、局所構造を構成する能力の発達と相まって、単語数や文法能力は増加し、物語の内容も整ってくることが示唆された。

今後は、4 歳以降の内容的発達も分析し、他言語の発達過程にも目を向け、物語文発達の言語普遍的な側面と個別的な側面を明らかにしていきたい。

参考文献

[1] 樋口耕一(2014).『社会調査のための計量テキスト分析』ナカニシやヤ出版.
[2] 樋口耕一(2017).「言語研究の分野における KH Coder 活用の可能性」『計量国語学』31-1, 36-45. 計量国語学会.
[3] Berman R. & Slobin, D. I. (1994). Relating events in narrative: A crosslinguistic developmental study. Hillsdale, NJ: LEA Publishers.
[4] Inaba, M. (1999). Development of global structure in first-language narratives. *The Bulletin of Aichi University of Education (Humanities/Societies), 48,* 103-112.
[5] Inaba, M. (2001). Backtracking and reorganization in narrative. *The Bulletin of Aichi University of Education (Humanities/Societies), 50*, 29-39.
[6] 稲葉みどり(2017). 「日本語の物語文における言語知識の発達過程の考察―発話数・単語数・形態素数・平均発話長の解析―」『教科開発学論集.』5, pp. 23-32. 愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻（後期３年博士課程）
[7] Mayer, M. (1969). *Frog, where are you?* New York: Dial Press.

先延ばしを防ぐのは、今のご褒美か未来のご褒美か
Which do procrastinators chose current rewards or future ones?

林　美都子，一戸　涼史
Mitsuko Hayashi, Atsushi Ichinohe

北海道教育大学函館校
Hokkaido University of Education
hayashi.mitsuko@hokkyodai.ac.jp

概要

本研究では、時間割引率の視点から、現在あるいは将来の報酬におけるメリットを考えることが先延ばしを防ぐか検討した。報酬メリット考察課題の前後で時間割引率を測定し、分散分析を行ったが変化はなく、報酬メリットを考察することで先延ばしが防げるという本研究の仮説は支持されなかった。しかし即時小報酬群群は遅延大報酬群よりも時間割引率が高く先延ばししやすい可能性が高いことや、変化人数で分析すると、報酬メリットの考察に効果のある可能性が示唆された。

キーワード：時間割引率, 報酬、先延ばし

1. はじめに

ヒトや動物は、報酬が手に入るまでの時間が長いと、その分その報酬の価値を割り引いて評価してしまう。これを、時間割引率と呼ぶ(Mazur & Biondi, 2009)。将来手に入る報酬を現時点では低く見積もってしまうため、将来価値あるものを手に入れるために頑張ろうという気を呼び起こしにくくなってしまい、先延ばし行動を招いてしまう原因の一つといえる。

時間割引率については、これまでに多くのさまざまな研究が行われている。高校生を対象とした勉強の先延ばし(井田, 2005)の研究や楽観性の影響(新見・宮下・前田, 2009)、姿勢の影響(廣田・市川・早川・西崎・岡, 2019)などである。

本研究では、時間割引率を積極的に変化させるための方法を探索するために、介入実験を行う。将来報酬のメリットに気づけば、報酬に対する認知構造が変化して割引率が低下するのではないかと考えた。そこで、本研究では、報酬を今受け取った場合と将来受け取った場合でどのようなメリットがあるのか考えさせる報酬メリット考案課題に取り組ませることで、時間割引率に変化が生じるのではないかと考え、これを検討することとした。

2. 方法

2.1. **実験参加者**　大学生 34 名(男性 19 名、女性 12 名; 平均 20.73 歳, SD 1.46)であった。

2.2. **報酬表説明紙**　報酬表の理解を促すため、右側に報酬表の一部を載せて説明する用紙を用意した。説明後、回答させて練習とした。

2.3. **報酬表**　3000 円 90 日条件，3000 円 120 日条件，11000 円 90 日条件，11000 円 120 日条件の計 4 種類が設定された。報酬表は池田(2005)と廣田他(2019)の方法を参考にした。図 1 には報酬表の一例を示した。上部は各列ラベルとしてペア番号，現在受取ることができる報酬(選択肢 A)，将来受け取ることができる報酬(選択肢 B)と報酬を得るまでの遅延期間，最後に選択肢回答欄となっていた。選択は 32 組存在し，選択肢 A では示された金額を今すぐ受け取るができるというものですべて増減がなく同額であった。しかし選択肢 B では報酬表に示された期間を待つことで得られる報酬となっていた。選択肢 B の報酬額はペア番号ごとにそれぞれ設定された固有の割引率によってだんだん増加していくようになっていた。

2.4. **注目報酬選択課題**　報酬表回答後に，現在受け取れる報酬と将来的に受け取れる報酬のどちらに注目していたかを訊ねる課題を用意した。迷う場合であっても、必ずどちらかを選択するよう求めた。前半、後半で 2 回実施した。

2.5. **報酬のメリット考察課題**　現在報酬、あるいは将来報酬のメリットを考察させる課題を用意した。その際、精神的な影響、報酬受取リスク、

報酬そのものに関する 3 つのヒントが与えられた。例えば、現在報酬は待たなくていいこと，今確実にもらえること，報酬をすぐに使えること、将来報酬では待つだけで報酬が増えて楽であることや我慢強さを養えること、報酬が多いことなどである。実験参加者は 2 分間で最大 3 つまでメリットを考察することを求められた。

2.6. **即時小報酬・遅延大報酬選択課題** 2 つ課題を用意した。1 つ目は日常場面における制御行動を反映した課題であった。まず，制御行動が必要になる場面設定「今，5 日後の金曜日午後 5 時〆切の地域学の 2000 字レポートがあります。」を与え、日曜日の過ごし方を後述の 2 つから決めさせた。1 つ目は即時小報酬の選択肢で「残りの自由時間をスマホやパソコンを利用して動画視聴や好きなことを調べて過ごす。」、2 つ目は遅延大報酬の選択肢で「残りの自由時間を地域学のレポート作成をして過ごす。」であった。

2 つ目の課題は報酬選択課題であり、「今すぐ 10000 円をもらう。」(即時小報酬)か「1 年後に 20000 円をもらう。」(遅延大報酬)を選択させた。いずれも時間制限は設けなかった。

選択肢ペア番号	選択肢 A(円) 今受取	選択肢 B(円) 90日後受取	選択肢回答覧 (A or B)	
1	3,000	2,852	A	B
2	3,000	2,926	A	B
3	3,000	2,963	A	B
4	3,000	2,993	A	B
5	3,000	3,000	A	B
6	3,000	3,007	A	B
7	3,000	3,015	A	B
8	3,000	3,030	A	B
9	3,000	3,044	A	B
10	3,000	3,059	A	B
11	3,000	3,074	A	B
12	3,000	3,089	A	B
13	3,000	3,104	A	B
14	3,000	3,118	A	B
15	3,000	3,133	A	B
16	3,000	3,148	A	B
17	3,000	3,163	A	B
18	3,000	3,178	A	B
19	3,000	3,192	A	B
20	3,000	3,222	A	B
21	3,000	3,259	A	B
22	3,000	3,296	A	B
23	3,000	3,333	A	B
24	3,000	3,370	A	B
25	3,000	3,444	A	B
26	3,000	3,518	A	B
27	3,000	3,592	A	B
28	3,000	3,740	A	B
29	3,000	4,110	A	B
30	3,000	4,479	A	B
31	3,000	4,849	A	B
32	3,000	5,219	A	B

図 1. 報酬表 3000 円 90 日条件(廣田他, 2019)

2.7. **手続き** 1～4 名程度の小集団で実施した。まず、実験の趣旨と参加の意思を確認し，報酬表説明紙と実験調査紙，報酬表 3000 円と 11000 円の 90 日条件を裏返しで配布した。次に報酬表説明紙を使って報酬表の説明を行った。選択肢 A(円)[今]受取では、今受け取れること，待ち時間がないことを強調し、選択肢 B(円)[指定期間]受取は指定期間を待つことで受け取れること待つことによって受け取る報酬が変化することを、例を参照させながら説明した。その後、練習用報酬表に取り組ませ、参加者に「[回答額]円からなら指定期間を待つことができるということですね？」と訊ね，参加者の理解を確認した。

次に報酬表 3000 円と 11000 円の 90 日条件について回答を求めた。再度今受け取れる現在報酬と将来的に受け取れる将来報酬ではどちらが良いかペア番号ごとに比較していくこと，1 枚ずつ行い，30 秒で回答することを伝えた。30 秒で回答が終わらない場合はその参加者が回答を終えるまで待った。実験者の合図で 1 枚目は必ず 3000 円 90 日条件を回答し，実験者が回答終了を確認してから 2 枚目の回答を行った。

次に、注目報酬課題を実施した。報酬表回答時に、現在報酬と将来報酬のどちらにより注目していたか回答を求めた。全員の回答を確認し，同じ選択をした参加者同士になるよう席替えを行った。これは、別の選択をした参加者の答えを見ることの影響を防ぐためであった。

席替え後、報酬メリット考察課題を実施した。現在報酬または将来報酬と書かれたプリントを見せながら「この報酬についてメリット，いい点を考えて最大で三つまで書いてください。」と伝えた。さらに先述したヒントを見せて，参考にしても構わないこととメリットに納得が行く場合はそのまま書き写しても良いことを伝えた。実験者の合図により開始し、2 分実施した。2 分経っても，まだ書いている参加者がいた場合は、そのまま書かせたが、長い場合でも数分であった。3 つのメリットが書けていない参加者には実験者側で用意したメリットから最も納得がいくメリットを選び，報酬メリットが 3 つになるよう書かせた。いずれも一方の群に内容が見えないように配慮した。群の内容がわかってしまうような単語なども避けた(現在，将来，確実性，たくさんもらえるなど)。

報酬メリット考察後，3000 円 120 日条件と 11000 円 120 日条件の報酬表が配られ、前半同様に各 30 秒で回答させた。回答終了を確認後、すぐに 2 回目の注目報酬課題に移行した。

最後に、即時小報酬・遅延大報酬選択課題について、記述された文章を音読で説明し、数問のアンケートに回答を求め、実験を終了した。

表 1.　実験参加者の報酬メリット考察前の注目報酬ごとの人数(n=34)

	現在報酬	将来報酬
注目報酬	7	27

表 2.　実験参加者の報酬メリット考察後の各群の注目報酬ごとの人数(n=34)

	現在報酬	将来報酬
現在報酬メリット群	3	14
将来報酬メリット群	3	14

3.　結果

3.1.　注目報酬選択の比較

表 1 には 34 名の実験参加者の報酬選択結果を示した。カイ二乗検定を行った結果，報酬選択に統計的に有意な差があり現在報酬を選択した人数が多かった(χ2(1)=11.77, p<.01)。

表 2 には現在報酬メリット群 17 名と将来報酬メリット群 17 名の注目報酬の選択を示した。各群の報酬選択に差があるか確かめるためにカイ二乗検定を行おうとしたが注目報酬の度数が同じになったため、報酬群ごとにカイ二乗検定を行った。現在報酬メリット群に有意差があった(χ2(1)=7.12, p<.01)。将来報酬メリット群で有意差があった(χ2(1)=7.12, p<.01)。

3.2.　報酬メリット考察課題

メリット考察の影響を調べるために時間割引率は考察後の 120 日条件の時間割引率から 80 日条件の割引率を引いて算出した。

図 2 には 3000 円条件と 11000 円条件におけ

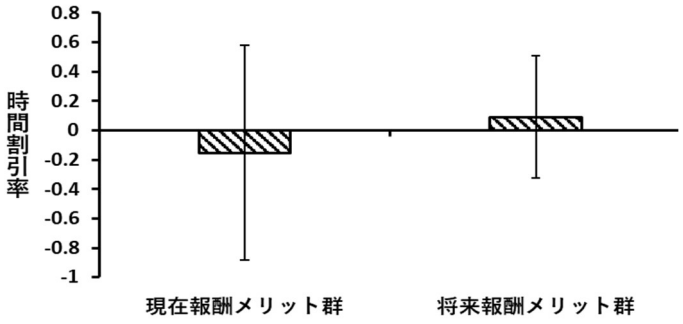


図 2.　3000 円条件における各群の平均割引率変化量

表 3. 報酬メリット考察前後の時間割引率の変化(減少・変化なし・増加)人数(n=34)

	3000円			11000円		
	減少	変化なし	増加	減少	変化なし	増加
現在報酬メリット群	10	2	5	5	8	4
将来報酬メリット群	4	6	7	7	5	5

る現在報酬メリット群と将来報酬メリット群の平均時間割引率と標準偏差を示した。報酬メリット考察による影響を調べるために1要因参加者間分散分析を行った結果，有意差はなかった(F(1, 32)=1.34，ns，f=0.20)。同様に11000円条件でも統計的な有意差はなかった(F(1，32)=0.03，ns，f=0.03)。

表3には時間割引率が報酬メリット考察後に減少した人数，変化しなかった人数，増加した人数を金額と報酬メリット群ごとに示した。群間で時間割引率が変動した人数に差があるかカイ二乗検定を行った結果，3000円条件では有意傾向であった(χ2(2)=4.91，p<.10)。残差分析の結果，現在報酬メリット群は将来報酬メリット群より時間割引率が減少していた人数が有意に多かった(p<.05)。11000円条件では有意差はなかった(χ2(2)=1.14, ns)。

3.3. 即時小報酬・遅延大報酬選択課題

図3には110000円条件における即時小報酬群と遅延大報酬群の平均値と標準偏差を示した。2要因混合分析を行った結果，報酬要因と期間要因に交互作用があった(F(1，31)=6.16，p<.05，f=0.45)。また報酬要因の主効果もあった(F(1，31)=11.16, p<.01, f=0.60)。期間要因の主効果はなかった(F(1, 31)=0.01, ns, f=0.02)。単純主効果を分析した結果，即時小報酬群でのみ期間要因に有意な傾向が見られた(F(1, 31)=3.32, p<.10)。

4. 考察

本研究の結果からは、報酬メリット考察課題によって時間割引率が変化するという本研究の仮説を明確に支持する結果は得られなかった。当該課題の前後に実施した報酬表から計算した平均時間割引率に統計的に有意な変化は示されなかった。

このような結果になった理由の一つとして、本研究の実験参加者の多くが初めから将来報酬のメリットをよく理解していたからである可能性がある。表1に示したように、メリット考察課題以前に、34名中27名が将来報酬に注目している。本研究の参加者が、全員大学生であったことも影響しているかもしれない。

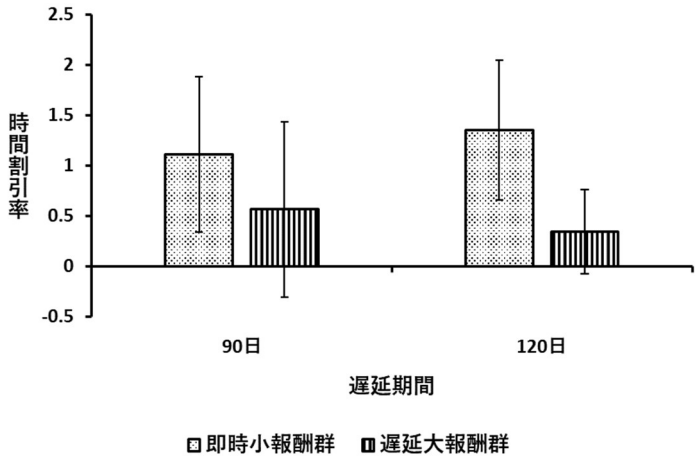


図3. 11000円条件における各報酬群の平均割引率

しかし、時間割引率の平均値ではなく、報酬メリットについて検討する前後で割引率に上昇、維持、下降の変化があった人数を数え、それを分析したところ、「現在報酬のメリット」を考察した群は有意に時間割引率が減少する人数が多くなることが示唆された。また即時小報酬群と遅延大報酬群では前者の時間割引率が有意に高く期間変化に敏感であることが示唆された。

本研究のような介入方法では効果は薄いが、やらなければならないこと(課題や家事など)を早めに終わらせておくことには将来的な価値があることを認知すること自体は先延ばしを防ぐ可能性がありそうである。また、日常的に時間割引率が高い者は日頃から将来的にもらえる報酬の価値を大きく割り引いているようである。割引率の低い者と比べ、割引率が高い者ほど先延ばしを選択しやすいと推測される。

主な引用文献

[1] 廣田 敦士・市川 淳・早川 博章・西崎 友規子・岡 夏樹 (2019). 権威のある姿勢が将来得られる報酬の割り引かれる価値に与える影響 認知科学, *26*, 231-242.

[2] 池田 新介・大竹 文雄・筒井 義郎 (2005). 時間割引率：経済実験とアンケートによる分析. 大阪大学 社会経済研究所 Discussion Paper, *638*, 1-36.

[3] 井田 政則 (2005). 自己制御と衝動性：高校生の勉強行動との関連. 立正大学心理学部研究紀要, *3*, 1-15.

[4] Mazur, J. E., & Biondi, D. R. (2009). Delay-amount tradeoffs in choices by pigeons and rats: Hyperbolic versus exponential discounting. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *91*, 197-211.

[注] 本研究は、第二著者の卒業研究の一部を再編集したものである。

閾下学習は作業手続きの記憶を向上する
Subliminal Learning Improves Procedural Memory

大澤 壮平†, 森 健太郎†
Sohei Osawa, Kentaro Mori
†三菱電機株式会社
Mitsubishi Electric Corporation
Osawa.Sohei@ay.MitsubishiElectric.co.jp

概要

Continuous Flash Suppression を用いた閾下学習が作業手順の記憶効率と記憶定着に及ぼす影響を検討した．具体的には，複雑な系列からなる作業を分割し，1 つの手順ごとに閾下呈示することで，①次の正しい作業手順を促すことが可能かと，②作業手順全体の記憶定着を促進可能か，を検証した．実験の結果，1 つの手順ごとに閾下呈示することで，①次の正しい作業手順を促すことが可能であることと，②作業手続きを記憶できる量が増加することが分かった．

キーワード : 閾下学習（subliminal learning）,連続フラッシュ抑制（continuous flash suppression），作業訓練（work training）

1. はじめに

「新しく覚える必要がある作業の手順をすんなり覚えられたら良いのに」と感じる場面は，日常に多く存在している．人間は限られた脳のリソースで，実に多様なことを記憶し，実行することを社会的に求められている．以上のようなニーズから，人間がある作業手順を記憶するためのサポートをするシステムが開発されてきている．例えば，VR（Virtual Reality）技術や AR（Augmented Reality）技術は，作業手順の学習とは相性が良く，実に多くの疑似訓練システムが研究されている[1-3]．中には，実際の企業訓練ですでに利用されているシステムも存在する[4, 5]．作業手順の記憶サポートシステムでは，人間にとって“都合の良い”方法で練習することにより，作業手順を比較的容易に身に着けることができる．こうした方法は，具体的には，機材や運用の面で低コストであったり，準備時間や待ち時間の短縮による高効率化であったり，人間にとって記憶し易い呈示方法であったりする．しかしながら，既存の記憶支援システムでは，作業手順を記憶するのに繰り返しの練習や積極的な学習が必要であり，「すんなり覚えられたら良いのに」という要望を満たすものは存在しない．

繰り返しの学習を必要とせずに情報を学習する手段として，無意識下で呈示された情報を無意識に学習（以下，閾下学習と呼ぶ）する方法が提案されている．例えば，Memory Glasses[6]では閾下でヒントを視覚呈示することで，事前に呈示した他人の名前と顔に関する記憶を想起し，対象の正確な情報を引き出せるように支援できることが示されている．しかしながら，本研究で課題としているような記憶の定着の促進を，閾下の情報呈示によって実現できるかは不明確な部分が多い．関連する研究としては，9 点問題と呼ばれる洞察問題に対して，閾下で系列的な解法手順を呈示することで，正当者数の増加や指示した解答手順の増加が見られた研究[7]が挙げられる．同様に，ストーリのある物語を複数枚の簡易的な図で表現して閾下で系列呈示することで，登場人物（図形）の状況や関係性を学習できたとする研究[8]や，図形同士がぶつかる，もしくは一旦重なってすれ違うような微妙な因果関係による挙動の違いも，閾下で系列呈示することで学習できたとする研究[9]が存在する．以上の研究は，複雑な系列情報を分割して，閾下で複数回に分けて呈示した場合でも，それらの情報をある種統合的に学習できる可能性を示唆している．実際に統合的な処理が発生するのかについては詳細な検討が必要ではあるが，少なくとも複数の閾下呈示情報を何らかの形で保持しているとは考えられる．こうした記憶保持のメカニズムとして，implicit working memory と呼ばれる無意識の working memory が提案されている[10]．implicit working memory とは，意識はされないが閾上の working memory と同様の働きをおこなう機構であり，詳細な議論が交わされている段階ではあるが，無意識下でも複数の情報を記憶・保持できる可能性を示すものである．

こうした研究から，作業手順の記憶促進についても，作業手順を分割して系列的に閾下呈示することで，無意識下での学習と記憶定着を促せる可能性があると考えられる．本研究においては，閾下学習が作業手順の記憶効率と記憶定着効果に及ぼす影響を検討する．閾下

学習が作業手順の記憶も促進できるなら，本人の自覚なく手順を学習することができ，「すんなり覚えられたら良いのに」という要望を実現する記憶支援システムに応用できると考えた.

2. 関連研究

2.1 作業手順と作業スキル

“ある作業を覚える”というタスクにおいては，作業手順の暗記と，作業スキルの習得の 2 つの段階が存在していると指摘されている[11]．作業手順の暗記とは，実際に作業の手順や方法を記憶するものであり，記憶の形態としては宣言的記憶に近いものである．作業スキルの習得とは，作業におけるコツや感覚を身に着けることであり，記憶の形態としては手続き的記憶に近いものである. 作業手順の暗記は, 手順が変更されるたびに覚え直す必要がある．一方で，作業スキルの習得は, 一般的に反復練習が必要であるが, 一度身につけば作業手順が変更されてもある程度応用可能である.

従来の作業の記憶サポートシステムでは，主に作業スキルに焦点を当てつつ，繰り返し作業を行うなかで作業手順も暗記することが期待されていた[1, 2]．しかしながら，そこまで熟練した作業スキルを身に着ける必要のない作業も多く存在する．従来のシステムでは，作業スキルが高度ではない場合にも，実際に作業手順を暗記するために，繰り返し作業を実施する必要があった[3-5]. 作業手順の暗記のみに着目したうえで, 繰り返しではなく暗記の効率向上を試みた例として，先行研究[11]が挙げられる.この研究では，各々の作業の記憶し易さや作業全体の順序フローに基づいて，最適な順で手順を暗記させることで記憶定着を促進できる可能性を示している. しかしながら, この研究で検討した情報呈示は顕在的なものであり，意識的に必要な学習量は変わらず，依然として学習時の心理的ハードルは高い.

本研究では，まずは作業の手順の暗記に焦点を当て，意識的な暗記学習を必要としない作業手順記憶方法によっても作業の手順の暗記が促進されるかを検討する.

2.2 閾下学習と Continuous Flash Suppression

閾下学習の効果やメカニズムについては，まだ多くの検証がなされている段階であり，その適応範囲や効果量についても議論の途中である. よって, 閾下学習によって作業手順の暗記が促進されるかについても不明確な点が多いが，複数の系列情報を記憶して利用できたとする研究も存在するため[7-9]，検討の余地はあると考えられる.

また，閾下学習は基本的にその効果量は大きくなく，特に課題が複雑になるほど，有意な差や明確な効果が表れないことも多い[12]．これを踏まえ，Continuous Flash Suppression[13]（以下，CFS と呼ぶ）という両眼視野闘争[14]をベースにした刺激呈示方法を用いることで，閾下学習の効果を大きくする方法が開発されている．CFS では，両眼に異なる映像を呈示した際に，片目の輝度や変化量をもう片目に比べて一定以上に高くすると輝度や変化量の低い方の映像が認識できなくなるという特性を利用し，片目に閾下呈示したい内容を，もう片目に輝度変化の激しい映像を呈示する．CFS を用いることで， 数十秒から数分に渡る連続閾下呈示が可能になり，より強い閾下学習を実現している．例えば，既に述べた 9 点問題や T パズル（与えられた図形を組み合わせて T 字を作るパズル）を解く，といった洞察問題と呼ばれる複雑な課題に対するパフォーマンスの向上を実現している[7, 15].

本研究では CFS を用いた閾下学習に着目し，作業手順を暗記したいユーザが作業を暗記する際に，閾下で作業手順を学習させることを目指す.

2.3 自己効力感やポジティブ感情と記憶

閾下学習によって意識的な学習過程を減らすことにより，覚えたい事柄を努力しなくてもすらすらと覚えられた感覚を生起できる可能性がある．このような感覚は, 自己効力感の増加に結びつくが, 自己効力感が記憶力の向上や学業成績の向上に影響することが知られている[16, 17].

また, 記憶定着と感情に関する研究として, ポジティブな感情を喚起する出来事が記憶されやすい「ポジティブ優位説」, 感情の方向性にかかわらず感情の強さのみが影響するとする「覚醒度説」や, 感情の強さが弱いと感情の方向性で記憶定着に差はないが，感情の強さが強いとポジティブ感情のほうが記憶定着しやすいとする「交互作用説」等が挙げられている[18]．研究によって結果が一貫していないが，強いポジティブ感情状態では，概ね記憶が定着しやすいといえる．（ただし，ネガティブな感情が記憶を定着させやすくなる「ネガティブ優位説」[18]もあり，強いネガティブ状態でも記憶定着が促進されやすい点には注意が必要である.）

以上のような結果から，閾下学習によって生起され

た自己効力感や感情変化が，副次的に記憶向上につながる可能性が考えられる. そこで本実験においては, 効果の検証のしやすさも考え，作業手順暗記時の自己効力感（できた感）の測定も実施する.

3. 方法

3.1 課題とする作業の設定

本研究では, 作業手順の暗記支援を対象とする. まずは簡易化した作業で効果を検するため，“箱を任意の方向に何度も回転させる作業”（以下，箱回転タスクと呼ぶ）を採用した. 箱回転タスクでは, ユーザの肉体的要因や作業慣れ等の複雑な剰余変数を排除できると考えられる. さらに, 手元で作業が完結して危険性も少なく，特殊な装置が必要ないメリットもある.

箱回転タスクの箱の 1 操作での回転方法としては，図 1 のように，とある面に対して右，上，左，下，時計回り，反時計回りの 6 方向のいずれかに 90 度の回転操作が実施でき，この規則に沿って何度も回転がおこなわれる．箱は全ての面にユニークな印字的特徴があり（ただし, 黒を基調とした白黒印刷で色味に大きな特徴はない），面の大きさもバラつきがあるため，1 枚の画像のみで面の状態の判断が付くものを利用した．第 3.2 節で後述するように，閾下で呈示する内容は次の回転操作を実施した後の箱の静止画像であるが，面の状態がユニークであるために回転すべき方向が一意に定まる.

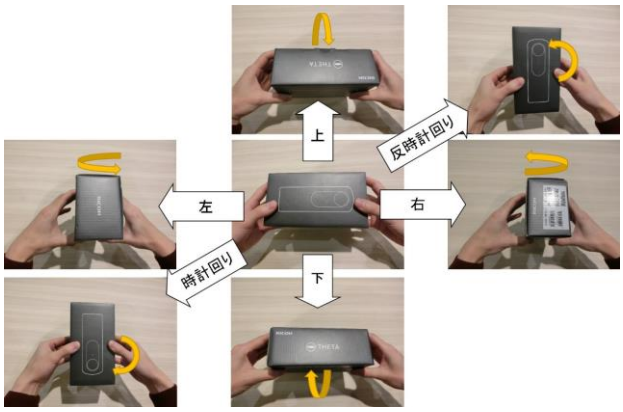


図 1 箱の 1 操作当たりの回転方法

3.2 作業手順の閾下学習方法

本研究では，作業手順の暗記支援を対象としており，覚えるべき手順は先行研究よりも多く，複雑であると考えられる．複雑な作業手順を閾下で学習させる方法として, 先行研究[7-9]のように, 作業手順を次の作業手順が推測できるギリギリのレベルに分割し，系列情報として呈示する方法が考えられる．箱回転タスクにおいては，回転操作を実施した後の箱の状態を静止画として獲得し，その静止画を回転操作分だけ系列呈示することが考えられる. しかしながら, 系列情報として呈示する数は, 先行研究では5点程度までになっている. 本研究で対象とするような作業手順においては，作業を分割することで，先行研究よりも系列呈示すべき情報数が極めて大きくなることが懸念される．閾上と同様に閾下で保持できる情報量にも限界があると考えられるため，分割した作業手順を事前にまとめて閾下呈示しても記憶できない可能性が高い. さらに, 作業手順の指示情報は，先行研究の記号化された指示情報に比べて，1 枚あたりの情報量も多い可能性がある.

本研究では，分割した作業の 1 手順 1 手順ごとに，リアルタイムな閾下学習により次の作業内容の指示をおこなう. 具体的には, 次の回転操作後の箱の静止画を閾下呈示しながら，リアルタイムに実物の箱を持って次に回すべき方向を決定してもらう．正しい方向に箱を回転したら，また次の回転操作後の箱の静止画を閾下呈示し, 箱の回転操作を実施してもらう. これを繰り返すことにより, 1 操作あたりの呈示情報数が少なくなり, 先行研究[15]等の結果を踏まえても閾下学習の効果が期待できると考えられる. なお, このような呈示方法で閾下学習効果が期待されるのは，次にするべき作業が無意識的に分かるという, 1 つの手順ごとの課題に対する効果であり，作業全体の手順を系列的に学習できるかは定かではない. しかしながら, 先行研究[7-9]同様に，複数の系列情報を記憶できる可能性は否定できない．また，1 度閾上でも記憶されることにより，記憶定着効果に対して，よりポジティブな効果を生み出すことも考えられる.

3.3 CFS を利用したリアルタイム閾下学習方法

CFS を利用した閾下学習の先行研究[例として 7, 15]では, 目の前に鏡を置き, 左右それぞれの目で違うモニターの画面が見えるようにした装置を利用することが大半である．この装置は事前に閾下学習をおこなった後に，閾下学習の効果を検討する課題をおこなう上では問題にならない．しかし本研究では，第 3.2 節で述べたようにリアルタイムに閾下学習を用いて作業支援をおこなう必要がある. そのため, 作業する手元と閾下学習させる内容と CFS をもたらす刺激をリアルタイムに同時に呈示し，かつユーザの作業を阻害しない情報呈

示を実現する必要がある.

そこで遮蔽型 Head Mounted Display（以下，HMD と呼ぶ）に web カメラを取り付けたものを利用し，片目にユーザの 1 人称視点のシースルー映像と CFS をもたらすモザイク刺激を合成して呈示しつつ，もう片目に次におこなうべき作業の画像を呈示する手法を考案した(図 2). アプリケーションは Unity を用いて作成し，CFS をもたらす刺激は Unity のパーティクル機能を用いて実装した. 箱回転タスクでは, 右目にシースルー映像と CFS をもたらす刺激を，左目に次におこなうべき箱の回転操作後の箱の向きの画像を呈示しており，左右の切り替えはできない．見え方に関しては予備検討をおこない，左目の映像に意識がいかなくなるように両目の輝度の高さや映像を出す位置・大きさ等を調整した．人間は右目が利き目の割合が多く[19]，両眼視野闘争において利き目により意識が向かいやすいこと[20]から，簡単のために左目を閾下呈示用とした．利用機材としては, HMD には FOVE 社の FOVE0 を使用し，PC にはマウスコンピュータ社の G-Tune NEXTGEAR-NOTE i7901 を使用した．web カメラには，Logicool 社の C615 を使用した. アプリケーション動作環境としては，Windows10 環境で Uniyu5.6 を用いて開発をおこなった．画面のリフレッシュレートは 60 fps であった.

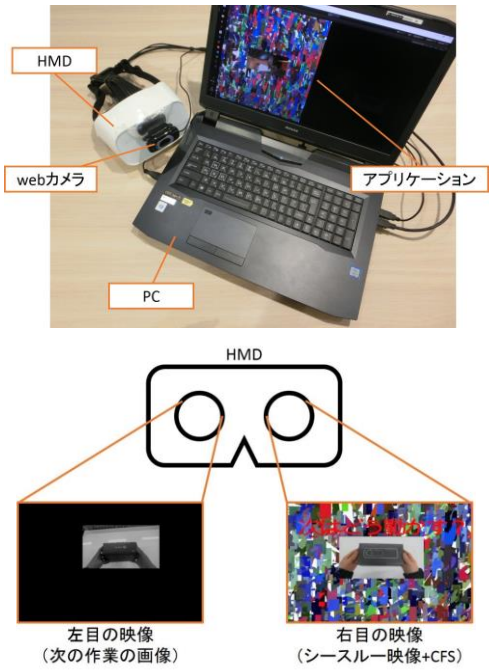


図 2　呈示方法と構成

3.4　作業手順の分割と切り替え方法

左目には次におこなうべき作業が現在のユーザの状況に応じて呈示されている必要がある. すなわち, 箱回転タスクでは現在の箱の向きを認識し，ユーザが正しい方向に箱を回転させる度に，次に回転操作を実施した後の箱の向きの画像に差し替える必要がある．本研究では，閾下学習を用いた作業暗記効果の検証が目的であるため, 箱の向きは実験者が目視で判断し, 実験者のキー操作で参加者に閾下呈示する画像を切り替える仕組みとした.

3.5　仮説

以上で述べたような閾下学習による作業手順の記憶方法を用いた効果として，第 3.2 節で述べたように，次の仮説が考えられる.

① 1 つの手順ごとの閾下呈示情報によって, 次の正しい作業手順を促すことが可能である

② 1 つの手順ごとの閾下呈示による学習によって，感情変化や閾下での記憶メカニズム等が働き，作業手順の記憶量が促進される

本研究では，これら 2 つの仮説について検証実験をおこなう.

3.6　実験方法

実験のフローを図 3 に示す．練習では，実験参加者には装着した HMD からは右目にのみ映像が呈示されることを伝え，左目の映像がない（=黒色一色のブランク画像が呈示されている）状態で装置の使い方と実験手順を十分に練習する．本実験は 3 つのフェーズからなる．まず，ビデオ記憶フェーズでは 1 人称視点の箱回転操作のお手本動画を右目のみに 1 度だけ呈示し，回転操作手順の暗記を求められる. 次に, 暗記テストフェーズでは実験参加者は記憶を頼りに，暗記テストという名目で閾上学習と同時に閾下学習を実施する．実験参加者は箱を正しいと思う方向に1操作ずつ動かし，その都度，口頭で正解不正解のフィードバックを受ける. 正解の場合は次の操作を引き続きおこない, 不正解の場合には不正解操作の前の状態に戻ってから，正解の操作を選択するまで，箱の回転操作をおこなう. 1 度間違えた操作を再び実施した場合には，その旨を伝え，採点の際には間違いとしてのカウントから除外したため，1 操作で最大 5 回まで間違える可能性がある．この間違えた回数を記録して誤答数として算出する（図 4）. 暗記テスト終了後に，実験参加者はシステムの使用感に関する 7 段階のアンケートに回答する．その後 1 分間の休憩を挟み，記憶定着テストフェーズへ移行する.

記憶定着テストフェーズでは，作業手順をどこまでで記憶できたか計測をおこなう．実験参加者にはシステムの装着や口頭での正解不正解のフィードバックは一切おこなわず，正しいと思う操作を最初から最後まで一気に実施する．それをビデオで記録して，どれだけ正しい操作を実施できたか評価する．操作系列の正誤を評価する際には，しばしばレーベンシュタイン距離などの系列の差異を評価する指標が用いられる[21]が，操作系列のヒントを逐次的に呈示し，繰り返し修正が可能な本研究の評価指標としては適切でないと考えた．また，閾下での呈示内容も回転操作方向ではなく，操作後の箱の面であり，一度操作を間違えるとヒントとしての整合性は失われ，その後の操作のヒントにはなり得ない．そこで，本研究ではスタートから何回目の操作までを間違えずに再現できたかを計測し，指標とした．その後，テストの出来などへの 7 段階のアンケートに回答する．ここまでの本実験フェーズのタスクを 1 試行として，1 人あたり計 4 試行の実験をおこない，最後に違和感等についてのアンケートに回答させる．ここで HMD の左目側から呈示される画像に気が付いた実験参加者に関しては実験結果から除外する．各試行で覚えるべき操作手順を別のものにするため，4 パターンの操作手順を用意した．箱の回転操作数は 4 パターンで全て 10 回に設定してあるが，実験参加者が暗記のコツをつかまないように回数は伝えていない．操作回数を 10 回に設定したのは，少なくとも 1 度見ただけでは完璧に覚えるのがほぼ無理な難易度に設定するためである．なお，暗記テストフェーズは仮説①の検討を，記憶定着テストは仮説②の検討をおこなうものである．

実験参加者は両目視力に自認する異常が無い 20 代の男女 12 名である．暗記テストフェーズの際に，呈示条件として，左目のヒント画像が呈示される条件（以下，表示あり条件）と左目のヒント画像が呈示されず，ブランク画像のみが呈示される条件（以下，表示無し条件）を設定した．この 2 条件を表 1 に示すように実験参加者に割り当てた． 1 試行あたりに表示あり条件の人数 6 人，表示無し条件の人数 6 人となるようにし，群間での比較をおこなった．学習効果と操作手順による難易度変化を加味するため，4 パターンの操作手順の試行順序はすべての実験参加者で同じにしてある．

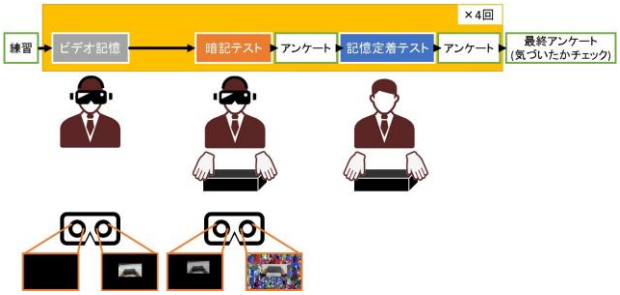


図 3　実験フロー

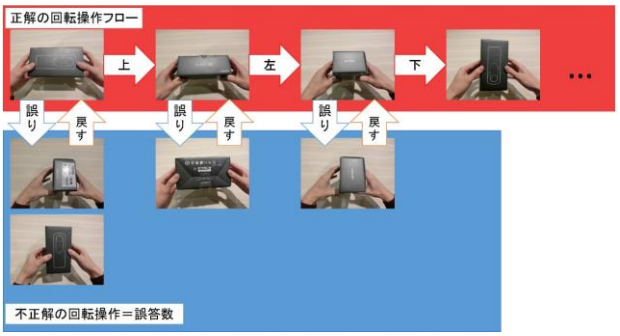


図 4　暗記テストの手順と誤答数のカウント方法

表 1　実験参加者と各試行での正答表示有無の対応表

試行番号 / 実験参加者	1	2	3	4
A	表示有り	表示有り	表示無し	表示無し
B	表示有り	表示無し	表示有り	表示無し
C	表示有り	表示無し	表示無し	表示有り
D	表示無し	表示無し	表示有り	表示有り
E	表示無し	表示有り	表示無し	表示有り
F	表示無し	表示有り	表示有り	表示無し
G	表示無し	表示有り	表示無し	表示有り
H	表示無し	表示無し	表示有り	表示有り
I	表示有り	表示有り	表示無し	表示無し
J	表示有り	表示無し	表示有り	表示無し
K	表示有り	表示無し	表示無し	表示有り
L	表示無し	表示有り	表示有り	表示無し

4.　結果と考察

4.1　結果

最終アンケート時に左目の映像に気が付いた実験参加者は 12 人中 0 人であった．そのため，以降では全ての実験参加者の結果について解析をおこなう．

図 5 は，暗記テストフェーズでの誤答数について個人ごとに全試行の平均と分散から標準化をおこない，左目に正答が表示される場合とされない場合で試行ご

とに平均値を取った結果である．この図から，すべての試行で左目に正答が表示される場合には，表示がない場合よりも誤答数が少ないことが分かる．条件間の片側スチューデントの t 検定を実施したところ，試行 1，3 では有意傾向（$p = 0.082$，$p = 0.053$）が試行 2 と 4 試行平均では有意差（$p = 0.017$，$p = 0.0018$）が見られた．全体の平均値（12.5 回）・分散（4.9 回）を加味すると，左目に正解画像が表示されている場合にはおよそ 10.7 回間違えるのに対して，ない場合には 14.2 回の間違いが発生しており，3.5 回分程度（25%）誤りが改善されることが分かる．図 6 は暗記テスト後のアンケート結果である．各アンケート項目で条件間の片側スチューデントの t 検定を実施したところ，左目に正答が表示される場合とされない場合での有意な差は見られなかった．特に，「手順を完璧に覚えられたと思いますか」，「手順はすんなり覚えられましたか」の項目についても主観的には同じであった．さらに，「映像酔いしましたか」の回答から，この装置による映像酔いは今回の実験では見られなかったことも分かる．

図 7 は，記憶定着テストフェーズにおいてスタートから何回目の操作までを間違えずに再現できたかについて個人ごとに全試行の平均と分散から標準化をおこない，左目に正答が表示される場合とされない場合で試行ごとに平均値を取った結果である．この図から，すべての試行で左目に正答が表示されていた場合には，表示がなかった場合よりも操作手順を多く記憶していることが分かる．条件間の片側スチューデントの t 検定を実施したところ，試行 1，2，3 と 4 試行平均では有意差（$p = 0.035$，$p = 0.018$，$p = 0.048$，$p = 0.0004$）が見られた．全体の平均値（2.5 回）・分散（2.4 回）を加味すると，左目に正解画像が表示されていた場合にはおよそ 3.5 回目の操作まで正しい操作を覚えているのに対して，ない場合には 1.6 回目の操作までしか正しい操作を覚えておらず，1.9 回の操作分（およそ 2 倍）正しい操作を覚えていることが分かる．図 8 は記憶定着テスト後のアンケート結果である．各アンケート項目で条件間の片側スチューデントの t 検定を実施したところ，暗記テスト後のアンケート同様に，主観的には左目に正答が表示される場合とされない場合での有意な差は見られなかった．

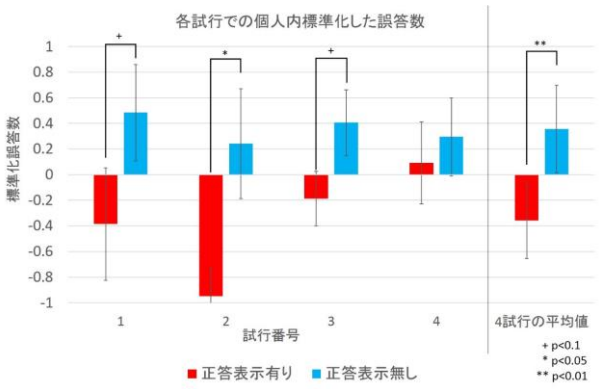


図 5　暗記テストの各試行での誤答数

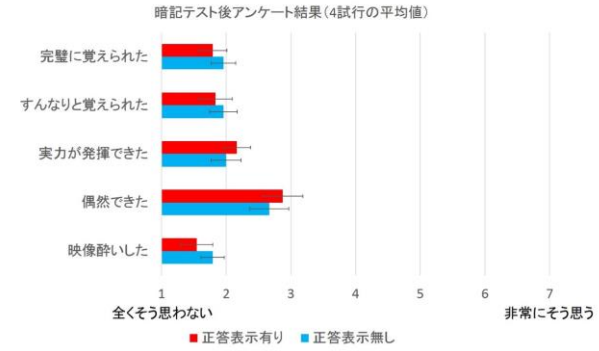


図 6　暗記テスト後のアンケート結果

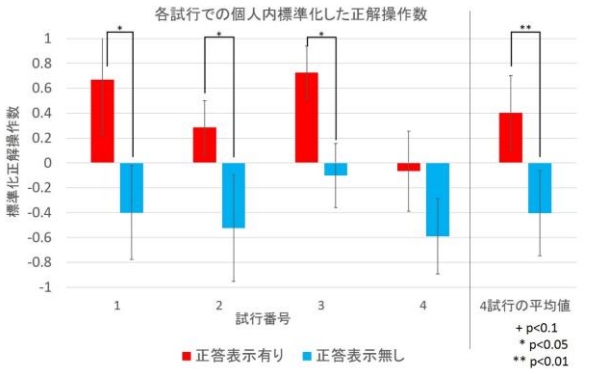


図 7　記憶定着テストの各試行での正解操作数

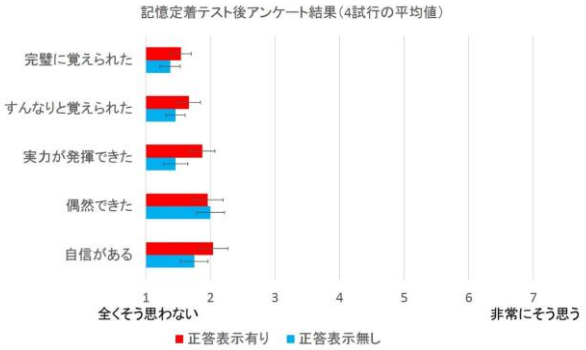


図 8　記憶定着テスト後のアンケート結果

4.2 考察

暗記テストでの条件間の誤答数の変化から，閾下で作業手順を 1 つずつ呈示することで，無意識のうちに次の作業手順を学習できていることが分かる．すなわち，仮説①の通りに 1 つの手順あたりにおいて閾下学習の効果が見られた．その効果は平均値で見るとおよそ 3.5 回分（約 25%）誤りを減らせる程度である．これは個人内での試行ごとの分散の全体平均（4.9 回）や個人間分散（4.2 回）よりも小さい程度の効果であり，閾下学習の先行研究の効果を考えると，妥当な結果であると考えられる．

一方で，アンケートによる主観的な“できた感”には差が見られなかった．今回のタスク（動画をたった 1 回だけ見て手順を記憶する）は，かなり難しい難易度であったため，全体的に成績が低かった．そのため，実験参加者がほとんどできなかったという印象を持ってしまったことが原因であると考えられる．閾下学習の効果量を考えると，数値的な改善は見られるものの，主観的に“できた”と感じさせるほどの効果はないのかもしれない．しかし本実験では成績のフィードバック等は一切おこなっていないため，明示的なフィードバック等により，できた感を演出できる可能性は排除できない．

記憶定着テストでの記憶量の結果においても，1.9 回分（約 2 倍）の操作だけ多く覚えられるという結果が得られた．これは個人内での試行ごとの分散の全体平均（2.4 回）や個人間分散（2.0 回）程度の効果である．実験参加者が閾下学習（正答表示有り）によって有意な感情状態の差がなかったことから，この記憶定着効果は，ポジティブ感情等の相互作用により生じたものではないと考えられる．すなわち，先行研究[7-9]同様に，系列的な情報が記憶された結果であると考えられる．これは，仮説②の 1 つの手順ごとの閾下学習の効果によって手順の記憶が促進されることを支持するものである．

以下では，得られた結果について，implicit working memory の観点から考察する．より詳細な検証は必要であるが，記憶定着テストの結果から，時間をおいて非連続的に系列情報を呈示した場合でも，系列情報を複数記憶できる可能性が示された．学習経路についても不明確な点が多いが，少なくとも，閾下学習を実施した条件で記憶定着テストの結果が上昇したことから，無意識下での学習が記憶を向上したことは確かであるといえよう．本結果は，implicit working memory のような無意識下の working memory の存在を後押しする結果と捉えられるかもしれない．implicit working memory は，完全には解明されていないものの working memory への認知負荷の影響を受けずに機能するという見解もある[22]．同様に，working memory への認知負荷によって implicit working memory での学習がむしろ促進できたことを示唆する研究もある[15]．以上の先行研究からは，少なくとも working memory への認知負荷が，implicit working memory での学習を阻害せず，むしろプラスに働き得るものであることが伺える．本研究においては，正答表示なし条件では，閾下学習は発生せず，閾上でのみの学習となる．一方で，表示あり条件では，閾下学習と閾上学習が同時に起こっていると考えられる．1 つの仮説として，両 working memory が独立して機能したことで，単純に利用できる作業記憶の容量が増え，さらにお互いにかかる認知負荷がマイナスの干渉をせずに記憶が適切に保持されたために，より多くの系列情報を記憶できたと説明できる．ただし，両 working memory に跨った情報の統合や利用が可能かについてはより詳細な検討が必要である．

以下では本研究の限界を述べる．まず，すでに述べたように，記憶促進のメカニズムについては，本実験の結果のみでは不明確な点が多い．特に，閾下の系列情報がどのように作業手順として統合的に記憶されるに至ったかは不明である．さらに，本実験では，宣言的記憶などの長期記憶との関連についても不明確な点が多い．特に，閾下学習から 1 分間の間隔しか開けておらず，しかもその間アンケートなどの別作業を実施させたとはいえ，脳内で反復的な想起があったかも不明である．この点に関しても，今後さらなる調査が必要である ．加えて，実験での作業タスクを箱の回転操作という単純なものとしたため，本研究の目的である実際の複雑な作業手順の記憶支援にどこまで応用可能かは不明確である．実際の作業には，対象の形状を大きく変形するものや道具を利用するもの，動きの過程が重要となるものなど多岐にわたる．どのような種類の作業タスクにまで本研究の効果が適用可能かを評価する必要がある．実際に複雑な作業手順に応用し，現場で利用するためには，閾下呈示できる情報や呈示方法そのものを拡張することも必要なると考えられる．作業学習者にとって疲労や違和感のない表現方法や，静止画以外の情報伝達方法についても今後の検討課題である．

5. 結論

本研究では，すらすらと対象を覚えられる理想的な記憶促進システムを開発することを大目標に，まず，CFS を用いた閾下学習に着目して，閾下学習が作業手順の記憶効率と記憶定着効果に及ぼす影響を検討した．具体的には，複雑な作業手順を系列認識可能な範囲で分割し，1 つの手順ごとに作業と同時にリアルタイムに閾下学習を実施することで，先行研究[15]同様に正しい作業手順を無意識に促すことが可能か，また先行研究[7-9]同様に系列的な情報の記憶が可能かを検証した．

実験の結果，1 つの手順ごとで見れば，無意識のうちに次の作業手順を理解でき，暗記テストにおいて，閾下学習によりおよそ 25%作業の誤りを減らせることが分かった．これは，作業手順の暗記というタスクにおいても，作業を適切に分解することで先行研究[15]同様の閾下学習の効果が得られることを示している．

また，主観的なアンケート結果では，ユーザの“できた感”を含めた感情変化は起きなかったものの，学習後の記憶定着テストにおいては，閾下学習によりおよそ 2 倍の操作を覚えられるという結果が得られた．これはポジティブな感情等による副次的効果ではなく，閾下学習の結果として記憶の定着が促されたことを示唆している．また，分割して時間をおいて閾下呈示した系列情報を，先行研究[7-9]同様に，記憶・保持できたことも示唆している．

以上のような結果の一因として，閾下学習をおこなうことで，implicit working memory が working memory とは独立して機能したため記憶容量増加が起きたと仮定することができるが，より詳細な検証が必要である．

謝辞

本研究をまとめるにあたり，三菱電機株式会社の岡隆之介氏，根岸博康氏に多大なご協力をいただきました．ここに記し，感謝の意を表します．

文献

[1] 檜山敦ら, (2011) “一人称視点からの多感覚追体験による伝統技能教示支援”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16.4, pp. 643-652.
[2] Kawasaki Hiroki, et al, (2010) “Collaboration and skill transmission by first-person perspective view sharing system”, 19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication. IEEE, 2010, pp. 125-131.
[3] Kajiwara, Y., and K. Tunesada, (2008) “Analysis of effects of virtual reality based assembly train ing”, Journal of Japan Industrial Management Association, Vol. 58, pp. 162-172.
[4] Boeing, (2017), Productive VR Cuts Training Time by 75%, https://tmt.knect365.com/ar-vr-world/highlights (2020/05/08)
[5] VR SCOUT, (2017), KFC Has A VR Job Training Simulator For New Employees, https://vrscout.com/news/kfc-vr-job-training-simulator-new-employees/ (2020/05/08)
[6] DeVaul, Richard W, et al, (2003) “The memory glasses: subliminal vs. overt memory support with imperfect information”, Seventh IEEE International Symposium on Wearable Computers, IEEE, 2003, pp. 146-153.
[7] 小田切史士, 鈴木宏昭, (2020) “系列情報の閾下呈示が洞察問題解決に与える影響”, 認知科学, Vol. 27.1, pp. 7-12.
[8] Kawakami Naoaki, Fujio Yoshida., (2015) “Perceiving a story outside of conscious a wareness: when we infer narrative attributes from subliminal sequential stimuli”, Consciousness and cognition, Vol. 33, pp.53-66.
[9] Moors, Pieter, et al, (2017) “Causal events enter awareness faster than non-causal events”, *PeerJ* 5, e2932.
[10] Hassin, Ran R., et al, (2009) “Implicit working memory”, Consciousness and cognition, Vol. 18.3, pp.665-678.
[11] Jittachalothorn, P, (2000) "A study on memorization advancement method of work sequence”, The Japanese Journal of Ergonomics, Vol. 36.3, pp. 105-117.
[12] Goldstein, Ariel, and Ran R. Hassin, (2017) “Commentary: Definitely maybe: can unconscious processes perform the same functions as conscious processes?”, *Frontiers in psychology* 8, 1230.
[13] Tsuchiya Naotsugu, and Christof Koch, (2004) “Continuous flash suppression”, Journal of Vision, Vol. 4.8, pp. 61.
[14] 小林哲生, (2005) “両眼視野闘争: その謎解きから意識を探る”, 認知神経科学, Vol. 7.1, pp. 44-49.
[15] Suzuki Hiroaki, et al, (2014) “Exploring the unconscious nature of insight using continuous flash suppression and a dual task”, Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Vol. 36, No. 36.
[16] West, Robin L, et al, (2008) “Self-efficacy and memory aging: The impact of a memory intervention based on self-efficacy”, Aging, Neuropsychology, and Cognition, Vol. 15.3, pp. 302-329.
[17] Jraidi, Imène, and Claude Frasson, (2010) “Subliminally enhancing self-esteem: impact on learner performance and affective state”, International Conference on Intelligent Tutoring Systems. Springer, Berlin, Heidelberg.
[18] 野畑友恵, 越智啓太, (2005) “記憶に及ぼす覚醒度の効果は快・不快感情によって異なる: 覚醒度説への反証”, 認知心理学研究, Vol. 3.1, pp. 23-32.
[19] Carey, David P, (2001) “Vision research: Losing sight of eye dominance”, Current Biology, Vol. 11.20, pp. R828-R830.
[20] Dieter, Kevin C., et al, (2017) “Individual differences in sensory eye dominance reflected in the dynamics of binocular rivalry”, Vision research, Vol. 141, pp. 40-50.
[21] Schumann, S., et al, (2013) “Distance measures for surgical process models”, Methods of information in medicine, Vol 52.05, pp. 422-431.
[22] Ji, Eunhee, et al, (2017) “Independent operation of implicit working memory under cognitive load”, Consciousness and cognition, Vol. 55, pp. 214-222.

幼児の事態「描写」・「把握」の型の獲得時期について —日本語・英語を母語とする幼児に焦点をあてて—

When do children acquire the language-specific way of perceiving and describing events? −Focusing on Japanese and English native infants−

伊藤 創†
Hajime Ito
†関西国際大学
Kansai University of International Studies
h-itou@kuins.ac.jp

Abstract
日英語母語幼児は言語獲得初期段階においては，いずれも animacy の高い参与者に焦点をあて事態を把握・描写するが，成長に伴って前者は empathy の高い参与者に，後者は action chain の開始点である参与者に焦点をあて，それぞれを主語として描くという顕著な傾向の違いを見せるようになる．本研究では，この違いはすでに 3 歳児で現れること，さらに empathy の高い参与者を主語とする際に重要な受身表現についても日本語母語幼児は 3 歳児の時点で一定の使用を見せ，4 歳児以降，大幅な増加を見せることが明らかになった．

Keywords — 事態把握，事態描写，言語獲得，Animacy，Empathy

1. はじめに

客観的に同一の事態であっても，それをどのような視点から，どこに焦点をあて，どのような言語的手段を用いて描くかには，言語間で大きな相違があることがこれまで数多く指摘されてきた（Whorf,1956；国広,1974；池上,1981；Hinds・西光,1986；Slobin,1987；Talmy,2000；金谷,2004 など多数）．また，こうした各言語における事態「描写」の型が，その言語話者の事態「把握」の型にも影響を与えている（従って異なる言語を話す話者の間では事態の認識のあり方が異なる）という「言語相対論」，いわゆる「サピア・ウォーフの仮説」についても，これまで様々な形での検証実験が試みられている（Heinder,1972；Au,1983；Papafragou et al.,2008；Boroditsky & Gaby,2010 など）．

2. 日英語話者の事態「把握」「描写」の型

こうした事態「描写」および「把握」の型について，伊藤（2015），伊藤・王（2016），伊藤（2018）の一連の研究では，特に図 1 のような〈一方から他方への働きかけがなされる事態〉をとりあげ，日英語母語話者の比較を行っている．

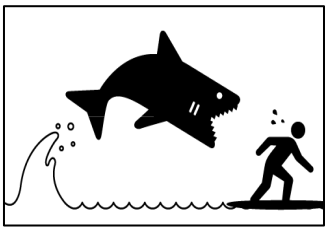


図 1

これらの調査では，様々な〈働きかけ〉に関する画像が提示され，被験者はそれらを自由に描写することが求められた．それらの描写を比較するとほとんどの画像において，英語母語話者は(1)のような動作主(agent)に焦点をあて描く傾向が日本語母語話者に比べて強く，一方，日本語母語話者は，（2）のような被動作主（patient）に焦点をあてて描く傾向が英語母語話者より強かった（伊藤,2015；伊藤・王,2016）．

（1）A shark jumps from the water to attack a drunken man on the shore.
（2）男の人がサメに食われそうになっている．
（伊藤・王,2016, p31;下線筆者）

さらに，別の被験者を対象とした，提示された事態の「次」の事態を想像して描かせるという調査においても，(3)(4) に示すように，英語母語話者は agent に，日本語母語話者は patient に，それぞれ焦点をあてて描く傾向がより強くみられた（伊藤,2018）．

（3）The flying shark knocks the man off the surfboard.
（4）逃げ切れなかった男性は，サメに食べられました．

（伊藤,2018; 162）

次の事態を描く際には，その事態でより焦点をあてて〈捉えて〉いる参与者について描くのが自然であると考えられることから，両言語話者の事態「描写」の型の違いは，両者の事態「把握」の型の違いに根ざしていることが強く示唆される．これら一連の研究結果から，伊藤（2018）は，英語母語話者は行為連鎖（action chain）の最初に位置する参与者（エネルギーの発出点）により際立ちを感じて捉え，描く傾向にあり，一方日本語母語話者は，話者にとって共感度（empathy）の高い参与者（自らにより近い存在）に際立ちを感じて捉え，描く傾向にあると主張している．

3. 「型」の習得

本研究では，こうした日英語に特有の事態把握・描写の型の「獲得」について，特に以下の二つの観点から，両言語を母語とする幼児に事態描写調査を行った．

3.1. Action chain，empathy による事態把握

幼児の言語獲得は，一般的な認知的な制約によって通言語的な事態把握・描写が見られる段階から，徐々にその母語に特有の事態把握・描写を行う段階へ進むと考えられる．

上述のような agent, patient の関わる事態について言えば，幼児は，animacy の高い参与者を agent に，animacy の低い参与者を patient として据え，描く傾向があることが報告されている（Bowerman,1973；Chapman & Miller,1975）．したがって，幼児が産出する他動詞文は，初めは animacy に差がある，すなわち animacy の高い参与者が主語，低い参与者が目的語である文が多く，両者に animacy に差がない他動詞文，あるいは animacy が低い参与者のほうを主語に立てる他動詞文の産出は少ない（Tanaka & Shirai, 2014）．

主語として描かれる参与者は，話者がより際立ちを感じる参与者であり，したがって焦点をあてる対象となりやすいとされるが（Langacker,1990），この animacy の高さが焦点を向ける参与者を決定する際の重要な要素であることは通言語的な傾向であると考えられる（Bates & MacWhinney,1989）．

このように幼児は言語獲得の初期段階においては，その母語によらず, animacy の高い参与者を agent に，低い参与者を patient として捉え描く傾向を持つが，成長に伴って，1）animacy に差がない参与者間での働きかけに関わる事態（例：サメが人を襲う），あるいは，2）animacy が低い参与者から高い参与者への働きかけがなされる事態（例：津波が人を襲う）等についてもその把握・描写が行えるようになる．このように様々な事態把握・描写法を獲得する段階においては，その把握・描写における各言語母語話者特有の傾向も同時に獲得されることが予想される．

本研究では，特に１）の事態に焦点をあて[1]，成人の日・英語母語話者に見られる，前者は empathy の高い参与者を，後者は action chain の開始点である参与者に焦点をあて捉え，その参与者を主語として描くという傾向の違いを幼児がいつ頃獲得していくのかを見る．

3.2. 受身表現の使用

また母語特有の把握・描写を獲得するにあたっては，それぞれの言語がもつ固有の構造が，その獲得のあり方に影響を与えることが指摘されるが（Choi & Bowerman,1991；Maguire et al., 2010；Gentner, 2003），本研究では，特に「受身」表現の使用（獲得）について，日英語母語話者の幼児を比較する．〈働きかけ〉に関わる事態については，特に patient に焦点を当てる場合，その描写に「受身」表現が非常に重要な役割を果たすからである．

受身形については，英語母語話者は，4 から 9 歳にかけて獲得することが報告されている．能動形に比べ受身形の獲得が遅れることは，当該形式の形態的な複雑性（Slobin,1966；Brown,1973），および視点の転換という認知的操作の高度さ（Tomasello,2003）などから説明がなされる．一方で，Allen & Crago（1996）が指摘するように，動詞の受身形は，その形態的な複雑性にもかかわらず，その母語によっては，比較的早い段階での獲得が見られることもある．彼らは，イヌイットの子供が 2 歳前後には受身形を獲得していることを明らかにしているが，これは複雑であっても，インプットが多ければその形式は早期に獲得可能である可能性を示している．形態の複雑性による当該形式の獲得順序という通言語的な一般的制約を，言語特有の構造が上回

[1] 伊藤（2020）では，成人日英語母語話者に，無生物（特に自然の力）が Animacy の高い人に働きかけている事態（津波が人を襲う，強風が傘を持った人を飛ばそうとしている，等）について描写調査を行なっているが，このような事態においては，両話者とも empathy の高い patient（=人）に焦点をあてた描写が多く見られた．

った形での獲得を促している例であるといえる（c.f., Moerk,1980）.

日本語を母語とする子どもにおいても，自・他の区別を含め，様々な動詞の活用形の獲得について，大久保（1967），岩立（1981），伊藤（1990），Nomura & Shirai（1997），中西（2016）等，数多くの調査がなされているが，大伴・宮田・白井（2015）が指摘するように，現在に至るまで「動詞の多様な形が生産的に使われるようになる過程や順序性の有無については，ほとんど明らかになっていない（p1）」.

この点にも鑑み，本研究では〈働きかけ〉に関わる事態について，日英語を母語とする幼児が，1）empathy あるいは action chain のいずれを重視して焦点をあてる参与者を決定するか，という事態「把握」の傾向，2）こうした事態の描写に関わる受身形の使用という事態「描写」の傾向をいかに獲得するかを明らかにするため，下記の調査を行った.

4. 調査と結果

4.1. 調査１：焦点をあてる参与者

まず，英語母語幼児（3 歳児 18 名・4 歳児 30 名），日本語母語幼児（3 歳児 50 名・4 歳児 50 名）に，様々な働きかけに関わる事態が描かれた 12 枚の画像[2]を提示し，その事態を口頭で描写してもらった. 描写は文字起こしした上で，(5) のような動作主（agent：図 1 では〈サメ〉）に焦点をあてた描写（「agent focus（以降，AF）」），(6) のような被動作主（patient：図 1 では〈ヒト〉）に焦点をあてた描写（「patient focus（以降，PF」）に分類し，その割合を比較した（図 2）.

AF の描写例

（5）a. Shark.
b. The shark is going to eat him.
c. サメ.
d. サメが食べようとしてる.

PF の描写例

（6）a. A man was running himself away from a shark.
b. Someone is getting eaten by a shark.
c. サメに食べられそうなところ.

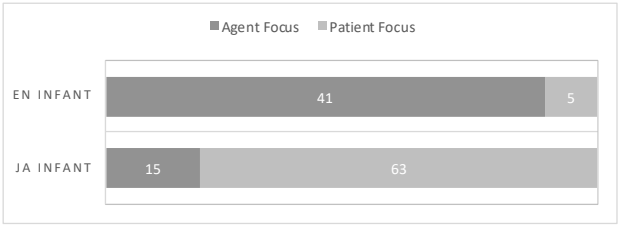


図 2　図 1 についての日英語母語幼児の描写の比較

図 2 に示すように，大学生以上の被験者が対象の伊藤（2015），伊藤・王（2016），伊藤（2018）で見られた傾向と同じく，英語母語幼児は AF で描く傾向が日本語母語幼児より有意に強かった（χ^2（1）= 57.085, p<0.1）. さらにこの有意な傾向差は，提示した 12 枚のうち 8 枚の画像で見られた. 以下に例を示す.

図 3-1

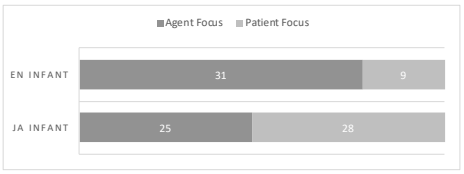


図 3-2　χ^2（1）=8.7534 P<0.1

図 4-1

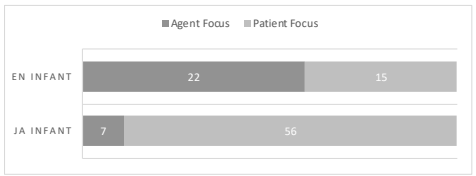


図 4-2　χ^2（1）=6.464 P<0.1

図 5-1

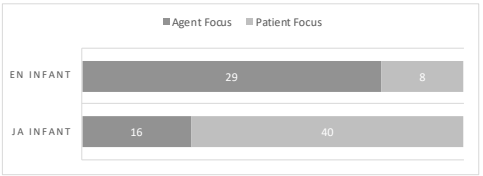


図 5-2　χ^2（1）= 26.463 P<0.1

図 6-1

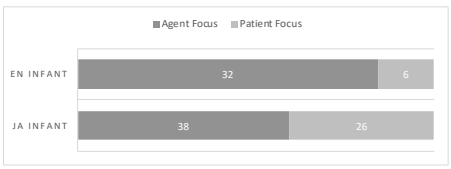


図 6-2　χ^2（1）= 6.830 P<0.1

[2] 伊藤（2018）で用いられた画像のうち幼児には理解しにくいと考えられるものを除いた 10 枚に，新たに 2 枚を追加した 12 枚（ただし，〈自然の力〉が agent である画像ついては，注 1 の理由から今回は分析の対象としない）.

これらから，3〜4 歳の時点で，英語母語幼児は action chain の先頭の参与者に，日本語母語幼児は共感度の高い参与者に，それぞれ焦点を当て捉えやすいという各言語に特有の事態「把握」の型を獲得していることが示唆される．描写には，(5a)（5c）のような一語文も少なからず見られるが，そのような段階であっても，事態のいずれの参与者に焦点を当てて捉えやすいか，すでに日英語母語話者で差が出ているのである．

4.2. 調査２：受身の使用

この事態「把握」のあり方に加え，本調査では幼児の「描写」のあり方が，どのように成人のそれに近づくのかについて，受身形の使用という観点から分析を行った．日本語母語話者に特徴的な PF の描写の場合，成人の描写では，形態的に複雑な形式である他動詞の受身形の使用頻度が高いが，当該形式の使用がいつ頃，またどの程度みられるのかを日本語母語の 5 歳児 50 人から新たに描写データを加えて調査した．

幼児の描写を AF，PF に分けた上で，(7)（8）のように動詞の自他・活用形によって描写を分類し，各年齢におけるそれらの出現割合を比較した（図 7）．

（7）a. サメが出てきてる．(AF,自動詞)
　　b. サメが食べようとしてる．(AF,他動詞)
（8）a.サメに食べられそうなところ．(PF,他動詞かつ受身)
　　b.サメにつかまりそう．(PF,自動詞)

図 7　図 1 に対する各分類の出現割合

特徴的なのは，形態的に複雑な受身形を用いた描写が 3 歳児にも一定の割合で見られること，4 歳児になるとその割合がかなり大きくなり，成人の描写とほぼ同様になることである．以下，同様の傾向を示す例を描写された画像とともに示す．

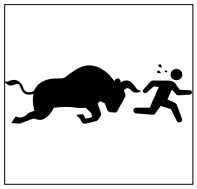


図 3-1（再掲）

図 3-3

図 4-1（再掲）

図 4-3

図 5-1　（再掲）

図 5-3

4. 3. 結果の考察

調査 1 においては，英語母語幼児と日本語母語幼児を比較した場合，3〜4 歳児の時点で，前者は action

chain の先頭の参与者に焦点を当てる傾向が後者よりも強く見られた．調査で示した画像が，animacy に差がない参与者間における働きかけの事態であったことに鑑みると，これは日本語母語幼児が，empathy の高い参与者に焦点をあて捉えるという事態「把握」を獲得しつつあることを示していると考えられる．すなわち，言語を獲得していく中で注意の向け方が日本語母語話者特有の方向に修正されていくということであろう．

調査 2 においては，日本語母語幼児は，3 歳児の時点ですでに一定程度，受身表現を用いることができること，また 4 歳児の時点では，特にその使用が顕著になることが明らかになった．これは，動詞の活用という点においても，成人と同様の受身を用いて描くという事態「描写」の型を獲得していることが示唆される結果である．また形式的には複雑である受身形式であっても，高頻度であれば早期に獲得できるという上述の先行研究の結果を指示する結果でもある．

一方，英語母語幼児は，12 枚の画像のうち，3 歳児で受身を用いて表現をしたのは 1 枚，それも 1 描写のみであった．また，4 歳児でも，一枚の画像につき，数例出るものがある程度である．ただし，これは，受身表現を英語母語幼児が獲得していない，ということを意味するわけではない．(成人の) 英語母語話者にとって，これらの事態が受け身を用いて PF で描写するのが自然な事ではなく，その描写の傾向が幼児にも現れているだけとも考えられるからである．逆に言えば，英語母語幼児は，こうした事態を action chain の先頭の参与者に焦点を当てて描くという成人英語母語話者の描写の「型」をそのまま受け継いでいる，と言えるであろう．

5. 結語

以上，本研究では，日英語母語幼児を対象に，様々な〈働きかけ〉に関わる事態について，幼児の通言語的な事態把握・描写の傾向が，成長に伴って各言語に特有の事態把握・描写の型に移りゆく過程について調査を行った．

幼児は言語獲得初期段階においては，通言語的に animacy の高い参与者を agent に，低い参与者を patient として捉える（描く）特徴を持つ．すなわち，前者により焦点を当てて捉えるわけであるが，animacy に差がない事態については，animacy 以外の基準によって，焦点をあてる参与者を決定する必要がある．成人については，日本語母語話者は empathy の高い参与者に，英語母語話者は action chain の開始点である参与者に焦点をあて，それぞれを主語として描くという顕著な傾向の違いを見せるが，この傾向はすでに 3 歳児で現れていた．さらに patient を主語とする場合，受身表現の獲得が重要な鍵となるが，本調査では，これについても 3 歳児の時点で一定の獲得を見せ，4 歳児以降，大幅な使用の増加を見せることが明らかになった．

こうしたことから，平均的には，日本語母語幼児が empathy を基準として事態を捉えることをおよそ 3 歳児の時点で，また受身表現については，早い者では 3 歳～4 歳児の時点で，獲得しつつあることが示唆された．

ただし，英語母語幼児が empathy という概念，あるいはそれを以って事態を捉えること，あるいは受身表現を理解 (獲得) していないことを意味するわけではない．本調査で対象としたような事態については，その適用が (成人の英母語話者と同様) 見られなかったということであるので，英語母語幼児におけるこれらの獲得については，今後の調査課題としたい．

参考文献

[1] Allen, S., & Crago, M., (1996) “Early passive acquisition in Inuktitut”, Journal of Child Language, 23,1, pp.129-155.

[2] Au, T. K., (1983) “Chinese and English counterfactuals: The Sapir-Whorf hypothesis revisited”, Cognition,15,pp.155-87.

[3] Bates, E. & MacWhinney, B., (1989) “Functionalism and the Competition Model”, The Cross-linguistic Study of Sentence Processing, pp.3–73.

[4] Boroditsky, L. and Gaby, A., (2010) “Remembrances of times east: Absolute spatial representations of time in an Australian Aboriginal community”, Psychological Science, 21, (1), pp. 1635-1639.

[5] Bowerman, M., (1973), “Structural Relationships in Children’s Utterances: Syntactic or Semantic?”, Cognitive Development and the Acquisition of Language, pp.197-213.

[6] Brown, R., (1973) A first language: the early stages, Harvard University Press.

[7] Chapman, R. S. & Miller, J. F., (1975) “Word Order in Early Two- and Three-Word Utterances: Does Production Precede Comprehension?”, Journal of Speech and Hearing Research,18, pp.355-371.

[8] Choi, S. & Bowerman, M., (1991) “Learning to express motion events in English and Korean: the influence of language-specific lexicalization patterns”, Cognition, 1991, 41(1-3), pp.83-121.

[9] Gentner, D., (2003) “Why we’re so smart”, Language in mind, pp.195-236.

[10] Heider, E. A., (1972) “Probabilities, sampling and ethnographic method: The case of Dani colour names”,

Man,7,3, pp. 448-466.
[11] Hinds, John・西光義弘, (1986) Situation and person focus : 日本語らしさと英語らしさ東京, くろしお出版.
[12] 池上嘉彦, (1981)「する」と「なる」の言語学 : 言語と文化のタイポロジーへの試論, 大修館書店.
[13] 伊藤創 (2015), "事態参与者の認知的際立ちの決定要因についての一考察", コミュニケーション研究叢書, 13, pp.9-17.
[14] 伊藤創・王蓓淳, (2016) "日本語・中国語・英語における事態把握の「型」と事態描写の「型」の関連性", 政大日本研究,13,pp.21-47.
[15] 伊藤創, (2018) "日英語母語話者における事態の描き方の型の違いと事態の捉え方の型の違い" ,言語研究, 154,pp.153-175.
[16] 伊藤創, (2020) "「母語話者らしい表現」の習得についての一考察 :「無生物主語構文」に焦点をあてて" ,科学研究費助成事業助成金報告書 (課題番号 17K04853) :「ことばの教育」における教員養成の連携に向けて, pp. 73-82.
[17] 伊藤克敏, (1990) こどものことば : 習得と創造, 勁草書房.
[18] 岩立志津夫, (1981) "日本語児の動詞形の発達について", 学習院大学文学部研究年報,27, pp.191-205.
[19] 金谷武洋, (2004) 英語にも主語はなかった : 日本語文法から言語千年史へ, 講談社.
[20] 国広哲弥, (1974) "人間中心と状況中心 : 日英語表現構造の比較", 英語青年, 119,11, pp.48-50.
[21] Langacker, R. W., (1990) "Subjectification", Cognitive Linguistics 1, pp.5-38.
[22] Maguire, M., Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R.M., Imai, M., Haryu, E., Vanegas, S., & Sanchez-Davis, B., (2010) "A developmental shift from similar to language specific strategies in verb acquisition: A comparison of English, Spanish and Japanese", Cognition,114, pp.299–319.
[23] Moerk, E. L., (1980) "Relationships between parental input frequencies and children's language acquisition: A reanalysis of Brown's data", Journal of Child Language,7, pp.105-118.
[24] 中西ゆうこ, (2016) "日本語を母語とする二幼児の自動詞・他動詞の誤用", 県立広島大学人間文化学部紀要, 11, pp.75-85.
[25] Nomura, M. & Shirai, Y, (1997) "Overextension of intransitive verbs in the acquisition of Japanese", Proceedings of the Twenty-Eighth Annual Child Language Research Forum, pp. 233-242.
[26] 大久保愛, (1967) 幼児言語の発達, 東京堂出版.
[27] 大伴潔・宮田 Susanne・白井恭弘, (2015) "動詞の語尾形態素の獲得過程 : 獲得の順序性と母親からの言語的入力との関連性", 発達心理学研究, 26,3, pp.197-209.
[28] Papafragou, A. Hulbert, J. and Trueswell, J., (2008) "Does language guide event perception? : Evidence from eye movements", Cognition, 84, pp.189-219.
[29] Slobin, D. I., (1966) "Grammatical transformations and sentence comprehension in childhood and adulthood", Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 5, pp.219-227.
[30] Slobin, D. I., (1987) "Thinking for speaking", Proceedings of the Thirteenth Annual Meeting of the Berkeley, Linguistics Society, pp.435-444.
[31] Talmy, L., (2000) Toward a cognitive semantics Volume Ⅱ: Typology and Process in Concept Structuring. (訳: 高尾享幸 (2000) "イベント統合の類型論", 坂原茂 (編) 認知言語学の発展東京 : ひつじ書房), pp.347-451.
[32] Tanaka, N. and Shirai, Y., (2014), "L1 acquisition of Japanese transitive verbs: How do children acquire grammar in the absence of clear evidence?", Japanese/Korean Linguistics, 21, pp.281-295.
[33] Tomasello, M., (2003) Constructing a Language, Harvard University Press.

月経前症候群における、社会的ストレスの認知機能への影響
Influence of cognitive function under social stress in premenstrual syndrome

鈴木 友美子†, 川口 貴子†, 齋藤 菜月†,大平 英樹†
Yumiko Suzuki, Takako Kawaguchi, Natsuki Saito, Hideki Ohira

†名古屋大学大学院情報学研究科
Nagoya University Graduate School of Informatics
suzuki.yumiko@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

Abstract

Premenstrual syndrome (PMS) affects 50-80% of all women.The psychological symptoms of PMS include irritation and depression, and there are many studies how stress affect subjective emotions.

It has been suggested that women with PMS have a blunted cortisol reactivity to the social stress. Previous studies also indicated that oral administration of cortisol reduced working memory.

On the other hand, fMRI study suggested that women with PMS had decreased regional homogeneity (ReHo) in the right anterior cingulate cortex (ACC) at the luteal phase that there might exist functional abnormality or impairment in ACC.

In this study, we performed the emotional stroop task and the 3-back task before and after stress induction in order to verify the influence of stress on cognitive function of women with PMS.

As a result, the reaction time before stress induction was longer in women with PMS than in healthy women. After stress induction, the reaction time did not increase much, and that response may be associated with the cortisol response during stress exposure, as shown in previous studies.

This study suggests that women with PMS have lower cognitive function in the luteal phase than healthy women, and the influence of social stress on cognitive function may be blunted.

Keywords — Cognitive function, Premenstrual syndrome, Stress

1. はじめに

月経による性ホルモンの変動により、多くの女性が心身の違和感を経験する。黄体期特異的に、身体症状ならびに、イライラ、憂うつといった精神諸症状により、日常生活に影響が及ぶ状態を「月経前症候群（以下、PMS)」と呼び、全女性のおよそ50~80%が該当する[1]。

PMSとストレスは密接に関係しており、主観的な感情の変化を中心に多くの研究が行われている[2]。ストレス反応は、他者からの評価といった社会的な脅威により心理的ならびに生理的に起こることが、繰り返し示されてきた[3]。先行研究では、PMSを有する女性のグループ(以下、PMS群)は、PMSでない女性のグループ(以下、健常女性群)に比べると、特に黄体期において、ストレス曝露時のコルチゾール上昇が鈍化することが報告された[4]。ここで、コルチゾールは、急性ストレス時に上昇するストレスホルモンの１つである。コルチゾールは、神経伝達物質と相補的に関連しており、口腔内投与によっても作業記憶が低下することが報告されている[5][6]。そのため、認知的な側面への関与も示唆される。一般に、ストレス下では、視床下部–下垂体–副腎皮質系（hypothalamus – pituitary–adrenal cortex axis 以下、HPA系）の活性化により、血中ならびに唾液中のコルチゾールが上昇する[7]。この上昇は、ストレス曝露からおよそ20分以降にピークが見られ、その後60分後には、ストレス前の状態にまで回復する[8]。PMS群では、こうしたコルチゾールの上昇ならびに回復が鈍化している[4]。

機的磁気共鳴画像法(functional magnetic resonance imaging、以下、fMRI)を用いた研究では、PMS群と健常女性群を比較し、黄体期における Regional Homogeneity が検討された。Regional Homogeneityにより、脳内でまとまった部位が同期して活動している様子が観察され、その部位が特定の脳機能と関連があることが示される。PMS 群は、健常女性群に比べ、右前帯状皮質の活性が減少し、機能異常の可能性が考えられる。臨床上の見解からは、右前帯状皮質のPMSの重症度との関連も示唆された[9]。ここで、前帯状皮質は、2つ以上の行動を同時に惹起しうる状況(葛藤)を抑制する際に高い活動を示す部位である。

そのため、本研究では、PMSに関連した認知機能として、情動ストループ課題を用いた。この課題では、PMSの特徴である感情への影響から、情動的な抑制機能の検討を行った。一方、体内のコルチゾール濃度の上昇が作業記憶に影響を及ぼし得ることと、PMS群のコルチゾールに対する反応性の鈍化が示唆されたことから、作業記憶に関連した課題である３バック課題を 2つ目の課題とした[4][5][6]。

近年、月経サイクルにより認知的な変容が示唆され、月経関連ホルモンが認知機能に及ぼす影響が検討されている[10][11]。一方、PMS と認知機能の関係においては、情動的な認知処理ならびに選択的注意機能、作業記憶において健常女性との違いが見出されたものもある[12][13][14]。しかし、その違いはわずかなものであり、明らかなものではないという意見もあり、一定した結論に至っていない[15]。

これらのことからも、月経関連ホルモンの変容のみで認知機能への影響を検討するのではなく、相互作用を考慮し、認知的な影響を検討する必要があると考えた。本研究では、社会的ストレスの誘導を行い、PMS を有する女性に特徴的なストレス曝露時のコルチゾール応答の鈍化が、認知機能へ及ぼす影響を検討した。そのため、ストレス誘導の前後ならびに、ストレス前の状態に回復するストレス誘導 60 分後における認知機能を比較した。

本研究により、PMS を有する女性は、健常女性に比べ、情動ストループ課題のストレス誘導前のベースラインの反応時間が長くなり、ストレス誘導による反応時間の上昇は、健常女性に比べ小さいことを予想した。一方、3 バック課題においても、正答問題の反応時間は情動ストループと同じ傾向となり、正答率は PMS を有する女性の方が低くなり、ストレス誘導による正答率の低下の度合いは、健常女性の方が大きいと予想した。(本データは予備実験段階のものであり、実験は現在進行中である。)

2. 方法

参加者

実験時に、黄体後期に該当する、18 歳から 45 歳までの健常な女性を募集している。予備実験として 6 人の女性のデータを分析に用いた。今後、実験は引き続き行うものとする。尿中の黄体形成ホルモン (LH) の LH サージを捉え、黄体後期を推定し、後日、実験後の月経開始日を確認し、黄体後期を確定した。(年齢:20-22 歳、mean=20.7 歳、平均月経周期 : 29.2 日、PMS 該当参加者 3 人、PMS 非該当参加者 3 人) 名古屋大学の倫理審査で承認された手続きに基づいて実験の概要を説明し、参加者から実験参加の同意書の記入を得た上で、実験を実施した。実験後には、デフリーディングを行なった。

情動ストループ課題

刺激 : AIST 顔表情データベース (産業技術総合研究所) から、 喜び表情と怒り表情の画像 (男女モデル 4 名ずつ) を選び、 各画像の中央に、「喜び」と「怒り」という単語を合成して刺激を作成した (図 1)。図 1 の例は、表情と単語の情動価が一 致した一致刺激 (表情 : 喜び+単語 : 喜び) と、一致しない 不一致刺激 (表情 : 喜び+単語 : 怒り) を図示している。

課題 : 単語を無視して、できる限り早く正確に表情を判断することを求めた。課題は、計 120 試行から成り、一試行につき一つの刺激が呈示された。被験者は、表情または単語が「喜び」であるか「怒り」であるかをキー押しで反応した。

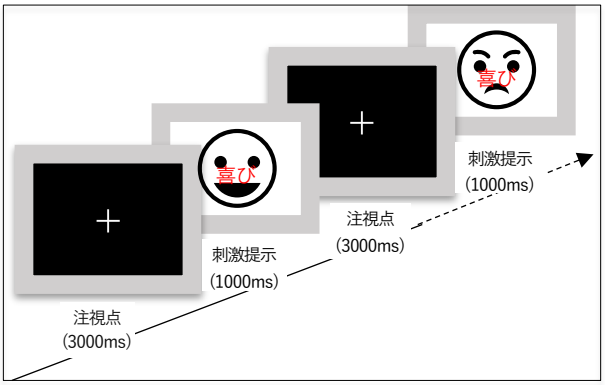


図 1. 情動ストループ課題 :
書かれた文字を無視して、顔が示す表情を判断する。

3 バック課題

刺激 : 0 から 9 までの数字が、1 秒ごとに連続提示された (図 2)。

課題 : 画面に提示された数字と 3 つ前に呈示された数字(ターゲット)との一致、不一致を、できる限り早く正確に、キー押しで反応するよう求めた。課題は、120 試行から成り、画面の数字はランダム発生させた。

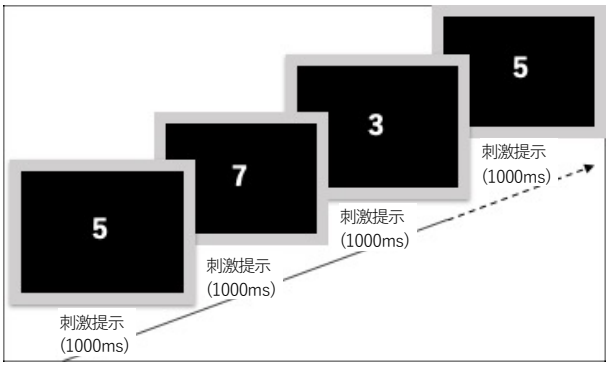


図 2. 3 バック課題 :
3 つ目の数字と同じか否かを判断する。

トリーアの社会ストレステスト(Trier Social Stress Test 以下、TSST)

ビデオカメラを設置し、審査者の前でスピーチを行うことを求める。社会的ストレスの誘導において信頼性が担保されたプロトコルである[16]。スピーチでは、自分のことを上手に紹介することを求めた。5 分間のスピーチ準備、5 分間のスピーチ、5 分間の計算課題で構成されている。

質問紙

実験期間中の主観的ストレス尺度として、0%（まったくストレスを感じない）から 100%（非常にストレスを感じる）とした Visual Analogue Scale (VAS) と、PANAS(The Positive and Negative Affect schedule)日本語版への回答を求めた。

心拍測定

ウェラブル心拍センサ WHS-1（ユニオンツール社）と心電図用アンプ ECG100C(BIOPAC 社製)を用いて心拍を記録した。

唾液中コルチゾール

唾液中のコルチゾール濃度を計測するため Passive Drool 法を用いて実験参加者の唾液を採取した。Passive Drool 法は、自然分泌された唾液を 2 分間口の中で貯め、短いストローを使って収集容器に移す採取方法である。採取された唾液試料は－33℃で凍結保存した後、解析時に解凍して 3,000 rpm で 15 分間の遠心分離を行う。唾液中コルチゾールは、実験が進んだ後、酵素免疫吸着測定法（ELISA）により専用キット（Salimetrics 社製）を用いて解析し、コルチゾール濃度を算出する。

手続き

入室後、ウェアラブル心拍センサを装着し、7 分間安静にし（以下、安静期)、1 回目の質問紙の回答と唾液の採取、ならびに認知課題を行った。その後、TSST により社会的ストレスの誘導を行った。TSST 直後に、2 回目の質問紙の回答と唾液の採取、ならびに認知課題を行なった。TSST20 分後は、質問紙の回答と唾液の採取のみ行い、TSST60 分後（以下、回復期)に 3 回目の質問紙の回答と唾液の採取、ならびに認知課題を行なった。

データ解析

ストループ課題では、反応時間をデータとする。誤答の反応時間を分析から除き、反応時間が 200 ms 以下の反応時間と各実験者の平均反応時間+3SD を超える反応データは、分析から除外した。表情判断における、不一致刺激の正答試行の平均反応時間を分析に用いた。

3 バック課題では、正答率とその反応時間をデータとし分析に用いた。誤答ならびに回答なしの反応時間を分析から除き、反応時間が 200 ms 以下の反応時間と各実験者の平均反応時間+3SD を超える反応データは、分析から除外した。

急性ストレス反応の確認

各測定時点における主観的ストレス、心拍を測定した。TSST 直後に、主観的ストレスのスコアならびに、唾液中のコルチゾール濃度が上昇していることを確認し、急性ストレス反応が起こったと判定する。唾液中コルチゾールは、実験が進んだ後、濃度の算出を行う。

3. 結果

TSST による社会的な急性ストレス反応が生起されたことを確認するため、主観的ストレス尺度のスコアを、安静期、TSST 直後、TSST20 分後、回復期の 4 点で計測した。心拍は、安静期、TSST 直後、回復期の 3 点で計測した。これらを、PMS を有する女性(PMS で表記) 3 人の平均と健常女性(Non-PMS で表記) 3 人の平均として図 3 に示した。

[5][6]

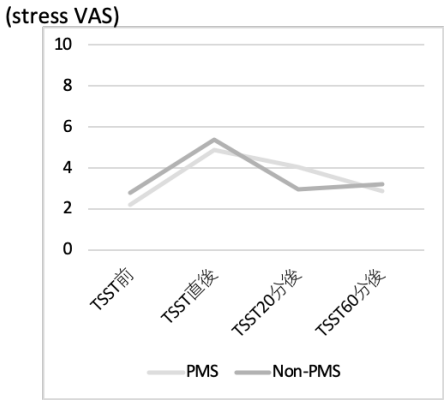


図 3. ストレススコア：主観的ストレス尺度として、0%（まったくストレスを感じない）から 100%まで VAS で回答した。

認知課題であるストループ課題の不一致条件での反応時間を、PMS を有する女性(図では PMS)2 人の平均と健常女性(図では Non-PMS) 3 人の平均として図 4 に示した。 1 回目は安静期の後に、 2 回目は TSST 直後に、 3 回目は回復期に行なった。

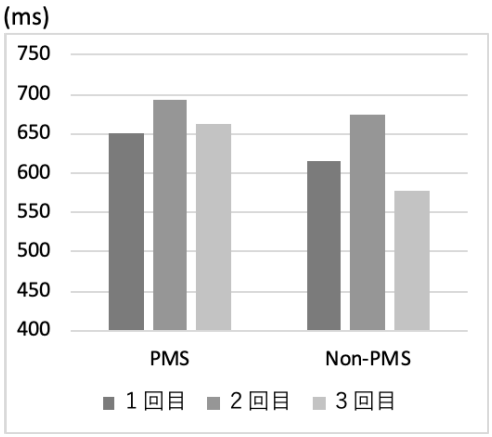


図 4. 情動ストループ課題の平均反応時間：表情と単語の情動価が一致していない不一致刺激の反応時間を PMS における平均と Non-PMS における平均で比較した。 1 回目の後に TSST によるストレス誘導を行った。

認知課題である 3 バック課題の正答率と正答した問題の反応時間を、PMS を有する女性 3 人の平均と健常女性 2 人の平均として図 7、8 に示した。 1 回目は安静期の後に、 2 回目は TSST 直後に、 3 回目は回復期に行なった。

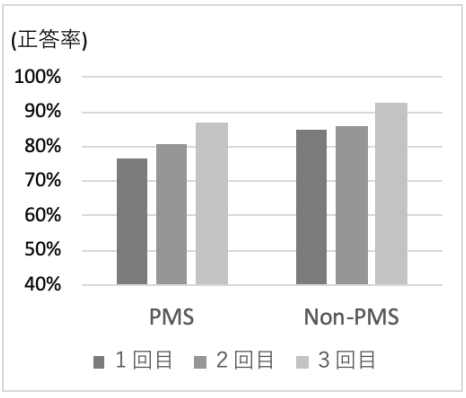


図 5. 3 バック課題の平均正答率：全体の問題数に対する正答だった問題の正答率を PMS における平均と Non-PMS における平均で比較した。 1 回目の後に TSST によるストレス誘導を行った。

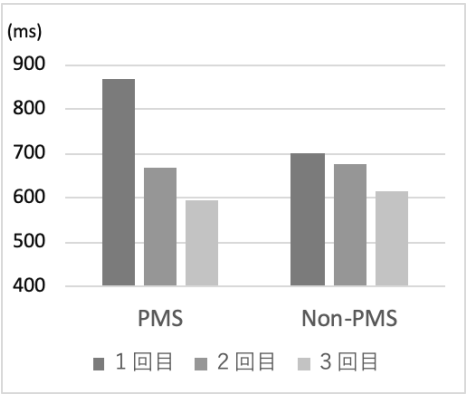


図 6. 3 バック課題の平均反応時間：正答だった問題の反応時間を PMS における平均と Non-PMS における平均で比較した。 1 回目の後に TSST によるストレス誘導を行った。

4. 考察

本研究における予備実験の結果を上記で示した。現在進行中の実験であり、かつサンプルサイズの小ささから、考察は今後の見通しを推測するために行うにとどめたい。

試行 1 回目の情動ストループ課題不一致条件において、PMS を有する女性は健常女性に比べ、平均反応時間が大きい傾向が見られた。先行研究でも、PMS 群と健常女性群で、認知機能の違いが見出されており、類似した結果となった[12]。一方、社会的ストレスによる影響として、健常女性では、試行 2 回目の不一致課題での平均反応時間が増加した。しかし、PMS を有する女性は健常女性に比べ、その増加量が少ない傾向が見られた。先行研究で示唆された、PMS 群はストレス曝露時においてコルチゾール応答が鈍化する結果から、本研究でも PMS を有する女性はコルチゾール上昇がもたらす認知的変容の影響が少なかったため、先述の結果が得られた可能性があり、今後、実験を進めるにあたり注視していきたい。社会的ストレス誘導 1 時間後の試行 3 回目においては、健常女性は平均反応時間の減少が見られたが、PMS を有する女性では、健常女性に比べ、平均反応時間が増加したままであった。先行研究では、コルチゾールはストレス曝露後 1 時間程度で基準レベルに戻ることが示唆されているが、PMS 群の女性は、こうしたコルチゾールの上昇ならびに回復が鈍化している[4]。PMS を有する女性と健常女性とのコルチゾール応答との関連が検討し得る結果と考えられる。

3 バック課題においては、試行 1 回目において PMS を有する女性は健常女性と比べ、正答率は少ない傾向にあり、正答問題の平均反応時間は長い傾向が見られ

た。情動的な情報を含まない３バック課題においても、情動ストループ課題の結果との比較をすることで、PMS 特有のふるまいを検証する必要がある。

今後、本データを参考に、実験を引き続き進めていきたい。

参考文献

[1] 大坪　天平, (2018) “精神科からみた PMS/ PMDD の病態と治療”, 女性心身医学　J Jp Soc Psychosom Obstet Gynecol　Vol. 22, No. 3, pp. 258-26,

[2] Bäckström T, Bixo M, Johansson M, et al. “Allopregnanolone and mood disorders.” *Prog Neurobiol*. 2014;113:88-94.

[3] Dickerson, S. S., & Kemeny, M. E. (2004). “Acute stressors and cortisol responses: A theoretical integration and synthesis of laboratory research.” *Psychological Bulletin*, *130*(3), 355–391.

[4] Huang Y, Zhou R, Wu M, Wang Q, Zhao Y. “Premenstrual syndrome is associated with blunted cortisol reactivity to the TSST.” *Stress*. 2015;18(2):160-168.

[5] Oei NYL, Tollenaar MS, Spinhoven P, Elzinga BM. “Hydrocortisone reduces emotional distracter interference in working memory.” Psychoneuroendocrinology. 2009;34(9):1284-1293.

[6] Terfehr K, Wolf OT, Schlosser N, et al. “Hydrocortisone impairs working memory in healthy humans, but not in patients with major depressive disorder.” *Psychopharmacology (Berl)*. 2011;215(1):71-79.

[7] Dedovic K, Duchesne A, Andrews J, Engert V, Pruessner JC. “The brain and the stress axis: The neural correlates of cortisol regulation in response to stress.” *Neuroimage*. 2009;47(3):864-871.

[8] Kirschbaum C, Hellhammer DH. “Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: recent developments and application.” *Psychoneuroendocrinology*. 1994;19(4):313-333.

[9] Liao H, Pang Y, Liu P, et al. “Abnormal Spontaneous Brain Activity in Women with Premenstrual Syndrome Revealed by Regional Homogeneity. ”*Front Hum Neurosci*. 2017

[10] McCormick CM, Teillon SM (2001) “Menstrual cycle variation in spatial ability: relation to salivary cortisol levels.” Horm Behav 39:29–38

[11] Heister G, Landis T, Regard M et al (1989) “Shift of functional cerebral asymmetry during the menstrual cycle.” Neuropsychologia 27:871–880

[12] Eggert, L., Kleinstäuber, M., Hiller, W., & Witthöft, M. (2017). “Emotional interference and attentional rocessing in premenstrual syndrome.” Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, 54, 77–87.

[13] Keenan, P. A., Stern, R. A., Janowsky, D. S., & Pedersen, C. A. (1992). "Psychological aspects of premenstrual syndrome I: Cognitionandmemory. "Psychoneuroendocrinology, 17(2–3), 179–187

[14] Slyepchenko, A., Lokuge, S., Nicholls, B., Steiner, M., Hall, G. B. C., Soares, C. N., & Frey, B. N. (2017). "Subtle persistent working memory and selective attention deficits in women with premenstrual syndrome."Psychiatry Research, 249, 354–362.

[15] Sundström-Poromaa, I. (2018). The Menstrual Cycle Influences Emotion but Has Limited Effect on Cognitive Function. In *Vitamins and Hormones*.

[16] Kirschbaum, C., Pirke, K. M., & Hellhammer, D. H.(1993). “The ‘Trier social stress test’ - A tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting.” Neuropsychobiology, 28(1–2), 76–81.

他者との相談は高齢者の信頼性判断の学習を支援するか：投資ゲームの課題成績の分析[i]

Can chattering with a young partner facilitate older adults' trustworthiness learning ? : Analysis of the investment game scores

原田 悦子[1], 鷹阪 龍太[1,2], 田中 伸之輔[1], 水浪田鶴[1], 須藤智[3]
Etsuko T. Harada, Ryuta Takawaki, Shinnosuke Tanaka, Tazu Mizunami, & Satoru Suto
[1] 筑波大学 [2] 東洋大学 [3] 静岡大学
[1]University of Tsukuba, [2]Toyo University, [3]Shizuoka University
etharada@human.tsukuba.ac.jp

概要

Suzuki(2018)は，投資ゲーム（顔写真に示された人物を信頼して投資を行うかどうかを判断する課題）を繰り返し行う中で，高齢者は若年成人と異なり，信頼性判断の成績が向上しないことを示した．こうした高齢者の判断特性が真であるならば，それをいかに支援するかを検討する必要があり，本研究では若年成人との相互作用，例えば子や各種窓口担当者との相談が高齢者の意思決定過程に対して影響を与えうるか否かを検討するために，実験的検討を行った．

キーワード：認知的加齢，信頼性の学習，社会的支援; (cognitive ageing，trustworthiness learning，social supports)

1. 問題と目的

Suzuki（2018）は，人の信頼性の判断が顔の印象と過去の行動履歴から影響を受ける程度についての年齢群間比較を行っている．実験では，提示された顔写真の人物へ投資を行うか否かを判断する投資ゲームを繰り返す中で顔写真の人物の行動履歴からその人物の信頼性判断を更新し，投資ゲームの成績を向上させていくが，その向上度合いに年齢群間差が見られ，高齢者は若年成人と比較して信頼性判断の成績が向上しないことが示された．同時に行っている再認課題の成績分析から，高齢者は若年成人と比較して記憶成績が悪く，投資ゲーム後も顔の印象の影響を受け続けることを指摘している．こうした高齢者の認知的特性は，詐欺被害などに対する心理学的リスク要因の一つでもあると考えられる．そうした高齢者における認知的リスクは，高齢者は若年成人と比較して，人の行動履歴およびその記憶に従って信頼性の判断を調整することが困難であり，その代替として顔の印象に依存しているために生じるのではないかと考えられている（Suzuki, 2018）．

この研究結果が示唆する高齢者の持つ認知的脆弱性は社会的にも重要であるだけに，こうした結果が一般性を有するものなのか否かを検討することは重要である．同時に，こうした認知的特性が真に多くの高齢者に共有されるものであるならば，そうした問題状況から高齢者が脱却するためには，どのような介入あるいは支援の可能性があるのかを検討していくことも重要であろう．たとえば，「怪しいこと不安なことがあれば，回りの若年世代に相談を」というのはしばしば提案されている「詐欺被害から逃れるための方略」の一つである[1]．問題解決の場において，若年成人と「相談の場を持つ」ことは，こうした社会的信頼性判断の学習をしていくうえで有効性はあるのであろうか．より具体的には，Suzuki(2018)の実験課題の状況において，信頼性の判断をする際に若年成人との相談を介することで，高齢者による他者の行動履歴に基づく価値判断の更新を促し，結果として信頼性学習が支援され得るのであろうか．

そこで本研究では，Suzuki(2018)のパラダイムに基づきながら，高齢者と若年成人が協働作業を行うという設定条件を設けることにより，投資ゲームにおける高齢者の学習が支援され得るかを探索的に検討することを目的として実験を行った．

実験では，Suzuki(2018)の追試も兼ねて，大学生，ならびに高齢者の「一人で投資ゲームをする」ソロ条件と，高齢者と若年成人が「一緒にゲームをする」ペア条件の比較を行った．この際，ペアをいかに設定するかについては，a)多くの社会心理学実験において，初対面のペアと友人同士のペアでは大きく対人行動が異なることが指摘されていることから，特に今回の実験目的か

[1] たとえば「特殊詐欺に遭わないために家族の絆で犯人退治!!」（https://www.city.tokyo-nakano.lg.jp/dept/508000/d016892.html）などでは「高齢者の子や孫世代（おおむね 20 歳代から 50 歳代）にあたる方は、ご自分からご両親と頻繁に連絡をとるなどして、ご両親が被害者にならないように注意喚起を」と呼び掛けている．

ら，初対面ではない相手であることが望ましいと考えられたこと，同時に，b) これまでの研究から，たとえば高齢者が人工物利用の相談などをする際に，孫との相互作用は極めて有効であるが（Mori & Harada, 2010），子とのコミュニケーションは必ずしもその効果は明らかではない．こうした関係性による変動については必ずしも科学的データに基づくものではないが，家族，特に一親等での関係性は「看護や介護のプロであっても，客観的な対応が難しく，相互に評価的な視点が入りやすいことから，上手い協働活動にはなりにくい」といわれる（森，私信）．そこで本研究においても，高齢者と若年成人が「すでに親しい関係性がある」が「親子関係ではない」ことを条件として，ペア条件を構成することとした．実際には，二つの市においてサークル活動やボランティア活動などで異世代間交流を行っており，その中で「よく知っている人同士の同性ペア」として，実験参加者を募ることとした．

2. 方法

参加者

各年齢群のソロ群と高齢者-若年成人ペア群が設定された．ソロ群については若年成人 12 名（大学生，平均 20.42 歳），健康な地域在住高齢者 12 名（筑波大学みんラボ登録会員，平均 71.50 歳），ペア群については，A 市ならびに T 市の若年成人と高齢者の同性の知人同士（家族を含まない）のペア（平均 42.25 歳ならびに平均 71.00 歳）12 組が参加した．いずれの条件も男女同数とした．すべての参加者に規定の謝金が支払われた．

課題と手続き

実験は，ペア条件での投資ゲームの段階を「相談しながら」行った以外は全て，Suzuki(2018)と同一の手続きで行われた．具体的には，事前の顔写真の信頼性判断課題（24 刺激），投資ゲーム（16 刺激分について判断，各 4 回），顔写真の再認課題（24 刺激），事後の信頼性判断課題（24 刺激）の 4 つ段階から構成されていた．投資ゲーム課題においては，ペア群は二人で一つのモニター・キーボードを用いて課題に従事するよう求められた．その際，ペア群では，信頼ゲームの全試行について，「交代でペアの内のどちらかが答える係」となるが，必ずペアの相手と相談をした上で，試行ごとの「責任者」の参加者が最終的な判断・入力をするように求められた．ペア条件群においても投資ゲーム以外の課題についてはソロ条件群と同様，一人が 1 台のコンピュータを用いて，課題に従事した．

Suzuki(2018)の投資ゲーム課題の刺激材料は，顔情報データベース（渡邊他,2007）から抜粋された，信頼性の高い／低い顔写真各 12 枚が使用されていた．Suzuki(2018)は事前調査において，顔情報データベース上の 120 枚の若い日本人の顔写真について，102 名の高齢者（60－79 歳）と 102 名の若年者（18－30 歳）により顔写真の信頼性評定を求め，高齢者評定において最も信頼性を高く評定された 6 枚および若年者評定において最も信頼性を高く評定された 6 枚の計 12 枚を信頼性の高い顔写真とし，同様の手続きにより 12 枚を信頼性の低い顔写真を抜粋し，本実験で使用している．本研究でも同じ 24 枚を実験刺激として使用した．

顔写真 24 枚は，信頼性の高い顔／低い顔各 4 枚の 8 枚を 1 セットとした 3 セットに分けられ，参加者ごとに「良い人物」／「悪い人物」／「未使用」に割り振られたため，顔写真のセットと投資ゲーム中の行動の組み合わせは参加者ごとにカウンターバランスがとられたことになる．

投資ゲームでは，1 試行に 1 枚の顔写真が提示され，参加者はその顔写真の人物に 100 万円の投資をするか否かの判断をするよう求められた．投資した人物が「良い人物」であった場合は 200 万円が返却され，投資した人物が「悪い人物」であった場合は 100 万円を失うことが教示された．顔写真は参加者の回答が入力されるまでの間画面上に表示され，参加者が回答を入力してから 5 秒の間，その試行の投資結果（200 万円獲得もしくは 100 万円を損失）と，人物の行動（「良い人物だった」もしくは「悪い人物だった」）が顔写真とともに表示された．1 回の投資ゲームでは 16 試行が行われ，16 試行が終了したのち，その回の全試行を通した収支結果（金額）が参加者にフィードバックされた．投資ゲームは 4 回継続して行われた．なお，投資ゲームが数回に渡って継続して行われることは事前に参加者に教示されたが，繰り返し回数についてはランダムに決定されると教示され，正確な繰り返し回数は知らされていなかった．

3. 結果と考察

本報告では，投資ゲームの成績について報告する．特に，各条件において，4 回の投資ゲームでの成績向上が見いだせるか否かを検討した．このために，ソロ群では全試行に対しての正答率を，ペア群は「自分が責任者で

あった試行」に対しての正答率を算出し，従属変数とした，群（ペア／ソロ）×年齢（高齢者／若年成人）×繰り返し数（1〜4 回）×顔の信頼性（信頼高／信頼低）×人物の行動（良い／悪い）の５要因混合計画分散分析を実施した．その結果，年齢($F(1,44)=15.27, p<.001$, 偏 $\eta^2=.26$)と繰り返し数($F(3, 132)=24.86, p<.001$, 偏 $\eta^2=.36$ ）の主効果が有意であった．

本研究での仮説から，4 要因の組合せによる各条件について，繰り返しによる単純主効果の分析を行った(Table 1)．その結果，

1) ソロ条件では，若年群では「顔の信頼性高い&行動良い人」に関する条件を除く 3 条件で，繰り返しによる課題成績向上が見られたが，高齢者ソロ条件では，「顔の信頼性高い&行動悪い人」を除いては試行ごとの成績向上が見られず，Suzuki(2018)の結果を概ね支持する結果であった．
2) ペア条件若年成人については，4 回の繰り返しによる成績変化が，ソロ条件若年成人と基本的に同じパタンを示しており，若年成人については，異世代メンバーとのペア構成により，信頼性学習の様相が変化しないことが示された．
3) ペア条件高齢者については，「顔の信頼低&行動良い人」において有意に成績が改善していた．また「顔の信頼性低い&行動悪い人」については，第 1 試行で正答率が極めて高かったのに対し，一旦成績が低下し，しかし最終的には成績が向上するという U 字パタンを示した．これは若年成人の，ペア・ソロ両条件とも類似の成績変動であった．

これらの結果については，さらに詳細な検討が必要であるが，ペア条件高齢者は，特に「顔の信頼性が低い人についての信頼性学習」において，ペア条件／ソロ条件の若年成人と類似の成績変動を示した点が興味深い．すなわち，「知覚刺激としては，信頼ができないように見える」対象者について，その行動履歴から「信頼する，しないという判断を変動させる」ことが，若年成人との相互作用から生じていることが示唆されている．

これに対し，「知覚的に信頼度が高い顔」の人については，行動がよい場合はいずれの条件，若年成人についても，明確な学習による成績上昇が見られず，また行動が悪い場合は，高齢者ソロ条件であっても学習がなされていることが示された．

こうした対象者による学習の様相の変動は，加齢研

Table 1　投資ゲームの個人正答率

age	Face	Behavior	Cond	1	2	3	4	p
高齢者	**信頼高**	**良い**	**ソロ**	70.8%	75.0%	62.5%	77.1%	
			ペア	66.7%	66.7%	58.3%	70.8%	
		悪い	**ソロ**	29.2%	29.2%	41.7%	**64.6%**	**
			ペア	41.7%	58.3%	50.0%	**70.8%**	+
	信頼低	**良い**	**ソロ**	31.2%	41.7%	41.0%	54.2%	
			ペア	**29.2%**	58.3%	**75.0%**	**79.2%**	**
		悪い	**ソロ**	66.7%	73.6%	70.8%	70.1%	
			ペア	91.7%	75.0%	**45.8%**	79.2%	**
若年者	**信頼高**	**良い**	**ソロ**	62.5%	81.2%	77.1%	85.4%	
			ペア	62.5%	75.0%	66.7%	75.0%	
		悪い	**ソロ**	**52.1%**	62.5%	70.8%	**79.2%**	+
			ペア	**54.2%**	58.3%	**75.0%**	**83.3%**	*
	信頼低	**良い**	**ソロ**	**39.6%**	72.2%	**82.6%**	**81.3%**	**
			ペア	**20.8%**	62.5%	54.2%	**83.3%**	**
		悪い	**ソロ**	75.0%	**58.3%**	**81.2%**	**91.7%**	*
			ペア	79.2%	**62.5%**	**83.3%**	**91.7%**	+

$^{+}p < .10$, $^{*}p<.05$, $^{**}p<.01$　太字は多重比較の結果の注目点

究における Positivity 効果（Mather & Knight, 2005 等），ならびに学習における動機づけの影響として特に Higgins(1997)の制御焦点との関係が想起される．制御焦点理論とは，動機づけを「目標を理想の実現と認識し，よりよい成果を獲得するよう行動を制御する」促進焦点（promotion focus）と「目標を義務の遂行と認識し，失敗（損失）を避けるように，最低限のことを確実にこなすべく行動を制御する」防止焦点（prevention focus）の二つに分解して考える枠組みである．近年，加齢による認知的処理の変化は，動機づけの加齢変化の影響を受けていることが報告されており（Barber & Mather, 2013; Ebner, Freund, & Baltes, 2006 等），本実験の結果から，Suzuki(1998)で示された高齢者の学習低下現象も，顔の記憶が原因ではなくむしろ動機づけあるいは感情的要素の影響であった可能性が示唆された．すなわち，ソロ条件での高齢者は，負の情報価を持つ対象には注意を払わない Positivity 効果から「顔の信頼性が低い」場合の学習が十分には達成できていなかった可能性，および「防止焦点的な動機づけに合致する条件」である「顔の信頼性が高いのに，行動は悪い人」については学習ができていた可能性が示唆された．

このように考えると，ソロ条件において高齢者の学習が若年成人とは異なる様相を示したのに対し，若年成人との協働作業として会話をしながらゲームを行った場合には，若年成人の学習形態である，「顔の信頼性が低い」場合にも注意が払われ，またより高得点を得るための「促進焦点的な動機づけに合致した」学習の様相が見られ，特に知覚条件とは異なるが「良い行動を取る人」への信頼が示されるようになった可能性が示された．

もし，高齢者の意思決定や信頼性学習の様相が，記憶の機能変化そのものの影響を直接に反映しているのだとすると，そうした高齢者の示す認知的特性に対して介入を行っていくことは（何らかの器質的原因に基づく可能性を含むものであるために）困難度が高いと考えられる．しかし，本研究が示したように，動機づけあるいは注意の指向性の加齢変化がその原因であるならば，「若年成人と相談をしながら」判断をしていくことによって，その達成はそうした介入あるいは支援によって大きな変化を得ることが可能になる，そうした可能性を本研究の結果が示唆している．

今後さらに，「信頼をする」ことの学習と「信頼をしない」ことによる学習とを分離して検討していきながら，またこれらの結果と顔の再認課題での記憶成績との関係性についても検討していく必要があると言えよう．また，その効果が得られるために，実際にどのような協働作業あるいは相互作用がなされているのかについて，会話分析を行っていくことも必要と考えられる．

なお，本研究では，ペア条件として，高齢者と若年成人のペアのみを扱っており，そのために高齢者が示した学習の変化が，真に若年成人との対話，協働作業であったことによる変化なのか，単に「誰であれ，他の人と対話をしたこと」による変化であるのかは明確な結論を導き出すことは難しい．同年齢ペアによる検討なども今後の課題と言えよう．

文献

Barber, S.J., & Mather, M. (2013). Stereotype Threat Can Both Enhance and Impair Older Adults' Memory. Psychological Science, 24, 2522-2529.

Ebner, N. C., Freund, A. M., & Baltes, P. B. (2006). Developmental changes in personal goal orientation from young to late adulthood: From striving for gains to maintenance and prevention of losses. Psychology and Aging, 21, 664-678.

Higgins, E. T. (1997). Beyond pleasure and pain. American Psychologist, 52, 1280-1300.

Mather & Knight (2005). Goal-Directed Memory: The Role of Executive Processes in Older Adults' Emotional Memory. Psychology and Aging 20(4):554-70

Mori, K., & Harada, E.T. (2010). Is learning a family matter?: Experimental study of the influence of social environment on learning by older adults in the use of mobile phones. Psychological Research, 52, 244–255.

Suzuki, A, (2018) "Persistent Reliance on Facial Appearance Among Older Adults When Judging Someone's Trustworthiness", Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, Vol. 73, No. 4, pp. 573-583.

渡邊 伸行, 鈴木 竜太, 吉田 宏之, 續木 大介, 番場 あやの, Naiwala P. Chandrasiri, 時田 学, 和田 万紀, 森島 繁生, 山田 寛, (2007) "顔情報データベース FIND ―日本人の顔画像データベース構築の試み―, 感情心理学研究, Vol. 14, No.1, pp. 39-53.

[i] 本研究は科研費 16H02053，および 18K19798 の助成を得て実施された．

本実験を実施するにあたって，多大なご支援をいただいた東京大学・鈴木敦命さんにお礼申し上げます．

アイデア進化：進化計算を用いた大規模オンラインアイデア創造
Idea-Evolution: Evolutionary Computation Assisted Massive Online Ideation

苗村 伸夫†，長谷部 達也†
Nobuo Namura, Tatsuya Hasebe
†株式会社日立製作所
Hitachi, Ltd.
nobuo.namura.gx@hitachi.com

Abstract

We propose a massive online ideation method named Idea-evolution to achieve efficient idea generation among people in remote locations and different time zones. The Idea-evolution consists of evolutionary computation (an optimization algorithm) and brainwriting (an offline ideation technique). The evolutionary computation selects nine good ideas for each user from those proposed by other participants on the basis of their scores. Subsequently, a brainwriting-like interface enables the user to propose three ideas using the nine selected ideas as hints to derive new ideas. The Idea-evolution was applied to ideation with more than 30 participants and compared with simple online brainwriting. Results showed that the Idea-evolution can stabilize growth of the scores over time because it continuously provides the good ideas as hints.

Keywords — Interactive evolutionary computation, Brainwriting, Online brainstorming, Interface

1. 緒言

革新的な製品・サービスに関するアイデア創造では，ブレインストーミング(以下，BS)が広く用いられる．BS は，全参加者に発言の機会を確保するため，一般的に 3-10 人程度で行われることが多い．しかしながら，アイデアの多様性および質の向上には，参加者を増やし，多様な視点からアイデアを提案・修正することが望ましい．また，BS は，会議室などに集まって実施されることが多いが，遠隔地や海外からの参加者など，空間的または時間的に集合することが困難となる場合がある．

これらを顧みて，オンライン BS に関する研究が多数なされている．オンラインで他者のアイデアを参照することで，単独でアイデアを出すよりもアイデアの独創性が高まることが示されており[1]，参加人数を増やして集合知をアイデア創造に活用することが提案されている[2]．近年では，クラウドソーシングによって多数の参加者を募り，オンライン BS が行われることもある[3]．Chan ら[4]は，クラウドソーシングを用いたオンライン BS にファシリテータを導入するためのシステムを提案し，ファシリテータによってアイデアの独創性が高まることを明らかにした．このシステムでは，ファシリテータが BS をモニタリングしてヒントを設定し，参加者が必要な時にヒントを参照することで，オンライン環境でのファシリテーションを実現している．Wang ら[5]は，公共サービスの広告作成に関する BS をクラウドソーシングで行い，独創的なアイデアをヒントとして提示することで，ヒントがない場合よりも得られるアイデアの独創性が高まることを明らかにした．一方，一般的なアイデアを提示しても得られるアイデアの独創性には影響がないことが示された．Sakamoto と Bao[6]は，ヒントとして提示するアイデアの選択に，遺伝的アルゴリズムに用いられるトーナメント選択を導入し，優れたアイデア(良案）を優先的に提示することで，独創性が高まることを確認した．

オンライン BS では，多数の参加者がアイデアを提案するため，得られるアイデアも莫大な数となる．したがって，参加者が大量のアイデアから良案を見つけ出してヒントとするためには，上述のファシリテータやトーナメント選択のような工夫が必要となる．オフラインで他者のアイデアをヒントとして積極的に活用する技法の 1 つにブレインライティング(以下, BW) [7]がある．BW は，各参加者が紙に自身のアイデアを 3 個記入し，全員が記入したところで紙を隣の参加者に回して，他者が記入したアイデア(原案)をヒントに新たなアイデアを 3 個記入するという操作(以下，派生)を繰り返すことで，大量のアイデアを取得する強制連想法である．BW は会話を必要としないため，オンラインでのアイデア創造に適している[8]．

本研究では，遠隔地の多数の参加者によるアイデア創造を実現するため，BW と対話型進化計算[9]を融合した大規模オンラインアイデア創造手法「アイデア進化」を提案する．アイデア進化は，ユーザインターフェースを備えたアプリケーションとして実装され，同

様のインターフェースを用いたオンライン BW と比較することで，その特徴を明らかにする．

2. アイデア進化

アイデア進化では，BW における原案を対話型進化計算によって選択する．対話型進化計算では，個々のアイデアの評価値に基づいてアイデアを選択するため，BW の枠組みにアイデアの評価機能を追加する必要がある．本章では，これを実現するためのユーザインターフェースおよびアイデア進化のアルゴリズムについて説明する．また，比較対象として用いるオンライン BW のアルゴリズムについても述べる．

2.1. ユーザインターフェース

アイデア進化に用いるユーザインターフェースを図 1 に示す．このインターフェースは，アイデア創造のテーマや詳細，使い方の説明文に加えて，以下の 3 つの機能を備えている．

1. 9 個の原案の表示
2. ユーザによる原案の評価
3. ユーザが提案するアイデアの入力

まず，ユーザが自身の ID 番号を入力し，開始ボタンをクリックすると，アイデア進化またはオンライン BW のアルゴリズムに基づいて原案が選択され，図 1 の 9 個の灰枠内に表示される．次に，ユーザは表示された 9 個の原案を確認し，主観的に「良い」と判断できる原案に対して，原案の下に位置する投票ボタンにチェックを入れることで原案の質を評価する．最後に，ユーザは，列ごとに原案をヒントとして派生した自身のアイデアを赤枠に入力し，提出ボタンをクリックすることで提案を行う．なお，開始時には原案となるアイデアが存在しないため，灰枠に原案は表示されず，ユーザは自由に自身のアイデア(初期アイデア)を 3 個入力する．

アイデア進化では，図 1 の各列をアイデアの家系と考え，提案された第 n+1 世代のアイデアは，第 n 世代のアイデアを親とする子であるとみなす．同じ家系に属するアイデアは同じ初期アイデアを祖先に持ち，同じ方向性を有すると考えられる．図 1 では 3 個の家系が表示されているが，アイデアの多様性を確保するため，本研究では 12 個の家系を用いている．インターフェースに表示される家系および原案は，後述のアルゴリズムによって，ユーザが替わるごとに更新される．

2.2. アイデア進化アルゴリズム

アイデア進化では，「良案を原案とすると，さらなる良案が得られる確率が高まる」という仮説の下，投票ボタンによるアイデアの評価に基づいて，対話型進化計算によって原案を選択する．図 1 のインターフェースを用いたアイデア進化の手順を図 2 に示す．まず，ユーザがインターフェースに ID 番号を入力し，開始ボタンをクリックすると，ID 番号がシステムに保存され，ログインが完了する．次に，過去の参加者が提案した既存のアイデア数と家系の数（12 個）を比較する．アイデア数が家系の数未満の場合，原案は表示せず，ユーザが入力した 3 個のアイデアを初期アイデアとして保存する．この操作は提出ボタンによって実行され，初期アイデアは提案者の ID 番号とともに保存される．一方，既存のアイデア数が家系の数以上の場合，インターフェースに表示するアイデアを家系選択と個体選択の二段階で選択する．家系選択では 12 個の家系から 3 個を選択し，個体選択では選択された各家系において，家系に属する全アイデアから 3 個のアイデア(個体)をそれぞれ選択する．

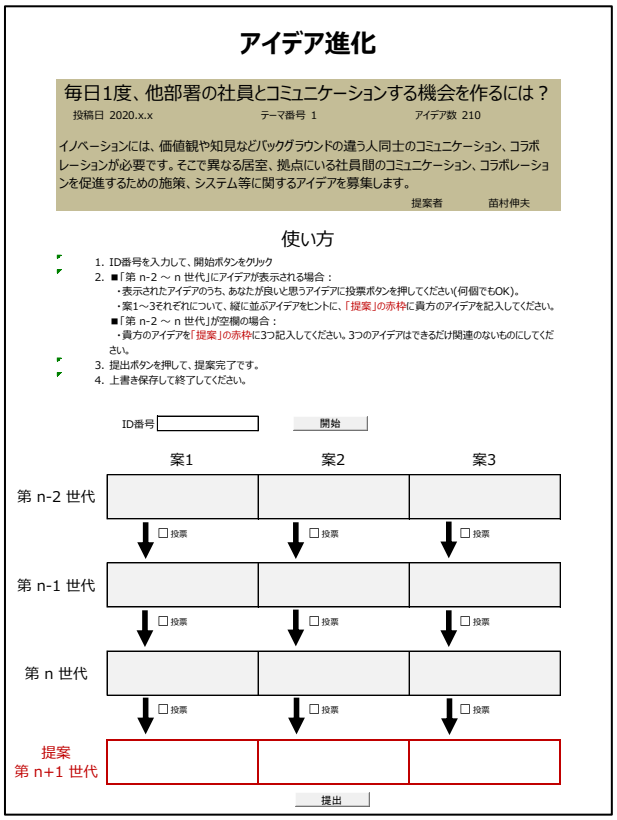


図 1 ユーザインターフェース

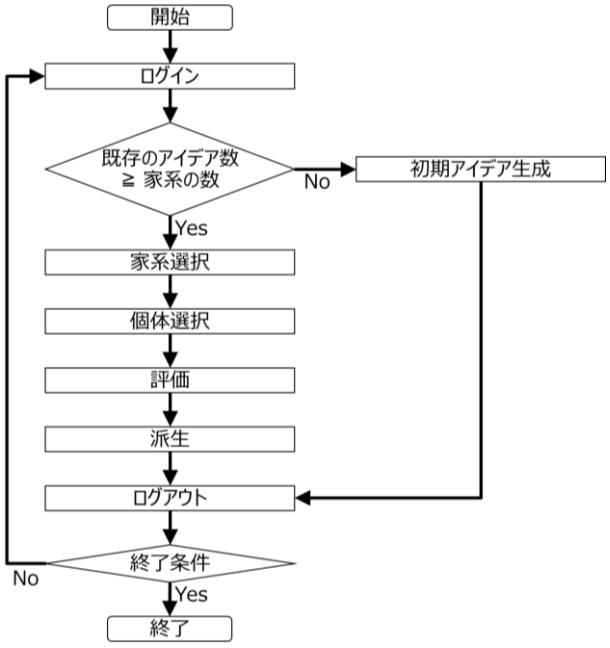


図 2　アイデア進化アルゴリズム

家系選択と個体選択では，各個体に対する過去の参加者の評価を用いて，確率的に原案として表示する家系および個体を選択する．各個体の評価は，以下の式で定義される個体得点率(Individual Score Rate: ISR)によって定量化される．

$$ISR_{i,j} = \frac{S_{i,j}}{I_{i,j}} \tag{1}$$

ここで，$ISR_{i,j}$, $I_{i,j}$, $S_{i,j}$ $\left(i = 1,2,\cdots,N_p,\ j = 1,2,\cdots,J_i\right)$ はそれぞれ家系番号 i，世代数 j の個体の個体得点率，表示回数，得点数であり，N_p は家系の総数，J_i は i 番目の家系に属する個体の総数である．前述の通り，本稿では $N_p = 12$ を用いる．世代数は，初期アイデアを第 1 世代とし，第 1 世代の個体の派生で生成された個体が第 2 世代となるように，初期アイデアから何回の派生を経て得られた個体であるかを示す．表示回数および得点数は，その個体が図 1 のインターフェースに原案として表示された回数と，そのうち投票ボタンにチェックが入った回数である．したがって，$ISR_{i,j}$は，その個体が参加者によって良案と評価され，投票ボタンにチェックが入る確率を表す．一方，各家系の評価には，家系得点率(Family Score Rate: FSR)を用いる．i 番目の家系の家系得点率 FSR_i は，以下の式で定義される．

$$FSR_i = \frac{\sum_{j=1}^{J_i} S_{i,j}}{\sum_{j=1}^{J_i} I_{i,j}} \tag{2}$$

$FSR_{i,j}$ および ISR_i は $I_{i,j}$ が小さい場合，ごく少数の参加者の評価に依存し，妥当な値が得られない可能性がある．本研究では，1，2 回の表示では妥当な評価が得られないと仮定し，以下の修正家系得点率 FSR_i' および修正個体得点率 ISR_i' を用いる．

$$FSR_i' = \begin{cases} c & if\ I_{i,1} = 0 \\ \dfrac{f\left(\sum_{j=1}^{J_i} S_{i,j}\right)}{f\left(\sum_{j=1}^{J_i} I_{i,j}\right)} & otherwise \end{cases} \tag{3}$$

$$ISR_{i,j}' = \begin{cases} c & if\ I_{i,j} = 0 \\ 0 & if\ I_{i,j} > 1\ and\ S_{i,j}/I_{i,j} < 0.5 \\ \dfrac{f(S_{i,j})}{f(I_{i,j})} & otherwise \end{cases} \tag{4}$$

$$f(x) = \begin{cases} \sin\left[\dfrac{\pi}{2}\left(\dfrac{x}{a} - 1\right)\right] + b & if\ x < a \\ \dfrac{\pi}{2}\left(\dfrac{x}{a} - 1\right) + b & otherwise \end{cases} \tag{5}$$

$$a = 3,\ b = 1.5,\ c = 2$$

ここで，$f(x)$ は補正関数であり，係数 a, b, c は補正の強弱を調整するパラメータである．補正関数および係数 c は，表示回数が極端に少ない家系および個体（本研究では 1, 2 回）の FSR_i', $ISR_{i,j}'$ を相対的に高める働きがある．これによって，$I_{i,j}$ が相対的に少ない家系，個体を優先的に選択し，家系得点率および個体得点率の推定精度を高めることができる．なお，個体選択では 2 回以上表示されたにも関わらず，半数以上の参加者から得点を得られなかった個体の $ISR_{i,j}'$ を 0 に置換する操作を加えている．これは，有力でないアイデアを早期に放棄し，他の有力なアイデアの表示回数を増やして，個体得点率の推定精度を高めるための操作である．

家系選択では，各家系に対して FSR_i' を計算し，その総和に対する割合を，家系の選択確率として用いる．すなわち，i 番目の家系の選択確率 P_i は下記となる．

$$P_i = \frac{FSR_i'}{\sum_{i=1}^{N_p} FSR_i'} \tag{6}$$

本研究では，この選択確率を用いて，N_p 個の家系から異なる 3 個を選択する．同様に個体選択では，家系番号 i が選択された場合における，家系番号 i に属する世代数 j の個体の選択確率 $p_{j|i}$ を用いて，J_i 個から異なる 3 個体を選択する．

$$p_{j|i} = \frac{ISR'_{i,j}}{\sum_{j=1}^{J_i} ISR'_{i,j}} \quad (7)$$

個体選択では，ユーザ自身が過去に提案したアイデアを本人に向けて表示しないようにするため，現在のユーザの ID 番号と一致する提案者を持つ個体の $ISR'_{i,j}$ を 0 に置換する．家系・個体選択が完了すると，各家系から選択された 3 個体を，世代数に従って並び替え，図 1 のインターフェースの上から下に向かって世代数の小さな個体から順に表示する．

図 2 の評価では，ユーザが投票ボタンを用いて表示された各個体を評価し，派生では，ユーザが原案をヒントに自身のアイデアを提案する．最後に，ユーザが提出ボタンをクリックすると，原案の $I_{i,j}$，$S_{i,j}$ が更新され，新たな個体が各家系に登録される．派生は，前世代の個体から次世代の個体を生成するため，進化計算における交叉や突然変異に該当する．通常の対話型進化計算では，個体の評価のみを人間が行い，個体の生成はアルゴリズムによって自動的に行われる．一方，アイデア進化では個体生成を派生によって人間が担当することで，人間の創造力を最大限に活かすことができる．よって，派生は，表示された複数のアイデア間の交叉と，参加者の創造力による突然変異が組み合わさったものと解釈できる．アイデアについても，自然言語処理などを用いて単語の組合せから新たな個体を自動的に生成することは可能であり，そのような発想支援手法も提案されている[10]．しかし，アイデアの創造という高度な手続きは，今日の進化計算や人工知能が得意とするところではなく，人間が担当する方が効率的に良案を得られると考えられるため，本研究では人間による派生を用いている．

2.3. オンラインブレインライティング

オンライン BW のアルゴリズムの大部分は，図 2 と同様であるが，アイデア進化とは家系・個体選択の方法が異なる．オンライン BW の家系選択では，N_p 個の家系から異なる 3 個をランダムに選択する．また，個体選択では，選択された家系に属する最新の 3 個体が常に選択，表示される．このように，オンライン BW では家系・個体選択に，各家系および個体の評価を用いない点がアイデア進化とは異なる．アイデア進化では確率的に個体を選択するため，表示回数は個体ごとに異なるが，オンライン BW では終盤の一部を除く全個体が 3 回表示されることにも注意が必要である．

3. 検証方法

アイデア創造における進化計算の効果を調査するため，アイデア進化およびオンライン BW で得られたアイデアの個体・家系得点率を比較する．アイデア創造のテーマは「毎日 1 度，他部署の社員とコミュニケーションする機会を作るには？」とし，アイデア進化およびオンライン BW で，各々210 個のアイデアを取得した．有志での参加を募ったため，参加者はアイデア進化では 37 名，オンライン BW では 31 名と異なっている．なお，12 個の家系の初期アイデアは，アイデア進化とオンライン BW で同一のものを用いた．

アイデア進化およびオンライン BW によって得られたアイデアの質は，個体得点率によって評価される．ただし，質の評価対象となる個体は 2 回以上表示されたものに限定した．これは 1 回しか表示されていないアイデアの個体得点率は 0 または 1 であり，1 人の評価が結果に過剰な影響を与えることを回避するための措置である．なお，オンライン BW では前述の通り，概ね全ての個体が 3 回表示されるが，アイデア進化では 2 回表示されたにも関わらず 1 度も得点できなかった個体は，個体得点率が 0.5 未満となって選択対象から除外されるため，2 回しか表示されない個体が多数存在する．個体得点率の比較においては，この影響に注意を要する．

4. 検証結果

まず，アイデア進化およびオンライン BW によって得られたアイデアの概要を表 1 に示す．アイデアの総数は 210 個であるが，アイデア進化とオンライン BW のアルゴリズムの差異に起因して，アイデア進化では全アイデアの表示回数がオンライン BW よりも少ない．しかし, 表示回数に対する得点数の割合(得点率)に有意差はなく(カイ二乗検定，p = .843)，参加者の違いによる検証結果への影響は無視できる．一方，表示回数が 2 回以上の個体の個体得点率の平均値(平均個体得点率)については，Wilcoxon の順位和検定の結果，アイデア進化が劣っていることがわかった(p < .05)．この差はアルゴリズムの優劣ではなく，アルゴリズムによる評価方法の差異に起因している．詳細は割愛するが，オンライン BW では全てのアイデアが 3 回評価されるのに対し，アイデア進化では一部の良案が 4 回以上評価されることにより，得点率は同程度でも平均個体得点率が低下する．

表 1　得られたアイデアの概要

	アイデア進化		オンライン BW
参加者	37		31
アイデア数	210		210
表示回数	545		558
得点数	221		223
得点率	0.400	≈	0.406
平均個体得点率	0.331	<	0.397

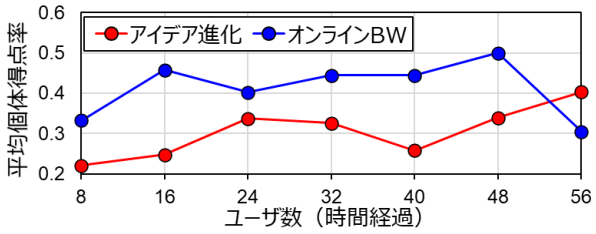
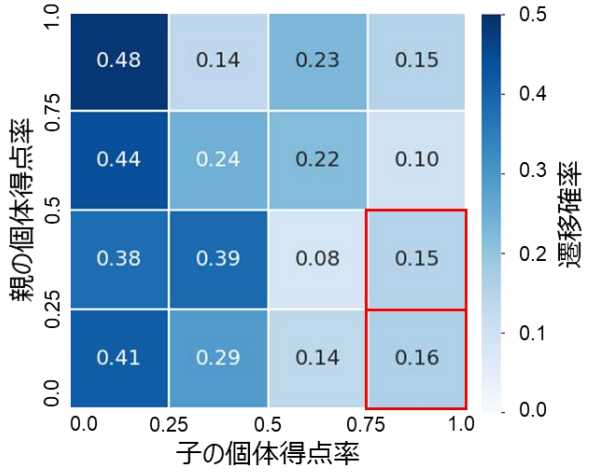
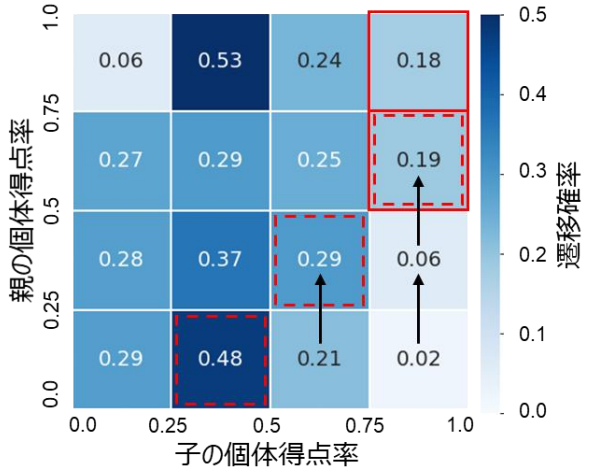


図 3　平均個体得点率の変化



(a) アイデア進化



(b) オンライン BW

図 4　個体得点率の遷移確率行列

次に，アイデア創造の時間経過に合わせて，ユーザ 8 人(アイデア 24 個)ごとに平均個体得点率を計算した結果を図 3 に示す. 57 人目(アイデア 169 個目)以降は，アイデア進化において多くの個体の表示回数が 2 回未満であるため比較から除外した．平均個体得点率はオンライン BW の方が全体的に高いが，これは前述の評価方法の差異によるものであり，本質的な差ではないため，ここでは平均個体得点率の変化に注目する．Wilcoxon の順位和検定による有意差はないものの，いずれのアルゴリズムもユーザ数が 48 人となるまでは，平均個体得点率は増加傾向であり，アイデア創造の時間経過に伴ってアイデアの質が改善していると考えられる．しかし，ユーザ数が 56 人となった際に，オンライン BW では平均個体得点率が大きく低下している (Wilcoxon の順位和検定，$p < .05$)．オンライン BW では，原案に最新の個体を表示するため，良案が提案されない状態が継続すると，過去の良案が表示されなくなり派生の蓄積が失われるため，このような質の急落を引き起こす可能性がある．一方，アイデア進化では進化計算の導入によって，良案が優先的に原案として表示されるため，安定してアイデアの質を改善できる．アイデア進化では，良案が提案されない状態が継続しても，過去の良案が表示されるため，ユーザは常に良案をヒントとした派生が可能である．

次に，アイデア進化で設定した仮説を確認する．図 4 に，親子関係を成すアイデアの個体得点率の遷移確率行列を親子それぞれ 4 水準に離散化して示す．遷移確率行列は，親の個体得点率の水準を条件とした，子の個体得点率の水準の条件付確率を並べたものであり，各行の和は 1 となる．図 4(b)の赤破線枠は親子間で個体得点率の水準が一段階改善する確率に対応している．黒矢印で示すように，親の個体得点率が高くなるほど，各列の確率が高まっていくことから，オンライン BW では仮説通り，「良案を原案とすると，さらなる良案が得られる確率が高まる」状態にあると言える．実際に，親の個体得点率が 0.75 以上の場合と 0.25 未満の場合で，子の個体得点率の平均値には有意差が認められた (Wilcoxon の順位和検定，$p < .05$)．また，図 4(b)の赤枠で示すように，オンライン BW では個体得点率 0.75 以上の子は，個体得点率 0.5 以上の親からの生成される確率が高く，段階的にアイデアの質を高めることで最終的な良案を得ていると判断できる．

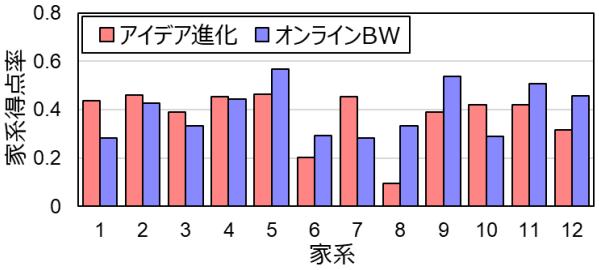
一方, アイデア進化では図4(a)の赤枠で示すように，個体得点率の低い親からも個体得点率の高い子が高確

率で得られている．本研究では第 n 世代に表示された原案を親と定義しているが，アイデア進化では第 n–2, n–1 世代に過去の良案が表示される確率が高い．ゆえに，ユーザが第 n–2, n–1 世代の優れた原案をヒントとして派生を行い，親にあたる第 n 世代の原案の個体得点率とは無関係に，子の個体得点率が高まったと考えられる．図 3 においてアイデア進化が安定してアイデアの質を高められるのも，この特徴によるものである．以上から，アイデア進化とオンライン BW の長所を組み合わせたアルゴリズムが考案できる．つまり，最新の 2 個体を第 n, n–1 世代に表示し，第 n–2 世代のみを進化計算で選択する方法である．これにより，段階的な質の向上を安定して実現できる．なお，アイデア進化において個体得点率 0.25 未満の個体が多数存在するのは, 2 回しか表示されない個体によるものである．

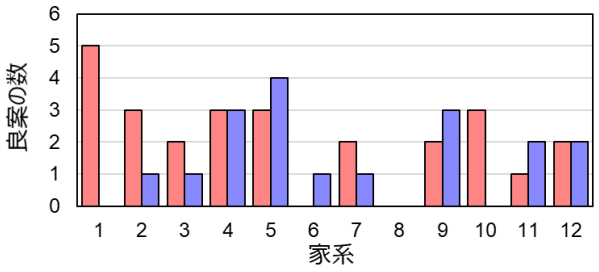
最後に，家系によるアイデアの質への影響を調査するため，図 5 を用いて各家系の家系得点率と個体得点率 0.75 以上の良案の数を比較する．アイデア進化とオンライン BW のいずれにおいても，家系 6，8 では家系得点率が低く，良案もほとんど得られていない．このように家系から得られるアイデアの質は初期アイデアに依存することもあるため，アイデア進化における家系選択は，アイデアの質の安定化に有効であると言える．一方，家系 1，10 ではアイデア進化のみが良案を多数獲得しており，初期アイデアとは無関係にアイデアが進化している．家系の質は時間経過とともに変化するため，アイデア進化による良案獲得の効率をさらに高めるには，家系得点率の計算において古い個体を除外するなどの処理が必要と考えられる．

5. 結言

本研究では，遠隔地での大規模アイデア創造を実現するため，BW と対話型進化計算を融合したアイデア進化を提案し，オンライン BW との比較によって，その特徴を明らかにした．アイデア進化では，進化計算に基づいて良案を優先的にヒントとして表示することで，アイデアの質の向上を安定化できることがわかった．一方，オンライン BW では，段階的にアイデアの質が向上しており，アイデア進化における仮説の妥当性を確認できた．今後は，アイデア進化アルゴリズムを改良し，多数のアイデア創造に適用することで，アイデアの質向上への有意性を確認する必要がある．



(a) 家系得点率



(b) 個体得点率 0.75 以上の良案の数

図 5 家系によるアイデアの質への影響

参考文献

[1] Baruah, J. and Paulus, P.B., (2016) “The role of time and category relatedness in electronic brainstorming,” *Small Group Research*, Vol. 47, pp. 333–342.

[2] 志村正道, (2009) “集合知と WEB,” *武蔵工業大学環境情報学部紀要*, Vol. 10, pp. 32-39.

[3] Tanaka, Y., Sakamoto, Y., and Kusumi, T., (2011) “Conceptual combination versus critical combination: devising creative solutions using the sequential application of crowds,” *Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, Boston, Massachusetts.

[4] Chan, J., Dang, S., and Dow, S.P., (2016) “IdeaGens: enabling expert facilitation of crowd brainstorming,” *Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing Companion*, pp. 13-16.

[5] Wang, K., Nickerson, J.V., and Sakamoto, Y., (2013) “Crowdsourced idea generation: the effect of exposure to an original idea,” *Proceedings of the 19th Americas Conference on Information Systems*, Chicago, Illinois.

[6] Sakamoto, Y. and Bao, J., (2011) “Testing tournament selection in creative problem solving using crowds,” *Proceedings of the 32nd International Conference on Information Systems*, Shanghai, China.

[7] Rohrbach, B., (1969) “Creative by rules - Method 635, a new technique for solving problems,” *Absatzwirtschaft*, Vol. 12, pp. 73–75 (in German).

[8] Aiken, M. and Vanjani, M.B., (2003) “Comment distribution in electronic poolwriting and gallery writing meetings,” *Communications of the IIMA*, Vol. 3, No. 2, pp. 17-36.

[9] Takagi, H., (2001) “Interactive evolutionary computation: fusion of the capabilities of EC optimization and human evaluation,” *Proceedings of the IEEE*, Vol. 89, No. 9, pp. 1275-1296.

[10] Han, J., Shi, F., Chen, L., and Childs, P.R.N., (2018) “A computational tool for creative idea generation based on analogical reasoning and ontology,” *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, Vol. 32, No. 4, pp. 462-477.

次善解から最善解への転換に次善解の複雑性が与える影響

Influence of complexity of a suboptimal solution on conversion from a suboptimal to an optimal solution

二宮 由樹[†]，寺井 仁[‡]，三輪 和久[†]

Yuki Ninomiya, Hitosi Terai, Kazuhisa Miwa

[†]名古屋大学，[‡]近畿大学

Nagiya University, Kindai University

ninomiya@cog.human.nagoya-u.ac.jp

Abstract

知識や経験の制約から脱却し，新しいアイデアの発見を可能とする創造的認知は，洞察研究を通して検討されてきた．本研究では，次善解によって問題解決が可能な負のフィードバックがない状況で生じる，より良い解への転換について扱う．このような状況では負のフィードバック以外の要因が転換を促進すると考えられる．意思決定研究では判断の流暢性が，回答の変更を促すことが知られている．そこで本研究では，問題解決の流暢性を左右すると考えられる次善解の複雑性に着目し，それを操作する実験を行う．

Keyword　Einstelung effect，洞察問題解決，水がめ問題，認知的流暢性

1. 問題と目的

経験や知識の制約から脱却し，新しいアイデアの発見を可能とする能力は，経験や知識に基づいて問題解決をおこなう日常的認知と対比的に創造的認知と呼ばれ，洞察の研究を通して明らかにされてきた(Ohlsson, 2018)．

洞察とは，長い行き詰まりに陥った状態から，突然の解の発見を伴う問題解決である．洞察問題は，経験や知識に従った解法による問題解決は“不可能”であり，むしろそれが問題解決の過程をミスリードするような場面を扱ったものである．そのため，洞察問題の解決には経験や知識によって形成された探索空間から脱却し，新しい探索空間への転換が必要となる (Ohlsson, 1992; Smith, 1995; Weisberg, 2018)．ここでいう転換とは，経験や知識によって初期的に形成される探索空間から他の探索空間へ切り替えることを指す．

洞察問題解決のプロセスにおいては，経験や知識に基づく現在の手続きでは問題が解けないという結果を受け（本研究では，これを「負のフィードバック」と呼ぶ），それによって問題のとらえ直しが起こる．

一方，創造的認知が必要になる場面は，負のフィードバックが検出されるような状況ばかりではない(例えば，Gottlieb, Oudeyer, Lopes & Baranes, 2013)．そのため，より多面的に創造的認知をとらえるためには，負のフィードバックの生じない状況における転換を扱う必要ある．

そこで本研究では，問題は「すでに解けている」が，さらにいい解が存在するような場面，つまり経験や知識に従うことにより初期解（次善解）が得られるものの，より良い解（最善解）が存在する状況における問題解決を扱う．二宮・寺井・三輪(2019)は，次善解から最善解への転換について，参加者が最善解を発見する以前に最善解に関する情報探索の変化が生じることから，転換の準備をするような認

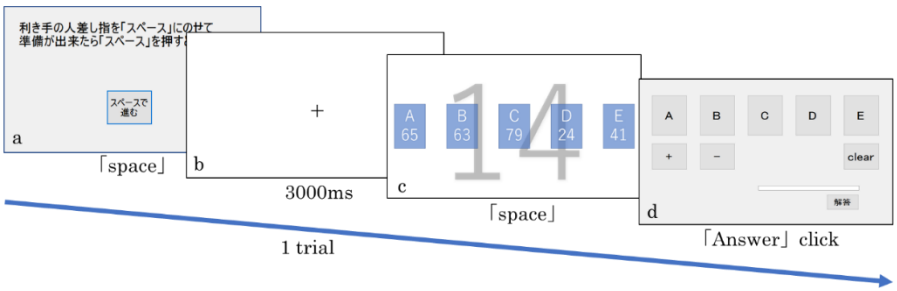


図 1 課題の流れ．a は準備フェイズ，b は注視点，c は思考フェイズ，d は回答フェイズで提示された画面

知過程の存在を示唆した．一方で，どのような要因をトリガーにして，情報探索の変化が生じるのかといった点に関しては議論していない．次善解から最善解への転換においては，知識や経験によって得られる初期解，すなわち次善解，によって問題解決が可能である．そのため，次善解を発見後，それを採用するか，しないかといった解法に対する評価が重要であると考えられる．

意思決定や推論の領域では，自身の判断や意思決定に対する評価が意識しなくとも行われ，それによって自身の判断の制御が行われることが知られている(Ackerman, & Thompson,2017)．例えば，自身の決定や判断の流暢性が高いほど，自身の直感的な判断の正確性を高く見積もり，回答の変更が行われにくいことが示されている（Alter, Oppenheimer, Epley, & Eyre, 2007; Thompson, Turner, Pennycook, Ball, Brack, Ophir, Ackerman, 2015）．そこで，本研究では，次善解から最善解への転換において，初期解の複雑性に着目する．知識や経験によって得られる解法が複雑である場合，その解法による処理の流暢性が低くなると考えられる．もし，次善解から最善解への転換において，次善解の流暢性について評価をし，それによって転換が促進されるのであれば，次善解の複雑性が高いほど，次善解に関連しない情報探索が増加し，転換する参加者が多くなるだろう．

2. 方法

課題　課題は二宮ら(2019)で作成した課題を使用する(図 1)．図 1 の A から E は，5 つの水瓶を示しており，それぞれの容器の容量が数字で与えられた．参加者は，画面の背景の数字の量の水（14）を，この 5 つの水瓶を使って汲むことが求められた．

Set trial では，次善解への固着を形成するため，特定の解法でしか解けないように設定された．本研究では，次善解の複雑性について操作するため，この解法を C − D − E ，もしくは C − 2D − E とした．Critical trial において，前述の解法で解を求めることを次善解，C − A で解を求めることを最善解とした．課題を通して次善解に関わる容器を右，最善解に関わる容器を左に配置した．これにより，視線の左右の情報から，次善解か最善解のどちらに関する情報探索を行っているかの解釈が可能となっていた．

手続き　参加者は練習で手順を確認した後，課題を行う．各試行は，準備フェイズ，思考フェイズ，解答フェイズの順で課題が進行する．準備フェイズでは，準備が出来たら効き手の人差し指でスペースキーを押すことを求められる．スペースを押すと注視点が画面の中央に表示され，3000ms で自動的に切り替わる．この時，参加者は注視点を注視することとスペースキーをすぐに押せる状態にしておくことを求められる．思考フェイズでは，図 1 の c のように課題が表示され，解法が思いついたらスペースキーを押すことを求められた．この際，課題が表示されてから，スペースキーを押すまでの反応時間と眼球運動を計測した．最後に解答フェイズでは，マウスを使用して解答の入力を行った．

仮説と予測　もし，複雑性が次善解から最善解への転換を促進するのであれば，複雑性の高い次善解を与えられた参加者は，複雑性の低い次善解を与えられた参加者に比べて次善解についての情報探索は少なくなると考えられる．また，次善解から最善解への転換の割合は複雑性の高い次善解が与えられた参加者のほうが，低い次善解を与えられた参加者に比べて高くなるだろう．大会では，この実験の結果を踏まえた議論を発表したい．

参考文献

Ackerman, R., & Thompson, V. A. (2017). Meta-Reasoning: Monitoring and Control of Thinking and Reasoning. *Trends in cognitive sciences*, *21*, 607-617.

Alter, A. L., Oppenheimer, D. M., Epley, N., & Eyre, R. N. (2007). Overcoming intuition: metacognitive difficulty activates analytic reasoning. Journal of Experimental Psychology: General, 136(4), 569.

Ohlsson, S. (1992). Information processing explanations of insight and related phenomenon. In M. Keane & K. Gilhooly (Eds.), *Advances in the psychology of thinking* (pp. 1–44). London, UK: Harvester-Wheatsheaf.

Ohlsson, S. (2018). The dialectic between routine and creative cognition. In Frédéric Vallée-Tourangeau(Ed)., *Insight* (pp. 79-104). Routledge.

Smith, S. M. (1995). Getting into and out of mental ruts: A theory of fixation, incubation, and insight. In R. J. Sternberg & J.Davison(eds.), *The nature of insight* (pp.229-251). Cambridge,MA: MIT press.

Thompson, V. A., Turner, J. A. P., Pennycook, G., Ball, L. J., Brack, H., Ophir, Y., & Ackerman, R. (2013). The role of answer fluency and perceptual fluency as metacognitive cues for initiating analytic thinking. Cognition, 128(2), 237-251.

Weisberg (2018). Insight, problem solving, and creativity. In Frédéric Vallée-Tourangeau (Ed)., *Insight* (pp. 79-104). Routledge.

人工の謎

ミステリ小説 70 作品の分析と作家へのインタビューを通じたトリックとその解明方法に関する研究

Artificial mysteries

A study on the relationships between tricks and how to unravel them in mystery novels through an analysis of 70 novels and an interview survey with a professional writer

齊藤 有希†，田内 優花†，滝 りりか†，関 博紀†
Yuki Saito, Yuka Tauchi, Ririka Taki, Hiroki Seki

†東京都市大学
Tokyo City University
hseki@tcu.ac.jp

概要

本研究は，ミステリ小説の基本的構造である，トリックとその解明方法との関係を取り上げ，それがどのように考案されているかを，ミステリ小説 70 作品の作品分析と，作家へのインタビュー調査を通じて確かめた．その結果，トリックやそれを解明する役の設定は様々に試みられているものの，解明手段は限定されていること，トリックと解明方法との間には一定の関係がみられること，が確認された．以上の結果を踏まえて，ミステリ小説における創作上の制約を考察した．

キーワード：ミステリ小説，解明方法，トリック

1. 問題と背景

ミステリ小説は小説の 1 ジャンルである[1]．その特徴は，作中で何らかの謎が提示され，それが物語の進行とともに解明されるという展開にある．ミステリ小説の起源は，1841 年に出版された「モルグ街の殺人」（エドガー・アラン・ポー著）であるとされている．日本国内では，明治時代に輸入された海外作品の翻訳が起源とされ，その後，江戸川乱歩を皮切りに，ミステリ小説に特化した作家が数多く誕生することとなった．同時に，ミステリ小説の作風も豊富となり，文学としての地位が確立されていったとされる（堀，2014）．

ミステリ小説の特徴である謎とその解明という構図は，詳しくみると次の 4 つの段階から成り立っていると言える（図 1）．まず，犯人が事件を起こすが（図 1：第 1 段階），真相が明かされないように何らかの細工を施す（同：第 2 段階）．この時の細工がトリックと呼ばれる．次に，事件を解明しようとする人物（以下，解明役）が登場し，第 2 段階で犯人が施したトリックの解明を試みる（同：第 3 段階）．そしてトリックが全て解明され，事件の真相が明らかになった時に物語は終了する（同：第 4 段階）．なお近年では，物語の中ではなく，作家による叙述そのものに細工が施されている場合があり，これは叙述トリックと呼ばれている．いずれにしても，ミステリ小説はトリックとその解明方法との関係が基礎になっており，その魅力は，登場人物や演出にも影響を与えていると，笠井（2006）や福井（2012）によって指摘されている．

一方で，ミステリ小説を創作者の立場から考えてみると，作家は謎を提示するだけでなく，その解明方法をも同時に考える必要があるといえ，構想段階においては，いずれか一方だけでなく両者を含めた全体的なバランスが検討されていると考えられる．以上を踏まえて本研究では，ミステリ小説の主要な構造であるトリックと解明方法がいかにして考案されているのかを確かめる目的で，ミステリ小説の分析と作家へのインタビュー調査を行った．

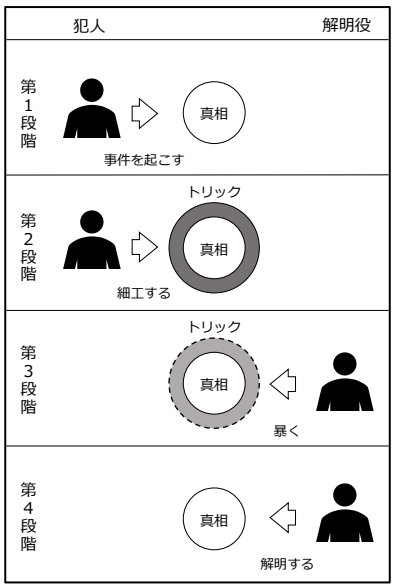


図 1 ミステリ小説の基本的構造

[1] 本研究はミステリ小説を江戸川（2003）による探偵小説の定義「難解な秘密が，論理的に，徐々に解かれて行く経路の面白さを主眼とする文学」にもとづくものとし，探偵小説や推理小説と呼ばれる作品を含めた．

2. 対象と方法

2.1 作家へのインタビュー調査

2.1.1 対象

作家のA氏を対象とした．対象者の選定は，過去に2作以上のミステリ作品を出版し，過去4年以内に執筆作品のある国内の作家を条件とした．その上で，候補となった作家の作品を出版する出版社へ調査を依頼し，回答のあった1社を通じて調査を行った．

2.1.2 方法

トリックと解明方法との関係を，ミステリ小説の創作現場に注目して確かめることを目的として，1）制作過程について，2）ミステリ小説というジャンルについて，3）トリックと解明方法について，の3項目計16の質問を作成した．質問は事前に送付し，調査当日に適宜追加した．調査の様子はICレコーダーに記録し，後日分析者が文字に起こした（23,683字）．

2.2 作品分析

2.2.1 対象

1940年以降2018年までに国内外で出版されたミステリ小説70作品を対象とした（表1）．選定は，ミステリ小説の評価として認知度の高い，江戸川乱歩賞，『このミステリーがすごい！』大賞，本格ミステリベスト10の候補作品と受賞作品を基準とし（48作品），一部は代表作を追加した（22作品）．

2.2.2 方法

インタビュー調査から得られたトリックと解明方法との関係を補足する目的で，実際の作品で両者の関係がどのように設定されているのかを，1）トリックと解明方法の抽出と，2）トリックと解明方法の関係に注目した計量的分析，の2つを通じて確認した．

2.2.2.1 トリックと解明方法の抽出

ミステリ小説において，どのようなトリックと解明方法が生み出されてきたかを確かめる目的で，トリックと解明方法のそれぞれに関わる設定を抽出した．トリックに関わる設定は，トリックそのもの（「トリック」）と作品の舞台（「舞台」）の2つ，解明方法に関わる設定は，「解明役」と解明役の取った手段（「手段」）の2つとし，作中の表現を基準として抽出した．作業は分析者1名が作品の読後に行った．なお，「トリック」は，犯人が真相の解明を阻むために仕掛けた細工とし，特殊な場合として，作家が叙述の中で仕掛けた細工を含めた．複数のトリックが認められた場合は，主要なものを抽出した．「舞台」は事件が起きた場所，もしくは登

表1 分析対象一覧

No	作品名	作者	出版年	選書理由
1	厄災の街	E・クイーン	1940	代表作
2	寝ぼけ所長	山本周五郎	1946	代表作
3	ハムレット	久生十蘭	1946	代表作
4	本陣殺人事件	横溝正史	1946	代表作
5	刺青殺人事件	高木彬光	1948	代表作
6	妖異金瓶海	山田風太郎	1954	代表作
7	月と手袋	江戸川乱歩	1955	代表作
8	黒いトランク	鮎川哲也	1956	代表作
9	死者のあやまち	A・クリスティ	1956	代表作
10	ゼロの焦点	松本清張	1959	代表作
11	團十郎切腹事件	戸板康二	1960	江戸川乱歩賞
12	背徳のメス	黒岩重吾	1960	江戸川乱歩賞
13	爬虫類館の殺人	D・カー	1960	代表作
14	枯草の根	陳舜臣	1961	江戸川乱歩賞
15	猫の舌に釘を打て	都築道夫	1961	江戸川乱歩賞
16	夜の終わるとき	結城昌治	1963	江戸川乱歩賞
17	蟻の木の下で	西東登	1964	江戸川乱歩賞
18	さむけ	R・マクドナルド	1964	代表作
19	天使の傷痕	西村京太郎	1965	江戸川乱歩賞
20	伯林 - 一八八八	海渡英祐	1967	江戸川乱歩賞
21	殺意の演奏	大谷羊太郎	1970	江戸川乱歩賞
22	天使が消えていく	夏樹静子	1970	江戸川乱歩賞
23	女には向かない職業	P・D・ジェイムズ	1972	代表作
24	アルキメデスは手を汚さない	小峰元	1974	江戸川乱歩賞
25	亜・愛一郎の狼狽	泡坂妻夫	1976	代表作
26	長いお別れ	R・チャンドラー	1976	代表作
27	時をきざむ潮	藤本泉	1977	江戸川乱歩賞
28	三毛猫ホームズの推理	赤川次郎	1978	江戸川乱歩賞
29	バイバイエンジェル	笠井潔	1979	代表作
30	プラハからの道化たち	高柳芳夫	1979	江戸川乱歩賞
31	囲碁殺人事件	竹本健司	1980	代表作
32	薔薇の名前	U・エーコ	1980	このミステリーがすごい！
33	占星術殺人事件	島田宗司	1981	江戸川乱歩賞
34	燃えた花嫁	山村美紗	1982	代表作
35	写楽殺人事件	高橋克彦	1983	江戸川乱歩賞
36	戻り川心中	連城三紀彦	1983	このミステリーがすごい！
37	十角館の殺人	綾辻行人	1987	江戸川乱歩賞
38	羊たちの沈黙	T・ハリス	1988	このミステリーがすごい！
39	生ける屍の死	山口雅也	1989	このミステリーがすごい！
40	空飛ぶ馬	北村薫	1989	このミステリーがすごい！
41	火車	宮部みゆき	1992	このミステリーがすごい！
42	殺戮にいたる病	我孫子武丸	1992	このミステリーがすごい！
43	亡霊は夜歩く	はやみねかおる	1994	代表作
44	パスワードはひみつ	松原秀行	1995	代表作
45	魍魎の匣	京極夏彦	1995	このミステリーがすごい！
46	すべてがFになる	森博嗣	1996	本格ミステリベスト10
47	ブラジル蝶の謎	有栖川有栖	1996	代表作
48	ボーンコレクター	J・ディーヴァー	1997	代表作
49	この闇と光	服部まゆみ	1998	このミステリーがすごい！
50	緋色の記憶	T・H・クック	1998	このミステリーがすごい！
51	アヒルと鴨	伊坂幸太郎	2003	このミステリーがすごい！
52	ダヴィンチコード	D・ブラウン	2003	このミステリーがすごい！
53	葉桜の季節に君を想うと	歌野晶午	2003	本格ミステリベスト10
54	半身	S・ウォーターズ	2003	このミステリーがすごい！
55	ひまわりの咲かない夏	道尾秀介	2005	本格ミステリベスト10
56	チームバチスタの栄光	海堂尊	2006	このミステリーがすごい！
57	聖女の救済	東野圭吾	2007	本格ミステリベスト10
58	インシテミル	米沢穂信	2007	本格ミステリベスト10
59	告白	湊かなえ	2008	このミステリーがすごい！
60	名前探しの放課後	辻村深月	2008	本格ミステリベスト10
61	鍵のかかった部屋	貴志祐介	2010	本格ミステリベスト10
62	謎解きはディナーのあとで	東川篤哉	2010	本格ミステリベスト10
63	アリス殺し	小林泰三	2012	本格ミステリベスト10
64	殺戮ガール	七尾与史	2012	このミステリーがすごい！
65	楽園のカンヴァス	原田マハ	2012	このミステリーがすごい！
66	掟上今日子の備忘録	西尾維新	2014	このミステリーがすごい！
67	ミスターメルセデス	S・キング	2014	このミステリーがすごい！
68	体育館の殺人	青崎雄吾	2015	本格ミステリベスト10
69	屍人荘の殺人	今村昌弘	2017	本格ミステリベスト10
70	カササギ殺人事件	A・ホロヴィッツ	2018	本格ミステリベスト10

表 2 ミステリ小説における設定の出現頻度（単位：作品）

トリック	出現頻度(%)
人・モノへの細工	19(*27*)
密室	10(*14*)
専門知識	9(*13*)
叙述	8(*11*)
現場の痕跡	7(*10*)
アリバイ	6(*9*)
凶器への工夫	5(*7*)
暗号	4(*6*)
錯覚	2(*3*)
合計	70(*100*)

舞台	出現頻度(%)
街	31(*44*)
自宅	11(*16*)
特殊な場所	8(*11*)
館・屋敷	8(*11*)
公共施設	6(*9*)
海外	4(*6*)
村	2(*3*)
合計	70(*100*)

解明役	出現頻度(%)
特殊な職業	17(*24*)
探偵	13(*18*)
警察関係	9(*13*)
学者	9(*13*)
学生	7(*10*)
マスコミ関係	6(*9*)
一般職	3(*4*)
医者	2(*3*)
作家	2(*3*)
いない	2(*3*)
合計	70(*100*)

手段	出現頻度(%)
自ら動く	50(*71*)
知識の応用	9(*13*)
他者からの情報提供	8(*12*)
なし	2(*3*)
超能力	1(*1*)
合計	70(*100*)

場回数が多かった場所とした.「解明役」は，トリックを暴き真相を解明した登場人物とした.「手段」は，真相を明かすために解明役が用いた方法や能力とした.

2.2.2.2 トリックと解明方法の関係に注目した分析

トリックと解明方法の抽出結果を踏まえて，両者の関係を分析した．まず，作品ごとにみられる 4 つの設定の組み合わせを整理し，クラスター分析を通じて特徴を確かめた. 次に, 設定間の結びつきを確かめる目的で，全 70 作品の組み合わせに対してアソシエーション分析を行い，ある設定が出現する際のルールを設定ごとに抽出した．以上の分析は統計ソフト R にて行なった．組み合わせの抽出は Eclat アルゴリズム，アソシエーション分析によるルールの抽出は apriori アルゴリズムを用いた．組み合わせパタンに対するクラスター分析は hclust 関数による階層的クラスター分析とし，ウォード法を用いた.

3. 結果と分析

インタビュー調査からは，ミステリ小説の特徴が読者参加型であると理解されていること，そのため創作の現場では自然な物語展開が強く意識されていることが確認された. また, トリックと解明方法との関係については, 必要不可欠でありながらも, 両者の整合性を保つことは高度な作業として理解されていることが確認された．これらの結果は，江戸川（2003）らの指摘から推察される創作上の高次なバランスを強く示唆していた. 一方, 作品分析では, まず, 個々の設定においては, トリック, 解明役, 舞台の設定が幅広く試みられているのに対して, 手段は限定的であることが確認された（表 2）. また，設定の組み合わせは，一部に頻出するパタンが認められたものの，多くの作品は個別であることが確認された. 加えて，設定ごとの相関ルールからは，単独での出現頻度が高い設定の場合には，他の設定に偏りがなく，様々な設定との組み合わせが許容されている様子が確認され，ミステリ創作上の“定番”としての役割が示唆された. 一方で，一部の設定同士には，出現の偏りがみられ，設定間の連動的な関係が示唆された.

4. 考察

本研究は，ミステリ小説の主要な構造であるトリックと解明方法がどのように考案されているかを確かめる目的で，作家へのインタビュー調査とミステリ小説の作品分析を行った. 得られた結果から，ミステリ作家は，1）個々の設定，2）設定の組み合わせ，3）設定同士の連動的関係，という少なくとも 3 つの水準で検討していることが示唆された．冒頭で確認したミステリ小説を創作する際の全体的なバランスとは，これら 3 つの水準を包含している可能性があり，本研究はその一端を明かしたと考えられる．また，この結果は，関（2020）や関・後藤（2018）が指摘する，創造的な活動における高次のバランスとの類似が示唆され，合わせて議論できる可能性がある． 最後に課題をまとめる. 本研究では，各作品における設定の抽出を 1 名の分析者が行った. またインタビュー対象者は1名であった. 大量の小説作品の分析や，複数の現役作家へのインタビューは，いずれも遂行が難しい. しかし，分析の妥当性と結果の信頼性を高める上で，改良が求められる.

文献

[1] 堀啓子, (2014), 日本ミステリー小説史, 中央公論新社
[2] 江戸川乱歩, (2003), 幻影城, 光文社
[3] 福井健太, (2012), 本格ミステリ鑑賞術, 東京創元社
[4] 笠井潔, (2006), 探偵小説と記号的登場人物, 東京創元社
[5] 関博紀, (2020), 複数を含むひとつ, 認知科学, 27, 206-220.
[6] 関博紀, 後藤明里, (2018), 文字が生み出す空間, デザイン学研究, 65(2), 21-29.

思考の言語化が次善解から最善解への転換に与える影響
Effects of verbalization of thoughts to conversion from a suboptimal to an optimal solution

岩田　知之[†]，二宮　由樹[†]，寺井　仁[‡]，三輪　和久[†]
Tomoyuki Iwata, Yuki Ninomiya, Hitosi Terai, Kazuhisa Miwa
[†]名古屋大学，[‡]近畿大学
Nagoya University, Kindai University
iwata@cog.human.nagoya-u.ac.jp

概要
過去の知識や経験に基づいて形成される初期表象では問題解決が困難な場合，正しい表象への転換が必要になる．一方で，初期表象でも問題解決ができるが更に良い解が存在する場合においても表象の転換は有効である．前者は，洞察研究としてそのプロセスの検討が行われてきたが，後者に関しては議論が進んでいない．よって，本研究では，後者の転換プロセスの性質を言語隠蔽効果の有無を元に検討した．その結果，言語隠蔽効果は見られなかった．言語隠蔽効果は問題解決が潜在的処理に依存する場合に見られる効果であると議論されており，この結果は，次善解から最善解への転換が潜在的な処理に強く依存するものではないことを示唆する．

キーワード：Einstellung effect，洞察問題解決

1. 問題と目的

過去の経験にとらわれず，新たな解を考え出す思考は生産的思考と呼ばれる．ひらめき（Aha!）はそのような生産的思考のなかで生じる現象であり，人間の創造的認知に深く関わるものとして多くの洞察研究で解明が進められてきた（三輪・寺井, 2003）．

洞察とは，問題が解けないという行き詰まり（インパス）から問題を捉え直し，正しい解を発見・採用するプロセスである（Ohlsson, 1992）．これは，誤答という負のフィードバックを受けながら正答へと転換するプロセスと言える．

一方，現実においては，解を導き出せないという負のフィードバックがない状態で起こる，より良い解の発見（より良い解への転換）も見られる．このような転換も洞察と同様に，生産的思考の中で生じる現象であり，人間の創造的認知の解明に重要である．

しかし，洞察課題は負のフィードバックがかかることを前提としており，従来の洞察研究では，後者のような転換は扱われてこなかった．

そのため，本研究では負のフィードバックがかからない状態で生じる，より良い解への転換を実験的に扱い，それがどのようなプロセスにて生じるか検討する．

二宮・寺井・三輪（2019）は，このような転換を，次善解から最善解への転換として実験的に扱った．二宮ら（2019）は課題中の参加者の視線を計測し，最善解を発見するよりも前に最善解に関わる情報探索が行われていたことから，次善解から最善解への転換に先立つ潜在的プロセスの関与を示唆した．

そこで，本研究では，二宮ら（2019）の議論を進めるために思考の言語化と課題のパフォーマンスの間の関係を検討することによって，次善解から最善解への転換に潜在的なプロセスが関与するかを検討する．

洞察研究において，洞察プロセスに潜在的プロセスが関与するかは，言語隠蔽効果の有無によって検討されてきた（Schooler et al., 1993）．思考過程の発話は，言語化が簡単に行える，強く活性化されやすい誤った情報に注意を向ける．言語隠蔽効果は，そのような情報への意識的な処理が増加することによって，無意識的な処理が抑制されることにより生じると説明される（Ball et al., 2015）．つまり，言語隠蔽効果がみられるということは，意識的な処理の増加によって無意識的な処理が抑制されたことを意味し，そのプロセスが潜在的な処理に依存している証拠となる．

本研究では以上を踏まえ，次善解から最善解への転換に言語隠蔽効果がみられるかを検討し，そのプロセスが潜在的な処理に依存しているかを議論する．

課題は，二宮ら（2019）が作成した課題を参考に作成した（Figure 1）．課題として，真ん中上方の白と黒の方眼マスで構成された 4×4 の正方形と，その下に並んだ方眼マスで構成された様々な形の図形（以下，「ピース」）の合計 6 つの図形が提示された．参加者は，上方の正方形の白マス部分に，A から E のピースをいくつか組み合わせて黒マスのみで構成された正方形を作成することを求められた．

Set trial は，次善解への固着を形成するために，C と D と E の組み合わせ（以下，C+D+E というような加算で表す）でしか解けないよう設定された．Critical trial では，C+D+E を次善解，A+C を最善解とし，次

善解に固着した状態から最善解への転換を検討した.

本研究では, 参加者を思考言語化条件と統制条件の 2 条件に分け，次善解から最善解への転換が生じるまでの試行数の差違を検討した.

もし，次善解から最善解への転換のプロセスが潜在的な性質を持つならば, 思考言語化条件は, 統制条件と比較して転換により多くの試行数が必要となると予測される.

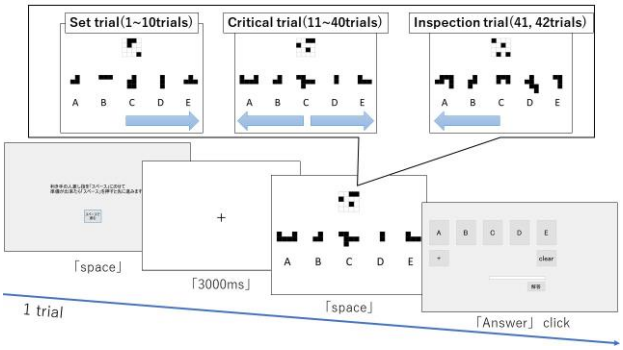


Figure 1　実験の流れ

2.　方法

大学生 50 名 (男 17 名，女 33 名，平均年齢 19.72±1.39 歳) を対象に, 課題の説明を行い練習を行った後, 2 条件に分けて課題を実施した. 実験後のインタビューにて, 最善解を報告した試行が, 意識的に最善解を発見した試行であったかを確認した.

3.　結果と考察

参加者 50 名のうち，エラーデータを除いた 43 名を対象に分析を行った. そして，分析対象となった 43 名のうち，critical trial で最善解を見つけた参加者（転換群）と見つけられなかった参加者（非転換群）の 29 名 (統制条件 17 名，思考言語化条件 12 名）を対象にカプランマイヤー推定法を用いて生存曲線を作成した (Figure 2) ．また，条件ごとの生存曲線の間の差を検討するために，ログ・ランク（log-rank）検定法を用いて検定を行った. 生存分析では, イベントが起きずに調査が中断してしまったデータも，打ち切りデータとして分析の対象とすることが出来る. 本課題において, 非転換群は試行が進めば転換したかもしれないデータと考えられる. そこで，これらの参加者を 40 試行まで転換しなかった打ち切りのデータとして扱った.

生存分析の結果，両条件の間に有意差は見られなかった.　($\chi 2(1, N = 29) = 0.1, p = 0.8$)

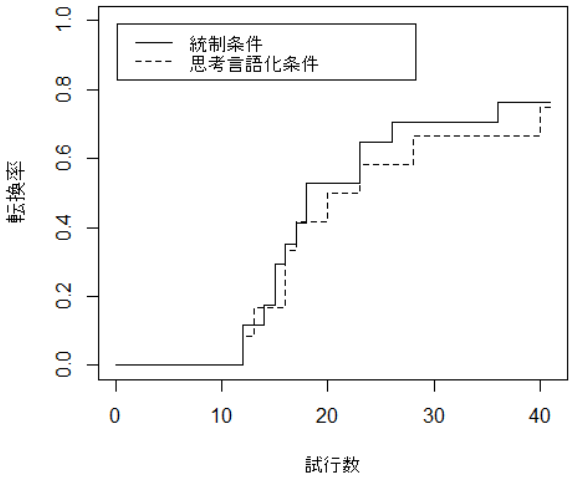


Figure 2 試行ごとの転換率の推移

本研究において，次善解から最善解への転換には言語隠蔽効果は見られなかった. このことは, 思考の言語化によって意識的な処理が増加したとしても，次善解から最善解への転換のプロセスが阻害されることがなかったことを示す. 先行研究では, 問題解決が潜在的なプロセスに依存する場合，意識的な処理が増加することによって問題解決が阻害されることが示されている (Ball et al., 2015) ．つまり，本研究の結果は，次善解から最善解への転換が，潜在的な処理に強く依存するものではないことを示唆する.

文献

Ball, L. J., Marsh, J. E., Litchfield, D., Cook, R. L., & Booth, N. (2015). When distraction helps: Evidence that concurrent articulation and irrelevant speech can facilitate insight problem solving. *Thinking and Reasoning*, *21*, 76–96. https://doi.org/10.1080/13546783.2014.934399

三輪 和久・寺井 仁 (2003) ．洞察問題解決の性質――認知心理学から見たチャンス発見――　人工知能学誌, *18*, 275-282.

二宮 由樹・寺井 仁・三輪 和久 (2019) ．次善解から最善解への転換における潜在的プロセスの影響　*SIG-ALST*, *B5*, 1–6.

Ohlsson, S. (1992). Technical Commentary THE LEARNING CURVE FOR WRITING BOOKS: Evidence From Professor Asimov. Psychological Science, 3, 380-382.

Schooler, J. W., Ohlsson, S., & Brooks, K. (1993). Thoughts Beyond Words: When Language Overshadows Insight. In *Journal of Experimental Psychology: General, 122*, 166-183.

結果構文の獲得について
On the Acquisition of the Resultative Construction

本多 明子[†]
Akiko Honda
[†]神戸女子大学
Kobe Women's University
a-honda@yg.kobe-wu.ac.jp

Abstract
This article presents the relationship between the prepositional resultative construction (RC-PP) and the adjectival resultative construction (RC-Adj) in English from a cognitive linguistic point of view. On examination, the rate of young children's utterance of RC-PP is higher than that of RC-Adj. To explain the reason, a comparison with the difference in form and meaning between these two may be helpful. This paper shows the inheritance link between the two constructions on the basis of Construction Grammar theory. RC-Adj is motivated by RC-PP.

Keywords — Prepositional Resultative Construction, Adjectival Resultative Construction, Inheritance Link, Acquisition

1. はじめに

英語には，(1)に見るような結果構文（Resultative Construction（以後，本論文ではRCと明記する））と呼ばれる構文が存在する．

(1) Mary wiped the table clean.

認知言語学の用法基盤理論，構文文法理論（Goldberg, 1995, 2006）に基づくと，RCの形式と意味は(2)のようになる．

(2) 形式：[Subj V Obj RP]
意味：[X CAUSES Y to BECOME Z_{state} by V-ing]

尚，形式のSubjはSubject，Vは Verb，Objは Object，RPは Resultative Phraseを表す．RPではV（動詞）によって表される行為の結果として生じるObj（目的語）の状態変化が言語化される．RP（結果句）には，(1)の例のようなAdjective（形容詞）だけでなく，(3)に見るようなPrepositional Phrase（前置詞句）も生じることができる．

(3) Mary cut her child's birthday cake into eight pieces.

本論文では，形容詞を伴う結果構文をRC-Adj，前置詞句を伴う結果構文をRC-PPと表記する．

構文文法論では，形式的，意味的に類似する構文同士を継承関係（Inheritance Links）により捉え，それぞれの構文特性を説明する．継承関係により結ばれた構文は文法体系の中でネットワークを構築する．RC-Adj とRC-PP の関係について，構文文法論は関連構文であるとしているものの，具体的にどのような関係があるのか明示していない（Goldberg, 1995, 2006; Goldberg and Jackendoff, 2004）．RC-Adj とRC-PP を言語獲得の観点から見てみると，次節で示すように，子どもの成長には個人差が認められるものの，概して，言語獲得の初期段階では，RC自体の出現頻度は高くないものの，RC-Adjに比べると RC-PPの発話頻度は高い傾向がある．

本論文では，幼児期のRC-Adj とRC-PPの出現状況について調べ，そこで得られた結果と構文上の特性を踏まえ，構文文法論の観点から両者の関係を示す．2節において，RC-Adj とRC-PPの出現に関する調査結果を示し，3節では，その結果をもとに両構文の特性を指摘しながら，RC-Adj とRC-PPの発話頻度に係る要因について考察し，この二つの構文の関係を提示する．4節は纏めである．

2. RC-Adj とRC-PPの出現状況

子どもの発話データベースCHILDESから，英語を母語とする子ども3名を対象としてRC-Adj とRC-PPの出現状況について調査した．男児Kuczajは2歳4ヶ月から5歳6ヶ月までの記録であり，女児Laraは1歳9ヶ月から3歳3ヶ月まで，男児Thomasについては2歳0ヶ月から4歳11ヶ月までの記録である．RC-Adj とRC-PPの獲得について，言語獲得の初期段階では，RC-Adjは確認し難いが（拙論，2019），その一方で，RC-PPの出現頻度は高かった．例えば，前置詞句 in half や into/in pieces を伴う発話を取り上げると，(4)，(5)，(6)に見るように，3名ともにRC-PPが頻繁に確認できた．

(4) a. can you cut it in half? (Lara, 2 歳 9 ヶ月)
b. I'll break it in half, shall? (Lara, 2 歳 10 ヶ月)
c. I break them in half, I did. (Lara, 3 歳 0 ヶ月)

(5) a. I broke it in half. (Kuczaj, 3 歳 3 ヶ月)
b. here cut it in half okay (.) Dad? (Kuczaj, 3 歳 4 ヶ月)
c. break it in half. (Kuczaj, 3 歳 5 ヶ月)

(6) a. broke it into pieces. (Thomas, 3 歳 4 ヶ月)
b. I break it all in pieces. (Thomas, 3 歳 4 ヶ月)
c. crushes it <all up in> [>] pieces. (Thomas, 3 歳 8 ヶ月)
a. cut them into little pieces. (Thomas, 4 歳 0 ヶ月)

一方, 形容詞を伴う RC-Adj の発話については, (7)に見るように Kuczaj において確認できたものの, Lara や Thomas の発話では確認できなかった.

(7) a. they knock the rattlesnakes dead. (Kuczaj, 3 歳 5 ヶ月)
b. and it didn't even crack my head open. (Kuczaj, 4 歳 1 ヶ月)
c. somebody knocked the Lone_Ranger unconscious. (Kuczaj, 5 歳 0 ヶ月)

但し, Lara の発話の中には, (8a)のような目的語の it が言語化されていれば RC-Adj として成り立つ表現や, Thomas では RC-Adj に近似の発話が確認される程度であった.

(8) a. I cut 0it [*] open. (Lara, 2 歳 11 ヶ月)
b. then you just put [//] paint it yellow and then I put a yellow light in. (Thomas, 4 歳 9 ヶ月)

では, なぜ, 幼児期では RC-Adj に比べると RC-PP の発話頻度は高いのだろうか. この点については, 次節で RC-Adj と RC-PP の構文特性の違いに注目し考察する.

3. RC-Adj と RC-PP の構文特性

まず, RC-Adj と RC-PP の共通点については, (2)でも示したように, 形式面では単文構造でありながら, 意味の側面において, 原因事象と結果事象の複合的な事象から成り立つ点が挙げられる.

(2) 形式：[Subj V Obj RP]
意味：[X CAUSES Y to BECOME Z_{state} by V-ing]

それに対して, RC-Adj と RC-PP の相違点は, 形式面では, RP（結果句）に形容詞が生じるか前置詞句が生じるかの違いであり, 意味的な側面においても, RP によって表される状態変化, 即ち, 結果事象が何に起因するかの点で異なっている.

RC-Adj から見ていくと, 先行研究において指摘されているように, RP には制限が認められる(Green, 1972; Goldberg, 1995). *の印は文法構文として成立しないことを示す.

(9) He wiped it clean / dry / smooth / *damp / *dirty / *stained / *wet. (Green, 1972)

例えば, 形容詞 clean と反意語の dirty を取り上げて考えてみると, 汚い布巾で拭いたというように, 文脈を整えれば, (10)のように clean も dirty も言い表すことができる.

(10) Mary's wiping the table caused it to become clean/dirty.

しかしながら, この場合, 注目すべきはテーブルが汚くなった原因は布巾であり, テーブルを拭くという行為ではない. このことは, (11)からも確かめられる.

(11) Wiping a table generally causes it to become clean/??dirty.
(Mary wiped the table clean/*dirty.)

つまり, 行為と結果状態の二つの事象間に因果関係があるとき, RC-Adj で記号化することができる（拙論, 2004）.

一方, RC-PP では, RC-Adj とは異なり, 結果事象で表される状態変化に直接的に関わる原因は主語または発話者にある. RC-PP に, 主語または発話者の意図が関わっていることは, 非意図的な意味を表す副詞 unintentionally と RC-PP が共起できないことから確かめられる.

(12) *Mary unintentionally cut her child's birthday cake into eight pieces.

発達心理学（Astigton, 1993）によると，子どもは2歳を過ぎた頃から発話の中に自己や他者の意図を表す表現を用いるようになるという調査結果がある．

(13) Mother: You're hurting me!
Child: Sorry. Sorry. I don't mean to.
（Astigton, 1993: 90）

(14) Mother: He bit you on the head?
Child: Yes.
Mother to brother: Philip is that true?
Brother: No.
Child to mother: Yes! On purpose!
（ibid.）

男児 Kuczaj と父親とのやり取りを見てみても，サンドイッチのパンを何等分に切り分けるかについて，Kuczaj の RC-PP を用いた発話から意図が汲み取れる．

(15) a. why didn't you cut this sandwich in three pieces?
(Kuczaj, 4 歳 0 ヶ月)
b. (ex)cept this time cut it into four pieces.
(Kuczaj, 4 歳 0 ヶ月)

以上を纏めると, RC-Adj と RC-PP の間に見られる構文特性の違いは，RC-Adj では結果事象の直接的な原因は行為であるのに対して，RC-PP では，主語または発話者の意図である．このような構文の特性上，RC-Adj を獲得するには, 子どもは, 現実世界において日々の経験を基盤にしながら形容詞（Adj）によって表される状態が，具体的にどのような行為と原因と結果という関係で結び付いているのか認識していく必要がある（拙論, 2019）．それに対して，RC-PP の獲得においては，結果事象と因果関係にあるのは行為だけでなく，状態変化の最終的な指定には主語または発話者の意図が関わっている．構文特性に加え，2 歳頃から子どもは意図を持った発話ができることからも，言語獲得初期段階で RC-PP の出現頻度が RC-Adj に比べると高いといえる．

4. おわりに

本論文では, 構文文法論の観点から RC-Adj と RC-PP の関係について CHILDES から両構文の出現状況を調査し，言語獲得の側面を考慮に入れつつ考察してきた．両構文の出現頻度に関して, 幼児期の段階では, RC-Adj に比べると RC-PP の発話率は高いことが示された. RC-Adj と RC-PP の出現状況並びに両者の構文特性を踏まえると, 構文ネットワークにおいて RC-PP から RC-Adj への継承の流れが示される．

今後の課題として，さらに調査対象の人数を増やし，年齢層の幅も広げて RC-PP と RC-Adj のデータを収集し，RC-Adj が頻繁に観察される時期について調査する．

謝辞

本論文の執筆にあたり，査読委員の先生方に貴重な御意見を賜りましたことに心より御礼申し上げます．本研究は JSPS 科研費 18K00668 の助成を受けたものです．

参考文献

[1] Astington, Janet.W, (1993) The child's discovery of the mind, Cambridge MA, Harvard University Press.

[2] Green, Georgia M. (1972) "Some observations on the syntax and semantics of instrumental verbs", In Paul M. Peranteau, Judith N. Levi & Gloria C. Phares (eds.), Papers from the eighth regional meeting of Chicago Linguistic Society. 83-97.

[3]Goldberg Adele E, (1995) Constructions: A Construction Grammar Approach to Argument Structure, Chicago, University of Chicago Press.

[4] Goldberg, Adele E, (2006) Constructions at Work – The Nature of Generalization in Language, Oxford, Oxford University Press.

[5] Goldberg, Adel.E. and Ray Jackendoff, (2004) "The English Resultative as a Family of Constructions", Language 80, pp. 532-568.

[6] Honda (Miyata) Akiko, (2004) "Focalization in Causal Relations: A Study of Resultative and Related Constructions in English", Ph.D. dissertation, University of Tsukuba.

[7] Honda Akiko, (2019) 形容詞を伴う結果構文と Make 使役構文の獲得について(On the Acquisition of Adjectival Resultative Constructions and Make-Causative Constructions in English) 日本認知科学会第 36 回大会論文集. (OS10-7).

[8] MacWhinney, B, (2000) The CHILDES Project: Tools for analyzing talk, 3rd ed. Vol. 2, *The Database*, Mahwah, N.J., LEA.

インタラクションパートナーとしてのAIスピーカーに関する検討
Consideration of AI speaker as interactional partner

打谷 拓巳†，西崎 友規子†
Takumi Uchitani，Yukiko Nishizaki
†京都工芸繊維大学
Kyoto Institute of Technology

概要

AI スピーカーのコミュニケーション相手としての実用化を目指し，外見がインタラクションに与える影響を明らかにするため，AI スピーカーと表情のあるロボットを用いて，共同サイモン効果の生起を比較した．

結果として，意思を持って動いていると教示された場合に共同サイモン効果が有意に大きく生じ，それは AI スピーカーでは顕著な傾向が認められた．これより，AI スピーカーのような無機質な外見でもインタラクションパートナーとして有用な可能性が示唆された．

キーワード：AI スピーカー，インタラクションパートナー，外見差，言語教示

1. はじめに

近年，人とのコミュニケーションを主軸においたロボット（以下コミュニケーションロボットと呼ぶ）の開発が盛んに行われ，実際に店頭などで稼働しているのを目にすることも多くなってきている．一方で AI スピーカーやスマートスピーカーなどと呼ばれるスピーカー（以下 AI スピーカーと呼ぶ）も徐々に我々の生活に取り入れられ始めている．コミュニケーションロボットと AI スピーカーは，対話によって人と繋がるという点が類似しているが，コミュニケーションロボットとされているものの多くは生物的な外見であるのに対し，AI スピーカーは無機質な外見である．この見かけの違いは，用途の違いを反映しているようである．

最も知名度が高いコミュニケーションロボットの一つである Softbank 社の Pepper は，そのホームページ [1] で「Pepper とのコミュニケーションをもっと」と Pepper との会話を主として宣伝されている．また，利用方法ではなく「Pepper との暮らし方」とまるで家族の一員のように表現されている．一方，AI スピーカーの一つである Google 社の Google Home は，そのホームページ [2] で「あらゆる生活シーンをサポート」と人間の援助がその主用途として宣伝されている．また，「音声でスマートホームを管理できます」と AI スピーカーは人間に利用・管理されるものという位置づけがされている．

この差異は多くの研究（例えば，岡ら[3]や不気味の谷現象）で示されているように，人や動物に似せた生物的な外見を持つもののほうが親近感を抱きやすいという知見が基盤となっていると思われる．

しかし，最近 AI スピーカーを子供の発達に必要な会話相手として期待する研究成果[4]や独居高齢者の会話相手としての利用方法を検討する研究[5]がなされ始めている．これらは，AI スピーカーの価値は従来捉えられてきた人間の援助的役割だけでなく，人間のパートナーとして捉える動きである．

AI スピーカーは，コミュニケーションロボットにはない利点を有している．例えば，比較的安価である点や，サイズや形状が固定されていない点である．安価であるため，普及のしやすさが利点となる．サイズや形状が固定されていない点については，様々な場面への適応のしやすさが挙げられる．人間や動物に外見を寄せたロボットに比べ AI スピーカーは外見に縛りがないため使用できる状況や場面の自由度は格段に高い．

そこで本研究は，AI スピーカーをコミュニケーションロボットと同様の存在として活用することを目指し，人は AI スピーカーを，対等にインタラクションを行うパートナーとして認識するかどうか検討する．

二人以上で協力して机を持ち上げるような協働行為においては，相手の行動を意識して自分の行動を決定することが必要となる．このように他者とのインタラクションにおいては，他者の行動を自分の行動であるかのように認識して表現することは重要な要素の一つである[6]．そういった行動の確からしさは，共同サイモン課題（社会的サイモン課題）によって検証されている．

共同サイモン課題とは，Sebanz らによって初めて実施された課題であり[7]，通常のサイモン課題とは違い

二人の実験参加者で分担して課題が行われる．

標準的なサイモン課題は，２色の刺激に対応した左右のボタンを，予め指示されたとおりに，できるだけ早く正確に押し分けるという課題[8]である．サイモン課題の特徴として，課題中に課題とは無関係な視覚刺激（左右への矢印など）が表示される点が挙げられる．この刺激によってボタンの場所（左右）への反応が促進されるため，本来押すべきボタンの場所（左右）と，提示される刺激の向き（左右）が一致すれば反応時間が短くなり，一致しなければ反応時間が長くなるという現象が見られる．これがサイモン効果である．

サイモン効果は，実験参加者がどちらか片方の刺激にのみ反応する場合（個人 go-nogo 条件）では生じない．しかし，二人の実験参加者が個々に片方の刺激とボタンのみを担当して課題を行う場合，それぞれの行っている動作は個人条件と同様であるにも関わらず，サイモン効果が生起する．この効果は，共同サイモン効果と呼ぶ[7].

Stenzel らは，共同サイモン課題を人とヒューマノイドロボットが共同で実施する課題として用い，二者間での協働行為がどのように行われるか検討した[9]．その際，ヒューマノイドロボットの動作について，2 種類の条件を設定した．一方は人工知能をもった人間のようなロボットと教示した条件（human-like robot 条件）であり，他方は予めプログラムされた通りに動作する意図のないロボットと教示した条件（machine-like robot 条件）である．共同サイモン効果の生起を確認した結果，前者では生起したが，後者では生起しなかった．これより，ロボットが自律した存在と認識した場合，ヒューマノイドロボットを人と同様に協働行為の相手として認識することが明らかとなった．

本研究は AI スピーカーのインタラクションパートナーとしての有用性を検討することを目的とし，Stenzel et al. [9]に倣い，共同サイモン課題を用いた検討を行う．

AI スピーカーにヒューマノイドロボットと同様の結果が認められれば，AI スピーカーが協働行為の相手として有用であることが示される．AI スピーカーとは異なり，外見に生物的特徴を有するロボットとの比較を行うことによって，本課題を検討する．

2. 実験

2.1 実験参加者

工学系以外の理系学部・または理系研究室に所属する大学生，大学院生（男性 21 名，女性 10 名，19-25 歳，M =21.25，SD =1.37）の計 40 名であった．後述する教示の効果を最大化するために人工知能に対して初学者程度以上の知見を有すると考えられる工学系以外の学生および日常的に AI スピーカーを使用していない学生を対象とした．

実験参加者には，事前に十分な説明を行い，実験は著者らの所属する大学倫理委員会の承認を得て実施した．

2.2 実験計画

実験参加者内でのエージェント要因（AI スピーカー，ロボット）×実験参加者間での教示要因（human-like agent ， machine-like agent）の 2 要因混合計画とした．エージェント要因は実験参加者内，教示要因は実験参加者間計画であった．

2.3 エージェント要因

共同で課題を行うエージェントとして，AI スピーカーとロボットを設定した．

AI スピーカー条件では Amazon Amazon echo（amazon 社製），ロボット条件では cozmo（anki 社製）を用いた．cozmo は，AI スピーカーと同様に動作がなく，音のみで返答することに違和感がない形状のロボットとして選定した．さらに，cozmo は操作の自由度が高く，表情で感情表現が可能な点が外見に生物性付与されているロボットとして適切であると考えた． 2 つのエージェントを図 2.1 に示す．

実験課題音声の読み上げにはボイスロイド（結月ゆかり，https://www．ah-soft．com/vocaloid/yukari/）を使用した．また，AI スピーカーの反応音声には合成音声読み上げソフト（棒読みちゃん，https://chi．usamimi．info/Program/Application/BouyomiChan/）を使用した．cozmo の反応音声は，エージェント本体からの発声という点を重視したため，本体音声を使用した．

図 2.1　実験エージェント
（左：ロボット条件で使用した cozmo,
右：AI スピーカー条件で使用した Amazon echo）

2.4　教示要因

human-like agent 条件では，「このエージェントが人工知能デバイスとして動作し，自身で学習して課題を行っている」と教示した．その後，エージェントが教示通りの動作をする様子を見せた．

machine-like agent 条件では，「実験者が設計したプログラムで動作している」と教示した．その後，human-like agent 条件と同様，それぞれのエージェントが教示通りの動作をする様子を見せた．

2.5　実験課題

先行研究 [7] [10] を参考にして，VisualStudio で Microsoft Visual C#を用いて実験者が作成した．この際，Kim-Phoung ら[10]では課題とは無関係の空間刺激を音の高低としていたが，本実験ではスピーカーの位置（左右）で区別するように修正した．

実験課題はできるだけ早く正確に行うという教示のもと，”あ”あるいは”い”という２音が左右いずれかのスピーカーから聞こえ，実験参加者とエージェントが分担して反応するというものである．例えば，エージェントが”い”に対して”青”と発声することで反応する場合，実験参加者が”あ”に対して赤いシールが貼られたキーを押して反応するということが求められた

実験参加者はキーを利き手の人差し指で押す．このとき，スピーカーから発せられる音が“あ”“い”どちらであるかとは無関係に，発声されるスピーカーの左右が決定される．

どちらの教示要因でも，実験参加者にはエージェント自身が反応すると伝えているが，実際には実験者がパーテーションの外側で操作した．そのため，エージェントの動作は人間と同程度の反応速度と正答率に設定していると説明した．

AI スピーカーの反応はスマートフォン内音声再生アプリを使用した．一方，cozmo の反応は cozmo アプリを使用した．

2.6　実験手順

手順に関する説明の後，エージェント要因に応じた教示を行った．聴覚共同サイモン課題の動作を数回見せたのち，100 回を 1 セットとして実施した．エージェントを替えて 2 セットずつ，合計 4 セット行った．実験エージェントの順番は各条件で偏りが出ないよう順序効果を考慮した．また，100 回ごとに 3 分の休憩を与えた．最後に 2 つの設問（①それぞれのエージェントに対する印象,②どちらのエージェントがより親しみやすいと感じたか）に対して記述による回答を求めた．実験の様子を図 2.2 に示す．

図 2.2　実験の様子

3.　結果

3.1　共同サイモン課題

反応時間として，スピーカーから音が発せられてから実験参加者がキーを押すまでの時間を計測した．ここで，キーボードにはD キー（左）とK キー（右）を押すキーとして設定している．キーの左右と発音されたスピーカーの左右が一致している場合を一致条件，一致していない場合を不一致条件とする．このとき，共同サイモン効果は一致条件における反応時間の平均値から不一致条件における反応時間の平均値の減算によって測定される．

エージェント要因×教示要因での各群の結果を図 3 に示す.

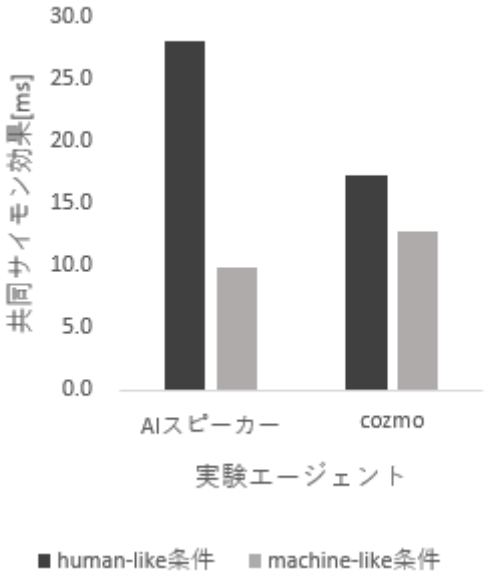


図 3　教示要因×エージェント要因の共同サイモン効果

3.2　教示とエージェントの関連に関する分析

教示とエージェントの関連に関して，教示要因×エージェント要因における対応のない 2 要因分散分析を行った．その結果，教示要因において，有意な主効果の傾向が見られた($F(1, 76) = 3.83$, $p = .054$, $p < .10$)．一方で，エージェント要因に有意な主効果は得られなかった（$F(1, 76) = 0.39$, $p = .530$, n. s.）．また，有意な交互作用は得られなかった．（$F(1, 76) = 1.43$, $p = .235$, n. s.）

エージェント要因の主効果は得られなかったが，エージェントの外観が及ぼす影響を確認するために，それぞれのエージェントで教示要因における共同サイモン効果の値について t 検定を行った．AI スピーカーをパートナーとした場合に human-like 条件では machine-like 条件よりも共同サイモン効果が有意に高くなることが確認された（$p = .027$, $p < .05$）．一方で cozmo においては教示間に有意な差は得られなかった（$p = .604$, n. s.）.

4.　考察

教示要因において，有意な主効果の傾向が認められたことから，human-like 条件の方が machine-like 条件よりも共同サイモン効果が大きく生起する傾向にあることが示された.

この結果は，Stenzel らの結果[9]と一致しておる．自律した存在であるという教示を付加することで，従来のヒューマノイドロボットとは程遠い外見を有するエージェントであっても，他者存在として認識され，人のインタラクションパートナーになりうると言える.

AI スピーカーがインタラクションパートナーとして認識されることは，人や動物など身近なものに寄せられているとインタラクションをしやすいという知見[3]には合致しない結果である．この理由として，AI スピーカーに対する認知の変化が考えられる．従来，コミュニケーションロボットというものは非日常的な存在であるため，親近感を得るためには身近なものに似せる必要があった．これは，犬を飼っている方が犬型エージェントに親近感を抱きやすいという研究結果[11]からも想定される．ただコミュニケーションロボットや AI スピーカーの存在が身近なものとなりつつある現代，AI スピーカーという自律的存在自体に，動物などと同様に親近感をもつようになっている可能性が考えられる．これを検証するために，無機質な外見であるが，身近ではない存在を自律していると教示した場合との比較が必要である.

実験エージェントを分けて分析したところ，AI スピーカーでは教示間の有意差が認められ，cozmo には有意差が認められなかった．cozmo は外見に生物性を有したロボットとして設定しており，先行研究[9]と同様に，教示間において共同サイモン効果に差がみられることが期待されていた．仮説と異なった結果の理由として，以下の 2 つが考えられる.

第一に，今回の課題においてエージェントが音声によって反応していたことが挙げられる．今回の実験では Stenzel ら[9]で実施されたような視覚刺激ではなく聴覚刺激による課題であった．また，cozmo は本体の音声で反応した．この本体音声に関して事後質問紙で「声がわかりにくい」という意見が多く見られた．内田[11]に示されているように，音声の明瞭性は話者印象に影響する．これらから cozmo の音声が共同サイモン効果の生起に影響を与えた可能性が考えられる．上記を明らかにするためには今後 cozmo の反応音声を，AI スピーカーと同様に人間に近い音声にしたうえで再度検討が必要である.

第二に，cozmo の外見の影響が考えられる．cozmo は表情を有するものの，ロボット然とした外見を有している．中川ら[12]では，ロボット不安尺度の高群で

ロボットの機械的な外見が親近性に影響したことが報告されている．そのため，無機質な外見である AI スピーカーよりも，意志を持っているという教示の影響を受けにくかった可能性が考えられる．上記を明らかにするためには，人型，動物型などの外見のロボットとの比較が必要である．

5. 結論

本研究では，AI スピーカーが人とのインタラクションに与える影響について，共同サイモン課題を用いて検討した．結果として，性能についての教示の違いによる共同サイモン効果に有意差が認められた．これより，AI スピーカーのような無機質な外見であっても，インタラクションの相手として役割が果たせる可能性が示唆された．これは，AI スピーカーに対する認識の変化によるものであると考えられた．一方，先行研究[9]と反して cozmo において教示の違いによる有意差が生じなかったのは，ロボット然とした音声や外見が影響した可能性が考えられた．

引用文献

[1] “Pepper（ペッパー） — ロボット — ソフトバンク，”https://www. softbank. jp/robot/pepper/. (Accessed on 01/14/2020).

[2] “Google home - スマートスピーカー - google ストア，”https://store. google. com/jp/product/google_home. (Accessed on 01/14/2020).

[3] 岡夏樹，山田誠二他,(2006) “適応のためのインタラクション設計 (¡ 特集¿ hai: ヒューマンエージェントインタラクションの最先端)，” 人工知能学会誌，vol. 21，no. 6，pp. 642–647

[4] S. B. Lovato , A. M. Piper , and E. A. Wartella,(2019) “Hey google , do unicorns exist?: Conversational agents as a path to answers to children’s questions，” Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children，pp. 301–313，ACM

[5] 王晶，(2019)“独居高齢者の自立性を向上させるスマートスピーカーを利用した見守りシステムの提案，”修士論文，北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科

[6] N. Sebanz，H. Bekkering，G. Knoblich,(2006) “Joint action: Bodies and minds moving together”, *Trends in Cognitive Sciences*，Vol. 10，pp. 70-76.

[7] N. SEBANZ,(2003) “Representing others’ actions : just like one’s own?，” Cognition，vol. 88，pp. B11–B21

[8] J. R. Simon,(1990) “The effects of an irrelevant directional cue on human information processing，” Advances in psychology，vol. 65，pp. 31–86，Elsevier

[9] A. Stenzel，E. Chinellato，M. A. T. Bou，A. P. delPobil，M. Lappe，and R. Liepelt,(2012) ´ “When humanoid robots become human-like interaction partners: corepresentation of robotic actions. ，” Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance，vol. 38，no. 5，p. 1073

[10] K. -P. L. Vu，R. W. Proctor，and P. Urcuioli(2003), “Transfer effects of incompatible locationrelevant mappings on a subsequent visual or auditory simon task，” Memory & Cognition，vol. 31，no. 7，pp. 1146–1152

[11] S. Kiesier，L. Sproull，K. Waters(1996)，“A prisoner’s Dilemma Experiment on Cooperation With People and Human-Like Computers”，Journal of Personality and Social Psychology，Vol. 70，No. 1，pp. 47-65

[12] 内田照久,(2011) “音声中の母音の明瞭性が話者の性格印象と 話し方の評価に与える影響”，The Japanese Journal of Psychology，Vol. 82，No. 5，pp. 433-441

[13] 中川弘也，神田智子,(2017) “受付ロボットの積極性及び外見が与える印象の ユーザ属性別分析”，HAI シンポジウム 2017

自閉症児に活用性のある学びを引き起こすための要因分析 : 協調的な授業と担任の語りの分析を通して

Factor analysis to cause dependable learning in one autistic child : Through the analysis of collaborative lessons and homeroom teachers interviews

野尻 浩[†]，高橋 秀明[†]
Hiroshi Nojiri, Hideaki Takahashi

[†]放送大学
The Open University of Japan
2010074178@campus.ouj.ac.jp, hide@ouj.ac.jp

概要

知的障害児 4 名の学級において，担任 2 人と第一筆者がものづくり教材を使った協調的な授業を行った．その授業分析と担任インタビューの分析から，知的障害を伴う自閉症児 1 名の理解過程を明らかにし，活用性のある学びが起こる要因を検討した．その結果，課題遂行とモニタリングが交代して起こる授業デザイン，ルーティーン化と局所的正誤判断がつきにくい工程を含んだ学習活動，新しい学びへの期待，が要因として考察された．

キーワード : 自閉症，協調学習，理解過程，授業分析，質的分析

1. はじめに

学習科学では，人と人とが学び合う協調的な過程が，学びの活用性や可搬性という課題を解決するうえで有効であることを明らかにしてきた[1].

しかし，自閉症児はこだわりが強く，学習したことがパターン化し，学びを活用したり，他の場面へ持ち出したりすることに課題を抱えている．このようにコミュニケーションの発達に課題を有し，仲間や他者と社会的な関係を育むことが難しい知的障害児や自閉症児の協調学習の先行研究では，村中ら[2]が，知的障害特別支援学校の小集団指導の授業改善において，(1)物理的環境支援　(2)個に応じた支援ツール　(3)人的支援　により，「朝の会」に参加する児童の課題遂行レベルが向上し，逸脱行為が低減することを明らかにした．この研究は，長期にわたって子どもたちの学習プロセスを詳細に記録し，そこから見えてくる子どもの学習状況に対し，教師がどのような学習環境をデザインすればよいのかを具体的に示し，その学びが授業デザインのどんな点で支えているかということを明らかにしている．そして，障害児における協同学習の可能性を示したといえる．

また，涌井[3][4]は，協同学習の課題設定において，読み書き計算中心の課題ではなく，Gardner[5]の提唱する 8 つのマルチ能力を踏まえて，障害児の一人一人の学び方の違いに対応し，誰もが学びやすく，わかりやすいというユニバーサルデザインな授業実践を試みている．この研究では，子どもの集団随伴性の特性を踏まえ，障害児の多様な学びの実践を試みている．そして，子どもの状況や環境が変われば，同じ子どもでもより高い課題にチャレンジでき，子どもの能力を引き出すことができるという研究は，学習者に学んでもらうのに適切な状況や環境をデザインする営みが重要であることを指摘している．

どちらの研究も，学習環境デザインに着目して障害児の資質・能力を育成するという視点は，学習科学のこれまでの知見と共通していると言える．しかし，協調学習が本来目指している，より適用範囲の広い，抽象度の高い知識を獲得するような学びになっているとは言い難く，従来の「目標達成型」ともいえる信念モードの学び（誰かが正しいことを教えてくれるという考え方）にとどまっている状況にある．また，障害児が，協調的な学びにおいて，どのような理解過程をとり，どのような要因で学びが引き起こされたのかを示した先行研究は見当たらない．

そこで本研究では，思考が外化しやすいものづくり教材を使った実験授業を行い，その授業分析と自閉症児の生活場面における担任の語りの分析を通して，自閉症児がどのような理解過程で学びを深化させていったのか，またその要因は何であるのかを明らかにすることを目的とする．

2. 研究の方法

(1) 手順 1（実験授業）

本研究では，学習科学の教授学的な知見から，協調

学習が起こりやすい条件を持った「おりぞめ発表会」[6]というものづくり教材を用いて,「多様な染め方を理解する」という抽象度の高い学びのゴールを設定して,実験授業を行った.「おりぞめ」は,和紙を折り畳んで,その角や辺を様々な染料につけて広げると,思いがけない模様に染まるというものづくりで,それを発表会形式にしたものが,今回使用する教材である.この教材が協調学習を起こしやすい条件として,まず,表 1 のように,課題遂行とモニタリングが学習活動に埋め込まれているという点である[7].2 つめの条件として,「おりぞめ作品」という形で学習者の学びが外化しやすく,表現の正誤判断がしにくい,つまり作品の成功・失敗の判断がつきにくいことがあげられる[8].3 つめの条件として,染め方に多様性があり,学びに終わりがないデザインモードの学びの側面を持っていることがあげられる[9].

表 1 おりぞめ発表会の工程と学習者の活動

	手 順	学習者の活動
*	教師の模範演示を見る	モニタリング
1	発表者が前に出る	課題遂行
2	「名前」と「はじめます」を言う	課題遂行
3	染料に障子紙をつける	課題遂行
4	出来た作品を広げる	課題遂行
5	「できました」と言う	課題遂行
*	課題遂行者以外の生徒は,1〜5 の様子を見る	モニタリング

この教材を使用して,知的障害特別支援学校高等部 3 年生 4 名を対象に,教師の模範演示後,一人 2 回,おりぞめ発表を行った.一人 2 回発表を行ったのは,生徒の学習行動の変容やその影響を比較できるからである.本研究では,4 名の生徒のうち,知的障害区分 B2(軽度)で自閉症児の生徒 A を事例とした.また,教師体制は 3 名で,担任 2 人と第一筆者である.担任 2 人が生徒の指導・支援にあたり,第一筆者が授業進行と模範演示を行った.授業の記録は,2 台のビデオを教室の前方と後方にそれぞれ固定し,課題遂行とモニタリングの生徒の様子を撮影した.

この授業で協調的な学びが起こるならば,人やモノとの社会的相互作用によって,操作,染め方,情動,注視が変化していくことが想定される.そこで,次の 4 つの分析枠組みを用いて分析を行った. 1 つめは,操作遂行状況の変化である.村中ら[2]の先行研究を参考に,生徒の操作遂行レベルを表 2 のように分け,おりぞめを発表する行為をコーディングして,変化を分析する.2 つめは,染め方の変化である.色・染める部分・染める手順とその変化を分析する.3 つめは,Norman[10]の認知と情動の処理モデルを援用した情動の認知過程分析である.これは,三宅[11]が,建設的相互作用による学習者の知識変化を,「対話による理解深化モデル」という 3 段階の知識統合プロセスで描いたが,それを情動と認知における学びの深化過程に適用したものが表 3 である.この基準に基づいて,おりぞめ発表する工程の情動の様子をコーディングし,その変化を分析する.4 つめは,モニタリング分析である.発表している様子をモニタリングしている時の,人やモノへの注視の表出と,「笑顔+注視」の同時表出を,それぞれ 10 秒ごとのインターバル記録法でカウントし,その生起率を調べ,変化を分析する.

なお,コーディングは,第一著者と研究協力者の 2 人が確認しながら行い,合意が得られたものを結果として採用した.また,注視数については,2 人の一致率が 88%であり,不一致箇所は,第一著者がビデオ記録で再確認したものを結果として採用した.

表 2 操作遂行状況のコーディング基準

レベル	基 準
L0	遂行なし(教師が代わりに行う)
L1	教師による個別身体ガイド
L2	教師による個別動作指示(ジェスチャー等)
L3	教師による個別言語指示
L4	自発
L5	自発(変化や工夫した操作)
L6	自発(他者を意識した言動や操作)

表 3 情動の認知過程分析のコーディング基準

情動レベル	学習活動の様子
本能レベル	おりぞめの楽しさが分かる
行動レベル	できなかったことができるようになる
内省レベル	多様な染め方を工夫したり,他者を意識した行動をとったりする

(2) 手順 2(生活場面での学び)

事例生徒 A の生活場面での学びの様子を把握し,授業での学びの要因を明らかにするため,実験授業を行った担任 2 人に,実験授業の生徒 A の様子と生活場面での学びについて半構造化面接を実施した.

この面接で得られた回答については,小規模データを質的分析するのに適している SCAT[12]を用いて分

析を行った．担任の発話すべてを，録音された記録からテクストに書き起こし，分析対象とした．

3. 分析結果

(1) 授業実験における生徒 A の認知過程

分析結果は図 1~4 のようになった．

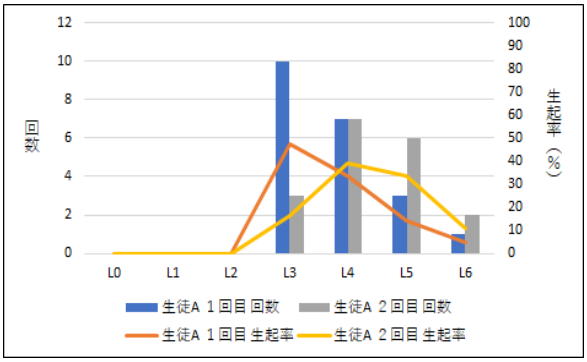


図 1　生徒Aの操作遂行状況の変化

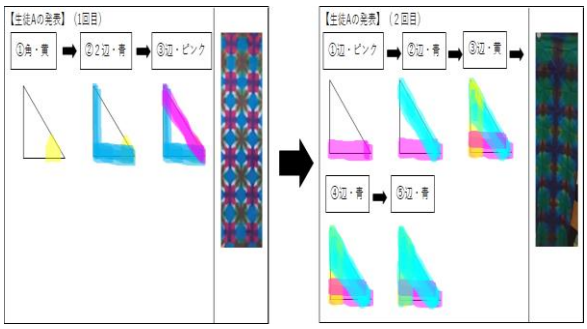


図 2　生徒 A のおりぞめ作品の変化

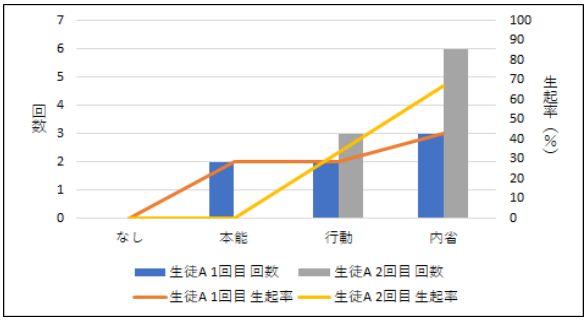


図3　生徒Aの情動の認知過程

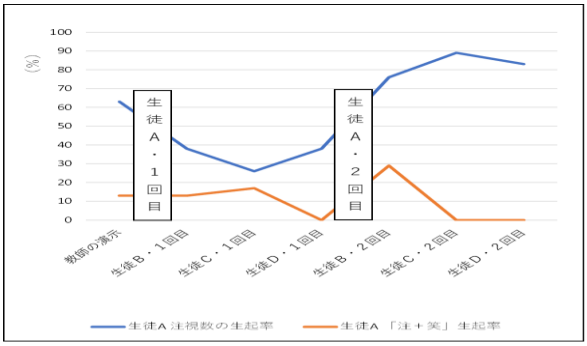


図4　生徒Aのモニタリング分析

生徒 A は，教師演示のモニタリング（フェイズ 1）では，注視数の生起率が 70%と高かった（図 4）．1 回目の発表（フェイズ 2）では，操作遂行は教師の言語指示や自発で遂行できるレベルであった（図 1）．しかし，1 回目の発表後のモニタリング（フェイズ 3）では，注視数の生起率が下がり（図 4），自閉症児にみられる常同行動も生起し，社会的相互作用が起こりにくい状況となった．2 回目の発表（フェイズ 4）では，モノとの社会的相互作用を活用し，1 回目とは大きく異なる染め方をして作品を変化させた（図 2）．さらに，声や笑顔を伴った染め方も起こり，他者と作品への意識が高まり，情動レベルが内省レベルへ変化してきた（図 3）．2 回目の発表後のモニタリング（フェイズ 5）では，人とモノへの注視が生起するようになり（図 4），社会的相互作用が働くようになってきた．

このような分析結果から，生徒 A は，「モノとの社会的相互作用から学びが起こり，情動が引き起こされると，人への社会的相互作用が生起する認知過程」であると解釈した．

(2) 担任インタビューの SCAT 分析

分析の過程を，図 5・6 に示す．担任インタビューから，以下のストーリーラインを導き出した．

最初に紡いだのは，清掃方法の変更や給食前の手洗いを促す生活場面についての<4>テーマ・構成概念である．「学びに活用性が起こらない状況」「自閉症児にみられるこだわり」「学びの硬直化」「生活のパターン化による学びの障害」を紡いで，「自閉症にみられるこだわりによって学びに活用性が起こらず，パターン化した学びを課題と考えていた」とした．

次に紡いだのは，実験授業における生徒 A の状況についてである．「授業における新しい学び」「他者から多様な学習活動をモニタリング」「自ら学びを変化」「モニタリングによる学び」「脱パターン化する活用性のある学び」「新しい学びに対する不安や期待の喚起」「気持ちの安定による次の学びへの意欲」「内的動機づけの高まり」「喜びを常同行動によって表現」「ルーティーン化した予期しやすい学習活動」「学びの意欲化」を紡いで，「新しい学びがあり，他者から多様な学習活動をモニタリングすることで，自ら学びを変化させ，脱パターン化する活用性のある学びが生起した．また，染め方を変えるとどうなるのかという期待が喚起し，ルーティーン化した予期しやすい学習活動によって気持ちが安定して，次の学びへの内的動機づけが高まった．そして学ぶ喜びを常同行動によって表現した」とした．

番号	発話者	テ　ク　ス　ト	<1>テクストの注目すべき語句	<2>テクスト中の語句の言いかえ	<3>左を説明するようなテクスト外の概念	<4>テーマ・構成概念（前後や全体の文脈を考慮して）	<5>疑問・課題
1	聞き手	（「おりぞめ発表会」の分析から得られたA君の認知過程の説明後）普段はどうなのかなーと思って。					
2	T3	どうですかね？					
3	T2	自閉症だから、朝、掃除する生活のパターンがあって、自分でちりとりとホウキを持って踊り場をやって、記録表を持って報告する。で、終わったら順番を変えるように「こっち先にやってみたら？」と言ったら、「いや、僕はこうやって、こういうふうにやります」と言って。それもいいかなと思って。	自閉症，生活のパターン，順番を変える，「いや，僕はこうやって，こういうふうにやります」，それもいいかな	障害特性，こだわり，学びのパターン化，学びが起こらない	障害特性による学びのあきらめ（背景・原因），学びに広がりが見られない状況（結果）	学びに活用性が起こらない	生活場面でどうすれば活用性のある学びを引き起こすことができるのか
4	聞き手	あまり変えなかった					
5	T3	そういうこだわりはけっこうありますよね。	こだわりはけっこうあります	自閉症児の障害特性	障害特性の学び（一般化）	自閉症児にみられるこだわり	
6	聞き手	パターンを崩さないという					
7	T2	そういうのを今、思い出しました					
8	聞き手	でも、今回、2回目に大きく変えたじゃない。これって先生はどういうふうに？					
9	T3	生活の一部的なところは変えられないんですよ。それこそ給食前の手洗いなんかも「急げ」とか言うんだけれども、絶対に急がない。そこって崩せない。ずっとこういう流れでやってきたから崩せない。	生活の一部，変えられない，崩せない，流れ	生活のパターン化，学びの膠着化	生活のパターン化による学びの膠着化（結果）	生活のパターン化による学びの課題	
10	T3	けど、授業の中の一部で、初めてやる活動だから。他の子がいろんなやり方をやっているのを１回目から2回目にかけて見て、じゃあこうやってみようというところで、変化が出たのかなと思う。	授業の中の一部，初めてやる活動，他の子がいろんなやり方をやっているのを1回目から2回目にかけて見て，じゃあこうやってみよう，変化が出たのかな	授業での学び，初めての体験，多様な学習活動，モニタリング，主体性の発揮，学びの変化	学習活動における初めての学び（背景），多様な学習活動をモニタリングする場の設定（条件），主体的な活動による学びの変化（結果）	授業における新しい学び，他者から多様な学習活動をモニタリング，自ら学びを変化	モニタリングの場を，生活場面に持ち出すことはできないのか
11	聞き手	そういうのは変えられやすい？					
12	T3	変えられます、変えられます。そういうのはけっこう人のことを見てやるんですよね。	変えられます，人のことを見てやる	学びの変化，モニタリング	学びの多様性（一般化），モニタリングによる学び（要因）	モニタリングによる学び，脱パターン化する活用性のある学び	生活場面で，活用性のある学びを創出できないか
13	聞き手	例えば日常生活でも何かあります？					
14	T2	美術の時に、修学旅行に行った時、何を書く？とか（T3：あー）なんか先生がいろいろ「こんなのあったよね」と写真を出してそこから選ばせていた。	写真を出してそこから選ばせていた	選択による生徒の学び	自己選択（背景）	自己選択	
15	T3	この子たちって「なんとかの絵を描いて」と言ってもかけないじゃないですか。だから、写真をいくつか用意して「どれにする？」と言って、「これにします」と選ばせて描いてもらったりしてて。	「何とかの絵を描いて」と言っても描けない，「どれにする？」と言って「これにします」と選ばせて描いてもらったり	課題の曖昧さ，選択による自己決定	課題の明確化（条件），自己決定による学びの有効性（結果）	自己選択が行いやすい課題遂行の場の設定	生活場面で自己決定できる学習環境をつくることはできないか
16	聞き手	そういうのはできる。選択肢から選んで。					
17	T3	「僕は〇〇を描きます」と言って、「これをしたい」とか言ったりしていたことはあった。	「僕は〇〇を描きます」，「これをしたい」	主体性の表明	意欲の言語化（一般化）	意欲を言語によって表現	
18	T2	あとは、修学旅行の新幹線の中で車内販売の時に、他の人は誰もやっていないのに「僕はやりたい」と言って、A君だけ買っていた。新しいものに対して何かあったんでしょうね。	他の人は誰もやっていないのに「ぼくはやりたい」と言って，新しいものに対して何かあった	他生徒との違い，主体性の表明，新しいものへの興味・関心	他生徒との比較（結果），新しいものへの意欲（一般化），新しい行動（結果）	他の生徒が誰も行わない，意欲的で新しい行動が生起	
19	聞き手	興味とか？					
20	T3	アイスクリームを買っていた。					
21	聞き手	そういう部分、自分の興味あるものは変えられるというか、自分のパターンをこだわらなくても変えられそうっていう。					

図５　SCATによる担任の分析―1

29	T3	気持ちの高まりが結構ありますよね	気持ちの高まりが結構あります	意欲化	内的動機づけ（一般化）	内的動機づけの高まり	
30	T2	気持ちの高まり					
31	聞き手	気持ちが高まるとこうやる（常同行動の真似）。俺，どうしてこれが起こっているのか分からなくて。興味がないと思っていた。					
32	T2・T3	おー（初めて知ったことへの驚き）					
33	聞き手	興味がなくて手持ち無沙汰でこうやるとか、気持ちが安定していないのが該当するのかなと思っていたんだけれども。気持ちが高まるとこういうことをやるんだ。					
34	T3	やります。ほめられたりたりすると、こうやります（常同行動）。（笑い）	ほめられたりするとこうやります	ほめられることの影響	常同行動の意味（原因），称賛による常同行動の表出（結果）	喜びを常同行動によって表出	
35	T2	気持ちが高まる。嬉しいという気持ちがあると…	嬉しいという気持ち	喜び	常同行動による喜びの表現（結果）	学ぶ喜びを常同行動によって表現	
36	聞き手	注視率が下がるけれど、こういうのが多くなるのは、嬉しかったのかな？					
37	T3	それはあるかもしれない。					
38	聞き手	なるほど。わかりました。そういうところが分かんないじゃないですか。					
39	T2/T3	おー（納得の表現）					
40	聞き手	これだけの判断で。日常生活の彼の様子が…新幹線の車内販売とか…					
41	T2	楽しみにしていたんだよね	楽しみにしていたんだよね	期待	新しい学びへの期待（背景）	新しい学びへの期待	
42	T3	こういう活動、たぶん好きですよね。簡単な活動だし。	たぶん好き，簡単な活動	興味関心，単純化	予期しやすい学習活動（背景），意欲化（結果）	ルーティーン化した予期しやすい学習活動，学びの意欲化	

ストーリーライン（現時点で言えること）	担任は生徒Aの生活場面を見て，自閉症児にみられるこだわりによって学びに活用性が起こらず，パターン化した学びを課題と考えていた。しかし，「おりぞめ発表会」の授業では，新しい学びがあり，他者の多様な学習活動をモニタリングすることで，自ら学びを変化させ，脱パターン化する活用性のある学びが生起した。また，染め方を変えるとどうなるのかという期待が喚起し，ルーティーン化した予期しやすい学習活動によって気持ちが安定して，次の学びへの内的動機づけが高まった。そして，学ぶ喜びを常同行動によって表現した。このような学びに関連する生活場面として，美術で絵を描く時，教師から提示された写真を自分で選んで意欲を言語によって表現した事例と，修学旅行の新幹線の中で，他の生徒が誰も行わない車内販売を行い，意欲的で新しい行動が生起した事例をあげた。この学びが生起した要因として，自己選択が行いやすい課題遂行の場，生活場面のパターン化とは異なる学習環境，新しい学びへの期待を挙げた。
理論記述	・自閉症児の障害特性であるこだわりによって，自らの学びを変化させ，脱パターン化する活用性のある学びが起こりにくい。 ・他者から多様な学習活動をモニタリングすることで，自ら学びを変化させ，脱パターン化する活用性のある学びが生起する。 ・期待の情動が喚起し，ルーティーン化した予期しやすい学習活動によって気持ちが安定し，次の学びへの内的動機付けを高めることができる。 ・主体性のある学びを引き起こすためには，自己選択を行いやすい課題遂行の場が必要である。 ・自分なりの新しい学びが生起するためには，生活場面のパターン化とは異なる学習環境と，新しい学びへの期待が重要である。
さらに追及すべき点・課題	・清掃などの生活場面で，モニタリングによって予期を働かせて，脱パターン化を促す学びが生起するか検証すること ・脱パターン化を促すことができる学習環境デザインを教員間で共有し，PDCAサイクルに基づいて実践・検証すること ・個別の教育支援計画を科学的な根拠に基づき立案していくこと

図 6　SCAT による担任インタビュー分析－2

3 番目に紡いだのは，生活場面に関連する学びについてである．「自己選択」「自己選択が行いやすい課題遂行の場の設定」「意欲を言語によって表現」「他の生徒が誰も行わない」「意欲的で新しい行動が生起」「生活場面のパターン化とは異なる学習環境」「新しい学びへの期待」を紡いで，「美術で絵を描く時，教師から提示された写真を自分で選んで，意欲を言語によって表現した事例と，修学旅行の新幹線の中で，他の生徒が誰も行わない車内販売を行い，意欲的で新しい行動が生起した事例をあげた．この学びが生起した要因として，自己選択が行いやすい明確な課題遂行の場の設定，生活場面のパターン化とは異なる学習環境，新しい学びへの期待をあげた」とした．

以上のストーリーラインから，次のような理論記述を行った．

まず，1 つめのストーリーラインから，「自閉症の障害特性であるこだわりによって，自らの学びを変化させ，脱パターン化する活用性のある学びが起こりにくい」という理論記述を行った．

次に，2 つめのストーリーラインから，「他者から多様な学習活動をモニタリングすることで，自ら学びを変化させ，脱パターン化する活用性のある学びが生起する」「期待の情動が喚起し，ルーティーン化した予期しやすい学習活動によって気持ちが安定して，次の学びへの内発的動機づけを高めることができる」という理論記述を行った．

最後に，3 つめのストーリーラインから，「主体性のある学びを引き起こすためには，自己選択を行いやすい課題遂行の場が必要である」「自分なりの新しい学びが生起するためには，生活場面のパターン化とは異なる学習環境と，新しい学びへの期待が重要である」という理論記述を行った．

4. 考察

(1) 生徒 A の理解過程

以上の分析結果から，生徒 A の理解過程は次のように深化していったと推測できる．

フェイズ 1：教師の模範演示の注視率が高かったことから，教師への注視という外的なリソースを使って，ルーティーン化したおりぞめ発表会の操作遂行工程を理解した．

フェイズ 2：教師の言語指示や自発で課題を遂行できたことから，操作遂行工程の理解による内的なリソースと，おりぞめで使用するモノとの外的なリソースを使って，自分なりの経験則を獲得した．

フェイズ 3：注視率が低くなり，常同行動が生起したことから，人への注視という外的なリソースを使わず，自分との対話の中で経験の見立て直しを行っていた．

フェイズ 4：フェイズ 1 の経験と，フェイズ 2 の経験の見立て直しという内的なリソースに，おりぞめで使用するモノや教師からの声掛けという外的リソースがインタラクションし，他者を意識しながら染め方を変えるという統合した知識を外化して，視野が広がる学びが起こった．

フェイズ 5：他生徒への注視率が急激に上がったことから，他生徒への注視という外的なリソースを使って，「多様な染め方」という抽象化した知識を獲得しようとした．

このような理解過程は，健常児の「社会的構成における対話のモデル」[13]と類似しており，自閉症児にも適用できることは，新しい発見である．

(2) 活用性のある学びの要因

自閉症児に活用性の学びが起こる要因を，担任インタビューの理論記述と，生徒 A の理解過程を関連付けて考察する．

まず，「他者からの多様な学習活動をモニタリングすることで，自らの学びを変化させ，脱パターン化する活用性のある学びが生起する」という理論記述は，フェイズ 5 において，他生徒の学習活動をモニタリングすることで，「多様な染め方の理解」という抽象化した知識を獲得する過程と関連付けられる．適用範囲が広がって，必要なときに使えることが「活用性」であるならば，フェイズ 5 の学びがそれに相当する．また，「主体性のある学びを引き起こすためには，自己選択を行いやすい課題遂行の場が必要である」という理論記述は，フェイズ 2 とフェイズ 4 のおりぞめを染めるという課題遂行の場において，経験則を作り上げ，統合した知識を外化するという学びが引き起こされたことと関連付けられる．特にフェイズ 4 において，統合した知識を外化して，主体的に染め方を変えることができたのは，おりぞめ制作が自己選択しやすい課題であったことが推測できる．このように，課題遂行とモニタリングが交互に行われることにより，「経験則の獲得→経験の見立て直し→統合された知識の外化→抽象化した知識の獲得」と理解過程が深化していったといえよう．協調学習における課題遂行とモニタリングの

効果や役割については，既に学習科学の先行研究[7]によって明らかにされてきており，2 章で述べた「おりぞめ発表会」のもつ協調学習の条件とも一致している，

次に，「期待の情動が喚起し，ルーティーン化した予期しやすい学習活動によって気持ちが安定し，次の学びへの内発的動機づけを高めることができる」という理論記述は，フェイズ 1 において，教師の模範演示をモニタリングすることで，ルーティーン化した学習活動が理解でき，フェイズ 2 において，教師による言語指示以上のレベルで課題遂行ができたことと関連付けられる．ルーティーン化した学習活動だからこそ 1 回のモニタリングで操作遂行工程を理解し，気持ちが安定しておりぞめ作品の制作を遂行することができたと推測できる．しかし，ルーティーン化した学習活動は，生活場面におけるパターン化した学習と似ており，生徒 A にとって活用性のある学びが起こりにくい学習環境でもある．これをどのように解釈したらよいのであろうか．そこで，おりぞめ制作の工程を詳しく見てみると，おりぞめ作品は紙を開くまでどのような作品になっているかが分からず，「こう染めればこのような模様になる」という答えも定まっていない．また，どんな染め方をしても，成功・失敗の判断ができない模様の作品が制作できる．そのため，局所的な正誤判断がつきにくい状況になっており，建設的相互作用が起こりやすい環境となっている[8]．だからこそ，ルーティーン化した学習活動であっても，「多様な染め方」いう適用範囲が広がる学びになったと考えられる．

最後に，「自分なりの新しい学びが生起するためには，生活場面とは異なる学習環境と，新しい学びへの期待が重要である」という理論記述は，フェイズ 3 において常同行動が生起したことと関連付けられる．生徒 A の常同行動は，担任インタビューから，学ぶ喜びを表現することに用いられることが明らかになっているが，新しい学びへの期待が高まったと解釈できる．こうした学びの期待が高まった理由として，ストーリーラインの記述から，自分で色や染め方を自己選択できる機会が多く，他生徒からいつも新しい作品が提供してもらえるという環境にあったことが考えられる．

以上の考察により，生徒 A に脱パターン化する活用性のある学びが起こった要因をまとめると，次のようになる．

- 課題遂行とモニタリングの役割が交代して起こる発表会形式の授業デザイン
- ルーティーン化と，局所的な正誤判断がつきにくい工程の両方を含んだ学習活動
- 新しい学びへの期待という情動

こうした共同体の学習環境により，メタ認知的活動が生まれ，学習者自身にデザインモードの学びが起こったと推測できる．こうした要因は，生徒 A の個別的なものであり，一般化されたものではない．しかし，一事例ではあっても，自閉症の生徒 A の協調的な学びの理解過程は，白水[14]が健常児(大学生)で明らかにしてきた理解過程と共通している面があり，決して生徒 A だけに固有なものとは言い切れないであろう．今後，観察記録を増やしたりすることで，より一般化された要因を明らかにし，自閉症児にとって深い学びが起こりやすい学習環境デザインを示すことができればと考えている．

文献

[1] 三宅芳雄，白水始（2018）新訂教育心理学特論．放送大学教育振興会，東京

[2] 村中智彦，小沼順子，藤原義博 (2009) 小集団指導における知的障害児童の課題遂行を高める先行条件の検討－物理的環境と係活動の設定を中心に－．特殊教育学研究，46(5) : 299－310.

[3] 涌井恵 (2011) 発達障害のある子どもも共に学び育つ通常の学級での授業・集団づくり http://www.nise.go.jp/cms/6,3601,13,257.html （参照日 2020.1.18)

[4] 涌井恵 (2013) 学習障害等のある子どもを含むグループにおける協同学習に関する研究動向と今後の課題－通常の学級における研究・実践を中心に－．特殊教育学研究，51(4): 381-390.

[5] Gardner, H. (1999). *Intelligence reframed*. Basic Books. New York (松村暢隆（訳） (2001) MI－個性を生かす多重知能の理論―，新曜社，東京

[6] 山本俊樹，藤沢千之 (2012) 特別支援教育はたのしい授業で．仮説社，東京

[7] Miyake, N. (1986) Costructive interaction and the iterative process of understanding. *Cognitive Science,*10: 151-177

[8] 三宅なほみ (2000) 建設的相互作用を引き起こすために．植田一博，岡田猛（編）協同の知を探る．共立出版，東京，pp.40-45

[9] 大島純 (2019) 知識構築．大島純，千代西尾裕司（編）学習ハンドブック．北大路書房，京都，pp.105-108

[10] Norman, D. A. (2004). Emotional Design: Why We Love (Or Hate) Everyday Things. Basic Books. NY.

[11] 三宅なほみ (2014) 社会的構成による概念変化モデルと授業デザインから見た「発達段階」 日本認知科学会第 31 回大会発表論文集，pp.42-45

[12] 大谷尚（2011）SCAT：Step for Cording and Theorization－明示的手続きで着手しやすく小規模データに適用可能な質的データ分析法－．感性工学，10(3)：155-160

[13] 白水始 (2020) 対話力 東洋館出版社，東京

[14] 白水始 (2004) 協調学習における理解深化過程の分析－発話を対象とした分析方法の提案― 中京大学大学院情報科学研究科博士論文

表情筋による協同学習プロセスの推定：ICAP に着目した検討
Estimating Collaborative Learning Process by Facial Muscles: A Study Focusing on ICAP framework

CAI Yuying[†]，下條　志厳[‡]，林　勇吾[†]
Yuying CAI, Shigen Shimojo, Yugo Hayashi

[†]立命館大学総合心理学部，[‡]立命館大学大学院人間科学研究科
College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University[†], Graduate School of Human Science, Ritsumeikan University[‡]
cp0060ex@ed.ritsumei.ac.jp

概要

適応的なフィードバックを行う場合に，学習者の状態を検知する必要があるため，学習プロセスを推定できる表情モデルを作ることが重要である．本研究の目的は，学習プロセスごとに関連する表情を検討することである．分析方法として，学習プロセスごとにおける各表情の出現頻度を算出した．結果として，学習プロセスごとに異なる特徴的な表情が生じることが明らかになった．今後の課題として，より詳細に分析し，学習者の表情から ICAP を定量的に捉える検討を行う．

キーワード : 表情分析，ICAP 理論，協同学習，学習支援

1.　まえがき

協同においては，異なる視点に基づいて自分の理解を再構築する建設的なインタラクションが重要であることが分かっている[1][2][3]．そうした中で，近年では協同学習のプロセスを自動的に推定することが教育工学の分野で注目されている．協同学習において支援を行うために，学習者の状態に基づいた支援は重要である[4]．本研究では，協同学習時の学習者の表情に着目し，協同学習のプロセスを推定する上で効果的な指標であるのかを検討する．

以下，1.1 節では，協同学習の支援に向けてどのようなことが求められているのかを説明し，1.2 節では表情を用いた学習支援に関する研究に加えて，表情と本研究で着目する協同プロセスとの関係を説明し，1.3 節では目的と仮説を述べる．

1.1　協同学習における支援に向けて

協同において相手との相互作用を行うことによって，学習パフォーマンスが促進されることが分かっている[1][2][3]．ペアでの学習は，個人での学習よりも新たな発見をしやすく，説明活動が促進され，積極的に参加するため，パフォーマンスが良い[2]．また，協同問題解決においては，自己説明を行うことによって，既存の知識を新しい知識と統合することが分かっている[1]．そして，折り紙の課題において，異なる視点に基づいて，自分の理解を再構築する建設的相互作用が重要であることが知られている[3]．異なる視点に基づく協同活動を引き起こし，お互いの理解を深めることを目的とした実践的研究の例として，ジグソー学習研究がある．ジグソー学習法は，相互補完的な知識を持ち寄って学習するものである．例えば，[5]ではジグソー学習法による授業を受けた学生のインタビューデータを分析し，なぜ学生の学習方略が「独習型」から「協働型」へと移行するのかを検討した．一方で，実験室研究の例としては，錯視の原理を応用した実験課題を用いて，異なる視点に基づく検討を行った[6]がある．その研究は，協同相手の視点を取得することが難しいことを明らかにした．以上のように，他者の異なる視点に基づいて自分の理解を再構築することは重要であることが分かった．しかし，そうした学習活動は，「コミュニケーション齟齬の解消」，「正しい他者視点の取得」，「建設的なインタラクション」などが難しいことが分かっている．そのため，協同学習のための支援システムを作るときには，こうした学習者間の協同プロセスに着目し，それを支援する必要があるといえる．

協同学習のための学習支援システムの開発に向けた課題の 1 つに，学習者の状態に応じてフィードバックを提示することが挙げられる．こうした支援は，適応的なフィードバックと呼ばれている．具体的なシステムの例としては，学習者の状態を検知するモデルを用いて適応的なフィードバックを提示する Cognitive Tutor[7]がある．ただし，協同学習においてこうした適応的なフィードバックを検討した研究はまだ少ない．そのため，協同学習場面で学習者の状態を検知し，協同学習のメンバーにとって適切な内容のフィードバックを行うことが重要な研究テーマとなっている．例えば，[4]では，協同学習における PCA がファシリテーシ

ョンを行う場面において，視線リカレントと言語アライメントの 2 つの指標に基づき，協同プロセスを推定する方法を検討し，そのモデルの有効性を示している．ただし，学習者の状態を検知するための指標を増やす必要があることも指摘されており，協同学習において他の有用な指標を検討することが必要である．そこで，本研究では，コミュニケーションにおいて重要な非言語情報の 1 つである表情に着目して検討を行う．

1.2 学習者の状態検知に関する検討：表情分析

長年, 表情に関する研究が行われてきた. その中で, 表情で感情を推定できることも知られている[8]. FACS(Facial Action Coding System)は顔面動作(Action Unit)を区別し，AU を単独で表示することまたは組み合わせることで，表情を表現する測定方法である．AU とは顔面を解剖学的に分割でき，視覚的に見分けができる最小単位である[9]．そして，FACS を利用した学習者の表情と感情状態の関係を調べた研究がある．例えば，悩みの感情は AU4 と AU7 と関連することがわかった．そこでは，表情で協同学習における相互理解に関する感情を推定できると述べている[10]．そこで，学習者の表情から学習者の状態を検知できる可能性が示唆される．このように表情と感情状態との関係は検討されてきたが，学習者の状態に合わせた適応的なフィードバックを行うには，表情と学習プロセスとの関係を検討する必要がある．本研究では協同学習のプロセスに着目し, [11]が提供した深いインタラクションを捉えられる ICAP によって定義される学習者の活動状態を扱う．なお，本研究は表情と学習プロセスとの関係を検討するため，表情と感情状態との関係の分析はここでは行わない．

ICAP フレームワークとは学習活動を Passive, Active, Constructive, Interactive に分類したものである [11][12]. 以下で具体的にみていく．Passive とは，学習材料から情報を収集するが，指導を受けるだけであり，自発的な学習行動を伴わない場合である．例えば，メモしないまま取り組む．Active とは，自発的に学習材料に関して行動をとる場合である．例えば，学習材料を読み上げることである．Constructive とは，学習者が学習材料を掘り下げて，その内容を外化することである．例えば，A と B という知識があってそれを関連付けて，その内容を発話したり，コンセプトマップ上にリンクを作成したりするなどである．Interactive とは，相手が発言した内容に基づいて，自分の考えをその上に構築したり，その内容についての疑問を提示したり，反論したり，葛藤を含む会話をしたりすることである．例えば，ある学習者が相手の学習者の説明した概念についての矛盾点を見つけて，そのことについてさらに説明するように求めることである．

以上のことを踏まえると, ICAP を用いて学習者の状態を予測すると，Active では学習材料を読み上げたりするだけの発話であるため，口元の筋肉が主に動く．Constructive では自己内省や深く考えて発話するため，口元の筋肉の動きに加えて瞼をひきしめる．Interactive では葛藤を含むような会話が現れるため，眉毛を引き上げ，目を見開くといった表情筋が現れる．

1.3 目的と仮説

協同学習における学習者に適応的な支援を行うためには，学習者の協同プロセスを推定できる人間の表情モデルを作る必要がある. そのため, 本研究の目的は, ICAP の各状態における出現頻度が高い AU の種類を検討することである．以下の仮説を検証していく．

H1-1：Active では，学習材料を読み上げたりするだけの発話であるため，えくぼを作るような口元の筋肉が主に動く．

H1-2 : Constructive では，自己内省や深く考えて発話するため，口元の筋肉の動きに加えて瞼をひきしめる．

H1-3 : Interactive では，葛藤を含むような会話が現れるため，眉毛を引き上げ，目を見開くといった表情筋が現れる．

2. 方法

本研究に使われているデータは[13]による 10 人のデータをサンプルとして利用した．ここでは，協同学習に取り組むペアが心理学の専門用語を用いて，ある心理学の現象についてコンセプトマップを作成しながら説明活動を行う課題を行っている（詳しくは[14][15][16]を参照のこと）.

2.1 実験参加者

大学生 10 名 (男性 1 名・女性 9 名) が参加した．その中の 2 名は ICAP フレームワークに分類できる条件

を満たさないため，除外した．

2.2 実験の材料とシステム

PC とモニターそれぞれ 2 台を用意し，会話と表情を記録するために，ビデオ 2 台 (Sony, HDRCX680) を用意した．またコンセプトマップを作成するツールである Cmap Tools を用意した (https://cmap.ihmc.us/)．ディスプレイとビデオを実験参加者の前に置き，実験参加者は向き合って座っていた．ディスプレイは実験参加者の視線を妨げ，相手の姿が見えないように設定されていた．

2.3 実験の手順

実験では，学習者は心理学の専門用語を使って，ある心理的な現象に関する推論を行うことが学習の課題になっている．課題の前に実験参加者は，原因帰属の学習テキストを読んだ．そして，実験参加者はピーターの新学期に対する語りのテキストを読んだ．そこで，ピーターの語りに関して原因帰属を用いてなぜピーターが新学期を心配するか推論した．また，個別で推論する場合と協同で推論する場合に，コンセプトマップを用いて推論した内容をまとめた．その作成や会話時の表情のデータを本研究では収集した．

本研究では，[13]のデータに基づき，実験参加者の発話により，ICAP フレームワークにある Interactive，Constructive，Active ごとのビデオを切り取り，切り取られたビデオを OpenFace で分析した．

2.4 従属変数：AU

[13]では実験参加者の発話に基づき，ICA ごとに分類した．それにより Interactive，Constructive，Active ごとで切り取られたビデオにおいて，実験参加者が示した表情の動きを OpenFace で 1/20 秒単位で分析した．そこで OpenFace は AU が出現しているかいないかを自動的に計算した．OpenFace で出力される値は，[17]で説明される計算式によって得られる当該 AU の強さの数字であった．ここでは，AU の種類として 18 個があり次の通りであった．AU01：眉毛内側を上げる，AU02：眉毛外側を上げる，AU04：眉毛を下がる，AU05：上の瞼を上げる，AU06：顔の頬を上げる，AU07 : 瞼をひきしめる，AU09 : 鼻をしかめる，AU10 : 上の唇を上げる，AU12：口元を引っ張る，AU14：えくぼを作る，AU15：口元を下げる，AU17 : あごを上げる，AU20 : 唇を伸ばす，AU23 : 唇にしわをつくる，AU25：唇を離す，AU26 : あごを下げる，AU28 : 唇を引き伸ばす，AU45：瞬く．

次に，ICA に分類された学習プロセスごとに実験参加者が発話する時の動画を分析した．ここでは，ビデオ（秒）ごとに各 AU の出現頻度を集計した．分析に際しては，z 得点を算出した．なお，切り取ったビデオの時間に関して，Interactive は 418.72 分で，Constructive は 158.19 分で，Active は 123.85 分であった．

3. 結果

3.1 自動コーディングの信頼性の確認

ここでは，本研究の仮説を検証するメインの分析に入る前に，実際に OpenFace によって算出された AU の信頼性の確認を行った．ここでは，18 個の AU の中の 6 つを全参加者のデータでランダムにサンプリングして分析を行った．そして，各 AU の表情に対してコーディングの基準を設けて，人手でラベリングを行った．コーディングの基準は，例えば，AU45 の場合では，「目を閉じ，開くこと」といった動きと定義した．

表 1　AU の分類の信頼性：人間とソフトウェアの一致率

Action Unit	Interactive	Constructive	Active
AU02	87%	90%	85%
AU05	100%	55%	95%
AU07	12%	6%	29%
AU17	76%	99%	78%
AU20	98%	100%	95%
AU45	92%	95%	95%

次に，この人手によるコーディングの結果と OpenFace との一致度を計算するため，それぞれで得られたデータを z 得点に変換し，一致率を計算した．表 1 には，全体の一致率の結果を記す．表 1 によると，AU07 の一致率が低いが，それ以外の AU の一致率が高いということが分かった．そのため，人手によるコーディングと OpenFace による評定の間にはある程度関連があることが明らかになった．この結果を踏まえて，

OpenFace の自動コーディングを用いて H1-1，H1-2，H1-3 の検討を行う．

3.2 協同プロセス(ICA)と各表情筋の関係の分析結果

本節では，OpenFace を用いて，ICA の各協同学習プロセスにおいてどの表情筋(AU)が用いられていたのかの結果を記す．図 1 は，「ICA ごとの各 AU の z 得点」を示している．以下では，分析結果の詳細を記す．

3.2.1 Active において出現頻度が高い AU

Active の時に，AU05 (Upper Lid Raiser)，AU14 (Dimpler)，AU45 (Blink)の頻度が高いと示している．z 得点を算出し，1 よりも高いものを頻度が高いと判断した．以下 Constructive と Interactive も同様である．そのうえで 1 より高い AU 間での差も検討した．検討に際しては，どの表情筋が最も強く表れていたのかを検討するため，1 以上の Active における AU05，AU14，AU45 の平均値の比較も行った．そこで，1 要因の実験参加者内分散分析を行ったところ，有意な差は確認されなかった ($F(2, 14) = 1.80, p = 0.20, \eta_p^2 = 0.21$)．つまり，3 つの AU は全て同程度に表れていた．

以上のことから，Active の時に，AU14 が高い頻度で現れていたため，H1-1 は概ね支持されたといえる．

3.2.2 Constructive において出現頻度が高い AU

Constructive の時に，AU02 (Outer Brow Raiser)，AU06 (Cheek Raiser)，AU07 (Lid Tightener)，AU09 (Nose Wrinkler)，AU12 (Lip Corner Puller)，AU15 (Lip Corner Depressor)，AU23 (Lip Tightener)と AU25 (Lips part)の頻度が高いとわかった．そのうえで，z 得点が 1 よりも高い AU02，AU06，AU07，AU09，AU12，AU15，AU23，AU25 の平均値の比較を行った．1 要因実験参加者内分散分析を行ったところ，有意な差が確認された ($F(7, 49) = 3.48, p < .01, \eta_p^2 = 0.33$)．そこで，どこに差があるのか確かめるために多重比較を行ったところ，有意な差は認められなかった．つまり，これらの AU は全て同程度に表れていた．

以上より，AU07 の出現頻度が高く，AU14 の頻度が高くなかったものの口元の筋肉の動きである AU12，AU15，AU23，AU25 の頻度が高かったため，H1-2 を概ね支持したといえる．

3.2.3 Interactive において出現頻度が高い AU

Active と Constructive と同様の基準によって Interactive の時に，AU01 (Inner Brow Raiser)と AU28 (Lip Suck)が高い頻度であることがわかった．そのうえで，z 得点が 1 よりも高い AU01，AU28 の平均値の比較を行った．対応のある t 検定を行ったところ，有意に AU01 が AU28 よりも多いことが分かった ($t(7) = 4.12, p < .01$)．

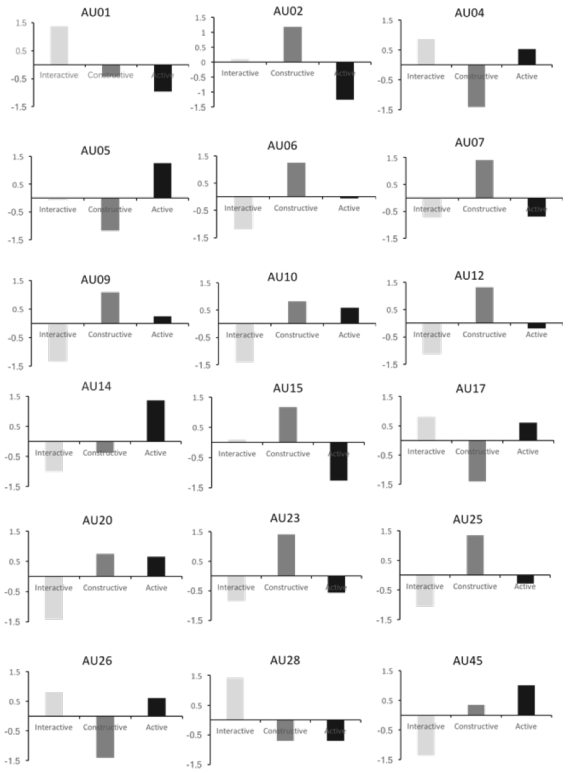


図 1 ICA ごとの各 AU の z 得点

したがって，目を見開く動きである AU05 の頻度が高くないが，眉毛の引き上げである AU01 の頻度は高いため，H1-3 を部分的に支持したといえる．

3.2.4 出現頻度が高い AU のまとめ

以上の統計的な分析の結果，ICA の協同学習プロセスごとに異なる AU が出現していることが明らかになった．本研究の 2 つ目の目的は，ICA の各状態で生じる AU の種類をまとめることであったため，以下の表 2 にこの内容をまとめる．出現頻度が高い AU に記されている順番は，分散分析と t 検定によって明らかになった AU の高低の順も反映されている．

以上より，ICA ごとに重なった AU はなく，それぞれの状態において異なるため，ICA を推定するのに有用であるといったことが考えられる．この点についてのより詳細な考察は，次節で述べる．

表 2　ICA ごとの出現頻度が高い AU

ICAP フレームワーク	出現頻度が高い AU
Interactive	AU01, AU28
Constructive	AU02, AU06, AU07, AU09, AU12, AU15, AU23, AU25
Active	AU05, AU14, AU45

4. 考察

本研究の H1-1 は，Active では，えくぼを作るような口元の筋肉が主に動く，H1-2 は，Constructive では，口元の筋肉の動きに加えて瞼をひきしめる，H1-3 は，Interactive では，眉毛を引き上げ，目を見開くことの頻度が高いというものであった．ICA ごとに頻度の高い AU を検討した結果，Active の時には，AU05 (Upper Lid Raiser)，AU14 (Dimpler)，AU45 (Blink)，Constructive の時には AU02 (Outer Brow Raiser), AU06 (Cheek Raiser), AU07 (Lid Tightener)，AU09 (Nose Wrinkler)，AU12 (Lip Corner Puller)，AU15 (Lip Corner Depressor)，AU23 (Lip Tightener)と AU25 (Lips part)，Interactive の時には AU01 (Inner Brow Raiser)と AU28 (Lip Suck)の頻度が高いことが明らかとなった．以上の結果から，H1-1 は，AU14 の頻度が高いから概ね支持され, H1-2 は, AU07, AU12, AU15, AU23 と AU25 の頻度が高いから概ね支持され，H1-3 は，AU01 の頻度が高いことから部分的に支持されたことが分かった．しかし，Interactive では H1-3 にある目を見開くことの頻度が高いというものが見られなかったため，今後さらに多くのデータを分析することでその原因を検討する必要がある．また，ICA ごとに AU の出現頻度が高いものがあり，出現頻度が高い AU が異なっていることが分かった．そのため，ICA を推定するのに有用であると考えられる．たとえば，Interactive であるのか推定するにあたって，AU01 と AU28 が生じていれば，Interactive である可能性が高いということである．

これまでの研究では，表情を用いて感情を推定する試みが検討されてきた．たとえば，[10]では，表情で協同学習における相互理解に関する感情を推定できることが明らかになっている．そして，協同学習において学習者の状態に基づいて適応的なフィードバックを行うために必要な協同プロセスの推定も多く検討されている．例えば，[4]では，協同学習の場面において，視線リカレントと言語アライメントの 2 つの指標に基づき，協同プロセスを推定する方法を検討し，そのモデルの有効性を示している．一方で，本研究は，協同場面において，学習活動に基づき適応的な支援を行う上で，表情の利用可能性に新しい知見を提供したといえる．また，[11]において提唱された ICAP フレームワークは，これまで表情において分類する試みはされてこなかった．そのため，本研究において ICA それぞれにおいて特徴的な出現頻度の高い AU が異なっていたことは今後の協同学習における適応的な支援に向けて重要な知見を与えたといえる．

また，[18]では怒りと嫌悪の表情を対象として，時系列分析を行うことで，怒りの表情に関連する AU04 と AU07 が連動して出現することが明らかになった．本研究では今後時系列分析を行うことで，ICA ごとにおける AU と AU の関連性を検討し, AU の出現とその順番で ICA を推定することができると考えられる．さらに，[11]では，ICAP に発話や行動などで分類されている．本研究では学習者の会話活動に基づき，ICAP に分類したデータを分析したため，今後会話活動だけではなく，学習者の行動や目線などの指標を用いることによって，より厳密に ICAP に分類する必要があると考えられる．また，ICAP はそれぞれに違う学習レベルを予測していて，Active は Passive より高い学習レベルを実現し，Constructive は Active より高い学習レベルを実現し，Interactive は Constructive より高い学習レベルを実現する[11]．本研究では ICA ごとに出現頻度が高い AU を調べたが，Passive に関しては検討していない．学習者の状態は Passive から Active への移行を促進するため，Passive であることを検知する場合に適応的なフィードバックを行う必要がある. そのため, 今後 Passive における出現頻度が高い AU を検討することで, AU から Passive を推定し，適応的なフィードバックを行うことができると考えられる．

5. まとめ

本研究では，学習者ペアの協同学習の支援に向けて学習者の学習プロセスを学習者の表情から定量的に捉える検討を行う．ここでは，[13]が学習者の会話活動に

基づき，ICAP に分類した．それにより分類された ICA ごとに表情筋(AU)の分析を行う．そこで本研究の目的として，(1)表情筋から学習状態を推定し，(2)ICAP の各プロセスにおいてどのような AU の種類が現れるのかを整理する．検討に際しては，筆者らのグループで収集した協同学習ペアによる概念説明課題で得られた会話データと表情のデータを用いて検討した．仮説として次の 3 つの点を検討した．(1)Active では，学習材料を読み上げたりするだけの発話であるため，口元の筋肉が主に動く．(2)Constructive では，自己内省や深く考えて発話するため，口元の筋肉の動きに加えて瞼をひきしめる．(3)Interactive では， 葛藤を含むような会話が現れるため，眉毛を引き上げ，目を見開くといった表情筋が現れる．データ分析を行った結果，概ね支持された．一方で，仮説で考えていた表情筋以外の微表情も関連していることが明らかになった．したがって，今後の課題として，ここで分類した AU に基づいて学習プロセスとの関係をより詳細に検討し，学習者ペアの協同学習の支援に向けて学習者の学習プロセスを学習者の表情から定量的に捉える検討を行う予定である．

文献

[1] Chi, M. T. H, Leeuw, N., Chiu, M., & Lavancher, C., (1994) “Eliciting self-explanations improves understanding”, Cognitive Science, Vol. 18, No. 3, pp. 439-477.

[2] Okada, T., & Simon, H. A., (1997) “Collaborative discovery in a scientific domain”, Cognitive Science, Vol. 21, No. 2, pp. 109-146.

[3] Shirouzu, H., Miyake, N., & Masukawa, H., (2002) “Cognitively active externalization for situated reflection”, Cognitive Science, Vol. 26, No. 4, pp. 469-501.

[4] 林 勇吾, (2019)“知的学習支援システムによる協同学習の支援に向けて:視線情報と言語情報を用いた学習プロセスの推定モデル”, 認知科学, Vol. 26, No. 3, pp. 343-356.

[5] 朱 桂栄・砂川 有里子, (2019)“ジグソー学習法を活用した大学院授業における学生の意識変容について ――活動間の有機的連携という観点から――”, 日本語教育, Vol. 145, pp. 25-36.

[6] 林 勇吾・三輪 和久・森田 純哉, (2007) “異なる視点に基づく協同問題解決に関する実験的検討”, 認知科学, Vol. 14, No4, pp. 604-619.

[7] Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., Pelletier, R., (1995) “Cognitive tutors: Lessons learned”, Journal of the Learning Sciences Vol. 4, No. 2, pp. 167-207.

[8] Ekman, P. & Ancoli, S., (1980) “Facial Signs of Emotional Experience”, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 39, No 6, pp. 1125-1134.

[9] Ekman, P. & Freisen, W. V., (1976) “Measuring facial movement”, Environmental psychology and nonverbal behavior, Vol. 1, No. 1, pp. 56-75.

[10] Hayashi, Y., (2019) “Detecting collaborative learning through emotions: An investigation using facial expression recognition”, Proceedings of the 15th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS2019), pp. 89-98.

[11] Chi, M. T. H. & Wylie, R. (2014) “The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes”, Educational Psychologist, Vol. 49, No. 4, pp. 219, 243.

[12] Chi, M. T. H., (2009) “Active-Constructive-Interactive: A Conceptual Framework for Differentiating Learning Activities”, Topics in Cognitive Science, Vol. 1, No. 1, pp. 73-105.

[13] 下條 志厳・林 勇吾, (投稿中)

[14] 下條 志厳・林 勇吾, (2019) “コンセプトマップを用いた協同学習ペアの説明活動に関する実験的検討学習パフォーマンスにおける理解度と異なる視点の発現に着目した分析”, 信学技報, Vol. 119, No. 39, pp87-91.

[15] 下條 志厳・林 勇吾, (2019)“他者の知識を可視化した協同学習における会話活動と学習パフォーマンスの関係性：ターンテイキングと知識の収束に着目して”, 日本認知科学会第 36 回大会発表論文集, pp. 748-752.

[16] Shimojo, S. & Hayashi, Y., (2019) “How shared concept mapping facilitates explanation activities in collaborative learning: An experimental investigation into learning performance in the context of different perspectives”, Proceedings of the 27th International Conference on Computers in Education(ICCE2019), pp. 172-177.

[17] Baltrušaitis, T., Robinson, P. & Morency, L., (2016) “OpenFace: An open source facial behavior analysis toolkit”, IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, pp. 1–10.

[18] 高橋 直樹 (2002) “FACS を用いた表情の時系列分析とその展望：怒りと嫌悪の表情分析を例として”, 対人社会心理学研究, Vol. 2, pp. 75-82.

プログラミング学習における「上手なあきらめ」ができる人と「わりきり行動」の関係

Relationship between “Adaptive Resignation” and “Resignation Behavior” in Programming Learning

河野 拓未[†]，山崎 治[‡]
Takumi Kawano, Osamu Yamazaki
[†] 千葉工業大学大学院，[‡] 千葉工業大学
Chiba Institute of Technology Graduate School, Chiba Institute of Technology
s1532058CT@s.chibakoudai.jp

Abstract

The purpose of this study is to examine how people avoid situations in which they give up in programming learning.

An exploratory factor analysis was conducted, and the results of the survey revealed five factors for avoiding giving up, including the "resignation behavior" factor, which is a behavior such as resignation behavior.

We also categorized the situations of giving up based on each factor. The results showed that the behaviors considered to be effective depended on the specificity of the cause.

Keywords — Programming Learning, adaptive resignation, resignation orientation, resignation behavior

1. はじめに

近年，プログラミング学習は大学における演習授業や Progate(https://prog-8.com/)のようなオンライン上の学習サイトなどを通して多くの場面で行われている．プログラミング学習は「プログラム言語の文法やプログラム書法を理解する能力」と「アルゴリズムを組み立てる能力」の 2 つの能力が必要である[1]．これらの能力が同時に必要とされるため，初学者にとっては理解しなければならない内容が多く，学習の初期段階であきらめてしまうということがある[2]．プログラミング学習を「あきらめさせない」ために様々な観点から教育方法・学習支援に関する研究が行われており，ペアプログラミングの導入[1]や教える内容を段階的に提示するシステムの提案[2]などが挙げられる．従来のプログラミング初学者に対する支援は，前段のように「あきらめさせない」ということに着目して研究が進められている．「あきらめさせない」という観点は学習支援をするうえで重要であると考えられるが，一方「あきらめてしまった」学習者であっても，例えば「テスト期間だけでも学習をする」といったあきらめた対象と良い関係を維持しながら行動ができる場合も考えられる．このような「あきらめ」の行動ができる人を登日・成田は「上手なあきらめができる人」と定義している[3]．プログラミング初学者における学習支援において学習者があきらめてしまった場合，「上手なあきらめ」を促すよう支援することが考えられる．

「上手なあきらめ」を考える上で，「あきらめ」の構造を捉えることが重要である．菅沼は，青年期における「あきらめ」行動を構造化し，「あきらめた内容」「あきらめたきっかけ」「あきらめ方」の 3 パタンに分けてモデル化を行った[4]．図 1 は菅沼が作成した「あきらめ方」のモデルである[4]．図中の丸は目標を示し，黒の太線は各「あきらめ方」の目標達成の経路および放棄の特徴を示している．本モデルにおいて目標は「当人がこうしたい，こうなったらいいと思っていることで，いまだ具現化されていない抽象的な水準」である“望み”のもとに決まる．また目標も“望み”をかなえるために設定される「達成目標」とその「達成目標」を達成しうる具体的な「手段目標」の 2 つに分けることができる．

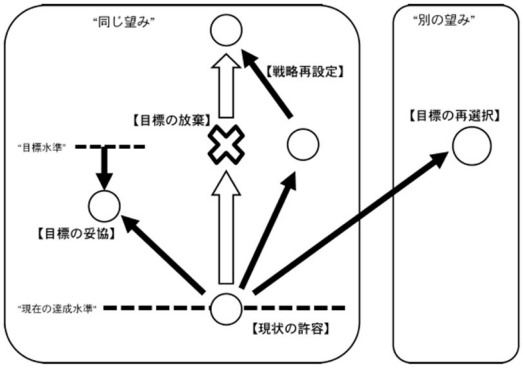


図 1 「あきらめ方」モデル[4]

菅沼が作成した「あきらめ方」モデルによると，あきらめ方は【目標の再選択】，【目標の妥協】，【戦略再設定】，【現状の許容】，【目標の放棄】という 5 概念に分類できる．

菅沼[4]が示したあきらめ方の考え方はプログラミング学習の場面でも適用できると考えられる．例えば，『オブジェクト指向言語を学びたい』といった「達成目標」のもと『Java 言語を理解する』という「手段

目標」を達成するという場面で，Java 特有の文法事項が理解できなかったので，別のオブジェクト指向言語である JavaScript に切り替えて学習を進めたとする．このとき，『Java 言語を理解する』という「手段目標」から『JavaScript を理解する』というものに変化している．これは菅沼[4]の【戦略再設定】に相当すると考えられる．

菅沼のあきらめの構造から「上手なあきらめ方」は様々な方法が考えられるが，その一つとして浅野が作成した「わりきり志向」という考え方がある[4][5]．
わりきり志向とは，行動自体をあきらめる“行動レベル”のあきらめではなく，目標をあきらめる“目標レベル”でのあきらめに着目し，目標のあきらめ方と人格特性の結びつきを示したものである．
また，浅野はあきらめにおける「わりきり志向尺度」を作成し，人格特性によってわりきりにおける認知行動の違いを示した[5]．浅野は抑うつの高低によって「わりきり志向」が「対処の限界性認知」と「わりきりの有効性認知」の 2 分類に分けられると示した[5]．

浅野[5]が示した「わりきり志向」の考え方は菅沼[4]の作成した「あきらめ方」モデルに適用できると考えられる．図 2 は菅沼[4]が作成した「あきらめ方」のモデルに「わりきり志向」の考え方を適用させたものである．図はあきらめ方の 5 概念が「わりきり志向」で考えた場合それぞれ【わりきりの有効性認知】と【対処の限界性認知】のどちらに当てはまるかを示したものである．図中の赤字が【わりきりの有効性認知】に相当すると考えられ，青字が【対処の限界性認知】に相当すると考えられる．

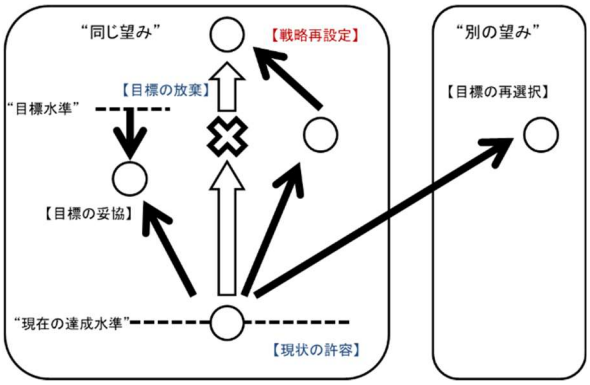


図 2 「わりきり志向」を踏まえた「あきらめ方」モデル

また，「わりきり志向」を適用させた場合，あきらめ方の 5 概念は独立のものではなく，一連のプロセスの段階を示すものととらえることができる．本研究ではこのモデルを「わりきり行動」モデルと定義し，図 3 に示すような「あきらめ」のプロセスが考えられる．例えば，【目標の妥協】では，菅沼[4]は達成水準を下位に下げて目標を再設定するとしていたが，目標を再設定し，目標が達成されたと考えると，そこに【現状の許容】が働くと考えられる．【現状の許容】のままあきらめてしまった場合，これは「わりきり志向」の【対処の限界性認知】による行動であると考えられる．しかし，【現状の許容】から【戦略再設定】をし，当初の「達成目標」へ近づけていくことも考えられる．これは「わりきり志向」の【わりきりの有効性認知】であると考えられる．

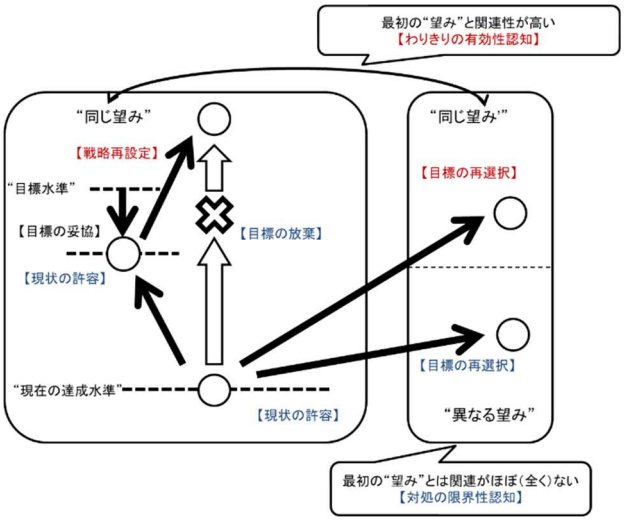


図 3 「わりきり行動」モデル

このようなあきらめのプロセスを考えたときに【わりきりの有効性認知】は登日・成田[3]が定義した「上手なあきらめ」と近い行動であると考えられる．
わりきり行動のプロセスをプログラミング学習に適用することによって，学習者の支援が可能であると考えられる．

2. 目的

本研究では，大目的として，プログラミング学習において「上手なあきらめ」を支援する方法を提案することを掲げる．特に，「わりきり行動」を適切に促す働きかけを学習過程に組み込むことで，学習における上位目標の達成や学習の継続における効果が確認できるか検討を行う．

そこで，今回の発表では，プログラミング学習において想定される「あきらめやすい場面」を設定した質問紙を用意し，それらの場面でどのような「あきらめ行動」がとられるかを質問紙調査した結果について報告を行う予定である．質問紙調査は，プログラミング演習の経験を 1 年以上している情報系学科の大学生を対象とする．具合的な「あきらめやすい場面」を設定し，過去の

経験を踏まえた回答を行わせる質問紙調査を実施することで，特に，「あきらめやすい」場面にみられる特徴の違いと，「あきらめの行動」の選択の仕方について，関係性を明らかにしていく．

3. 調査：プログラミング学習におけるあきらめやすい場面に対する行動の調査

3.1. 目的

提示されたあきらめの場面に対して，プログラミング学習経験者がどのような回避行動を取るのか調査により分析する．また，現状のあきらめ回避行動からわりきり行動との結びつきを考察する．

3.2. 方法

調査期間：2020 年 7 月 6 日～7 月 13 日

調査参加者：情報科学を専攻とする大学 3・4 年生 109 名が調査に参加した．調査参加にあたって参加者には受講している講義科目の単位取得のための得点付与を条件として参加してもらった．

調査内容：プログラミング学習で想定されるあきらめの場面における対処方法の調査

利用した質問紙：Google が提供する Google フォームを用いて Web アンケートの形式で調査を行った．

構成概念：調査で提示する「プログラミング学習において想定されるあきらめの場面」を選定するにあたり，事前にプログラミング学習の経験がある大学生 5 名にインタビュー形式で調査した「実際にあきらめかけた経験」をもとに表 1 のようなあきらめの場面を 12 場面選定した．これらの選定した場面のそれぞれで「友人に教えてもらう」のようなインタビュー参加者の行ったあきらめを回避する行動と著者が考えた行動をそれぞれ 2～3 つ用意し，それぞれの行動が「あきらめることを回避する行動」としてどれだけ妥当であるかを 5 段階評価で回答してもらった．

手続き：本調査は情報科学を専攻とする大学 3 年生を対象とした講義「認知科学」内で実施された．調査対象者にオンライン上で説明資料と説明動画を配布し，動画上で調査の目的及び概要について説明した．説明資料にアンケートページの URL を記載し，調査の参加に同意できる場合に Web アンケートページにアクセスの上，期限内に回答を行ってもらうよう依頼した．調査ページの閲覧及び回答は PC やスマートフォンなどのモバイル端末で行うことができ，各調査対象者が任意の時間・環境で回答を行うものとした．

3.3. 結果

3.3.1. 分析対象者

分析対象者は以下の 2 点を満たす回答者を分析対象者とした．

①入学年度が 2018 年度の 3 年生であること

②回答内容が 1 つの選択肢に偏っていないこと

本調査の対象となった学生は入学年度によってプログラミング演習系科目として異なる内容の教育をうけていた．そのため，2018 年度入学 3 年生 90 名を分析の対象とした．さらに，回答が偏っていた 2 名を除いた 88 名を分析対象者とした．

3.3.2. 探索的因子分析

あきらめ場面に対するあきらめ行動の各項目に対して探索的因子分析を行った（最尤法，プロマックス回転）．表 2 に因子分析の結果を示す．なお，因子の抽出は因子負荷量が.40 以上の項目かつ.40 以上のものが 2 つ以上ある項目は因子負荷量が最も高い項目で抽出した．因子負荷量の高い項目を参考に各因子の命名をし，第 1 因子を「友人活用」，第 2 因子を「外部情報活用」，第 3 因子を「教員・TA 活用」，第 4 因子を「わりきり的行動」，第 5 因子を「配布資料活用」とした．

表 1 調査で用いたあきらめの場面

①	プログラムの意味が分からないままサンプルプログラムを写す
②	while 文の書き方があっているはずなのに無限ループしてしまう
③	プログラミングでわからないところの調べ方がわからない
④	レポートを記述する際に，自分の組んだプログラムを説明する方法がわからない
⑤	テスト勉強のやり方がわからない
⑥	テスト範囲のほとんどの内容がわからない
⑦	プログラムのわからないところを友人や先生に聞いたが，理解できなかった
⑧	新しい言語に対して事前情報が少なく，どう勉強すればいいかわからない
⑨	プログラムの課題がどう実装していいかわからず，やる気がなくなってしまった
⑩	サンプルプログラムを正しく写しているのに，何回もエラーが出てしまう
⑪	プログラミング言語の文法的な内容がわからない
⑫	オブジェクト指向言語の特徴がよくわからないまま，プログラミングをする

表２　因子分析結果（最尤法，プロマックス回転）

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
友人活用（α=.872）					
①－２友達に教えてもらう	**0.630**			0.125	
③－２友人に調べ方を聞く	**0.517**	-0.185		-0.264	
④－１友達に説明して，わかるかどうか確認する	**0.577**				
⑤－１友達と一緒に勉強をする	**0.670**		0.361	0.581	0.103
⑥－１友達に教えてもらう	**1.073**		-0.218	0.289	
⑦－１別の友人に聞いてみる	**0.830**	0.140			-0.266
⑨－１課題が終わっている友人にヒントを聞く	**0.762**			0.210	0.129
⑪－１プログラミングが得意な友人に教えてもらう	**0.834**		0.110	0.216	
⑫－１先生や友人等にオブジェクト指向の特徴を教えてもらう	**0.629**		0.266	0.195	
外部情報活用（α=.850）					
①－３インターネットや書籍等から説明があるか調べる		**0.754**			
②－１書籍等に載っているサンプルプログラムと自分の組んだプログラムを比較する	0.167	**0.518**			
⑥－３ネットや書籍の情報を見て，内容を理解する		**0.735**		0.293	0.143
⑦－３ネットや書籍の情報を確認する		**0.798**	-0.126		0.146
⑧－２とりあえずネットなどの情報を確認する		**0.663**			
⑧－３今まで学んできた言語での学習の進め方に倣って進める		**0.417**			
⑩－１エラー文をコピペして調べてみる	0.239	**0.432**		-0.196	
⑪－３ネット・書籍等のサンプルプログラムを写して参考にする		**0.929**		0.235	-0.214
⑫－２サンプルプログラムをいじってどのような動きをしているか確認する	0.129	**0.456**		-0.301	-0.114
教員・TA活用（α=.816）					
①－１先生やTAに詳しく教えてもらう		-0.103	**0.768**	0.105	
②－２先生やTAからwhile文の基礎を学ぶ	0.189		**0.660**	0.240	
②－３while文の中でデバッグする	-0.383	0.315	**0.446**	-0.192	
⑪－２先生やTAに教えてもらう			**1.062**	0.193	-0.106
わりきり的行動（α=.373）					
⑩－２一回写したプログラムを消して一から入力しなおす	0.332		0.147	**0.731**	0.134
⑨－２いったん課題のことは置いておき，時間が経ってから改めて取り組む		0.160	0.112	**0.455**	0.101
配布資料活用（α=.740）					
④－２授業の説明資料等を参考に，少しずつ記述する		0.169	-0.124	0.275	**1.065**
⑤－２テストの予想問題など授業で配布されたものを利用して勉強してみる	0.129	0.362			**0.449**
因子間相関行列	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
Ⅰ	-	0.465	0.379	0.451	0.431
Ⅱ		-	0.357	0.523	0.476
Ⅲ			-	0.125	0.369
Ⅳ				-	0.446
Ⅴ					-

3.3.3.　第４因子「わりきり的行動」

表２に示したあきらめ行動の各項目に対する因子分析の結果，第４因子は他の項目と比べて，「時間が経ってから改めて取り組む」といったように行動に「時間」をかける行動であることがわかる．時間を置くことを「現時点で達成する」という目標であると考えると，これらの行動は図３における【目標の妥協】→【戦略再設定】に近いと考えられる．そこで，この第４因子の２項目の回答得点の高低を基準として，あきらめ行動のとり方に違いがあるかどうかを確認する．

図５は第４因子の回答得点をまとめたヒストグラムである．得点状況から，「どちらともいえない」という回答に近い５～８点のものを除いた５点以下を低群，９点以上を高群とした．

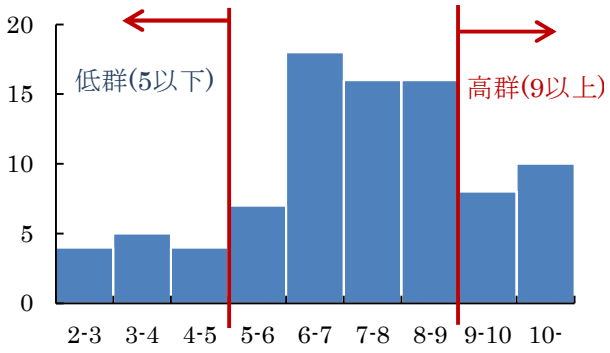


図５　第４因子の回答得点

図６に低群と高群で平均得点の差が大きかった４項目を示す．各項目でｔ検定を行ったところ，４項目すべてで有意差が認められた．表３にｔ検定の結果を示す．これらの項目はテスト勉強のやり方がわからない，テスト範囲のほとんどの内容がわからないというように「学習の進め方自体がわからない」という場面である．

表３　t 検定の結果

場面	項目	t値
while文の書き方があっているはずなのに 無限 ループしてしまう	先生やTAにwhile 文の基礎を学ぶ	t(34.73)=2.18 ,p=.04, r=.35
テスト勉強のやり方がわからない	友達と一緒に勉強をする	t(29.91)=3.35 ,p=.003, r=.52
テスト範囲のほとんどの内容がわからない	友達に教えてもらう	t(23.99)=2.93 ,p<.01, r=.51
プログラムの課題がどう実装していいかわからず，やる気がなくなってしまった	課題が終わっている友人にヒントを聞く	t(25.23)=2.55 ,p=.02, r=.45

この「学習の進め方自体がわからない」というときに，行動として先生や友人などの周りの人間に教えてもらうという行動を選択しやすい結果となった．

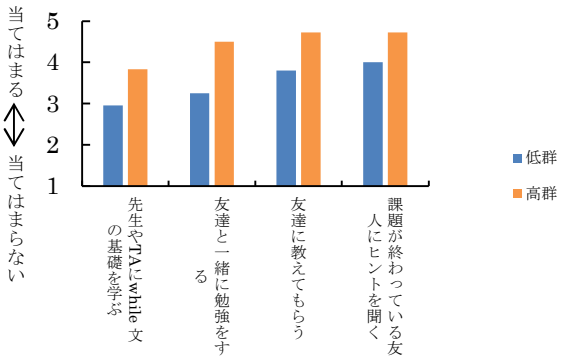


図６　低群・高群で差が見られた項目と平均得点

3.3.4.　各場面でとられる「あきらめ回避行動」

表 4 は①～⑫のあきらめ場面で最も得点の高かった「回避のための行動」をまとめたものである．外部情報活用因子が選ばれやすいあきらめ場面としては，「プログラムの意味が分からない」や「エラーが頻発する」といったように，個々の課題（プログラム）に紐づけられる具体的なつまずきが原因となるあきらめ場面が挙げられる傾向がみられた．これと比較して，友人活用因子が選ばれやすいあきらめ場面としては，「テスト範囲のほとんどの内容がわからない」や「プログラムの課題をどう実装していいかわからない」など，学習の進め方自体に関わるより抽象度の高いあきらめ場面が挙げられる傾向がみられた．

3.4.　考察

本調査の結果から，プログラミング学習における「あきらめやすい場面」を回避する行動として，5 つの因子が確認された．この 5 因子のひとつに「いったん時間を置く」や「改めてやり直す」といったわりきりに近い「わりきり的な行動」が確認された．しかし，この「わりきり的行動」因子はα係数が.373 と低い値であった．これは本調査で評価の対象としていたあきらめ回避行動の設定でわりきり的な行動の数が因子で抽出された 2 つだけで少なかったためだと考えられる．

因子分析によって確認された「わりきり的行動」因子の項目に対して得点の高い群／低い群で他のあきらめ回避行動に対する評価の違いを検討したところ，「学習の進め方自体がわからない」場面で先生や友人に尋ねるなどの回避行動を行いやすい可能性が指摘された．

表４　あきらめの場面と最も得点の高かった項目

因子	得点の高かった項目	あきらめの場面
外部情報	インターネットや書籍等から説明があるか調べる	**プログラムの意味が分からないままサンプルプログラムを写して学習を進めている**
	書籍等に載っているサンプルプログラムと自分の組んだプログラムを比較する	**while文で書き方があっているはずなのに，なぜか無限ループしてしまう**
	ネットや書籍の情報を確認する	**プログラムのわからないところを友人や先生に聞いたが，理解できなかった**
	とりあえずネットなどの情報を確認する	**新しい言語に対して事前情報が少なく，どう勉強すればいいかわからない**
	エラー文をコピペして調べてみる	**サンプルプログラムを正しく写しているのに，何回もエラーが出てしまう**
	サンプルプログラムをいじってどのような動きをしているか確認する	**オブジェクト指向言語の特徴がよくわからないまま，プログラミングをする**
友人	友人に調べ方を聞く	**プログラミングでわからないところの調べ方がわからない**
	友達に教えてもらう	**テスト範囲のほとんどの内容がわからない**
	課題が終わっている友人にヒントを聞く	**プログラムの課題をどう実装していいかわからず，やる気がなくなってしまった**
	プログラミングが得意な友人に教えてもらう	**プログラミング言語の文法的な内容がわからない**
配布資料	授業の説明資料等を参考に，少しずつ記述する	**レポートを記述する際に，自分の組んだプログラムを説明する方法がわからない**
	テストの予想問題など授業で配布されたものを利用して勉強してみる	**テスト勉強のやり方がわからない**

「学習の進め方自体がわからない」といった状況に対しては，「自分ひとりの力で学習を進める／達成する」ことをあきらめ，「友人と一緒に学習を進める」や，「授業担当の先生に質問する」という行動は「わりきり的行動」として考えられる．そのため，「わりきり的行動」の得点が高い群では「友人」や「先生」を活用する行動がとられやすくなるのではないかと考えられる．

調査で提示したあきらめの場面は，その質的な内容に応じて，異なる種類の「あきらめ回避行動」が選択されやすくなる可能性が示された．例えば，インターネットや書籍などの外部情報を活用してあきらめを回避する行動を取るときは，プログラムや課題に対するつまずきが具体的でどこを対処すればよいかがわかっているような場面状況であった．

これらの結果から，「あきらめ方」および「わりきり行動」の選択に対して，直面する課題の質的な側面，特に課題の具体性が影響していることが示唆される．したがって，「上手なあきらめ」を促すことを考えた際，「あきらめ方」だけでなく，「あきらめそうになっている」状況の特徴に応じて，「上手なあきらめ」に結びつけられる回避行動を提示できる可能性があると考えられる．

4. まとめと今後の計画

本調査では，1 年以上プログラミング学習を経験したことのある学生を対象にある「あきらめそうな場面」に対して提示された「あきらめを回避する行動」がどれだけ妥当であるかを確認するものであった．

探索的因子分析の結果から「あきらめを回避する行動」を 5 因子に分類することができ，その中に「わりきり的」な行動である因子が確認できた．このわりきり的行動因子に着目すると，わりきり的行動を取ることであきらめの回避ができると考えているグループはそうでないグループに対して「テスト勉強の進め方がわからない」というような場面で「友人に教えてもらう」という行動に対して有意な差が認められた．

あきらめの場面に対して最も得点が高かった項目をまとめたところ，外部情報活用，友人活用，配布資料活用の 3 因子が関連していることが分かった．また，因子ごとで場面をまとめると，「あきらめの原因」の具体性によって分類されていることが分かった．

今回の調査の結果から，あきらめの状況によって有効でありそうな行動が確認できたため，本研究の大目的である「上手なあきらめ」の促しや「わりきり行動」との関連を調査・実験を通してさらに確認する必要があると考えられる．

参考文献

[1] 平井佑樹・井上智雄, (2012). “ペアプログラミング学習における状態の推定 ── つまずきの解決の成功と失敗に見られる会話の違い”, 情報処理学会論文誌 Vol. 53, No. 1, pp.72-80.
[2] 長 慎也・保福やよい・西田知博・兼宗 進, (2014). “Degapper ── プログラミング初学者の段階的な理解を支援するツール”, 情報処理学会論文誌 Vol. 55, No.1, pp.45-56.
[3] 登日温子・成田健一, (2017). “上手なあきらめができる人 ―社会的認知学習理論からあきらめ現象を捉える―”, 関西学院大学心理学研究, Vol.43.
[4] 菅沼慎一郎, (2013). “青年期における「諦める」ことの定義と構造に関する研究”, 教育心理学研究, Vol. 61, pp.265-276.
[5] 浅野憲一, (2010). “わりきり志向尺度の作成および精神的健康，反応スタイルとの関係”, パーソナリティ研究, Vol. 18, No. 2, pp.105-116.

第二言語習得における談話標識理解に関わる神経活動：事象関連電位による日本語「のだ」文の検討

Neural activity related to comprehension of a discourse marker in second language acquisition: An ERP study of sentences with *-noda* in Japanese

宋 歌[1]，時本 真吾[2]，汪敏[1]，宋凌鋒[1]，上埜高志[3]，小泉政利[1]，木山幸子[1]
Ge Song[1], Shingo Tokimoto[2], Min Wang[1], Lingfeng Song[1], Takashi Ueno[3], Masatoshi Koizumi[1], Sachiko Kiyama[1]

[1]東北大学，[2]目白大学，[3]東北福祉大学
Tohoku University, Mejiro University, Tohoku Fukushi University
song.ge.q2@dc.tohoku.ac.jp

概要

現代日本語の会話で頻繁に使われる「のだ」（口語体では「んだ」）は、当該の命題を既定とみなす場合に用いられる談話標識である。これは、学習者にとっては習得が難しいと言われている。本研究は、脳波の事象関連電位の指標を用いて、「のだ」の使用すべき条件とそうでない条件に応じて、「のだ」の有無に対する神経活動が母語話者と学習者とでどのように異なるかを比較した。母語話者と学習者とで異なる成分が見出され、学習者による「のだ」過剰使用の傾向が非使用条件に対する理解に乏しいことに起因している可能性を示唆した。

キーワード: 日本語, 神経言語学, 会話, 「のだ」文, 事象関連電位

1. はじめに

現代日本語の会話の中で、「どうしたんですか」「風邪をひいたんです」のように、母語話者の間で「のだ」（口語体では「んだ」）は頻繁に使われる。「のだ」は、聞き手に情報をどう伝えるかについての話し手の心的態度を表していると考えられる（野田, 1997）。

談話の中で文脈情報を効率よくつなぎあわせて内容を理解していく上で、談話標識は決定的な役割を果たす。「のだ」は当該の文の命題と文脈の言語的・非言語的情報を関係づける働きをするので、談話標識の一種と考えられる（近藤, 2002）。また、野田（1997）によると、「のだ」が付される文の命題は、話し手がある現状を認知する主体的行為を反映する。すなわち、話し手によって「主観的に判断される」既定命題を示す場合に「のだ」が使われるという。したがって、「のだ」は文の意味だけで付加するかを決められず、文脈や状況に応じた話し手の意図に依存するために、非母語話者にとっては習得が難しいようである。

多くの先行研究では、上級の日本語学習者であっても「のだ」を誤用する傾向があると指摘されている。例えば趙（2008）によると、中国人日本語学習者は、語彙と文法といった基礎的な日本語能力の習得が進むにつれ、使用すべき条件（使用条件）の理解はできるようになるものの、使用すべきでない条件（非使用条件）の理解にはただちに結びつかないという。非使用条件の理解のほうが難しいため、使うべきでない場合に使ってしまう「過剰使用」の傾向が指摘されている。

「のだ」は話し手にとっての既定命題である場合に使われ、そうでなければ使われないという（野田, 1997）。そうであるなら、学習者の「のだ」文の理解は、それが話し手の既定命題を示しているか否かに応じてどのように変化するかを究明する必要がある。しかし、母語話者においても学習者においても、「のだ」文を理解する過程はまだ検討されていない。そこで本研究は、「のだ」の使用/非使用条件に応じた母語話者と学習者の理解過程の差異を明らかにするために、脳波の事象関連電位（event-related potential, ERP）の指標を用いて両群の処理過程を比較する。

言語処理の時間情報を鋭敏に検出する脳波の事象関連電位の先行研究では、談話標識に関わる諸効果が報告されている。Liu（2009）によると、中国語母語話者による談話標識の理解に関わる ERP では、談話標識の不適切な用法について、刺激呈示後 300～500ms の時間帯に前頭部の陰性成分が生じた。これは N400 効果（Kutas, et al., 1980 等）と認められ、意味情報の統合に高い処理負荷がかかることが示唆されている。

また、談話上の処理に関わる ERP の報告（Yang, 2020）では、談話中の不自然な文に対して、N400 効果とともに P600 効果も惹起したという。Nieuwland & Van Berkum

表１　刺激会話の例

問いのタイプ	問い	答え
命題既定	「どうして遊びに行かないんですか。」	「夏休みの宿題で忙しいんです。」（典型）
		「夏休みの宿題で忙しいです。」（非典型）
命題非既定	「この2ヶ月間どうですか。」	「夏休みの宿題で忙しいんです。」（非典型, 過剰使用）
		「夏休みの宿題で忙しいです。」（典型）

（2005）は、P600 成分は、統語的処理負荷を反映するだけではなく、意味上の不自然さにも敏感であると指摘している。N400 効果は即時の意味統合と関連し、P600 効果は意味処理の再解析の試みや意味的不一致の照合を反映することが示唆されている（Sanford et al., 2011）。本研究は、このような談話処理に関して報告されてきた先行知見に基づき、日本語母語話者と学習者が、談話標識「のだ」の使用と非使用による自然と不自然な文に対して、N400 効果と P600 効果に注目しながら比較する。

具体的には、「のだ」の使用/非使用に対する反応を検討するために、命題既定/命題非既定、「のだ」あり/「のだ」なし条件の 2×2 のデザイン（表 1）に応じて、各条件の間の差分を検討する。日本語学習者は、使用条件の理解はできるようになるものの、非使用条件の理解のほうが難しいため、上級になっても「過剰使用」の傾向があると考えられる（趙, 2008）。そこで、「のだ」を使用すべき、命題が既定である場合には、「のだ」使用に比べ、非使用については、母語話者とも学習者ともよく比較的理解できると想定する。したがって、両群とも、使用時に比べ非使用時に処理負荷を生じ、N400 や P600 効果が惹起されると予測する。それに対して、「のだ」を使用すべきでない命題が既定でない場合には、学習者は十分理解できていないので、母語話者の理解過程と異なるパターンを見せると考えられる。すなわち、母語話者では、非使用時に比べて使用時に違和感を生じるのでそのことを反映する成分を惹起するが、学習者ではそのような差別化をしていないと予測する。

2.　方法

2.1　実験参加者

東北大学の学部生・大学院生である日本語母語話者 30 名（男性 16 名、平均 22.7 歳、標準偏差 3.8）、及び中国語を母語とする日本語学習者 30 名（男性 15 名、平均 24.8 歳、標準偏差 1.7）が実験に参加した。日本語学習者は全員日本語能力試験 N1 に合格し、平均日本滞在歴は 2 年 9 ヶ月であった。参加者は、実験後に「筑波日本語テスト集 TTBJ」（http://ttbj-tsukuba.org/pl.html）のうち SPOT90、Grammar90 による日本語能力テストを受け、平均得点は 79.0（標準偏差 4.8）と 74.3（標準偏差 7.4）であった。TTBJ ウェブサイト上の得点解釈の目安によると、SPOT90 の得点が 56～80 であれば中級と判定され、得点が 81～90 であれば上級と判定される ; Grammar90 の得点が 51～80 であれば中級と判定され、得点が 81～90 であれば上級と判定される。そこで、学習者参加者が中上級レベルと認められ、自然な話速度で日常的な場面の日本語が理解できるという。全員が健康や精神状態に異常がない旨申告し、日本語版 Flanders 利き手テスト（大久保他, 2014）により右利きと判定された。

また、流動性知能を測定するレーヴン漸進的マトリックス検査（Raven’s Standard Progressive Matrices Plus）（Raven, Rust & Squire, 2008）を実施した。母語話者と日本語学習者の両集団知能上の差異は認められなかった（$t_{29} = 0.534$, $p = 0.597$）。

本実験は東北大学文学研究科倫理審査委員会の承認を得た上で実施した。実験前に説明がなされ、各参加者から口頭と書面による同意を得た。実験後には、参加者全員に謝金が支払われた。

2.2　実験材料

刺激会話の作成

「のだ」の使用条件と非使用条件を区別できる文脈を作るために、表 1 の通り、問いと答えから成る会話の中で、問いを命題既定の場合と非既定の場合の 2 つを用意した。問いに対する答えは同一のものにし、文末に「のだ」をつけた場合とつけない場合で比較した。話し手の問いが命題既定、すなわち既定の事実だと判断されて理由説明を求める場合、聞き手の答えは「のだ」を付けるのが典型的で、付けないのが非典型的と考えられる。問いが命題非既定、すなわち既定の事実だと判

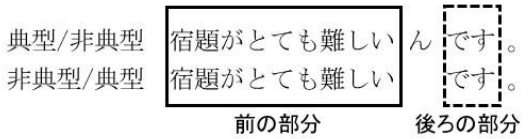


図 1　音響特性を比較した部分

表 2　命題既定/非既定による「のだ」あり/なしの選択

類型	「のだ」あり	「のだ」なし
命題既定	739	36
命題非既定	166	609

表 3　聴覚刺激の「ん」の前後部分の音響特性

	「ん」の前の部分				「ん」の後の部分			
	「のだ」あり	「のだ」なし	*t*	*p*	「のだ」あり	「のだ」なし	*t*	*p*
	M (*SD*)	*M* (*SD*)			*M* (*SD*)	*M* (*SD*)		
持続時間 (ms)	1467 (339)	1451 (371)	0.149	0.882	248 (45)	263 (45)	-1.122	0.267
最高ピッチ (Hz)	360 (34)	351 (26)	0.987	0.329	216 (12)	219 (15)	-0.746	0.460
最低ピッチ (Hz)	171 (44)	168 (39)	0.295	0.769	180 (23)	187 (12)	1.349	0.185
強さ (dB)	79 (3)	80 (2)	-0.318	0.752	75 (3)	75 (3)	- 0.081	0.935

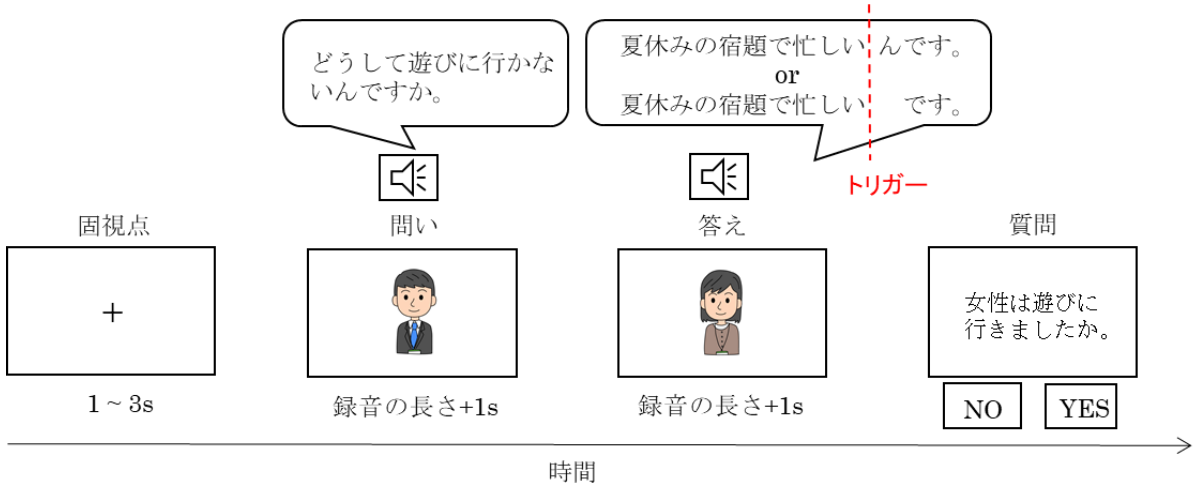


図 2　実験の試行の例

断されていなくて相手の自由回答を求める場合、聞き手の答えは「のだ」を付けないのが典型的で、付けるのが非典型的と考えられる。この想定に基づき同様の刺激を 20 セット、合計 40 組を用意した。ほかに、フィラー会話を 40 組用意した。これらの対話は、男性と女性でやりとりされるものとし、問いが男性の声で統一され、答えが女性の声で統一された。男女登場人物を表す絵画を用意し、人物を演じる日本語母語話者 2 名がそれらの発話を録音した。

刺激会話の操作チェック

聴覚提示される「のだ」の典型性の操作の妥当性を確かめるために、東北大学の学部生・大学院生である日本語母語話者 31 名（脳波実験には不参加）を対象として、二肢強制選択法を採用した予備調査を行った。カイ二乗検定の結果、命題既定/非既定と「のだ」の有無の連関は有意であった（$\chi^2_1 = 871.83$, $p < 0.001$）。表 2 の通り、問いが命題既定の場合には、聞き手の答えは「のだ」を付けるのが典型的、非既定の場合には反対に着けないのが典型的であるという想定の妥当性が確かめられた。

音響特性の統制

典型・非典型条件間で発話韻律を統制するために、PRAAT 5.1.31（Boersma, 2002）で録音された答えの発話の音響特性を確認した。図 1 の例の通り、「のだ」ありの場合の「んです」の前の部分と「のだ」なしの場合の「です」の前の部分の、「のだ」ありの場合の「です」と「のだ」なしの場合の「です」の音響特性をチェックした。表 3 のように、「ん」の前後部分の持続時間、最高/最低ピッチ、音圧に有意差がないことを確かめた。

2.3 実験手続き

各参加者は、コンピュータのモニタ上に視覚呈示される登場人物とともに、聴覚呈示される男性と女性の問いと答えというやりとりを理解するよう求められた（図 2)。参加者は会話を聴き、注意が保たれるように、50%の試行で会話の内容理解を問うボタン押しの質問が提示された。本試行開始前に、参加者が流れや操作方法になじむよう練習の機会を設けた。すべての刺激はランダムに提示され、各参加者は 1 セットを 1 回のみ聴いた。実験は 160 試行を 4 ブロックに分けて実施され、各ブロック間で約 3 分の休憩をとった。E-prime 3.0（Psychology Software Tools, Pennsylvania, USA）によって刺激呈示とボタン反応を記録した。

2.4 脳波計測と解析方法

脳波の記録には、Quick Amp EEG System (Brain Products, Munich, German) を使用した。国際拡張 10 / 20 法に基づき、頭皮上の 29 ヵ所電極に配置した。さらに、左目の上と目尻に電極を配置し、眼球運動と瞬目によるアーチファクトを監視した。脳波記録は AFz を参照電極とし、実験後、全頭の平均電位を 0v として再基準化した。電極間抵抗値はすべて 10kΩ 以下とした。記録時の帯域フィルタは DC - 200Hz、サンプリング周波数は 1000Hz とした。

脳波解析には MATLAB 上で EEGLAB (Delorme et al., 2011) を用い、以下の手順で前処理を行った。まず、250Hz にダウンサンプリングし、1Hz のハイパスフィルタを適用して、交流電源に起因するラインノイズを除去した。次に、トリガーの直前に-0.7 秒から 1.6 秒の潜時帯でエポッキングし、AMICA (adaptive mixture independent component analysis, Delorme et al., 2012) を用いて独立成分分析を行った。その後、SASICA (semi-automated selection of independent components of the electroencephalogram for artifact correction, Chaumon et al., 2015) に従って、アーチファクトを多く含む独立成分を除外した。

前処理をしてから、EEGLAB の study ファイルを用いて集団解析を行った。ベースライン区間を「んです」または「です」の後 100ms に指定した。命題既定/命題非既定条件と「のだ」あり/「のだ」なし条件それぞれについて、母語話者と学習者の脳波活動の比較を行った。条件間の比較は、有意水準を α = 0.05 とし、false discovery rate (FDR) による多重比較補正をした。ベースライン後 800ms の潜時帯を 100ms ごとに区切って探索を行った。

3. 結果

3.1 正答率

内容理解課題の正答率については、母語話者の平均は 95.99%、標準偏差 2.44 であった。日本語学習者の平均は 94.63%、標準偏差 3.34 であった。全参加者が課題に集中して発話内容をよく理解したとみなせる。

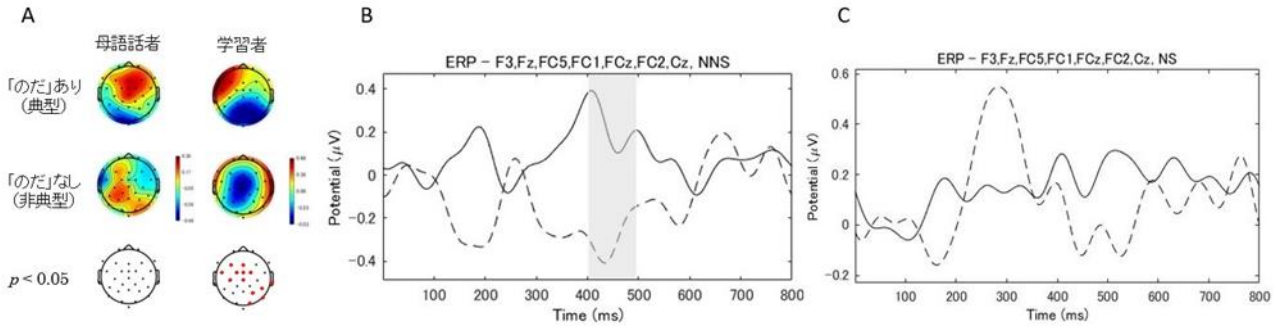


図 3 命題既定に対する「のだ」の使用条件（典型, 実線）と非使用条件（非典型, 破線）に応じた母語話者と学習者の ERP の比較：(A) 400～500ms 潜時帯の平均電圧頭皮上分布（*注*：青色の部分が陰性成分、赤色の部分が陽性成分、赤い点が条件差（$p < 0.05$, FDR 補正）のある電極を表す)。 (B) 学習者における潜時 0 ~ 800ms での中心部（F3, Fz, FC5, FC1, FCz, Cz）の ERP（*注*：灰色の帯がかかっている部分は、条件差（$p < 0.05$, FDR 補正）のある潜時)。 (C) 母語話者における同じ潜時帯での中心部（F3, Fz, FC5, FC1, FCz, Cz）の ERP。 NS：母語話者, NNS：学習者。

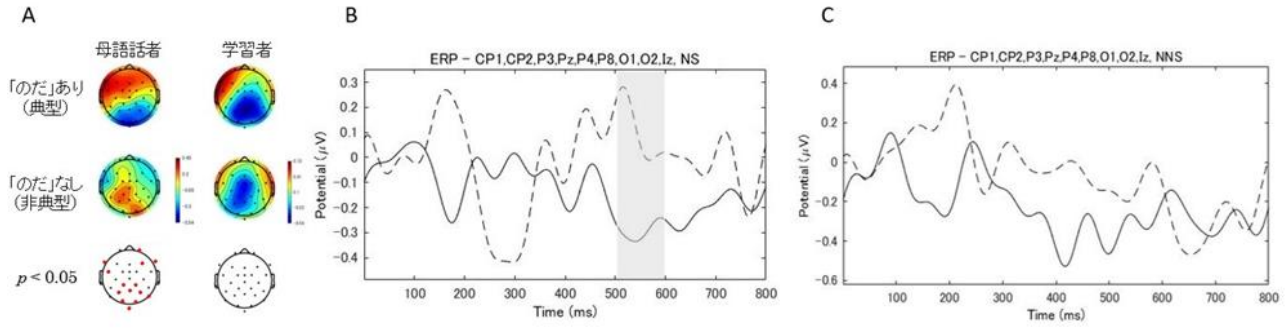


図 4　命題既定に対する「のだ」の使用条件（典型, 実線）と非使用条件（非典型, 破線）に応じた母語話者と学習者の ERP の比較：(A)　500 ~ 600ms 潜時帯の平均電圧頭皮上分布（*注*：青色の部分が陰性成分、赤色の部分が陽性成分、赤い点が条件差（$p < 0.05$, FDR 補正）のある電極を表す）。　(B) 母語話者における潜時 0 ~ 800ms での後頭部（CP1, CP2, P3, Pz, P4, P8, O1, O2, lz）の ERP（*注*：灰色の帯がかかっている部分は、条件差（$p < 0.05$, FDR 補正）のある潜時）。　(C) 学習者における同じ潜時帯での後頭部（CP1, CP2, P3, Pz, P4, P8, O1, O2, lz）の ERP。　NS：母語話者, NNS：学習者。

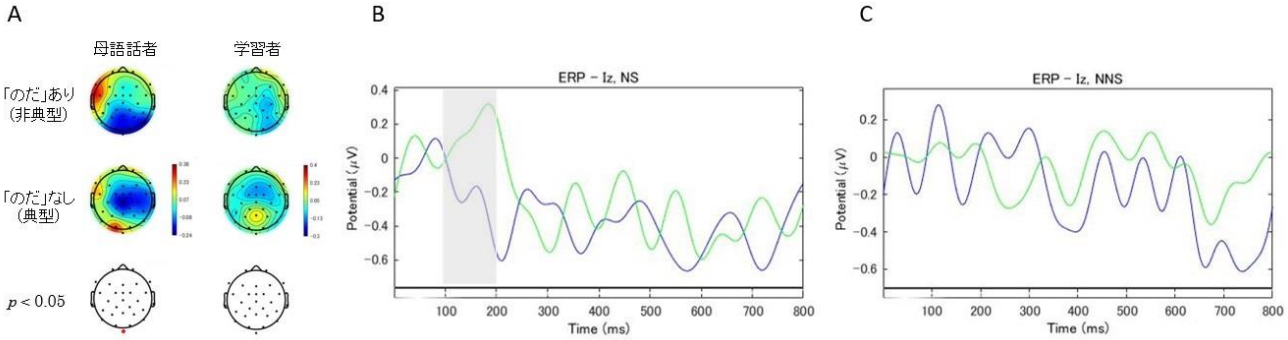


図 5　命題非既定に対する「のだ」の使用条件（非典型, 青い線）と非使用条件（典型, 緑の線）に応じた母語話者と学習者の ERP の比較：(A)　100 ~ 200ms 潜時帯の平均電圧頭皮上分布（*注*：青色の部分が陰性成分、赤色の部分が陽性成分、赤い点が条件差（$p < 0.05$, FDR 補正）のある電極を表す）。　(B) 母語話者における潜時 0 ~ 800ms での後頭部（lz）の ERP（*注*：灰色の帯がかかっている部分は、条件差（$p < 0.05$, FDR 補正）のある潜時）。　(C) 学習者における同じ潜時帯での後頭部（lz）の ERP。　NS：母語話者, NNS：学習者。

3.2　事象関連電位の結果

まず、「のだ」を使用することが典型用法と想定される命題既定条件の ERP（図 3, 図 4）では、「のだ」使用（典型）と非使用（非典型）の間で差異が認められた。また、その効果は、母語話者と学習者とでは異なる潜時帯で生じた。学習者は比較的早い潜時帯で（400 ~ 500ms）で、使用より非使用の条件において、頭頂部に陰性成分と、右後頭部に陽性成分が認められた（図 3A）。この陰性成分は、N400 効果と考えられる。それに対して、母語話者は、学習者より遅い潜時帯（500 ~ 600ms）で前頭部に陰性成分、後頭部に陽性成分が認められた（図 4A）。この陽性成分は、P600 効果と考えられる。

一方、「のだ」を使用しないことが典型用法と想定される命題非既定条件の ERP（図 5）では、母語話者のみに非使用（典型）と使用（非典型）の差異が認められた。母語話者は、100 ~ 200ms の潜時帯で、非使用に比べ使用の条件において、後頭部（lz）に有意な陰性成分が認められた。学習者では有意な効果は見られなかった。

4.　考察

本研究で、ERP によって「のだ」使用と非使用に対する理解過程を検討した結果、予測どおり、上級の日本語学習者が、使用すべき場合に使用していないことは

検知しているが、使用すべきでない場合に使用している過剰使用については、母語話者のように反応していないことが示された。

「のだ」は、話し手が当該の命題を既定のものであると主観的に判断する場合に使われる談話標識である。本研究では、その「主観的な既定命題」の有無と、「のだ」の使用の有無に応じたERPを分析した。その結果、「のだ」を使うべき、つまり命題が既定のものとして提示されている文においては、母語話者も学習者も、潜時は異なるものの、「のだ」使用文と非使用文の間に有意な差が認められた。しかし、「のだ」を使うべきではない、つまり話し手によって命題が既定とみなされていない文においては、母語話者のみに「のだ」使用文と非使用文の間の有意差が認められた。学習者にはそのような違いは見られなかった。

命題が既定となっている文において、「のだ」を使うべき時に使う場合に比べ、非典型的な使っていない場合に、母語話者において500~600ms後頭部に有意な陽性成分が惹起された。これは意味処理に関するP600効果（Nieuwland & Van Berkum, 2005; Sanford et al., 2011）だと考えられる。母語話者は、非典型用法に対して、「のだ」の欠如による再解析プロセスや文脈情報との意味照合を行うため、処理負荷が高くなっているのかもしれない。同じ条件で、学習者においては、より早く400~500msをピークとして中心部に有意な陰性成分が惹起された。これはN400効果だと考えられる。「のだ」の欠如によって、即時に文の意味情報を統合することに高い負荷がかかっていることが示唆される。学習者においては、使うべき場合の「のだ」の欠如は即時に意味処理の不適格とみなされて高い負荷を生じているのに対して、母語話者においては、「のだ」が欠如しても再解析のプロセスを経て文脈情報と意味照合しようと試みており、その処理に負荷がかかっているのではないかと考えられる。

一方、命題が既定ではなく「のだ」を使うべきではないときには、使わない場合に比べて使っている文（過剰使用時）に対して母語話者は違和感を覚えていると解釈できる。しかし、学習者においてはそのような差異は認められなかった。したがって、上級の学習者であっても、「のだ」の非使用条件の理解は難しいようであることが神経反応として確かめられた。これまでに指摘されてきた学習者による「のだ」過剰使用の傾向は、彼らが文の命題が既定であるかに応じて使用の可否が決まることに対する理解に乏しいことに起因していることを示唆する。一定期間日本に滞在している学習者は、日本語レベルが上がるにつれて、「のだ」を含んだ文を産出することが容易になり、また母語話者らしい日本語を話そうとするあまり、会話において「のだ」を使うべきではない文であっても使ってしまうのではないかと思われる。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（S）（課題番号：19H00527）、および同挑戦的研究（萌芽）（課題番号 18K18496）の助成を受けて行ったものである。

参照文献

[1] Coulson, S., King, J. W., & Kutas, M. (1998). Expect the unexpected: event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes, 13*, 21–58.
[2] 趙萍 (2008)「中国人日本語学習者における『のだ』『のか』の習得 ―「のだ」文を中心に―」『日本語教育』137, 11-20.
[3] Hayashi, Y., & Murphy, V. A. (2013). On the nature of morphological awareness in Japanese-English bilingual children: A cross-linguistic perspective. *Bilingualism: Language and Cognition, 16(1)*, 49-67.
[4] Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science, 207*, 203–205.
[5] 近藤安月子 (2002)「会話に現れる『のだ』(第9章)」上田博人(編)『日本語学と言語教育』124-140. 東京大学出版会
[6] Liu, B., Jin, Z., Li, W., Li, Y., & Wang, Z. (2009). The pragmatic meanings conveyed by function words in Chinese sentences: An ERP study. *Journal of Neurolinguistics, 22(6)*, 548–562.
[7] 野田春美 (1997) 『「の（だ）」の機能』くろしお出版
[8] Nieuwland, M.S., Van Berkum, J.J.A. (2005). Testing the limits of the semantic illusion phenomenon: ERPs reveal temporary semantic change deafness in discourse comprehension. *Cognitive Brain Research, 24 (3)*, 691–701.
[9] 大久保街亜, 鈴木玄, Nicholls Michael E. R. (2014)「日本語版 FLANDERS 利き手テスト: 信頼性と妥当性の検討」『心理学研究』85 (5), 474-481.
[10] Raven, J., Rust, J., & Squire, A. (2008). *Manual: Standard Progressive Matrices-Plus version and Mill Hill Vocabulary Scale*. London: NCS Pearson Inc.
[11] Rushton, J.P., Čvorović, J., & Bons, T. A. (2007). General mental ability in south Asians: Data from three Roma (gypsy) communities in Serbia. *Intelligence, 35 (1)*, 1-12.
[12] Sanford, A.J., Leuthold, H., Bohan, J., Sanford, A.J.S. (2011). Anomalies at the borderline of awareness: an ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 23 (3)*, 514–523.
[13] Yang, X., Chen, X., Chen, S., Xu, X., & Yang, Y. (2020). How working memory capacity modulates the time course of semantic integration at sentence and discourse level. *Neuropsychologia, 140*, 1-8.

手で操作できる物体の意味処理に対する体勢の影響 : NIRS を用いた活動計測

Effect of postures on semantic processing of hand manipulable objects : A NIRS Study

大西　紗瑛†，飛田　国人†，牧岡　省吾†
Sae Onishi, Kunihito Tobita, Shogo Makioka
†大阪府立大学　人間社会システム科学研究科
† *Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University*
saa02043@edu.osakafu-u.ac.jp

概要

身体化認知の枠組みに基づいて，意味記憶が運動と処理資源を共有するという考えが提案されてきた．本研究の目的は，手で操作可能な物体の操作的知識に対して運動シミュレーションが与える影響とそのメカニズムを明らかにすることである．本研究では単語刺激を用い，手で操作できる物体の意味処理を行う際に身体拘束がどのような干渉効果を及ぼすのかを NIRS（近赤外分光法）を用いて計測した．

キーワード： 身体化認知(embodied cognition)，意味処理(semantic processing)，操作的知識(manipulation knowledge)，運動シミュレーション(motor simulation)

1. はじめに

我々の身体運動と脳の働きは密接に関連し相互に支え合っている．身体運動に関与する部位である大脳皮質の一次運動野，運動前野は，実際に動作を行うときだけではなく，他者の行動を観察しているとき(Rizzolatti, Fadiga, Gallese & Fogassi, 1996; Grèzes, Armony, Rowe & Passingham, 2003)や，運動動作に関する表現を含む文章を読むときにも活性化する（Glenberg & Kaschak, 2002; Hauk, Johnsrude & Pulvermüller, 2004; Tettamanti et al., 2005; Zwaan & Taylor, 2006; Lee, Mirman & Buxbaum, 2014)．これらの研究の多くは運動と知覚が共通の処理基盤をもち，相互に共起的な体験であることに着目している．また，直接的な運動情報が与えられなくても，手での操作を役割として持っている物体の名前を読み上げる場合に運動前野腹側部及び頭頂間溝を中心とした左下頭頂葉小葉が活性化する（Chao & Martin, 2000）という証拠もある．これまでの脳機能研究においても下頭頂小葉が道具使用行動に関わっていることが繰り返し示されている（Reynaud, Lesourd, Navarro, & Osiurak, 2016）．Chao & Martin (2000)が明らかにした脳領域の活性化は，名前を読み上げる際に，物体の持つ「運動の可能性」としての意味に自動的にアクセスされるために起こると考えられる．

近年このような概念的な知識における身体感覚の役割が注目され，身体化認知として盛んに研究が行われている．Dutriaux & Gyselinck (2016)は概念的知識が身体の感覚や運動と深くかかわっていることを確かめるため，運動の抑制が概念処理にどのように影響を及ぼすのかを検討した．具体的には，物体の画像やその名称を表す単語を学習するとき，背中で手を組んだ状態で学習すると，手で操作できる物体の記憶が阻害されることを示した．さらに大西・牧岡（in press）は，Dutriaux & Gyselinck (2016)の体勢の条件をさらに詳細に検討することで，手の可視性や位置ではなく，拘束による運動抑制のみが手で操作できる物体の記憶を阻害することを明らかにした．これらの研究で手の拘束によって記憶が抑制されたのは，運動を妨げる体勢が単語のもつ運動可能性の自動的な活性化を阻害したためではないかと推測される．学習段階での手の拘束が記憶成績に影響を及ぼすことから，単語を符号化する際に活性化される操作的知識に対して，手を拘束されているという事実の認識が影響を及ぼした可能性がある（大西・牧岡，in press）．

では，このとき我々の脳の運動関連領野の活動はどのような影響を受けているのか．これまでの研究で体勢が運動野の活動を調節するという知見は既に得られている．Vargas et al. (2004)は，手での特定の運動をイメージさせるときの皮質脊髄路の活動が，手の姿勢によって変化することを示した．この研究は手の姿勢と運動イメージの適合性の程度が，手の動きの心的シミュレーションに干渉することを示している．しかしながら，手の動きを拘束することが，物体に関する意味処理を行う時に活性化する脳の運動関連領域にどのような影響を及ぼすのかは未だ明らかではない．

1.1. 本研究の目的

本研究では，手での操作を役割としてもつ物体の意味処理を行うときの運動関連領野の活動が，手の拘束によって受ける影響を明らかにすることを目的とした．具体的には手で操作できる物体の意味処理を行わせるときの頭頂間溝を中心とした左下頭頂小葉の活動が，手の拘束によってどのような影響を受けるのかを調べた．もし運動の制限が手での操作を役割としてもつ物体の意味処理を行うときの運動関連領野の活動に干渉するのであれば，手を拘束した場合に，手で操作できる物体の大きさ判断を行っているときの頭頂間溝を中心とした左下頭頂小葉での血流動態の増加量が低下すると予想される．さらに手で操作できない物体の大きさ判断を行うときの脳活動には，手の拘束による影響は生じないと考えられる．

2. 方法

2.1. 実験参加者

日本語を母語とする大阪府立大学の学生・大学院生24名（男性11名,女性13名, 平均年齢21.5歳, SD=3.027）であり，11名ずつランダムに２つの条件に割り当てられた．実験参加者はNIRS(近赤外分光分析法)のホルダを装着したまま PC を用いた課題を行う実験に参加すると説明を受け，口頭反応を記録するため録音を行うことについて書面にて同意を示したのちに実験に参加した．本実験は大阪府立大学人間社会システム科学研究科研究研究倫理委員会の承認を得て行われた．

2.2. 実験計画

体勢(参加者間要因:無拘束条件,拘束条件)×操作可能性(参加者内要因:操作可能,不可能)の 2 要因混合計画であった．

2.3. 刺激

刺激として36個の手で操作できる物体の名前 (カップ,鉛筆等)と，36 個の手で操作できない物体の名前(タイヤ,階段等)を用いた．手で持って操作できることを手で操作できる物体の定義とした.天野・近藤 (2000),佐久間 他(2005)に基づいて,それぞれの名称の語彙使用頻度,心象性,文字数が,条件間でできるだけ等しくなるように刺激を選定した.各変数の平均値を表 1 に示す.t検定の結果,条件間に有意差はみられなかった(使用頻度: t (70)=0.592, p=.556; 文字数: t(70)=1.27, p=.210; 心象性: t (70)=1.12, p=.267).

2.4. 装置

刺激の呈示には液晶ディスプレイ (ASUS: VG248), 実験の制御には Linux PC (ubuntu 18.04) 上の MATLAB (R2018a)と PsychtoolBox-3 toolkit (Brainard, 1997; Pelli, 1997)を用いた．脳の血流状態を簡易的にかつ身体拘束の条件で計測するための装置として，近赤外脳機能イメージング装置NIRS（LABNIRS, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan）を用いて，脱酸素化ヘモグロビン（以下oxy-Hb）と脱酸素化ヘモグロビン（以下deoxy-Hb）の変化を計測した．計測には830nm, 805nm, 780nmの 3 波長が用いられた．測定プローブは国際 10-20 法基準点を利用して配置した（図 1）．送受光のプローブは各 8 用い，4×4 (計 24 チャンネル)で設計し左下頭頂小葉を覆うように計測した．

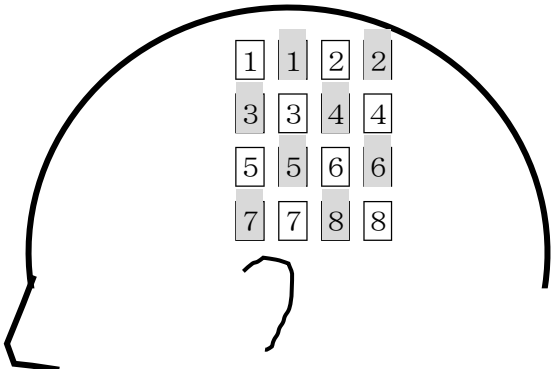


図 1　プローブの配置（4×4(計 24 チャンネル)）照射用ファイバ（白）と検出用ファイバ（黒）を交互に 3 ㎝ 間隔で正方格子状に並べた.

2.5. 手続き

実験は個別に行われた.参加者は実験の説明を受けたあと，同意書への記入を行った．その後，参加者は課題に関する教示を受け，問題がなければ指定された体勢をとるよう指示され，練習試行を行った．練習試行終了後，9 ブロックで構成される本試行を行った．参加者は手を机に置く条件(無拘束条件)，机の上に置いた手を透明のボードで押さえられた条件(拘束条件)にランダム分けられた．拘束条件では，ボードの高さは参加者が強く引けば手が抜ける程度に実験者によって調節され，ボードは 4 隅をネジで止めて固定された(図 2).

参加者は，NIRS の計測用ホルダを頭部に装着した状態で実験を行った．ホルダの装着は実験者が行い，その際には参加者が圧迫感を感じないように留意した．

実験は偶発的記憶課題を用いて行われ，形態処理を行わせるコントロールフェーズと意味処理を行わせるターゲットフェーズで構成された．コントロールフェーズでは，参加者は，ディスプレイに呈示される非単語刺激が「ひらがな」,「カタカナ」のどちらで書かれたも

表 1 単語の使用頻度，心象性，文字数の平均値

	手で操作できる物体		手で操作できない物体	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
使用頻度	8,146	25,512	6,896	15,250
文字数	2.972	1.040	2.640	1.158
心象性	5.992	0.510	5.860	0.475

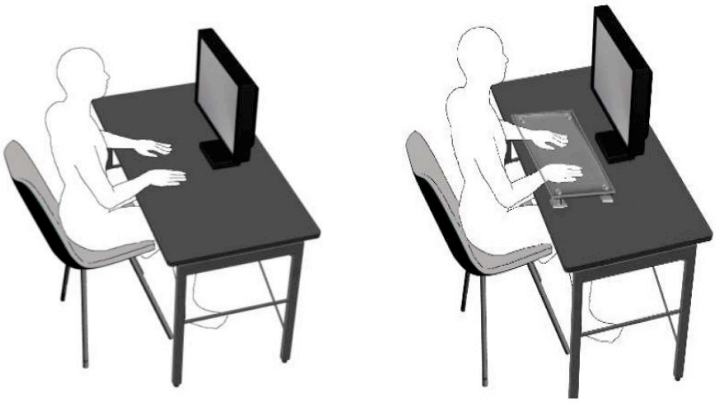


図 2 体勢の操作. 左が無拘束条件，右が拘束条件.
拘束条件は透明のボードで手を押さえることで手が拘束されている状態にした.

のかを判断し，口頭で答えた．ターゲットフェーズでは，ディスプレイに手で操作できる 2 つの物体，もしくは, 手で操作できない2つの物体の名前が呈示され，参加者は実際の大きさはどちらの方が大きいかを判断し，口頭で答えた.

参加者の反応の有無にかかわらず，刺激は 3000ms ずつ, 500ms の間隔で呈示される. マイクが口頭反応を取得すると，文字の周りに赤色の四角形の枠が呈示された．ターゲットフェーズでは，ディスプレイに 2 つの物体の名前が呈示され，物体の実際の大きさはどちらの方が大きいかを判断し, 口頭で答えた. ものの大きさは一様ではないため，参加者のイメージした物体の大きさで判断するように教示した．刺激呈示の流れはコントロールフェーズと同様だった（図 3）．実験は 9 ブロックで構成された. 1 ブロックは，コントロールフェーズ, 手で操作できる物体のターゲットフェーズ, 手で操作できない物体のターゲットフェーズで構成されていた．コントロールフェーズはターゲットフェーズの前後に実施する必要があるため，実験の最初と最後もコントロールフェーズとした. 1 ブロックのコントロールフェーズでは 8 個ずつ，ターゲットフェーズでは 16 個(1 度に 2 つ)ずつ刺激が呈示され, 30 秒間で終わるよう統制されていた.

コントロールフェーズで呈示される非単語は重複がなく，実験全体で 8 個×20 回(フェーズの試行回数)=160 個(ひらがな，カタカナ各 80 個)を使用した．ターゲットフェーズでは手で操作できる物体と手で操作できない物体を表す各 36 個の単語が，実験全体で合計 4 回ずつ呈示された．4 ブロック目と 5 ブロック目の間に参加者は 2 分間の休憩をとった. NIRS の装置を付けたままとなるが，体勢は自由に動かしてもよいと教示された．ブロックの構成を図 4 に示した.

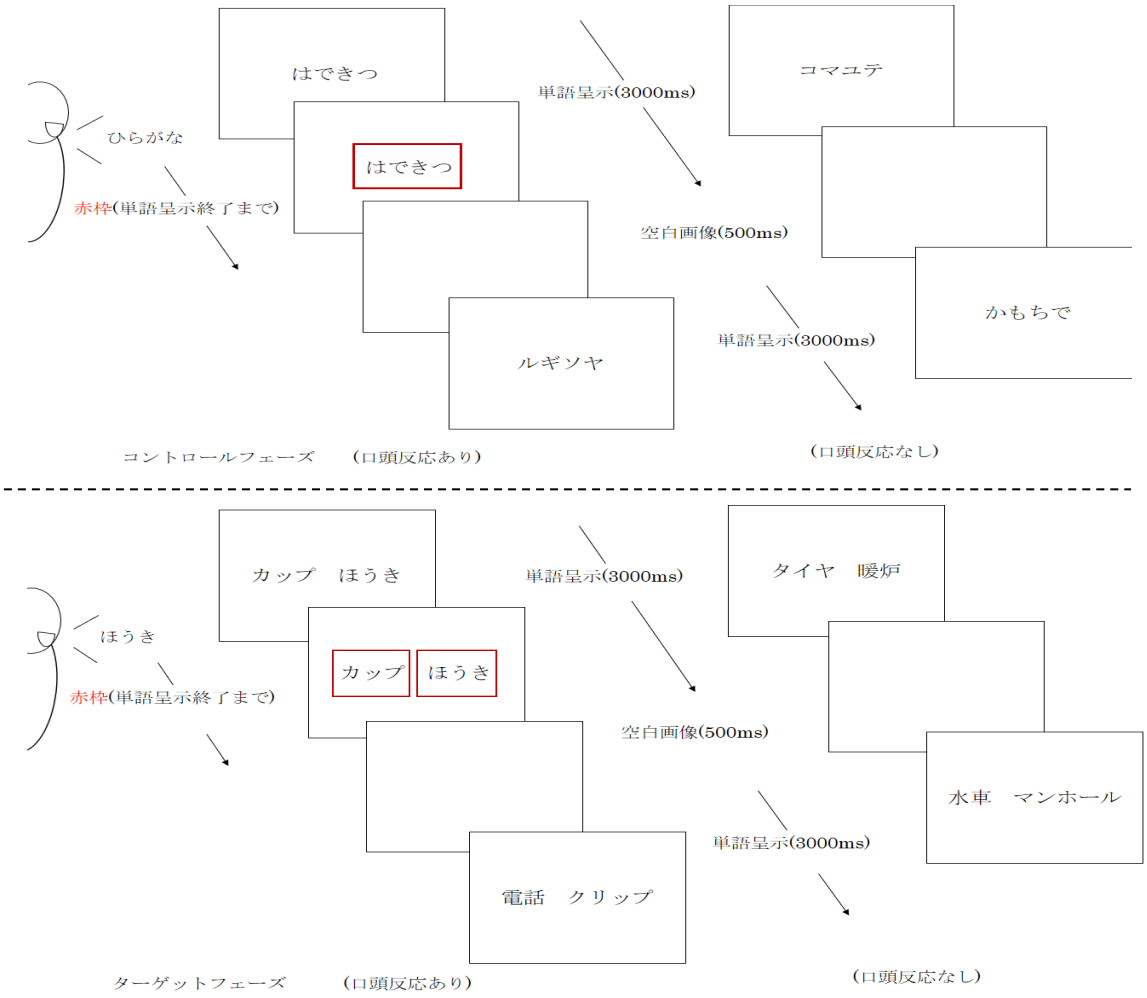


図 3 試行の流れ：上がコントロールフェーズ，下がターゲットフェーズ

4blok
1blok
5blok

30秒	30秒	30秒	30秒	・・・	30秒	30秒	30秒	120秒	30秒	30秒	30秒	・・・	30秒	30秒
コントロール	ターゲット①	コントロール	ターゲット②	・・・	コントロール	ターゲット②	コントロール	休憩	コントロール	ターゲット①	コントロール	・・・	ターゲット②	コントロール

図 4 実験ブロックの構成
ターゲット①は手で操作できるものの単語を，ターゲット②では手で操作できないものの単語を呈示し，各ブロックにおけるターゲットの呈示条件はカウンターバランスをとった．

2.6. fNIRS の分析

fNIRS の生データにはさまざまなアーティファクトが含まれ，個人ごとの脳の形状も異なるため，そのままの形で分析することはできない．データの分析に先立って，これらの問題を前処理によって補正し，ある時点でインパルス的に脳活動が生じた時の周囲組織の血流信号の時間的変化を模擬した HRF（Hemodynamic Response Function:血流動態反応関数）を出力した．発話にともなう側頭筋の活動 は，筋肉活動による血流変化のみならず，プローブの物理的移動にともなうアーティファクトを生成してしまうが，このアーティファクトによるシグナル変化は，血流動態とはまったくことなる時間的構造を持っているため，発話によるアーティファクトを取り除くのに有効と考えられる（檀・佐

野・檀& 渡辺,2012）．分析の前処理は，NFRI と，MATLAB の NIRS データ処理パッケージ関数である Homer2 を使用して行なった．NFRI は MRI を使用せずに，実際の座標で取得された個々の被験者の NIRS プローブ位置を標準脳座標系（MNI 空間）に確率的に登録するためのツールであり，各参加者の頭頂間溝の位置を特定する目的で使用した．10-20 基準点を介して，取得したプローブの位置・チャンネル位置について推定誤差（標準偏差）を含む MNI 座標（x，y，z）のセットを計算した．推定精度は領域によって異なるが概ね 1cm 以内とされている（Okamoto, Dan, Sakamoto, Takeo, Shimizu, Kohno,…,& Dan, 2004）．NFRI を用いて出力した各参加者の MNI 座標の中から，Chao& Martin (2000); Bugden, Price, McLean, & Ansari (2012); Choi, Zilles, Mohlberg, Schleicher, Fink, Armstrong & Amunts (2006); Shikata, McNamara, Sprenger, Hamzei, Glauche, Büchel & Binkofski (2008)で得られた頭頂間溝における MNI 座標を参考に，頭頂間溝と推定されるチャンネルを選出した．手で操作できる物体の名前を読み上げる時の左下頭頂小葉を含む頭頂間溝の活性化を fMRI を用いて取得した Chao & Martin (2000) における頭頂間溝の Talairach 座標を MNI 座標へと変換し，本実験の参加者の MNI 座標とのユークリッド距離を算出した．各参加者において NFRI を用いて推定された頭頂間溝のチャンネルの中から，Chao&Martin (2000)の頭頂間溝の MNI とのユークリッド距離が最も小さくなるものを，各参加者の頭頂間溝の MNI 座標とした．MNI 座標に変更した際に頭頂間溝と推定されるチャンネルが存在しない参加者２名は分析から除外した．頭頂間溝の MNI 座標を取得できた 22 名（各体勢条件 11 名ずつ）を分析の対象として，HOMER2 で HRF（血流動態反応関数）を算出した．モーションアーティファクトは，Homer2 に備わっているウェーブレット関数のモーション補正技術を適用することで補正した．残留運動の影響は，Dirosa (2019)を参考に，振幅の変化の域値（AMPthresh＝1），標準偏差の域値（STDEV thresh＝20）を決め，設定時間（tMotion＝0.5s）を超える信号をモーションアーティファクトとして識別した．不要な周波数成分を取り除くために，バンドパスフィルター（highpasss:0.01Hz および lowpass:3 Hz）を設定し，平滑化を行なった．図 5 には，体勢条件別の各 1 名の参加者から得られた平滑化済みの HRF を示した．

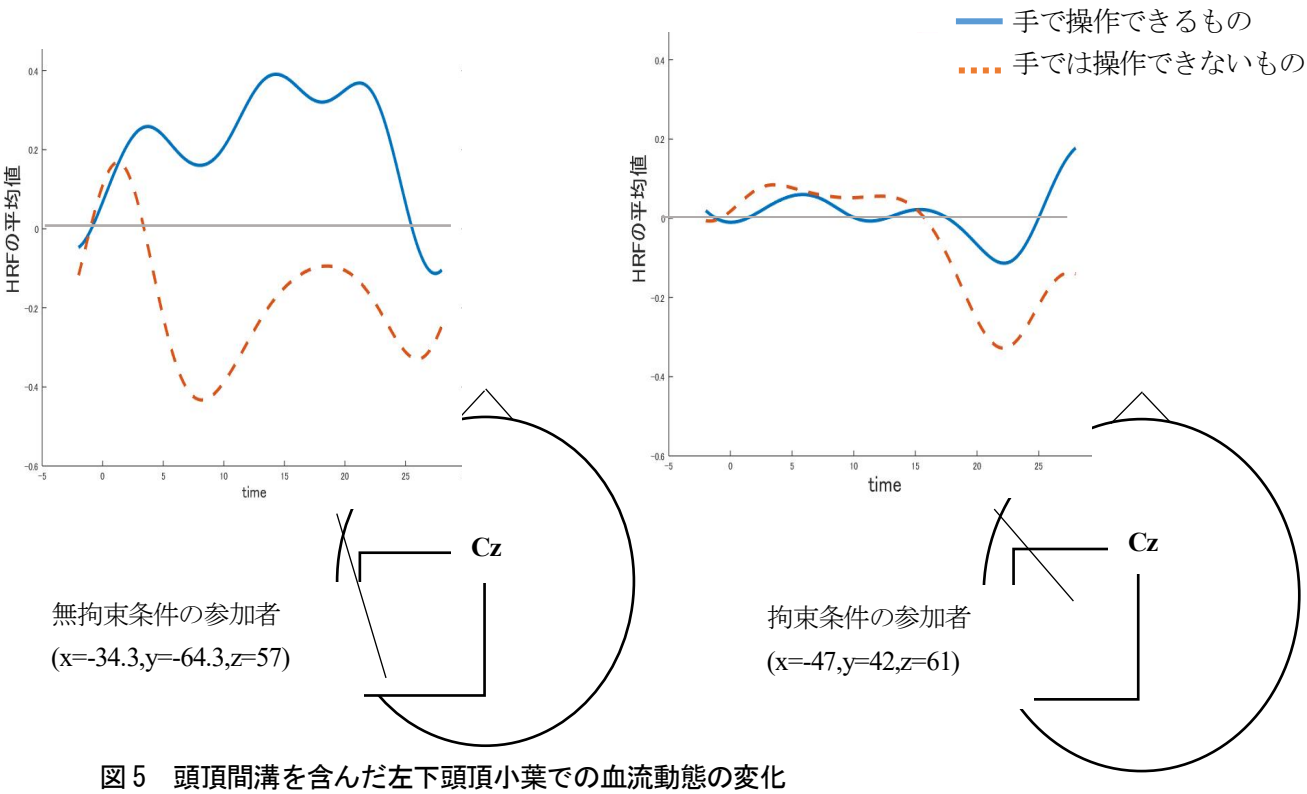


図５　頭頂間溝を含んだ左下頭頂小葉での血流動態の変化
（左が無拘束条件の参加者，右が拘束条件の参加者）

3. 結果

図 5 に示された各条件 1 名ずつの参加者では，体勢の条件によって，刺激が呈示されたときの頭頂間溝の血流動態の推移に違いがあるように見える．手で操作できるものを呈示した時，無拘束条件の参加者の方が拘束条件の参加者と比較して活性化が大きい．

出力した各参加者の呈示刺激別の HRF の平均値を図 6 に示す．体勢（無拘束条件，拘束条件）×操作可能性（手で操作できる物体の単語，手で操作できない物体の単語）の２要因混合計画の分散分析を行ったところ，体勢の主効果（$F(1,22)=0.037, p=.8503, \eta^2_g=0.001$），操作可能性の主効果（$F(1,22)=2.9104, p=.102, \eta^2_g=0.051$）および体勢と操作可能性の交互作用（$F(1,22)=2.898, p=.103, \eta^2_g=0.051$）は有意ではなかった．操作可能性の主効果および体勢と操作可能性の交互作用では p 値が比較的小さく，また現時点ではサンプルサイズが十分ではないため，効果が存在しないと結論づけることもできない。一方，体勢と操作可能性の交互作用の効果量 η^2_g と操作可能性の効果量 η^2_g は共に 0.051 であり，中程度に近い効果の大きさを示していた．体勢の主効果の効果量 η^2_g は 0.001 であった．

次に下位検定として単純主効果の検定を行った．分析の結果，無拘束条件において，呈示刺激の効果は 5% 水準に達していないものの（$t(11)=2.1997, p=.05011$），効果量 Hedges’g は 0.969 であり，大きな効果(Cohen,1992)を示していた．一方拘束条件においては，呈示刺激によって HRF の平均値に有意な差がなく（$t(11)=0.003$, p=.998），効果量 Hedges’g も 0.001 で効果が見られなかった．これらの結果は，手の拘束が無い場合は，手で操作できる物体の意味処理において頭頂間溝が活性化し，手が拘束されると抑制されるという予想と整合する．

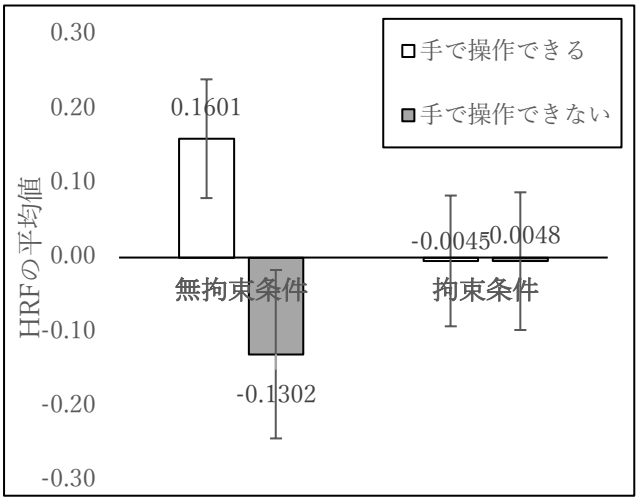


図 6 条件別の HRF の平均値

4. 考察

本研究では，手で操作できる物体の意味処理を行わせるときの頭頂間溝を中心とした左下頭頂小葉の活動が，運動の制限によってどのような影響を受けるかを検討した．現状ではサンプルサイズが小さく，明確な結論を得ることができないが，手で操作できる物体に関する意味処理による頭頂間溝付近の活動が，手の拘束の影響を受けるという予想と整合する結果が得られた．Dutriaux & Gyselinck (2016)および大西・牧岡（in press）では手の拘束が手で操作できる物体の記憶成績を低下させることが確かめられたが，本研究の結果は，その原因が手の拘束によって頭頂間溝付近の脳活動が低下することに由来するという仮説と整合している．今後はサンプル数を増やすと共に分析対象とするチャンネルを増やし，より厳密な検証を行う予定である．

参考文献

Bugden, S., Price, G. R., McLean, D. A., & Ansari, D. (2012). The role of the left intraparietal sulcus in the relationship between symbolic number processing and children's arithmetic competence. *Developmental cognitive neuroscience, 2*(4), 448-457.

Chao, L. L., & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objects in the dorsal stream. *Neuroimage*, *12*, 478-484. doi: 10.1006/nimg.2000.0635

Choi, H. J., Zilles, K., Mohlberg, H., Schleicher, A., Fink, G. R., Armstrong, E., & Amunts, K. (2006). Cytoarchitectonic identification and probabilistic mapping of two distinct areas within the anterior ventral bank of the human intraparietal sulcus. *Journal of Comparative Neurology, 495*(1), 53-69.

Cohen, J. (1992). A power primer. Psychological bulletin, 112(1), 155.

檀一平太, 佐野俊文, 檀はるか, & 渡辺英寿. (2012). NIRS 脳機能計測におけるノイズとの戦い: 嚥下研究応用への示唆. *臨床神経学*, *52*(11), 1188-1190.

Dutriaux, L., & Gyselinck, V. (2016). Learning is better with the hands free: The role of posture in the memory of manipulable objects. *PloS one*, *11*, e0159108. doi: 10.1371/journal.pone.0159108

Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic bulletin & review*, *9*, 558-565. doi: 10.3758/BF03196313

Grèzes, J., Armony, J. L., Rowe, J., & Passingham, R. E. (2003).

Activations related to“mirror” and “canonical” neurones in the human brain: an fMRI study. *Neuroimage*, *18*, 928-937. doi: 10.1016/S1053-8119(03)00042-9

Hauk, O., Johnsrude, I., & Pulvermüller, F. (2004). Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron*, *41*, 301-307. doi: 10.1016/S0896-6273(03)00838-9

Lee, C. I., Mirman, D., & Buxbaum, L. J. (2014). Abnormal dynamics of activation of object use information in apraxia: Evidence from eyetracking. *Neuropsychologia*,59, 13–26. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2014.04.004

大西 紗瑛・牧岡 省吾（in press）. 手で操作できる物体の記憶に対する手の拘束の干渉効果：手の位置と可視性に関する検討　認知科学

Okamoto, M., Dan, H., Sakamoto, K., Takeo, K., Shimizu, K., Kohno, S., ... & Dan, I. (2004). Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international 10–20 system oriented for transcranial functional brain mapping. *Neuroimage*, *21*(1), 99-111.

Reynaud, E., Lesourd, M., Navarro, J., & Osiurak, F. (2016). On the neurocognitive origins of human tool use: A critical review of neuroimaging data. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *64*, 421-437. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.03.009

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive brain research*, *3*, 131-141. doi: 10.1016/0926-6410(95)00038-0

Shikata, E., McNamara, A., Sprenger, A., Hamzei, F., Glauche, V., Büchel, C., & Binkofski, F. (2008). Localization of human intraparietal areas AIP, CIP, and LIP using surface orientation and saccadic eye movement tasks. *Human brain mapping, 29*(4), 411-421.

Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M. C., Gallese, V., Danna, M., Scifo, P., ...Perani, D. (2005). Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *Journal of cognitive neuroscience*, *17*, 273-281. doi: 10.1162/0898929053124965

Vargas, C. D., Olivier, E., Craighero, L., Fadiga, L., Duhamel, J. R., & Sirigu, A. (2004). The influence of hand posture on corticospinal excitability during motor imagery: a transcranial magnetic stimulation study. *Cerebral cortex*, *14*, 1200-1206. doi: 10.1093/cercor/bhh080

Zwaan, R. A., & Taylor, L. J. (2006). Seeing, acting, understanding: Motor resonance in language comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General*, *135*, 1. doi: 10.1037/0096-3445.135.1.1

VR体感時の言語教示がユーザの行動に及ぼす影響
The effect of language instruction on human behavior in using VR

笹木海志†，来田宣幸†，深田智†，西崎友規子†
Kaishi Sasaki, Noriyuki Kida, Chie Fukada, Yukiko Nishizaki
†京都工芸繊維大学
Kyoto Institute of Technology
ssk92.cog@gmail.com

概要
本研究では，仮想現実における「視点の変換」によって人間の思考や行動が変化する可能性があることに着目した．実験参加者には，「仮想現実内で視点が高くなる」体験をさせ，その際，言語教示として「巨大化」と「浮遊」の二通りの捉え方を与えた．その結果，この2つの言語教示によって行動が異なる可能性があることが示唆された．またこの言語教示の違いによる行動の変化には，実験参加者の想像力の影響があることも分かった．
キーワード：VR，言語，運動，視点変換

1. はじめに

仮想現実による非現実的な体験は，人の感情や行動に影響を及ぼすことが知られている．例えば，仮想現実内で魅力的な容姿や背が高いアバターを操作すると，その直後の実空間内においても，他者とのコミュニケーションが積極的になるなどの態度変容が生じる[1]．また，Banakouらにより，大人が背の低い子供の姿や子供のような声の高さのアバターを仮想現実内で操作すると，大きさの知覚が変化し，物を実際より大きく感じたり[2]，発声時は子供のような高いトーンとなる傾向[3]が報告されている．さらに，仮想現実内でアインシュタインを模した高齢者のアバターを操作すると，高齢者への無意識の偏見が減ることも確認されている[4]．このように，アバターを介した現実とは異なる容姿や体格，身体状態への変換によって，実世界での人の行動や認識の一部は変化する．

また，アバターを用いて他者視点で仮想現実空間に没入させるのではなく，参加者の視点を利用し，非現実的な身体状態の空間へ没入させる試みが行われている．西崎らは，実験参加者の体格とは異なる視点から撮影された現実世界の映像をＨＭＤで見せ，仮想現実内で実験参加者の視点を通常とは異なる高さに移動させた時，人の感情がどのように変化するか検討している[5]．その結果，高い視点を得るとポジティブな感情に，低い視点を得るとネガティブな感情になりやすいことを明らかにした．しかし，先述のアバターを用いた研究[1]-[4]と異なり，この研究では，風景映像のみを見せる手法であったため，映像の中で自分がどのような状態であるかの捉え方には個人差が生じる可能性がある．つまり，物事をイメージすることや，自分自身や周りの状態を把握して場面に適した行動をとる能力に長けている，すなわち想像力の高い参加者では映像の捉え方に差が生じることが考えられる。加えてこの種の映像の捉え方の個人差が，行動変化に差を生み出す要因になり得るかもしれない。

そこで本研究では，仮想現実空間に提示された映像の捉え方を実験者が意図する方向に統制することができれば，一様に行動変化を生じさせることができるかもしれないと考えた．西崎らの研究 [5]を進展させ，北尾らの研究[6]を参考に，VRを使った高視点風景映像の提示に加えて，映像の捉え方を左右する可能性のある言語教示を加えて実験を行った。視点が通常よりも高い状態になると，自分の体全体が巨大化したように感じる，あるいは，高い乗り物に乗るなどして体が宙に浮いているように感じるのではないかと想像できる。仮に自分の体が巨大化したと認識した場合は，翁長らの研究で身長と歩幅に相関があると示されている[7]ように，平常時よりも大きな，認識している身長に合わせた動作を行う可能性がある．また，巨大化に伴う腕の肥大化等により力強くなるイメージを持ち，無意識的により強い力を発揮する可能性がある．

本研究の仮説として以下の3点を挙げる．

① 視点が高い状態になることを，体が巨大化したということであると認識できれば，動作全体が大きくなり，また発揮できる力も強くなる．
② VR再生中に仮想現実映像に合わせた動作をとらせることで，取らせない場合よりも没入感が増し，体が巨大化したという認識を持ちやすくなる．またそれに伴い，動作が大きくなることや，力が強くなることが確認できる，あるいはこれらの点に関してより大きな効果が得られる．

③ 言語教示の影響は想像力の個人差と関連し，想像力の高い人ほど体が巨大化したと認識した際の動きが大きくなる．

2. 実験方法

2.1 実験参加者

実験参加者は，大学生及び大学院生40名（男性34名，女性6名，19～23歳，M=21.2，SD =1.16）であった．実験は京都工芸繊維大学倫理委員会の承認を得て行った．

仮説③の検討のため，実験開始前に，自閉症スペクトラム指数の日本語版[8]における想像力に関わる領域の質問紙を課し，想像力の個人差を測定した．また，高所を特に苦手とする人は，視点の変換による認識の変化や行動の変化が起こる以前に，高所に対する恐怖心が勝ってしまう可能性があるため，本実験の参加者として適さないと考える．そのため，「高いところが苦手だ」という質問に事前に5段階評価で回答させ，高所に対し特に高い恐怖心を抱く回答者は本実験の参加者から除外した．

2.2 実験計画

仮想現実を用いて視点が高く変換された映像を見せられた際に，「自分の体が巨大化して視点が高くなった」と認識させる群（巨大化教示群）と「自分の体の大きさはそのままだが体全体が浮遊した」と認識させる群（浮遊教示群）の2群を設定し，1要因2水準の実験参加者間計画とした．各群の実験参加者の想像力の分布が等しくなるように，2群に分類した．

実験は，通常の視点から高い視点に上昇していく際に見える映像を体験する条件（視点上昇条件）に加えて，上昇後の高い視点で歩行している際に見える映像を，その場で足踏みを行いながら体験する条件（歩行動作条件）の2条件での測定を行った．視点上昇条件で仮説①を，歩行動作条件で仮説②を検討する．

2.3 実験映像

実験参加者は，HMD（Oculus Rift，Oculus社）を装着し，再生映像の中に没入することが求められた．

映像は，実験参加者が所属する大学構内で撮影されたそれぞれ約40秒のものを使用した。視点上昇条件における通常の視点に関しては，身長1.75mの人間の視点の高さ（1.63m）（図1）から始まるものと，身長1.60mの人間の視点の高さ（1.48m）から始まるものの2種類を用意し，参加者の身長により近いものを用いた．視点上昇後の高さはどちらも3.00m（図2）であった．また，どちらの映像に関しても，他の歩行者との衝突の恐怖感を生じさせないようにするため，他者が映らないように撮影した．さらに，視点の高さが参加者に認識されやすいように，階段や木，扉など相対的に高さを感じやすい物体を映像に取り入れた．またどちらの映像も参加者にとって見慣れた風景であることは実験の際に確認されている．

図1 視点上昇映像の上昇前（1.63m）

図2 視点上昇映像の上昇後（3.00m）

2.4 言語教示内容

表1は，2つの教示群に対する言語教示である．いずれの教示においても，「“巨人のように”大きくなる」といった具体例を示して比喩する方法は，その例に対する知識量や印象の影響を受けることが想定されたため，あえて排除した。言語教示は，それぞれの映像を再生する直前に，実験者が口頭で行った．

表1　言語教示内容

映像	教示	内容
視点上昇	巨大化	「これから，あなたの体がだんだん3mの大きさまで大きくなります」
	浮遊	「これから，あなたの体は3mの高さまでだんだん上がって行きます」
歩行動作	巨大化	「体が大きくなった状態のまま真っすぐ散歩してもらいます」
	浮遊	「体が今の高さに上がった状態のまま真っすぐ散歩してもらいます」

2.5　主観評価

実験終了後に，映像の捉え方について質問（表2）を課し，5件法で回答を求めた．仮想現実の捉え方に関する設問内容は，予備調査によって精査した。

実験参加者には。視点上昇条件の後，歩行動作条件の後それぞれについて，同じ内容の質問紙を繰り返し回答させた.

表2 実験終了後の質問内容

それぞれについて，①（全く当てはまらない） ～ ⑤（とても当てはまる）の中から最も適したものを直感的に選んでください.
仮想現実をどのように感じましたか．それぞれについて①から⑤で答えてください。
身長が高くなった
体全体が大きくなった
体が浮いているように感じた
高い位置に浮く床に乗っている気になった
カメラからの映像を見ただけに感じた

2.6　行動評価

体が大きくなったことによる行動変化を検証するために歩幅，体が大きくなることに伴って力が増すことを検証するために握力を計測した．視界がHMDで覆われた状態であっても，安全に測定可能である点をも考慮して，歩幅と握力を採用した。

歩幅は，足を揃えて立った状態の爪先位置を測定し，そこから，自然に出る方の足を1歩前に踏み出した際の爪先位置との距離とした。移動前と移動後のつま先位置の床面にそれぞれ印をつけ，その間の距離をメジャーを用いて測定した.

握力は，握力計を用いて測定した．実験参加者には，発揮できる最大の力の半分の力を出すよう指示し，その値を握力値とした．半分の力としたのは，関らの考察[9]を基にしている．筋力を発揮する際，「半分の力で」と教示されると，まず主観的に出力レベルを設定してから，それに基づいて発揮するというものだ．この考察から，「半分の力」には，言語教示によって得られた映像の捉え方による，主観的な自分の体の状態への認知が強く影響すると考えられる．どちらの腕で行うかは参加者の自由としたが，各測定は最初に測定した際と同じ側の腕のみで行った.

歩幅と握力のどちらも個人差があることを考慮して，いずれも視点変換の前と後で測定し，その差分を指標として用いた．また，本実験前に丁寧に説明を行い，十分に練習を行なった。

2.7　実験手続き

最初に，歩幅と握力の測定方法を説明し，十分に練習を行った． 練習の後，普段の視点程度の高さの映像を再生した．映像は視点上昇映像を上昇前で一時停止させたものを用いた．映像の詳細は前述したとおりである．参加者には思い通りに周りを見渡してもよいが，その場からは動かないよう教示した．30秒間その映像を見せた状態で，仮想現実内での標準視点での指標として歩幅と握力の測定を行った.

次に，各群に言語教示を行い，視点上昇映像を見せた．教示の詳細は2.3節に記した通りである．映像の終了後，視点上昇後の指標として歩幅と握力の測定を行った.

歩幅と握力の測定後，視点を下げることなく，歩行動作映像を再生した．歩行動作の前には再び参加者に各群に合わせて状況の再教示を行った．用意した映像が終了するまでその場で足踏みを行わせた後，歩行動作後の指標として歩幅と握力の測定を行った.

以上の手続き終了後，タブレット端末を用いて実験についての質問紙に回答させた．質問内容については2.5節に記した通りである．質問紙への回答が終了した後にはそれを基にインタビューを行い，実験を終了した.

3. 結果と考察

3.1 主観評価

視点上昇直後（視点上昇条件）及び歩行動作後（歩行動作条件）の実験参加者の回答の平均値と標準偏差の結果を表3，表4に示す.

視点上昇条件において，「身長が高くなった」と感じた度合いは，巨大化教示群で3.85（*SD* 1.09），浮遊教示群では2.75（*SD* 0.91）であった。*t*検定の結果，巨大化教示群が浮遊教示群よりも，有意に身長が高くなったと感じたことがわかった（*t*（36）=2.81，*p*<.01）

また，歩行動作条件においても「身長が高くなった」と感じたのは，巨大化教示群で4.10（*SD* 1.37），浮遊教示群では3.10（*SD* 1.33） であり，*t*検定の結果，巨大化教示群が浮遊教示群よりも，有意に身長が高くなったと感じたことがわかった（*t*（34）=2.77，*p* <.01）.

さらに，歩行動作条件においては「体が浮いている」と感じたのは，巨大化教示群で2.60（*SD*1.41），浮遊教示群では3.55（*SD*1.36）であり，*t*検定の結果，浮遊教示群が巨大化教示群よりも，有意に体が浮いたと感じたことが分かった（*t*（38）=-2.12，p<.05）.

この結果から，2つの条件において，同じ映像を見ても，言語教示の内容で映像の捉え方を実験者の意図どおりに制御することができたと考えられる．すなわち，アバターのように人物像を用いなくとも，実験参加者が没入できる映像であれば，言語教示によって映像の捉え方を統制することができたと考えられる

表3 視点上昇映像の捉え方

	巨大化教示群(*n* =20)		浮遊教示群(*n* =20)		*t* 値	
	M	*SD*	*M*	*SD*		
身長が高くなった	3.85	1.09	2.75	0.91	2.81	**
体全体が大きくなった	2.55	1.32	2.05	1.31	1.30	
体が浮いている	3.30	1.63	4.00	1.47	-1.45	
高い位置の床に乗った	2.90	1.48	3.10	1.38	-0.42	
カメラからの映像を見た	2.25	0.91	2.20	0.97	0.16	

**p < .01, *p < .05

表4 歩行動作映像の捉え方

	巨大化教示群(n=20)		浮遊教示群(n=20)		*t* 値	
	M	*SD*	*M*	*SD*		
身長が高くなった	4.10	1.37	3.10	1.33	2.77	**
体全体が大きくなった	2.65	1.10	2.05	1.19	1.52	
体が浮いている	2.60	1.41	3.55	1.36	-2.12	*
高い位置の床に乗った	2.70	1.52	2.80	1.54	-0.22	
カメラからの映像を見た	2.10	1.06	2.00	1.03	0.31	

**p < .01, *p < .05

3.2 行動評価

視点上昇直後における実験参加者の歩幅の変化量は，巨大化教示群では6.54cm（*SD* 6.58），浮遊教示群では1.22cm（*SD*2.85）であった。2群間の平均値の差を比較したところ，前者の歩幅が，後者の歩幅より，有意に大きくなる傾向（*t*（37）=1.89，*p* <.10） が認められた（図3）．しかし，握力の変化量は，この2群間で有意な差異は認められなかった。また，歩行動作後においては，歩幅，握力ともに2群間で有意な差は見られなかった.

歩行動作後の歩幅に2群間で差が見られなかったのは，歩行動作を繰り返すことにより平常時の歩幅の感覚が取り戻されたためであると考えられる．また握力に差が見られなかったのは，表3，表4からわかるように，視点が高くなるという視点変換が，「体が大きくなる」ことでなく，「背が高くなる」こととして捉えられたため，すなわち，力が増大するイメージに繋がらなかったため，と考えられる． 以上より，行動評価において仮説②は立証することができなかった.

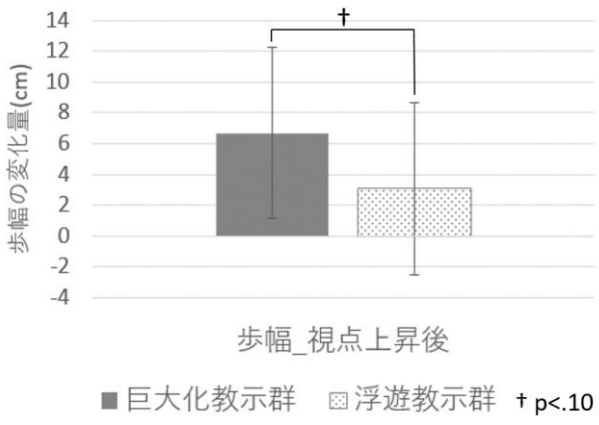


図3 教示による歩幅の差

しかし，仮想現実によって通常とは異なる視点映像に没入させたときに言語教示の内容によって，身体動作の変化量が有意に異なる傾向がみられた結果から，VR体感中の身体動作の誘導に，言語教示による映像の捉え方の補助が有効な手段となる可能性が考えられる．したがって，より強い捉え方を与えられる映像や言語教示が存在すれば，仮説①が立証できる可能性があると考える．

さらに，本実験では，事前に測定した実験参加者の想像力の度合いをもとに，それが身体動作の変化量に影響を及ぼすかどうかも調査した．実験参加者の想像力を，参加者の中央値を基準に高群（各教示群 13 名ずつ）と低群（各教示群 7 名ずつ）に分類し，測定結果をまとめた結果を表 5 に示す．歩行動作後の歩幅の変化量について，想像力２群（高群，低群），及び教示２条件（巨大化，浮遊）で 2 要因 2 水準分散分析を行ったところ，有意な交互作用が認められた（F（1,36）=9.09, p=<.005）．そこで，単純主効果の検定を行った結果，想像力が高い群では，巨大化教示群よりも，浮遊教示群の方が，有意に歩幅が大きくなった（p < .05）．一方，想像力が低い群では，浮遊教示群のよりも，巨大化教示群の方が有意に高くなる傾向が見られた（p <.10）．

このことから，仮説③の通り，想像力の高い人は，言語教示の効果が強く生じると考えられる．一方で，想像力の低い人には，非現実的な状況である自身の巨大化を意図通りに想像することができなかった可能性がある．また、歩行動作条件にのみ結果が見られたことから，仮説②で挙げた再生中の仮想現実映像に合わせた動作の影響は，想像力の影響を受けると考えられる．

表5 歩行動作後における歩幅の変化量[cm]

		巨大化教示群		浮遊教示群	
		M	SD	M	SD
想像力	高群	7.754	5.913	2.185	5.962
	低群	4.757	7.736	4.729	4.683

3. おわりに

本研究の結果，仮想現実を用いて，アバターを介さずに，視点が高く変換されるだけの映像を用いた場合でも，その視点上昇理由として異なる理由を言語的に提示することで，参加者の身体動作の大きさを変化させられる可能性があることが示唆された．このことから，仮想現実を用いる際に適切な言語教示を与えることで，ユーザの身体動作を，ユーザ自身に意識させずに変化させることが可能となる可能性があると考えられる．

この結果をより強く得ることができれば，将来的にトレーニングやリハビリテーション等特定の体の動かし方が求められる場面で，特定の動きを，無意識的により大きな体の動きで引き起こさせることが可能になる等の効果が考えられる．

そのため今後は，言語教示のない映像のみの条件でも実験を行い，本実験で用いた映像そのものが実験参加者に特定の捉え方を与えやすいものでなかったかどうかを検討するとともに，同じ内容の教示でも言い回しを変えた際の影響や他の教示方法を用いた際の影響，また他の映像や教示を用いた際にも同様の身体動作の変化が見られるかを確認する．

参考文献

[1] Nick Yee, Jeremy Bailenson, (2007) "The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior", Human Communication Research, Volume 33, Issue 3, 271–290.

[2] Domna Banakou, Raphaela Groten, Mel Slater, (2013) "Illusory ownership of a virtual child body causes overestimation of object sizes and implicit attitude changes", PNAS 110 (31) 12846-12851.

[3] Domna Banakou , Mel Slater, (2017) "Embodiment in a virtual body that speaks produces agency over the speaking but does not necessarily influence subsequent real speaking", Scientific Reports volume 7, Article number: 14227.

[4] Domna Banakou, , Sameer Kishore, Mel Slater, (2018) " Virtually Being Einstein Results in an Improvement in Cognitive Task Performance and a Decrease in Age Bias", Frontiers in Psychology, 9:917. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00917

[5] 西崎友規子，加藤卓馬，西尾貴広，久門仁，(2019) "乗員の視点変化による新たな UX 価値を目指す基礎的検討", ヒューマンインタフェース学会誌・論文誌，Vol. 21，No. 4，p417-420

[6] 北尾浩和，来田宣幸，深田智，中本隆幸，小島隆次，萩原広道，野村照夫，(2017) "言語的な動作指示の違いがパフォーマンスに及ぼす影響:ージャンプ動作における関節角度，動作時間および跳躍高の変化についてー", 日本感性工学会論文誌 17（2）, 257-265

[7] 翁長謙良，吉永安俊，趙廷寧 (1998) "身長と歩幅の相関に関する一考察：学生の歩測の事例から", 琉球大学農学部学術報告 = The Science Bulletin of the Faculty of Agriculture. University of the Ryukyus（45）：149-155

[8] 若林明雄, 東條吉邦, Simon Baron-Cohen, Sally Wheelwright, (2004) “自閉症スペクトラム指数（AQ）日本語版の標準化”, 心理学研究, 75巻 1号, p.78-84.

[9] 関智美, 星野聡子, (2009) “幼児と成人の握力における随意的筋力発揮の様相”, 奈良佐保短期大学研究紀要 16 号, 39-45.

高校生における食品安全に関する理解度調査
The survey-based study on understanding of food safety among high school students

田村 昌彦[1)]，稲津 康弘[2)]，江渡 浩一郎[3)]，松原 和也[1)]，天野 祥吾[1)]，野中 朋美[1)]，松村 耕平[1)]，永井 聖剛[1)]，サトウタツヤ[1)]，井上 紗奈[1)]，堀口 逸子[4)]，和田 有史[1)]
Masahiko Tamura, Yasuhiro Inatsu, Koichiro Eto, Kazuya Matsubara, Shogo Amano, Tomomi Nonaka, Kohei Matsumura, Masayoshi Nagai, Tatsuya Sato, Sana Inoue, Itsuko Horiguchi, Yuji Wada
[1)] 立命館大学，[2)] 農研機構，[3)] 産業技術総合研究所，[4)] 東京理科大学
Ritsumeikan University, National Agriculture and Food Research Organization, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tokyo University of Science
m-tamura@fc.ritsumei.ac.jp

概要
本研究では食品安全に関する知識について，食品と添加物，一般的知識と安全性に関する知識に分類し，尺度を作成した．この尺度を用いて高校生とそれより年齢が高い世代の知識量を測定し，両者を比較することで獲得する知識の違いを検討した．その結果，添加物に関する知識が食品に関する知識よりも獲得される知識が少ないことが明らかになった．本研究はその原因を探るための調査研究である．
キーワード：食品安全，項目反応理論 (IRT)

1. はじめに
食の安全についての知識は，我が国では高等学校までの家庭科等の教育課程において，ある程度，体系だてて学習する機会がある．しかし，それ以降はメディアなどを通して断片的な知識に暴露される程度の者がほとんどである．このような状況では，多くの国民は食品安全についての体系的な学習の機会に恵まれない．そのため，体系的な知識が不足し，食の安全に対して科学的に適切でない認識を適用した判断を行うことがある．たとえば，一般に食品添加物（以下，添加物）が入っていない食品の方が，これが入っているものよりも健康に良いと考えがちである．しかし実際には，添加物は安全性に悪影響を与えないことが科学的に保証された量以下で添加されている．このため，現在の添加物管理体制になって以来，添加物を原因とした健康被害は生じておらず，むしろ保存料等は食品安全に貢献している．このような事実と異なる認識をする国民が多いことが，過度な添加物からの回避傾向を招いていると考えられる．

このような事実と異なる認識が生じるのは，単なる知識不足だけではなく，我々の思考特性が影響を与えている．[1] は，人間の思考特性（System 1 / System 2：[2]）の違いが，科学的な定義の理解に基づいた安全性の判断に影響を与えることを指摘した．System 1 で判断しがちな人間はヒューリスティックによる判断を多用するため，誤った判断を行う傾向が強く，System 2 で判断しがちな人間は論理的判断に基づいて正答に至る確率が高かった．このことから，科学的根拠に基づく知識や概念の獲得に思考傾向が影響を与えると考えられる．すなわち，科学的根拠に基づく知識や概念の獲得には，より認知負荷が高い学習が求められる．また [3] は，System 1 で判断する傾向が強いほどリスク回避について高く評価し，リスク耐性についての判断は思考傾向の影響を受けないことを示した．

これらのことから本研究では，体系的な知識の獲得機会が少なく，リスク回避対象カテゴリーとなっている添加物の安全性についての知識や概念は，科学的事実と異なる判断がされる可能性が高くなると仮説をたてた．すなわち，食品一般に関する知識よりも，添加物，特にその安全性に関する知識や概念の獲得の方が，日常的な学習では困難である可能性がある．

上述の仮説を検証するために，本研究では食品および添加物について，一般的な知識や，安全性・リスクについての複数の問題への解答から，それらの知識を測定する尺度を作成することを目指して調査 1 を行った．

調査 2 では，調査 1 で作成した尺度を高校生に対して実施し，大学生や専門学校生，社会人などの高校生より年齢が高い世代（以下，高校生より年齢が高い世代）と比較することで，獲得する知識の違いについて

検討した.

2. 調査 1

2.1 目的

食品および添加物について，一般的な知識や，安全性・リスクに関する知識を測定できる尺度を作成することを目的とした．本研究では食品安全に関する不足している知識を同定するため，食品安全に関する知識を後述の 4 種類の構成概念に細分化し，これに食品とは直接的な関係がない一般知識を加えた合計 5 種類の尺度を作成した．なお，調査 2 のデータと比較するため，調査 1 では対象者を高校生より年齢が高い世代の者とし，調査 2 ではこの集団により得られた結果を基準とした.

2.2 方法

2.2.1 調査対象者

高校生より年齢が高い世代，1,354 人（男性 848 人，女性 506 人，平均年齢 46.74 歳，$SD = 10.73$，20 歳～85 歳）に対し，クラウドソーシングを通して後述の問題を実施した.

2.2.2 問題

本調査で用いた問題群は，問題アイデアを生成するワークショップ（2019 年 9 月 23 日，立命館大学）や，アンケート等で生成された問題を参考に，有識者を交えて修正や追加を行い，作成した.

調査では食品および添加物について，安全性と，それ以外の一般的な知識の 4 種類の構成概念に細分化し，これに食品安全とは無関係の一般知識を加えた合計 5 種類の問題項目群を作成して用いた．各問題項目群は複数の問題で構成された．以下に 5 種類の概念の定義と例，出題数を示した.

1. **食品（一般）** 食品に関する一般的な知識
   例：「上白糖の色が白いのは何故でしょうか？」
   出題数：12 問
2. **食品（安全性）** 食品に関する安全性やリスクに関する知識
   例：「ジャガイモにはソラニンやチャコニンと呼ばれる食中毒を起こす有害物質が含まれています．含まれている部位はどこでしょうか？」
   出題数：20 問
3. **添加物（一般）** 添加物に関する一般的な知識
   例：「食品添加物表示は，何の順に記載されているでしょうか？」
   出題数：13 問
4. **添加物（安全性）** 添加物に関する安全性やリスクに関する知識
   例：「食品添加物が入った食品を毎日食べていると，体にどんな影響が出るでしょうか？」
   出題数：9 問
5. **非食品（一般）** 食品とは無関係な一般知識
   例：「都道府県の中で，一番神社と寺院の数が多いところは次のうちどれでしょうか？」（選択肢は，京都府/奈良県/愛知県）
   出題数：12 問

全ての問題は正解が設定された 3 者択一形式とし，合計 66 問の問題で構成された.

2.2.3 手続き

全ての調査対象者は前述の問題，66 問に取り組んだ．問題の提示順は問題の種類とは無関係にランダムであった．1 人当たりの所要時間は約 30 分であった.

2.3 結果と考察

5 種類の質問項目群をそれぞれ 1 種類の構成概念として扱い，構成概念ごとに IRT（項目反応理論）を適用して分析を行った．なお，全ての構成概念は MAP 基準により 1 因子であることが提案された．また，いずれも，1 パラメタモデルよりも 2 パラメタモデルの方がデータのモデルへの適合がよかったため（AIC 基準），2 パラメタモデルを採用した．その結果，食品（一般）では 8 問，食品（安全性）では 18 問，添加物（一般）では 9 問，添加物（安全性）では 8 問，非食品（一般）では 10 問の問題が各構成概念の尺度として採用された.

追加的な分析として，尺度間の相関を求めた．先の分析で推定された項目パラメタを用いて，個人ごとに各尺度の潜在特性値 θ をベイズ推定により求めた．潜在特性値 θ は，各項目（問題）の困難度と個人の回答パターンを用いて，その尺度が示す構成概念についての能力 (Ability) を一次元で表現するものである．すなわち，尺度の単純な正答率ではなく，回答した項目の困難度に応じたスコアを算出することができる．なお，潜在特性値 θ は，$\theta = 0$ を項目パラメタを推定した測定集団の平均として，平均より高い個人について

は正数で，平均未満の個人については負数で表現される．本研究では，潜在特性値 θ を個人の知識量を示す値として用いた．なお，推定された潜在特性値 θ のモデルへの適合がよくない尺度が 1 種類でも存在した調査対象者データは分析から除外した．その結果，1,270 人が分析対象となった．潜在特性値 θ の尺度間相関を表 1 に示した．食品に関しては，一般的な知識と，安全性に関する知識に中程度の相関が認められたが，添加物についてはこれら間で関連がほとんどみられなかった．その一方で，添加物における一般的な知識は，食品における一般的な知識や安全性に関する知識と中程度の相関が認められており，添加物における安全性に関する知識が他とある程度独立していることが示唆された．さらに，添加物における安全性に関する知識は，非食品における一般知識との関連も低い．このことは，添加物における安全性に関する知識の獲得過程が，他の知識とは異なった獲得過程を伴う知識であることを示唆している．

3. 調査 2

3.1 目的

高校生を対象に調査 1 で作成した尺度を用いて，それぞれの知識について測定し，高校生とそれより年齢が高い世代と比較することで，各知識がどのように異なるのかを測定した．一般的な知識は，高校未修了者よりも，高校を修了し，その後の学習・社会経験をへた者の方が豊富になると考えられる．しかし，獲得（学習）が十分でない知識については，両者のその差が小さくなると予測できる．

3.2 方法

3.2.1 調査対象者

20 歳以下の高校生 61 人（男性 31 人，女性 30 人，平均年齢 17.30 歳，$SD = 0.94$，15 歳〜20 歳）に対し，クラウドソーシングを通して後述の問題を実施した．

3.2.2 問題

調査 1 の問題と同一であった．すなわち，調査 1 の分析で除外された問題（項目）を含む，全 66 題の問題で構成された．

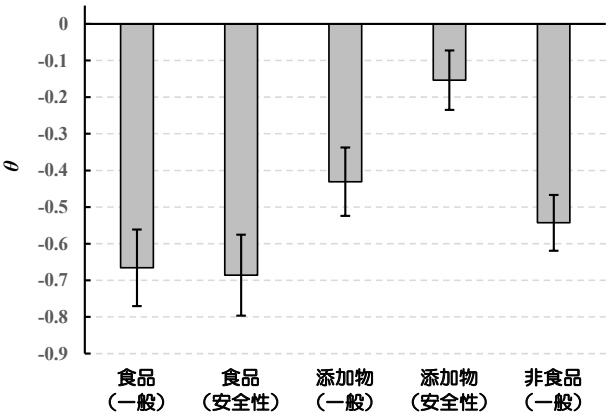


図 1 尺度ごとの潜在特性値 θ の平均．エラーバーは標準誤差．

3.2.3 手続き

調査 1 と同一であった．すなわち，調査対象者はランダムな順序で提示される 66 問の問題に取り組んだ．1 人当たりの所要時間は約 30 分であった．

3.3 結果と考察

調査 1 で作成した尺度ごとに，調査対象者の潜在特性値 θ をベイズ推定により求めた．潜在特性値 θ を推定する際には，調査 1 の調査対象者を基準集団とし，基準集団の項目パラメタを用いた．ここでも，調査 1 と同一の基準で，推定された潜在特性値 θ のモデルへの適合がよくない尺度が 1 種類でも存在した調査対象者データは分析から除外した．その結果，58 人が分析対象となった．基準集団における潜在推定値 θ の平均は理論的には 0 となる．すなわち，基準集団の項目パラメタを用いて潜在特性値 θ を推定することで，各尺度における知識量の乖離の大きさを測定できる．本調査の対象者では，すべての尺度において潜在特性値 θ の平均は負数となった．図 1 に尺度ごとの潜在特性値 θ の平均を示した．

各尺度における高校生と基準集団の乖離の程度を分析するために，調査 1，および，調査 2 で求めた潜在特性値 θ の平均値の差を分析した（表 2）．全ての尺度において，潜在特性値 θ の平均は，高校生の方が基準集団より有意に低いが，添加物に関する知識は他の知識と比較しても効果量が小さかった．特に，添加物における安全性に関する知識においては，その傾向が顕著であった．このことは，高校生とそれよりも年齢が高い世代の間の知識量の差が相対的に小さいことを示しており，他の知識よりも添加物についての適切な

表 1　潜在特性値 θ の尺度間相関

	食品（一般）	食品（安全性）	添加物（一般）	添加物（安全性）	非食品（一般）
食品（一般）					
食品（安全性）	.56				
添加物（一般）	.42	.45			
添加物（安全性）	.06	.21	.07		
非食品（一般）	.52	.50	.35	.15	

いずれの相関係数も有意（$p < .05$）

表 2　尺度ごとの高校生と基準集団の比較

	効果量 (d)	検定結果
食品（一般）	.83	$t(1326) = 6.58, p < .001$
食品（安全性）	.85	$t(1326) = 6.63, p < .001$
添加物（一般）	.61	$t(1326) = 4.59, p < .001$
添加物（安全性）	.32	$t(1326) = 2.23, p < .05$
非食品（一般）	.82	$t(1326) = 5.63, p < .001$

知識を社会生活において，体系的に身につけることが困難であることを示している．

4. まとめ

2 種類の調査をとおして，以下のことが明らかになった．添加物についての安全性に関する知識は，他の知識と関連が低く，独立した知識であると考えられる（調査 1）．また，添加物についての知識，特に安全に関する知識は，高校生とそれよりも年齢が上の世代で知識量の差が小さいことが明らかになった（調査 2）．上記 2 点を併せて検討すると，社会生活において添加物，特に安全性についての適切な判断につながる知識を獲得することが困難である可能性がある．

この原因としては，仮説に示した通り，添加物などの食品産業の効率化に有効な技術は健康に良い影響を与えないという誤った先入観が判断基準となり，論理的嗜好による知識の獲得や判断の障壁となっている可能性がある．また，[4] は，さまざまな事柄について，それらが健康に与えるリスクの高さについて順位づけをさせると，食品関係の専門家では添加物や農薬の順位は非常に低いが，一般消費者では非常に高いことを示した．このような科学的な知識と食い違った，すなわち，誤ったリスク認識が，回避的な態度をとることの原因となっているだろう．つまり，添加物は危険であるという誤信念やヒューリスティックスに依存する認識が影響を与えているとも考えられる．この点については本研究では明らかにできなかった点であり，今後の検討課題である．

謝辞

本研究は内閣府食品安全委員会「食品健康影響評価技術研究事業（1903）」の研究資金により実行した。

文献

[1] Honda, H., Ogawa, M., Murakoshi, T., Masuda, T., Utsumi, K., Park, S., Kimura, A., Nei, D., & Wada, Y. (2015). Effect of visual aids and individual differences of cognitive traits in judgments on food safety, Food Policy, Elsevier, Vol. 55(C), pp. 33-40.

[2] Kahneman, D. (2011). Thinking, Fast and Slow. Macmillan Magazines Ltd..

[3] Honda, H., Ogawa, M., Murakoshi, T., Masuda, T., Utsumi, K., Nei, D., & Wada, Y. (2015). Variation in risk judgment on radiation contamination of food: Thinking trait and profession. Food Quality and Preference, Vol. 46, pp. 119-125.

[4] 内閣府食品安全委員会事務局，食品に係るリスク認識アンケート調査の結果について（2015 年 5 月 13 日） (https://www.fsc.go.jp/osirase/risk_questionnaire.html)

言語的人類の知能の三段階デジタル進化
Three Stage Digital Evolution of Intelligence of Linguistic Humans

得丸 久文
Kumon Tokumaru
著述業　Writer
tokumaru@pp.iij4u.or.jp

概要
言語的人類(現生人類)は南アフリカの中期旧石器時代に真社会性化した後に，クリック子音という音素を共有して生まれ，喉頭降下によって音節を獲得すると，音節の音素性が無限の語彙を，モーラ性が文法的修飾を可能にした．（第一進化）5 千年前に文字が発明されると，知識は時空を超えて共有できるようになり連続的な発展をとげる文明が生まれ，言葉を群として操作する概念が生まれた．（第二進化）今日，言語情報は電子化し，有史以来の人類の知的営為をキーワード検索の対象とするようになった．（第三進化）これから言語的人類の知能はどのように進化していくのだろうか．
キーワード：デジタル，文明，概念，前方誤り訂正

1. はじめに：知能の三段階デジタル進化

言語がデジタル進化であることは，進化生物学者メイナード・スミスが 8 つの生命進化の最後の謎として指摘しているほか，免疫学者イェルネの友人の分子生物学者ノルがイェルネの 2 本の講演を中核に紹介している．[1][2][3][4]

数学者ノイマンは，デジタルを生命体や知能の自己増殖メカニズム（オートマトン）として論じている．[5] 生命体のデジタルは，DNA の一次元情報を使って異種細胞分裂をくり返し，一個の受精卵から，代謝し成長する複雑な生命体（新生児やヒヨコ）を自律制御ネットワークによって生みだす．

ヒトの知能はまだそこまで完成したオートマトンではなく，デジタル進化の途上にあるようだ．これからどのように発展するかはまだ誰も論じていないので，本稿でそれを試みる．

真社会性動物であった現生人類は，7 万 2 千年前に**クリック子音という音素を共有**し，6 万 6 千年前におきた喉頭降下によって**母音アクセントをもつ「音節」を獲得して**生まれた．これが**第一進化**である．音素は無限の語彙を，モーラ(拍)は文法的連接を可能にした．

知能の自律的なデジタル進化を可能にするもっとも基本的な成分は，2 つの離散成分，音素とモーラである．音素とはある言語共同体の成員が，別々の音として発声し聞き取る一式の音韻単位である．音素は周波数領域において音素相互に離散的である．これに対して，モーラは時間軸上の離散成分である．母音のアクセント波形のおかげで個々の音節は独立して聞こえ，会話音声は一定数の音節でできた列として認識される．

5 千年前に発明された**文字**は，人から人へ通信回線上を伝搬する信号が**「消えない音節」**となる**第二進化**であり，学校・図書館・出版・文房具など言語情報を共有するための社会基盤を生みだしたほか，知能のゲノムとして古典を生みだした．また僧院や大学という低雑音環境で言葉を(数学的)群のように扱う概念を生みだし，群(概念)の演算によって不可視の現象を考察する科学が生まれた．

そして**第三進化**は，20 世紀後半の**電子化**，「**対話する音節**」の誕生である．有史以来，人類が蓄積してきた知識をキーワード検索することが，地球上のどこにいてもできるようになった．21 世紀のヒトは，何か新しいことを考えた時やわからないことに遭遇した時に，検索エンジンに適切なキーワードを投入すると，自分よりも前にそれについて考えた先人の言葉に出会える．

検索結果として示されるものは「**きわめて大量だが信頼性の保証がない言語情報**」であり，けっして鵜呑みしたりそのまま受け売りはできないが，言語情報とその発信者の信頼性を確認して，言語情報が内包する誤りを訂正する技法を開発すれば，誤りですら有意義な情報になる．アナログ通信は雑音を除去できず，むしろ増幅するが，デジタル通信は受け取った言語情報に含まれた雑音を除去し，誤りを訂正できる．ここにデジタルの真価がある．

本稿は，**「音節」**，**「文字」**，**「電子化」**の信号進化がどのような意味をもつかを分析し，これまでそれに脳がどのように適応進化してきたかを概観し，これからどのように対応すればよいかを検討する．

2. 研究手法：システム工学的な学際研究

人工衛星の製造のように厳密で複雑な作業には，システム工学の手法が用いられる．システムエンジニアは，専門をもたないかわりに，そのシステムにとって

必要な専門分野をもれなく見極め，各分野の技術を把握して，明確な目的意識のもとでまとめあげる．[6] 本研究は自分で実験を行わず，他の研究者が行った実験や観察の結果を読んで仮想現実的に自分のものにする．筆者は，仕事で地球観測衛星と通信衛星のシステムエンジニアからシステム工学の手法を習ったので，本研究はそれを人類の言語と知能に対して使ってみた．

2002 年に開催された国連・持続可能な開発のための世界サミット(WSSD)に NGO の一員としてかかわった筆者は，地球環境問題が後戻り不能な状況であることを知り絶望的になり，人類がなぜこの問題を引き起こしたのかを調べることになった．そして**人類と言語の起源の謎**に行き当たり，どちらもまだ解明されていないことを知って驚いた．はてな人力検索エンジンで島泰三博士の著作を知り，7 万 5 千年前に言語とはだかの「重複する突然変異」が起きて現生人類が生まれたという説に興味をもった．[7] もし裸だったらきっと洞窟のなかに住んでいただろうと考えて，2007 年 4 月に単独で南アフリカ共和国東ケープ州にある最古の現生人類遺跡，クラシーズ河口洞窟を訪れた．[8] その際，故 H.J.ディーコン博士の指導のもと，南アフリカ南部海岸線に点在する旧石器時代の洞窟群も巡検した．[9]

南アフリカといえば，1960 年 3 月におきたシャープビル事件（ヨハネスブルグから南約 50km にある黒人居住区シャープビルで，警官が無防備な住民たちに無差別発砲し，多数が死傷した）以来，極めて厳格な国際学術ボイコットの対象となっていた．そのような場所にある現生人類遺跡を訪れる人も知る人も少ない．筆者は大学 1 年時に現代南アフリカ論を扱う上原淳道ゼミに参加し，その後もアパルトヘイトに関心を持ち続けていたためにこの遺跡の名前を知っていた．

翌 2008 年，洞窟という暗い環境が，音韻記号の発達をうながした可能性を「洞窟進化説」として論じたが，**地下トンネルに住むハダカデバネズミの生態を調べるとはだかと音声符号の数には相関がない**ことがわかった．[10][11] 自説の誤りに気づいたとき，教育玩具のひらがな積み木セットが脳裏をよぎり，音節の桁(digit)が 2 桁，3 桁と増えると順列によって無限の語彙数が得られる言語はデジタル(digital)かと思いついた．情報処理学会に入会して 2009 年 10 月から電子情報通信学会の思考と言語研究会を皮切りに，情報処理学会，人工知能学会などの研究会で 100 回を超える発表を行った．会社を退職した 2015 年以降は，予稿を提出し採択された国際学会に参加して理論を発展させてきた．

3. デジタル第一進化物理層：音素の二段階進化

世界で最も古いといわれるコイサン語の特徴は，クリック子音という吸着音である．哺乳類が乳を吸う時，口唇，頬，横隔膜を使う．そういった動きから，チュッチュという音が発生する．その延長でクリック子音は生まれ，会話が始まったのではないか．クリック子音が音素として共有されたのは，ヒトが真社会性動物であったからだろう．音声を周波数と時間軸上の升目で切り分けて音素を共有し，それを使って神羅万象に名前を与える行為は，単なる群れの行為としては説明できず，真社会性動物が共同体成員の意識をひとつにすべく行ったと説明するほうが納得できる．[13] 乳児が生まれてから一年歩けなくなって，祖母が育児係りとして家族の一員になっていたことも大きい．

言語的人類の身体的特徴は，頤(オトガイ，図 1①)の発達にある．そのおかげで顎の下の皮膚(同②)と口腔底の間に空隙が生じて，肺の気道の出口である喉頭が食道の途中に降下しても窒息しなくなった．その結果，声門(同③)から喉頭(同④)，咽頭(同⑥)，口腔から歯，唇に至る声道で母音の共鳴が生まれるようになった．

筆者が訪れたクラシーズ河口洞窟から出土した人骨化石は，頤が発達した最古の化石であり，言語的人類と考えられている．頤が発達した原因としては，会話をするために舌骨(同⑤)を多用して高頻度で弱い負荷がかかったために，現生人類の頭蓋骨の残り部分の骨を代表する骨の薄さに比べて，頤骨が肥大化したことで説明がつくという．[14]

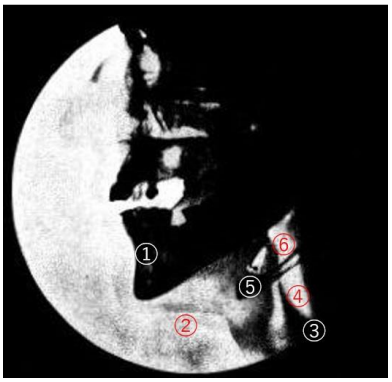


図 1　頤が発達して喉頭降下できた[12]: ① 頤，② 皮膚，③ 声門，④ 喉頭，⑤ 舌骨，⑥ 咽頭

はたして母音を発声できる前に会話ができたのかと新たな疑問がわく．世界で一番古いといわれるコイサン語だけがもつクリック子音が最初の音素であり，それを使って会話していたのではないか．南アフリカの

中期旧石器時代において，クラシーズ河口洞窟に代表されるホイスンズプールト文化(66-58KA(千年前))で新石器が出土するが，それよりも前に，石器の精度は劣るもののスティルベイ文化(72-71KA)と呼ばれる新石器文化が，クラシーズ河口洞窟より西 350km にある静かな遠浅の海岸(スティルベイ)に近いブロンボス洞窟で出現している．世界でどこよりも早く出現し，連続的発展をとげたスティルベイ，ホイスンズプールトの 2 時期の新石器文化は，**クリック子音⇒音節**という音素の二段階進化の反映であろう．

南アフリカの中期旧石器時代は 13 万年以上前から南部海岸線で狩猟採集生活が行われており，安全な洞窟居住のおかげで新生児が生後 1 年間歩くことない揺り籠期を過ごすようになり，大きな脳をもつようになった．これをスイスの生物学者ポルトマンは**二次的晩成化**という．[15] 大型霊長類は本来早成動物で，一度に一匹の子どもを約 9 か月間妊娠するが，生まれた時には神経回路ができていて，母親にしがみつくこと，ひとりで歩くこともできる．ヒトは洞窟というきわめて安全な住居を獲得したおかげで生後も寝たきりの状態を享受できるようになり，その期間は母胎内と同じ比率で脳が成長しつづける．[16] 寝たきりの新生児の世話をするために祖母（閉経後のメス）が育児参加するようになって，共同体をひとつの生命とみなし，個の生命に共同体の繁栄を優先させる真社会性の動物となったのではないだろうか．[17]

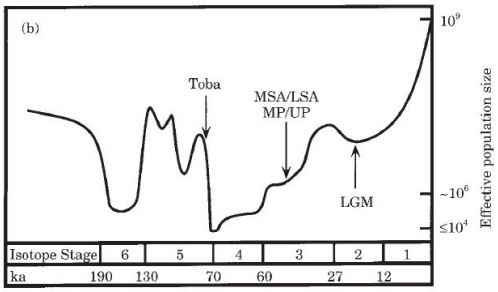


図 2 トバ火山噴火のボトルネック[18]

今から 7 万 4 千年前にインドネシアのトバ火山が噴火し，地球規模の寒冷期が何年か続いた．[18] そのときヒトはすでに大きな脳をもち，真社会性で三世代いっしょに共同生活をおくっていたと思われる．おばあさんが「**巣のなかで育つ子を熱心に世話する」過程で**，様々な音を一緒に出すようになり，それを使って事物や現象に名前をつけるようになって，言葉が生まれた可能性はある．[17] 吸着音と呼ばれるクリック子音は，肺からの呼気を用いず，舌で口腔内に空気を閉じ込めて発音する．クリック子音が無限の言葉を生みだしてスティルベイ文化を生み，発声のために舌を多用した刺激によって頤が発達し，喉頭が降下して，母音アクセントをもつ音節を獲得してホイスンズプールト文化が始まったのだろう．音素の二段階進化（クリック子音⇒音節）を物理層（ヒトとヒトの間）におけるデジタル第一進化ととらえるのは妥当であろう．

音素が生まれた時，ヒトは共同生活をしていた．音素は，「**ある集団内で共有される，相互に離散的な（音素相互で明確に周波数成分が異なる），有限個の音韻単位**」である．一般に哺乳類は鳴き声の物理的な波形を記号としてコミュニケーションをするため，共有できる記号の数は百を超えない．音素を順列すると無限の言葉をつくりだせ，成員間でそれを容易に共有できる．音素を獲得してから，世界のありとあらゆる現象や物質や生命体にそれぞれの特徴に適合した音表象性をもつ名前を与え，それを成員間で共有した．世界に名前を与え，それを共有することは大きな喜びだっただろう．洞窟壁画は，集団内部でその喜びを共有するために描かれたのかもしれないとも思う．

哺乳類の鳴き声から，音素共有と言葉へと大きく飛躍する背景に，真社会性があったことは間違いない．音素は，共同体の成員がいっしょに世界に名前を与えて共有する，みんなの気持ちをひとつにする過程で，期せずして生まれたのではないか．それによって共同体成員の意識はより深く共有され，言語進化と真社会性化が上昇スパイラルを描いたと思われる．

4. デジタル第一進化論理層：母語のモノラル聴覚と文法処理

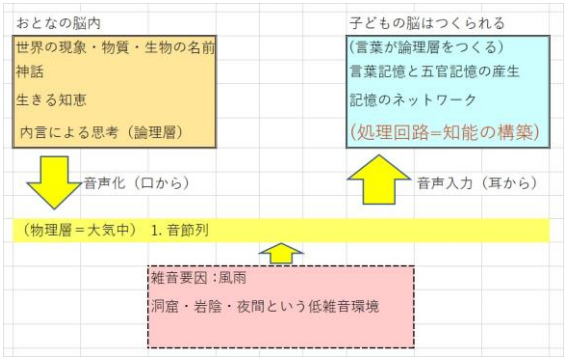


図 3 無文字社会コミュニケーションの物理層と論理層

世界に名前を与え，その名前を共有するためには，教育が必要となる．おとなは，何も知らずに生まれてくる子どもに，音素発声と聞き取りの初期設定を行い，そのうえで言葉を教え，神話を語り，生きる知恵を授

ける．伝達システムを考えるにあたって，脳内の言語処理回路（論理層）と，脳外の信号伝達（物理層）を分けて考えることが有効である．図 3 はインターネットで用いられる OSI 参照モデルに，著者が回線雑音を加えた．このあと物理層に文字と電子化が加わることになるが，音節だけの時代が 6 万年以上続いた．

物理層を伝わって子どもの耳に届くのは音素列である．それは音節を組合わせてつくった言葉（内容語）と，言葉を結びつけ，意味修飾する文法（機能語）である．それらが子どもの脳内で論理層を構築する．

音素を獲得するまでは，動物の鳴き声の音真似や，自然現象の音表象が，言葉の代わりの記号だったであろう．音素を獲得して，その順列によって言葉記号を無限に増やせるようになると，自然現象や生命体の細かな差異までも言葉で表現できるようになった．

では音素を獲得して生まれたたくさんの言葉記号を処理する脳内メカニズム（器官と細胞・分子構造）は何だったのだろうかと考えてみたい．筆者は，**脊髄反射メカニズムが論理層を構築する基盤であり，それは大脳皮質ではなく，脳室内における免疫細胞ネットワークである**と仮説する．

表 1 に脳室内免疫細胞ネットワークを構成する 3 種類の細胞を示す．具体的には，① 耳から軸索を伸ばして脳室壁(脳幹網様体)に抗原端末を構築する脳脊髄液接触ニューロン，② 脳室内を循環する脳脊髄液中を浮遊する B リンパ球とその細胞膜上の抗体，③ 海馬で五官の記憶を埋め込み，細胞膜上に抗原を提示して，大脳皮質に保存されるマイクログリアという 3 種類の細胞間のネットワークである．脊髄反射回路は，5 億 3 千万年前に脊椎動物の誕生とともに生まれた．

役割	能動・受動	NW 端末	場所	細胞	移動性
刺激受容	賦活	抗原提示凸	脳室壁	脳脊髄液接触ニューロン	固定
概念装置	受動/能動	抗体凹/抗原凸	脳脊髄液中	B リンパ球	移動
五官記憶	受動	抗原提示凸	大脳皮質	マイクログリア細胞	固定

表 1　脳室内免疫細胞ネットワーク

脳室内に意識があるという考えは，ヘレニズム時代のアレキサンドリアで医学校を設立して公開解剖を実施したといわれているヘロフィロス(BC335-269)とエラシストラトス(BC304-250)の考えたことだ．二人は奴隷や死刑囚を対象に生体解剖も行ったともいわれている．「エラシストラトスは最初の実験生理学者だった．脳と神経を調べたうえで，神経が中空の管で，脳から全身へ「**神経の精気**」を運ぶと考えていた．」[19]

「この**霊気**説は, 5, 6 世紀ごろの東ローマ帝国の初期，それに引きつづいて，8, 9 世紀ごろのサラセン文化時代の学者たちによってさらに構想がねられ，精神機能の脳室局在論という考えに発展してきた．そして 18 世紀の終わりころまで広く一般に信ぜられて」いた．[20]

子どもは新しい言葉を覚えるたびに，言葉の音韻波形を模した抗原と，その抗原に特異的に結合する抗体記憶を構築する．イェルネによれば, B リンパ球は 1000 万種類以上の語彙をもち，しかもこれまでになかった新しい言葉にもちゃんと対応できる．[4] つまり**ヒトは B リンパ球の語彙のおかげで，あらたな器官や細胞進化なしで，音素の造語力に対応できた**わけだ．

つづいて喉頭降下により，音素に加えてモーラを獲得し，母音アクセントをもつ音節が生まれ，文法を使うようになった．そもそも文法とは何か．筆者は，文法をもたない幼児は二語文，三語文しか作れないが，文法を獲得すると，言葉と文法語を交互に混ぜて複雑な文にできることを文法の重要な機能と考える．これができるのは，音節がモーラ性をもつから，主として単音節のジョイント（つなぎ手）として文法語が機能するのである．時間軸上でそれぞれの音節が別々のものとして認識されるから，特別の印をつけなくても活用語尾や文法語の挿入を無意識に認識できる．

では文法はどのように処理されているのだろうか．文法処理の脳内メカニズムを考えてみる．筆者は，「**母語を片耳で聴き取り，脳幹聴覚神経核がもつ音源方向の推定能力を，文法語の音韻ベクトルの解析に援用する**」という仮説を提案している．[21]

文法を使う年令になると我々は母語を片耳で聴くようになる．一方，文法語をもたないブラジルの少数言語ピダハンは母語を両耳で聴く．いつ何時捕食者に狙われるかわからない密林のなかでは文法のために運動性を犠牲にできなかったのではないか．ヒトが安全に住める場所でなら，運動能力を犠牲にし，文法語の音韻ベクトルの解析に援用しても支障なく生きていける．

子どもは無意識に文法を覚え，使えるようになる．我々は成長の過程で誰に教わるわけでなく，**無意識に母語を片耳聴覚に切り替える．これは片耳聴覚が遺伝子情報に記録されているためではないか．**

5. デジタル第二進化物理層：文字は消えない音節であり，時空を超える

言語が生まれた後，情報の伝達法は，文字と電子的手段という変化を経験した. [1] **文字**は今から 5 千年前にメソポタミア地方で発明され，その後ナイル河，インダス河, 黄河でも文字が生まれ, 古代文明が栄えた.

筆者は 2016 年から 3 年連続してパキスタンを訪れ，丘ひとつない大平原を見ておどろいた．古都ラホールのあるパンジャブ地方は,「5 つ(パンジ)」の「川(アブ)」という意味で，北部の山地から水量豊かな川が流れくる．この川がもたらす土砂が，ゴンドワナ大陸とユーラシア大陸が衝突した際に海であったところを埋めて，インダス河平原が生まれたのだ．メソポタミア地方の肥沃な三日月地帯も同様に二大陸の間の海であり，ナイル河と黄河は衝突の衝撃で大陸に亀裂が入って生まれた大河川の河口付近の広大な三角州である．(図 4)

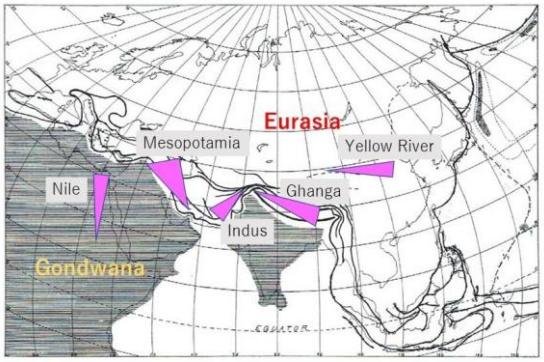


図 4　文明は大陸衝突の生んだ平原で生まれた　[22]

大平原の生産力をもとに王朝が生まれ，ヒトの認知能力を超えた大平原を支配し徴税するための記録用に文字を発明させたのではないか．文字が生まれた結果，読み書きを教える学校が生まれ，書店や図書館がつくられ，**記録された言語情報が時空間を超えて共有されるようになり，技術や知識が地域や世代を超えて連続的に発展**するようになった．こうして文明が生まれた．これまで文明が文字を生んだと思っていたが，むしろ逆ではないか.

ヒトは真社会性動物であるから，仲間に教える喜び，仲間から学ぶ喜びをもつ．文字が生まれるまでは今ここで直接対話できる相手が対象だったが，**文字のおかげで時代や地域を超えた対話が可能となった．昔の人の知恵を学ぶことは個人の喜びであり，意識が時空を超えて一体化し進化する集団的な喜びが文明である.**

ヒトの脳にとって，文字列(エクリチュール)は会話(パロール)である. なぜなら識字者の目に文字列が入ると，それは自動的に内言(声に出さない自分にあてた言葉)に翻訳されるからだ．ヴィゴツキーは幼児のひとり言が無音化したものが内言という．[23] 識字能力は，時空を超えたところに住む人の言葉を聞く喜びをうむ. たとえば北欧の童話「長靴下のピッピ」を読む子どもは，お転婆ピッピの元気な声を聞いている．識字能力のおかげで有史以来の世界中の人々の声を聞けることはもっと強調されてもよい．本は有史以来世界各地で生きた人に出会えるタイムマシンである.

6. デジタル第二進化論理層：概念は数学的な群だから概念操作が有意となる

文明のおかげで，技術が世代を超えて発展するようになり，知的営為の成果も文字化されて蓄積していった．すると，ギリシャのソフィスト，インドの釈迦，中国の孔子をはじめとする諸子百家など，社会の片隅で学習と思索を専業として生きる人々が登場した．ストレス (社会的栄達や家族の世話) から解放された人々は，静かな環境のなかで，勤労と学習の禁欲生活を始め, 言葉を科学的概念として使うようになった. (図 5)

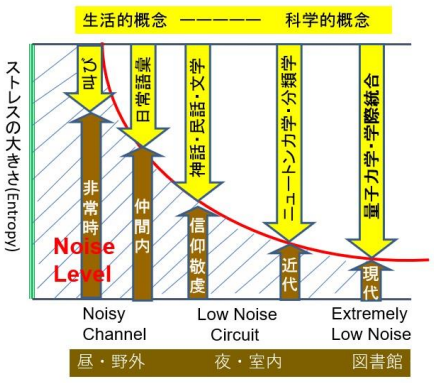


図 5　低雑音環境でダイナミックな思考が生まれる

概念とは何か, 何を概念と呼べばよいのか. 筆者は，概念は（演算が可能な）群であるとするのが適切ではないかと考える.

動物が**本能(DNA 情報)としてもっている反射**は，ある刺激が入力されると，あらかじめ決まっている行動が生まれる．パブロフの条件反射は，ベルやブザーなど条件刺激を，口の中への餌や毒性物質の投入と結びつけて構築された．同様にヒトは，ある言葉記号をそれと関連する個別の五官の記憶と結びつけて記憶を構築する．これらはすべて「A の入力があれば B をしなさい(If A then B)」という 1 対 1 の二元論理である.

これに対して，概念には，その言葉と結びつくすべ

ての要素を内包する，「A とは集合 A に属するすべての元のことである(1 対全)」とする論理が適用される．例えば「ラーメンの概念を打ち破った」というのは，「有史以来の全てのラーメンと違う」という意味である．概念は，数学的な群を構成する．ピアジェが群性体の要件を列挙し，その加法的操作と乗法的操作を論じたのは，**概念は群であるから**，**演算可能であり**，**演算結果が意味をもつ**と言いたかったからだ. [24] (表 2)

(I) 合成性 $x + x^1 = y;\ y + y^1 = z;$ etc.
(II) 可逆性 $y - x = x^1$ or $y - x^1 = x.$
(III) 連合性 $(x + x^1) + y^1 = x + (x^1 + y^1) = (z).$
(IV) 一般的同一操作性 $x - x = 0;\ y - y = 0;$ etc.
(V) 同義性、特殊同一性 $x + x = x;\ y + y = y;$ etc.

表 2　ピアジェが示す群性体の要件 [24]

また，ヴィゴツキーは概念を日常的概念と科学的概念に分け，後者を真の概念と呼ぶ. [23] 科学的概念は，これまで誰も言語化していなかった物質や現象を発見した科学者が，命名して生まれる．したがって，地動説がコペルニクス説と呼ばれ，遺伝がメンデルの法則と呼ばれるように科学者の名前と等価である．熱力学におけるエントロピーは，クラウジウスが導き出した概念であり，クラウジウスの論文にたちかえってそれが生まれてきた経緯を追体験すると理解できる．[25]

概念を理解することのむずかしさは，言葉としては同じように聞こえ操作できるのに，概念によって意味の複雑さの次元が異なることにある．子どもは成長にともなってより複雑な概念を扱えるようになる．成長とともに，思考操作能力は段階的に複雑化する．子どもが新しい総合化・一般化のやり方を学ぶとき，複雑さの次数がひとつ上がった概念を獲得する．

	次数	適用論理	結果・意味
反射記号	0	1 対 1（反射）	反射的行動
固有名詞	0	1 対 1（想起）	ある特定の人物
一般概念	1	1 対 1（想起）	五官記憶の総合化
一次論理	2	AND, OR	一般概念の二元操作, 類・関係
複雑概念	3	不定	個別科学の概念，相対座標
科学概念	4	1 対全（群）	学際的に共有できる，絶対座標

表 3　言葉・概念の複雑さ次数

4. で文法は，言葉にベクトルを付加して，言葉相互の関係を示し，言葉の意味を増減することだと示唆した．だとすれば言葉の複雑さは概念にある．とくに科学概念に習熟すれば，我々は言葉を正しく使いこなせるようにならないか.

たとえば，パブロフは「**生理学的にみて本能とよばれる反応も反射である**」と述べた．[26] 筆者ははじめこの表現を理解できなかったが，何度か読んだ後，「動物生態学者たちが**本能**とよぶ現象は，脳生理学が**反射**とよぶ現象と同じである」という意味だと理解した．本能も反射も表 3 の複雑次数 3 に属す個別科学分野の言葉であり，パブロフはその二つが同じ現象だと言ったのだ．おそらく**分子生物学が学際的な共通語を提供する**．そのメカニズムを分子レベルで明らかにすれば，学際的概念になるだろう．たとえば，本能も反射も「脳室内免疫細胞ネットワーク」(免疫細胞をモバイル進化した神経細胞ともいえるが) であるというように.

概念の意味の複雑化メカニズムを理解すれば，概念の混乱は収束し，学際研究が大きく進展するであろう．筆者が提示したのは仮説だが，仮説はそれがたとえ間違っていることが明らかになっても，別の仮説が姿を現すので，検証するに値する.

7. デジタル第三進化物理層：対話する音節の誕生

インターネットが普及して，パソコンやスマホ端末から，本や日用品や食材の買い物，飛行機やホテルの予約とチェックイン，銀行振り込み・口座残高確認などができるようになった．食べ慣れない食材をもらったときネット検索すれば簡単でおいしい調理法が手に入る．世界どこでも行きたいところを入力すれば，車や公共交通機関や徒歩での行き方とナビを得られる.

ほとんどの図書館が公開電子カタログ(OPAC)で蔵書リストを公開しており，一部は電子書籍として公開されているため閲覧もできる．学術論文もオンラインで入手できるほか，雑誌も新聞も徐々に紙媒体から電子媒体に移行しつつある．今年は新型コロナウィルスの影響で，多くの学会・研究会がオンライン開催となった．やってみると，意外にうまくいく．移動の時間と経費がかからなくなり，参加者は大いに助かった.

しかし，これほどインターネットが普及して生活が変わりつつあるのに，21 世紀の今，言語的人類が知能進化の第三段階を迎えているという認識はまだ十分共有されていない.「情報の貯蔵と伝達のために電子的な手段を使うこと」の影響は，「遺伝コードの起原あるいは言語の起原がもたらしたのと同じくらいに深いものがある」とメイナード・スミスはいう．[1] その深さが

どれくらいのものか，状況を整理してみたい．

そもそもインターネットは第二次世界大戦後の世界をイメージして，ヴァニヴァー・ブッシュが記憶拡張装置(MEMEX)を提案して始まった. [27] ブッシュは電気工学を専門とする学者で，第二次世界大戦では科学研究開発局(OSRD: Office of Scientific Research and Development)長官となり，戦争のための技術開発を指揮し，原爆開発のマンハッタン計画の責任者でもあった．戦争は学際的協力を必要とするから，科学も大いに進歩した．彼は，科学者が戦後も学際的研究を続けるための記憶拡張装置として MEMEX を提案した．それは研究者の机の上に専門分野に限らない学際的で有用な資料を次々にもってきて，最終的には直接脳内に送りこむ．自分の思考過程を記録したテープを配布すると，他の人たちがそれを共有できる．夢のシステムである．

MEMEX 構想の雑誌掲載は 1945 年 7 月だったが，アイデアに予算がついて研究開発が本格化するのは，1957 年に人工衛星を打ち上げたソ連に遅れをとった後で，国防省高等計画研究局(ARPA)を設立し，人工知能やネットワーク，パソコンにつながる研究開発が始まった．開発は主にカリフォルニアで行われ，1973 年にゼロックスのパロアルト研究所(PARC)で生まれたパソコンには，現在私達が使用しているほとんどすべてがあった：ディスプレー，マウス，ネットワーク機能，電子メール，ワープロと表計算ソフト，コピー&ペースト機能など．[28] 1989 年に欧州原子核研究機構(CERN)でインターネット上の文書提供システムである World Wide Web が開発され，1998 年には Google が生まれる．キーワードを投入すると，入手可能な関連言語情報の在り処を教えてくれる検索エンジンが登場して，言語的人類と有史以来の人類の知的営為の総体が容易にむすびつくようになった．真社会性の枠が広がって，全人類が力を合わせて，知能を共有し発展させる時がきたのかもしれない．

文字が生まれる前は，対面でしか話すことができなかった．文字があると，著者は自分の知識を未来や遠方の読者に伝えるために書くことができるが，後世の読者がそれを発見し出会うためには縁や運や根気が必要とされた．電子化のおかげで，読者はキーワード検索によって必要な資料とその在り処を簡単に見つけだせるようになった．電子情報がもつ対話性が，言語情報を一方向通信から双方向通信へと進化させたといえる．おかげで現代人は「**きわめて大量だが信頼性の保証がない言語情報**」を手にした．これをどのように活用するかについて，議論する必要がある．

8. デジタル第三進化論理層：独学・身体・信頼性

以下では，きわめて大量だが信頼性の保証がない言語情報を活用するための脳をつくるうえに役に立つと思える 3 つのことを議論したい．第一に学際的研究は明確な目的意識をもち，基本的に独学で行う必要がある，第二に，不随意メカニズムによって処理されている言語処理や知能構築を，随意に処理するために分子レベルの身体構造を理解し，それを活性化する必要がある. 第三に, 信頼性が不確かな言語情報を駆使して，著者を知り，本人の言葉であることを確認し，著者と一体化して内包する誤りを正すための手法である．

Ⅰ． フランスの分子生物学者フランソワ・ジャコブは，最晩年に書いた本のなかで「**20 世紀という科学的探究の世紀最大の発見は、わたしたちが自然についてじつは何も知らないということであろう．学べば学ぶほど，無知の大きさがわかってきた．（略）長い間，わたしたちは事物がどのように機能するかを知っていると称していた．しかしそれは単に，穴を塞ぐためにデタラメな話をしていたようなものである．**」と述べている．[29]

残念ながら分野科学の教科書の多くは，まだ無知やデタラメを正しきれていない．そのためある特定の分野で教育を受けると，前世紀の誤りも含めて相続してしまう．学派として相続を続けるために，誰もその誤りを指摘しないだけでなく，誤りを内包した研究成果だけが累々と蓄積されていく．学派に属すと，学派が相続した誤りを訂正する必要性を感じないばかりか，誤りを自分の研究の基盤として取り込むことになる．

この弊を免れるには独学がよい.「**これからは自ら学び，自分で考えを深めていくことが求められる**」ので，「独学は，これからの学び方の基本」になる．[30] 詳しいノウハウは通信制大学出身で東大教授になった柳川範之の著作にわかりやすく書いている．独学は効率がよく，自分で考えるくせがつき，答えのない問いに対応できる．専門書の著者とけんかしながら読み，学んだ結果を熟成させ，アウトプットして人に伝えると学びはさらに深まる．

独学が独善に陥らないようにするためには，できるだけ早い時点で良い専門書と出会うことが必要になる．筆者の場合，職場の近くに東大・本郷キャンパスがあ

り，総合図書館と各学部学科の図書館に足繁く通った．

アウトプットも専門知識をもっている人の前で行えば，自分の知らないことを教えてもらえるほか，思いもしなかった質問を受け，発想が広がる．筆者の場合，情報処理学会と電子情報通信学会の研究会に参加した．研究会の趣旨と多少なりとも関連したタイトルで申し込み，受け付けてもらえたら期日までに予稿論文を提出する．発表当日はできるだけわかりやすいスライドを用意して発表し，質問が生まれやすくする．研究会は自分の研究が正しい方向に進んでいることを確かめ，考察内容に誤りがあれば訂正し，まだ参照していない文献を指摘してもらい，先につなぐためのものである．質問やコメントで自分の知らない研究者の名前が出てきたら，すぐにその人の著作に目を通すといい．

Ⅱ． 精神機能の脳室局在論がヘレニズム時代から18 世紀終わりころまで一般に信じられていた．現代科学はそこにある水溶液と細胞とその分子構造まで解明している．「脳を含む中枢神経系は中腔性の神経管から形成される．... 脳室は脊椎動物の脳に特徴的な構造である．... 脳室は脳脊髄液で満たされている．脳脊髄液は弱アルカリ性の透明な水溶液である．この液は脈絡叢で作られ脳室を満たし，中枢神経系を循環し，最終的には第四脳室の菱脳正中口と菱脳外側口よりクモ膜下腔に達し，静脈系統で吸収される．... 脳室の脳脊髄液との接触面は上衣細胞に覆われている．この上衣細胞の間には脳脊髄液接触ニューロンと呼ばれる神経細胞が存在する．脳脊髄液接触ニューロンとは，脳室に沿って局在する双極性の神経細胞で，一方のノブ状の突起を第三脳室に突き出し，もう一方の突起は軸索として複雑な神経網を形成している．脳脊髄液接触ニューロンの脳室側の突起の尖端には繊毛が見られる．この繊毛の微小管構造は 9x2+0 の構造をしており，感覚性の細胞であることが示唆されているが，その機能に関しては不明である． ... 脳室内へ達する何らかの因子を受容し，より高次機能の調節に関与していることが考えられる．」[31]

表 1 に示すように，我々が新しい言葉の記憶を獲得するとは，脳室壁に脳脊髄液接触ニューロンの突起が構築され，この突起を鍵として鍵穴のように特異的に結合する抗体分子をもつ B リンパ球が脳室内で成熟することのようだ．言葉の意味をうけもつマイクログリア細胞は，同じ突起を細胞膜上に示して，海馬で五官記憶を記銘して成熟し，大脳皮質上に移動する．

たとえば「iPS 細胞」や「STAP 細胞」という科学用語をはじめて聞くとき，まったく興味を感じず，その言葉の記憶を獲得することなど思いもよらないが，ニュース番組などで繰り返し耳にするといつの間にか脳内に言葉の記憶が構築される．その言葉のための抗原や抗体をもつ免疫細胞が構築されるからであろう．記憶が構築されれば，自分でも口にできるようになる．しかし iPS や STAP が何の略語であるかは言えず，研究者の顔と名前が思い浮かぶ程度である．[32]

脊髄反射のメカニズムは，不随意に構築される記憶ベースの反射である．自分がすでに知っていることは聞こえるが，まだ知らないことは耳に入らない．また入力された情報の真偽を確かめるまえに反射がおきる．自己中心的であり，自分の構築した知識が正しいかどうかを自己診断できないのに，自分が正しいと思う．記号単位で作用するため，複雑なシステムを考えることは苦手．生存を優先するあまり，動物的本能に屈して知識の真実性を軽んじる場合がある．自己充足的で，自分の生活が快適であれば特に外部に知的刺激を求めないし，知識の多寡にかかわらず自分は十分な知識をもっていると思い込みがちである．科学的概念は本や論文を読んで，丁寧に考え理解することによってその意味を記憶のネットワークとして自分の意識上に構築し，研究を発展させる必要があるのに，研究者の顔や名前と結びつけたところで満足してしまう．[33]

しかし「iPS 細胞」や「STAP 細胞」は，科学的概念として取り扱わなければならない．そのためには，本稿で分析してきた複雑な言語処理や知能構築のメカニズムを理解し，脊髄反射の制約を乗り越える必要がある．われわれホモサピエンスは，知的野生生物であることを自覚して，全身を問いとし，自分の身体を感覚器官とし，現場に飛び込み，未知なるものや矛盾にみちた不安定な環境に，全身の神経を活性化して立ち向かうのだ．外界に対する知的好奇心を常にもち，言葉を吟味して真意を見抜き，人類共有知を高めるのだ．矛盾や誤魔化しなどアレッと思うことを放置せず，その都度深く考えてそれと一体化する．

Ⅲ．インターネット上で得られる「きわめて大量だが信頼性の保証がない言語情報」の信頼性を高めて活用するには，デジタル通信の「前方誤り訂正」(Forward Error Correction)の手法が参考になる．[34][35][36]

言語情報を入手したとき，まずその言葉が誰の言葉であるかを確かめる．著者はどのような人物か．自分の言葉に対する責任を感じているか．どんな状況でその言葉を生みだしたか，その前後にどのようなことを

語っているか．インタヴューやオーラルヒストリーの語り口は誠実か．手稿は残っているか．どんな手稿か．そして，著者生存中に著者校正を経て出版された本人の本や論文か，引用された他の著者の言葉か．

やっかいなのは，著者没後に著者の名前で出版された偽書や著作に加えられた改ざんであり，著作や業績が不当に隠蔽されるときである．これらはなかなか見破れない．偽書や改ざんは著者の著作相互での矛盾を生みだす．本来言語情報に矛盾はあってはならないので，読者は著者の全著作を読むことで異物を識別し排除するのがよい．たとえば，道元(1200-1253)は弟子たちの裏切りを予見していて，正法眼蔵の 75 巻に連番を振り，それぞれいつどこで示されたかを奥書に記録し，そのことを詩のなかで示唆した．[37][38] 奥書を尊重すれば，没後に混入した偽書や改ざんを容易に判別できるが，残念なことに道元専門家ですら全著作を読まず，偽書を本人の著作として受け入れている．

これらのことを確認して，言葉を著者の分身として扱えると，言葉の背後にある，表現者の見た現実を復元できるようになる．もしその言葉が引用されたものであれば，引用元の著作を参考にする．インターネットのおかげで，言語情報の追跡可能性（トレーサビリティ）が向上した．著者が読んだのと同じ文献を自分でも読むことが可能になった．

本や論文を書くうえで，実験や観察で知り得たことを読者に正確に伝えるための厳しいルールがある．読者はルールにしたがって段階的に著者の言葉を追跡することで，表現を生みだした事実を仮想現実的に確かめられる．複雑かつ精密な生命体の生殖活動は，単細胞の卵子のなかに精子が侵入し，細胞分裂を繰り返して一個の生命体になる．それと同様に，科学的な考え方や概念を学ぶにあたっても，もっとも基本的なところから段階を追って考えを深めていくと正しい理解がえられ，万一著者になんらかの誤りがあったとしても，それを乗り越えることができるのではないだろうか．

このような第三進化論理層における 3 つのこと（1. 自分の頭で考えること，2. すべてに正面から全身で取り組む，3. 基本にもどって段階的に概念の再構築を行う）を実践した一例をあげたい．

筆者は2015年3月に米国ワシントンDCにある米国議会図書館の手稿閲覧部を訪れ，ノイマン資料の中に1949 年 12 月にイリノイ大学で行った 5 回の連続講演のタイプ打ち原稿をみつけた．イリノイ大学出版局から早く出版したいという催促の手紙もあったが，ノイマンはこの原稿を出版させなかった．講演の内容は「自己増殖オートマトンの理論」の中で短縮し書き改めて出版されている．[39] タイプ原稿では，ノイマンはエントロピー概念について，マックスウェル流の説明に即して情報量としている．しかしこの部分は削除され，代わりにノイマンは講演にはなかった言葉を大々的に付け足した．「**もし情報理論というものが見つけられたときには，それはすでに存在している 2 つの理論と似たものだろう．それは形式論理学と熱力学である．情報理論という新しい理論が形式論理学のようなものであることは驚くに値しない．しかし，それが熱力学と共通のものをたくさんもつことは驚くべきことである**」[40] ノイマンは自分の講演内容の誤りに気づいて，出版に際して自力で誤り訂正したようだ．

知能が脊髄反射にもとづいているために，我々は自分の思っていることと違う意見に遭遇すると否定するか無視する傾向にある．異説や異論に出会ったら，自分の考えを，もっとも基本的なところから詳細に吟味して，構築しなおす必要があるのではないか．検索エンジンを活用すれば，それが容易にできる．誰でも自分で誤り訂正できる時代になった．

9. 終わりに：人類はひとつの知的生命体

現生人類が生まれたクラシーズ洞窟第 3 号は，海抜 20m の砂岩層に穿たれた巨大な海蝕洞窟で，西に開口していて，大海原に沈む夕日が眺められる．初めてそこを訪れた時，こんなきれいな洞窟で現生人類が生まれたのなら，すばらしい生き物に違いないと思った．ここで喉頭降下がおきて，音節を獲得したことで知能のデジタル進化が始まった記憶を，すべての人類が共有するとよい．

音節の獲得，文字の発明，電子化と言語の発展をたどってきた人類は，今最終進化の時を迎えている．しかし残念ながら我々はまだ正しい進化の方向や手法を明らかにできていない．

テレビでみた悪役の俳優に「死ね」とメッセージを送りつけることや，人の言葉を真偽を確かめることなく真に受けて，自分の言葉として拡散することは，知的な行為とは言いがたい．地球上で唯一，言語を獲得した知的野生生物であるのに，言葉の使い方を間違えている．

一般にヒトは，自分の間違いの指摘を受けると，自

分を顧みて過ちかどうか確かめることが大事なのに，相手を否定するか無視する傾向にある．これは脊髄反射回路を使って知能構築していることの弊害と，知能よりも面子や利益が優先されるためである．

テレビや雑誌は，人々の知的好奇心を刺激して人類共有知へと誘うのとは反対に，ゴシップやセンセーショナルな話題ばかり伝える．これはプルタルコスも批判した有史以来の問題である．**「われわれの心には生まれながらにして，学ぶことを好み見ることを好む性向があるわけだが，その性向を，まじめに打ち込む値打ちのない見物，聞き物に差し向けて，立派で有益なことをなおざりにしてしまう」**ことを咎める必要がある．**「われわれはみな，理性をはたらかせようと欲するならば，自分にとって善しと思えるものに向かって，きわめて容易に転ずることができるように生まれついている．（略）明るい色，気分のいい色が，目に養分を与えて生き生きとさせるように，われわれの思考力にも，気分のいい観察の結果を与えて，その持ち前の善に及ぶような，そういう対象を与えるべきである．」**[41]

言語的人類は真社会性動物として知能を発展させてきた．人類はひとつの知能共同体を生みだしていることを自覚して，言葉の正しい使い方を身につけ，知的好奇心を活性化して，世界を歩き，雑音から身を遠ざけて，ネット検索と書物から得られる過去の人の知的営為を誤り訂正しつつ自分の意識の一部として受け継ぐべき時である．今我々はそれができる時代にいる．

文献

[1] メイナード・スミス，サトマーリ，（2001）生命進化 8 つの謎, 朝日新聞社.
[2] Noll, H. (2003) The Digital Origin of Human Language - a Synthesis, BioEssays 25:489-500
[3] Jerne, N.K. (1974) Toward a Network Theory of Immune System, Ann Immunol (Paris). 125C(1-2) :373-89
[4] Jerne, N.K. (1984) The Generative Grammar of the Immune System (The Nobel Lecture)
[5] ノイマン(1970), "人工頭脳と自己増殖", 世界の名著 66 現代の科学 2 中央公論新社
[6] 得丸(2010) ヒト話し言葉デジタル通信システム研究の学際的性質概観と，発話と聞き取りを結びつけるエントロピー利得（情報理論）について，情報処理学会研究報告 Vol. 2010-CH-88 No.5
[7] 島泰三，はだかの起原，木楽舎，2004
[8] Singer, R. Wymer, J.(1982) The Middle Stone Age at Klasies River Mouth in South Africa Chicago Univ.Press, U.S.A.
[9] Deacon, H.J., & Deacon, J. (1999) Human beginnings in South Africa: uncovering the secrets of the Stone Age Cape Town, S. Africa Altamira Press
[10] Tokumaru, K.(2008), Inside-Cave Evolution Hypothesis of Modern Human. (OP4-15), 10th JSES 日本進化学会大会
[11] Pepper W.J., Braude S.H., Lacey E.A., Sherman P.W.(1991) "Vocalization of the Naked Mole-Rat", in Alexander RD et al The Biology of the Naked Mole-Rat, Princeton Univ.
[12] Chiba, T. , Kajiyama, M. (1941) The Vowel Its Nature and Structure, Tokyo Kaiseikan Publishing
[13] 得丸 真社会性と音素共有 ヒトの言語獲得におけるミッシングリンク 信学技報 HCS2020 (印刷中)
[14] Deagling, D.J. (2012) The Human Mandible and the Origins of Speech, J. of Anthropology 2:1-14
[15] ポルトマン, A.(1961) 人間はどこまで動物か――新しい人間像のために，岩波書店
[16] Martin, R.D. (1990) Primate origins and evolution: a phylogenetic reconstruction Princeton Univ. Press
[17] ウィルソン, E.O. 人類はどこから来て，どこへ行くのか, 斉藤隆央訳，化学同人，2013 年
[18] Ambrose, S. (1998). Late Pleistocene human population bottlenecks, volcanic winter, and the differentiation of modern humans. J Human Evol 34: 623-651.
[19] ルーニー (2014) 医学は歴史をどう変えてきたか 古代の癒やしから近代医学の奇跡まで，立木勝訳，東京書籍
[20] 時実利彦 (1988) 心と脳のしくみ，講談社
[21] 得丸 (2014) 母語のモノラル聴覚と文法処理-例外としてのピダハン，情処研究報告 2014NL-219No.23
[22] Taylor, F.B., (1910) Bearing of the Tertiary mountain belt on the origin of the earth's plan, Bulletin of the Geological Society of America, 21:179-226
[23] ヴィゴツキー (1962) 思考と言語，柴田義松訳，明治図書
[24] クラウジウス(2013)八木江里監訳, エントロピーの起源としての力学的熱理論 クラウジウス熱理論 論文集，東海大学出版部
[25] ピアジェ (1967) 知能の心理学，みすず書房
[26] パブロフ(1927) 大脳半球の働きについて- 条件反射学, 川村浩訳,岩波文庫 1975
[27] ブッシュ（1945）考えてみるに，山形浩生訳
[28] マルコフ パソコン創世「第 3 の神話」カウンターカルチャーが育んだ夢，NTT 出版，2007
[29] ジャコブ(2000)，ハエ，マウス，ヒト 生物学者による未来への証言，原章二訳，みすず書房
[30] 柳川範之(2017) 東大教授が教える独学勉強法，草思社
[31] 保 智己他 (2006) 脳室の感覚器官：室傍器官―室傍器官と下垂体との関係―，比較生理生化学会誌 23:143-152
[32] 得丸(2020)科学論文を読むためのセンシング技術～真理を伝える言葉を感知する，信学技報 SeMI2020-15
[33] 得丸(2020) 言語的人類のデジタル第三進化にどう対応するか～ 概念のための群論と前方誤り訂正，信学技報 IBISML2020-2
[34] 得丸 (2018) 言語情報の前方誤り訂正（デジタル言語学）～著者の有責性と無責性による誤りの区分，信学技報 LOIS2018-16
[35] 得丸 (2020) 知能の情報理論～言語情報の前方誤り訂正 信学技報 RECONF2020-11
[36] 得丸 (2020) ハイブリッドデジタル進化仮説～インターネットと脳内メカニズムを統合して言語情報の信頼性を高める 信学技報 R2020-6
[37] 得丸 (2017) 道元を読み解く，冨山房インター
[38] 得丸 (2018) 道元(1200-1253)が正法眼蔵と道元和尚廣録に施した誤り訂正符号 信学技報 COMP2018-9
[39] 得丸 (2015) 情報理論におけるエントロピーと蓋然性, 信学技報 OME2015-23
[40] ノイマン (1975)自己増殖オートマトンの理論, 岩波書店
[41] プルタルコス 英雄伝 2 ペリクレス，柳沼重剛訳，京都大学学術出版会，2007

多重知能理論アンケート調査にもとづく学生のふりかえり
Students' Retrospective Self-evaluation on the basis of the Theory of Multiple Intelligences

森下 美和[1]，有賀 三夏[2]，阪井 和男[3]，富田 英司[4]，原田 康也[5]
Miwa MORISHITA, Minatsu ARIGA, Kazuo SAKAI, Eiji TOMIDA, Yasunari HARADA
[1] 神戸学院大学，[2] 東北芸術工科大学，[3] 明治大学，[4] 愛媛大学，[5] 早稲田大学
Kobe Gakuin University, Tohoku University of Art and Design, Meiji University, Ehime University, Waseda University
miwa@gc.kobegakuin.ac.jp, ariga.minatsu@aga.tuad.ac.jp, sakai@meiji.ac.jp, tomida@ehime-u.ac.jp, harada@waseda.jp

Abstract
In this study, we analyze undergraduate students' responses and reflective comments given to two related but independently compiled questionnaires that aim to measure or assess participants' own evaluation on various aspects of their mental traits and capacity. One is based on the theory of multiple intelligences (Gardner, 1983), and its responses were compared against the results of TIPI-J (Ten Item Personality Inventory <Japanese version>).

Keywords — Multiple Intelligence, Reflection, Big Five, TIPI-J, Questionnaire

1. はじめに

大学生活における留学，ゼミ，インターンシップ，ボランティアなどの活動は，学習ならびに日常生活における行動変容をもたらすと予想できるが，これらについての調査は発展段階にあり，認知科学的な観点からの検証が必要である（森下・有賀・原田・阪井・富田，2018）.

本稿では，多重知能理論にもとづく多重知能分析シートならびに Big Five にもとづく TIPI-J（日本語版 Ten Item Personality Inventory ; 小塩・阿部・カトローニ，2012）を使用したアンケート調査およびそれらの相関分析の結果について報告する.

2. 多重知能理論

第一著者は，2015 年度に新設された所属学部の海外留学業務を担当している．英語コースでは，3 年次の前期に授業の一環としてセメスター留学を実施しており，基本的に全学生が対象となっている．学生の留学前後の変化を知るため，2016 年度から，多重知能理論にもとづくアンケート調査を行ってきた．当初は，ハーバード大学教授のハワード・ガードナー氏による 8 つの多重知能（表 1 ; 阪井，2018）にもとづいて考案された，各知能に関連した 5 つの質問（合計 40 問）を含む質問票（表 2 ; 阪井・有賀・村山・戸田・大島，2016）を使用した.

表 1　8 つの多重知能（阪井，2018）

多重知能	内容
言語的知能	話しことば・書きことばへの感受性，言語学習・運用能力など
論理数学的知能	問題を論理的に分析したり，数学的な操作をしたり，問題を科学的に究明する能力
音楽的知能	リズムや音程・和音・音色の識別，音楽演奏や作曲・鑑賞のスキル
身体運動的知能	体全体や身体部位を問題解決や創造のために使う能力
空間的知能	空間のパターンを認識して操作する能力
対人的知能	他人の意図や動機・欲求を理解して，他人とうまくやっていく能力
内省的知能	自分自身を理解して，自己の作業モデルを用いて自分の生活を統制する能力
博物的知能	自然や人工物の種類を識別する能力

表 2　多重知能の質問票（阪井ら，2016）

#	質問	知能
1	ものごとを文章で書きあらわすのが苦手だ	言語
2	計算が得意だ	論理数学
3	身近な人の髪型や家具の位置の変化など，外見的なちょっとした変化をいち早く見つけることができる	空間
4	平均台や竹馬など，バランスをとるスポーツが苦手だ	身体運動
5	歌を歌ったり，楽器を弾いたりするのが得意だ	音楽
6	顔や態度を見て，その人の今の気分が分かる	対人
7	やると決めたことを，1 人でやりとげることができる	内省
8	動物と一緒に遊んだり，世話をしたりするのが得意だ	博物
9	家で本や新聞を読む	言語
10	不思議なことや疑問に思うことがあれば，それについて，もっとよく知りたい	論理数学

	と思う	
11	地図を見て，目的地までのもっとも近い道順を見つけるのが得意だ	空間
12	じっとしているよりも，体を動かす方が好きだ	身体運動
13	楽譜を読める	音楽
14	1 対 1 で何かを教えたり，相談にのったりするのが得意だ	対人
15	人の意見に左右されず，ものごとを自分の考えで決めることができる	内省
16	動植物や昆虫や魚などの名前をたくさん知っている	博物
17	話したり，図を使ったりするより，メールや手紙などの文章を書いた方が自分の気持ちを伝えやすい	言語
18	はじめて使う道具をすぐに使いこなすことができる	論理数学
19	図やグラフや絵を描くと，考えていることをまとめやすい	空間
20	夢中になれるスポーツがある	身体運動
21	オーケストラなど，同時に多くの楽器が鳴っている音楽を聴いて，どのような楽器が使われているかが分かる	音楽
22	キャプテンや学級委員長などチームリーダーに向いていないと思う	対人
23	何か嫌なことがあっても，怒りや悲しみの感情をおさえることができる	内省
24	昆虫や石，植物など，自然界のものを集めるのが好きだ	博物
25	新しい言葉，ことわざ，四字熟語などを覚えるのが好きだ	言語
26	説明書を見ながらプラモデルや家具や電化製品などを組み立てることが得意だ	論理数学
27	きれいな絵や写真を観賞するのが好きだ	空間
28	新しく始めたスポーツにも，すぐに慣れることができる	身体運動
29	初めて聴く曲のメロディーをすぐに覚えられる	音楽
30	怒っているのか，喜んでいるのかなど，相手の気持ちに合わせた会話ができる	対人
31	自分で目標を立て，その通りに実行することができる	内省
32	家で動物や植物，昆虫などを自分が中心となって育てている	博物
33	読書感想文や話を聞いて文章にまとめることが得意だ	言語
34	いろんな機械を分解して，どのようにして動いているのかを知りたいと思う	論理数学
35	机やイスや家が，上や下，横からなど，ほかの場所からどのように見えるのか，思い浮かべることができる	空間
36	自分は指先が器用だ	身体運動
37	何度もくり返して聴くお気に入りの曲がある	音楽
38	友達や家族を楽しませるのが得意だ	対人
39	我慢しないといけない時は最後まで我慢できる	内省
40	季節ごとに咲く花，食べられる食材，見える星や雲などをよく知っている	博物

表 2 の各設問における選択肢はすべて 4 択で，設問ごとに，「まったく苦手ではない・あまり苦手ではない・少し苦手だ・とても苦手だ」「とても得意だ・まあまあ得意だ・あまり得意ではない・まったく得意ではない」「良くできる・まあまあできる・あまりできない・まったくできない」などと個別に設定されている．

2018 年度からは，留学前後のアンケート調査の内容を多重知能理論から Big Five（TIPI-J；小塩・阿部・カトローニ，2012）に変更したが，それ以降もレーダーチャートで各項目の 4 段階の自己評価を行うシンプルなタイプの多重知能分析シート（図 1；阪井，2018）を使用し，主に第一著者のゼミ生を対象に，大学生活における変化を定期的に調査している．

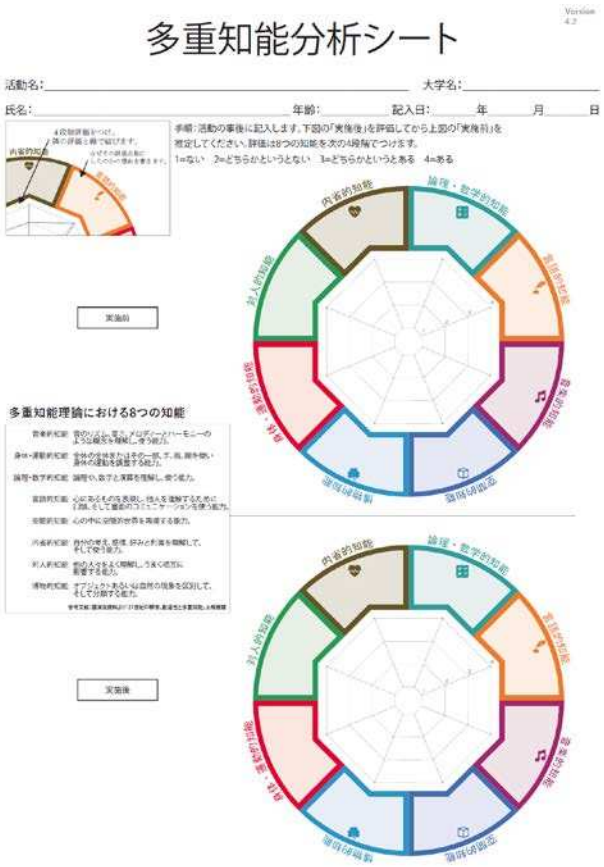


図 1　多重知能分析シート（阪井，2018）

いずれも 4 件法ではあるが，多重知能の質問票では，各知能を具体的な例に書き換えているため，あまり考え込まずに直感で答えやすくなっている．一方，多重知能分析シートでは，シートの端に書かれた説明を参考に各知能について理解したうえで，自身のレベルに 4 段階評価（1＝ない，2＝どちらかというとない，3＝どちらかというとある，4＝ある）をつける必要がある．各評価の点どうしを線で結び，さらにレーダーチャートの外側にあるスペースに，各評価の理由を書き込むようにも指示されている．

3. 先行研究

森下・有賀・原田・阪井・富田（2018）は，2017 年度の 3 年次生（第 1 期生）のセメスター留学の前後に実施した，多重知能理論および対人ストレッサー尺度（高橋，2013）にもとづく 2 種類のアンケート調査について報告した．有効回答者数は 80 名であった．多重知能理論にもとづくアンケート調査では，t 検定の結果，言語的知能のみに有意水準 0.1%で統計的な有意差が見られた．阪井・有賀・高野（2016）は，正課外活動においては，言語的知能に加え，対人的知能や内省的知能も活性化すると報告しているが，森下・有賀・原田・阪井・富田（2018）における留学では，これらを活性化させる場づくりのないまま，言語的知能だけを活性化させていた可能性が示唆された．

森下（2019 年 1 月）では，2018 年度にセメスター留学に参加した 14 名のゼミ生（第 2 期生）を対象に，留学の前後で，多重知能分析シートで調査を行ったところ，言語的・対人的知能で有意差，空間的・内省的知能で有意傾向が見られ，森下・有賀・原田・阪井・富田（2018）よりも全体として有意差が大きかった．

森下（2019 年 12 月）では，11 名のゼミ生（第 4 期生）を対象に，2 年次の 1 年間のゼミ活動について，2019 年 4 月と 12 月に多重知能分析シートで調査を行った．4 月のシート（現状）と 12 月のシート（ふりかえり）間で，4 月の評価についての有意差は見られなかったため，12 月のシートを使って 4 月をふりかえった評価と 12 月の評価で t 検定を行った．その結果，言語的知能（0.1%），対人的知能（1%），内省的知能（5%）で有意差，空間的知能で有意傾向がそれぞれ認められた．

言語を専攻する学生を対象としているせいか，上記のすべての調査において言語的知能に有意差が見られたが，それ以外の知能については，森下・有賀・原田・阪井・富田（2018）では有意差が見られなかった．一方，森下（2019 年 1 月）および森下（2019 年 12 月）では，評価の対象となっている活動内容は異なる（留学 vs ゼミ活動）ものの，いずれも言語的知能以外に対人的・内省的・空間的知能で有意差または有意傾向が見られた．対象となる学生・学年・人数が異なることもあるが，調査方法（表 2：多重知能の質問票 vs 図 1：多重知能分析シート）の違いが結果に大きく影響した可能性がある．

森下（2019 年 1 月）では，3 年次生がセメスター留学をふりかえった．有意差の見られた各知能の評価の理由として，言語的知能では，「日本人以外と会話をすることによってより内容を考えた」「特に英語で表現する力が前よりも身についた」，対人的知能では，「いろいろな国の人々と関わり，違いを理解した」「外国人と出会い，1 人 1 人コミュニケーションの取り方が違うと分かった」「言語が違う中，相手の思っていることを考えて，理解するようにした」，内省的知能では，「自分の考えをはっきり口にするようになった」「外国の方とコミュニケーションを取る上で改めて自分について考えた」などのコメントが見られた．

森下（2019 年 12 月）では，2 年次生が 1 年間のゼミ活動をふりかえった．言語的知能では，「人見知りだったが，自分の思いを伝えられるようになった」「コミュニケーションが苦手だったが，うまくできるようになった」，対人的知能では，「他人が何を考えているのか理解できるようになった」「集団行動ができるようになった」「ゼミを通してたくさんの人と関わった」，内省的知能では，「過去のことを反省するようになった」「あまり自分自身のことが分からなかったが，自分の好き嫌いを区別できるようになった」「情緒不安定だったが，安定するようになった」などのコメントが見られた．

このように，森下（2019 年 1 月）および 森下（2019 年 12 月）では，評価については似通っていたものの，コメントにはかなりの違いが見られた．学年の違いもあるだろうが，留学経験を経た 3 年次生の場合，海外で生活したことで大きく成長した様子がうかがえる．

多重知能分析シートには，具体的な「活動名」を書く欄があり，「ふりかえり」に焦点を当てている点も，現状について回答するだけの多重知能の質問票とは異なっている．また，このシートの最大の特徴は，「手順」の説明にあるように，「活動の事後に記入します．下図の「実施後」を評価してから上図の「実施前」を推定してください」という点である．そのため，事実上 1

回の調査で，事前・事後の変化が見られるということになる.

4. アンケート調査

4.1 googleform 版多重知能分析シート

現状の多重知能分析シート（図 1）は手書きであり，学生が書き込むのにも，教員が分析するのにも時間と労力がかかる. そのため, 新たに googleform で作成し，オンライン上で回答させることとした.

多重知能分析シートを使用する際，回答の仕方についての質問をされたり，誤った方法で回答する学生が少なからず見られた．オンライン上で実施するにあたっては，スムーズに回答してもらえるような分かりやすい解説を入れておく必要がある．そこで，インストラクションには，「活動の実施後に，言語，論理数学，音楽，身体運動，空間，対人，内省，博物の 8 つの知能を 4 段階で評価します．各知能についての説明をよく読み，「実施後」（1 から 8）の評価をしてから「実施前」（9 から 16）の評価を推定してください．上から順番に飛ばさずに回答してください.」という手順を記載した．各評価のあとにその理由を書く欄も設けた．各知能についての説明は，大西（2019）をもとに，直感的に分かりやすくなるようにオリジナルの多重知能分析シートを修正した（表 3）.

表 3 8 つの多重知能（大西，2019）

多重知能	内容
言語的知能	言葉への感受性，言語を学び用いる能力
論理数学的知能	論理的分析，数学的操作，科学的究明の能力
音楽的知能	音楽的パターンの演奏や作曲，鑑賞のスキル
身体運動的知能	体全体や身体部位を使う能力
空間的知能	空間のパターンを認識して操作する能力
対人的知能	意図や欲求を理解し，他人とうまくやっていく能力
内省的知能	自分自身を理解する能力
博物的知能	自然や人工物の種類を見分け分類する能力

2019 年度入学の第 5 期生のうち，14 名のゼミ生を対象に, 入学時からの 1 年間の大学生活について, 2020 年 5 月に多重知能分析シートの googleform 版で調査を行った．有意水準 5%で両側検定の t 検定を行い，効果量を調べたところ，以下の数値が得られた（表 4）.

表 4 googleform 版多重知能分析シートの分析結果

(* p<.05)

多重知能	p 値	t 値	r 値	めやす
言語的知能	1.3E-02	2.86*	0.62	大
論理数学的知能	3.9E-01	0.90	0.24	小
音楽的知能	0.3356	1.00	0.27	小
身体運動的知能	0.7202	0.37	0.10	小
空間的知能	6.7E-01	0.43	0.12	小
対人的知能	1.3E-02	2.86*	0.62	大
内省的知能	1.3E-02	2.88*	0.62	大
博物的知能	1.0E-01	1.75	0.44	中

googleform 版多重知能分析シートでは，コメント欄のスペースが広いせいか，概してコメントの量が紙のシートに比べて多かった．有意差の見られた各知能の評価の理由として，言語的知能では，「新しいことを学び，すぐその後に使う機会が多くあったから」「まだまだ語学力がない分いろんなことを吸収できるし，単語力は少ないが，その中でもその単語を使って話すことができると思うから」「アルバイトで外国人のお客様に接客する時，授業などを思い出しながら英語を使って対応できたから」，対人的知能では，「大学生活で，他学部や留学生など今までコミュニケーションをとったことのない人と話すことができるようになったから」「大学に入り，自分の意見を言葉にする人とたくさん出会って，その人を理解しようとしたから」，内省的知能では，「自分の弱い部分や強みを知る機会が多くあったから」「大学に入って自分について考える事が多くなり，自分を理解しようと考える事が多くあったから」などのコメントが見られた.

全体として, 森下（2019 年 1 月）および 森下（2019 年 12 月）と同じような傾向が見られたことから，大学生活で取り組む活動は，その具体的な内容（留学，ゼミ活動など）にかかわらず，対人的知能，内省的知能を大きく伸ばす可能性があり，さらに対象とする学生の専攻が外国語（英語）であることから，言語的知能も同様に伸びたことが考えられる.

4.2 TIPI-J

Big Five とは，人の性格が 5 つの独立した要素（開放性：Openness to experience，誠実性：

Conscientiousness，外向性：Extraversion，協調性：Agreeableness，神経症的傾向：Neuroticism）の組み合わせから成り立つことを説明した理論で，それらの強弱が人によって違うため，人の性格や行動に違いが出ると考えられている（Goldberg, 1990）. 小塩・阿部・カトローニ（2012）は, Big Five の 5 特性を 10 項目で測定した Ten Item Personality Inventory（TIPI; Gosling, Rentfrow, & Swann, 2003）をもとに, 日本語版の TIPI-J を作成し，信頼性と妥当性を検討した（表 5）．インストラクションの内容は，以下の通りであった.

1 から 10 までのことばがあなた自身にどのくらい当てはまるかについて，「まったく違うと思う」「おおよそ違うと思う」「少し違うと思う」「どちらでもない」「少しそう思う」「まあまあそう思う」「強くそう思う」の中からもっとも適切な一つにチェックをつけてください．文章全体を総合的に見て，自分にどれだけ当てはまるかを評価してください.

表 5　TIPI-J（小塩ら，2012）

#	質問	特性
1	私は自分のことを，活発で，外向的だと思う	外向性
2	私は自分のことを，他人に不満をもち，もめごとを起こしやすいと思う	協調性 R
3	私は自分のことを，しっかりしていて，自分に厳しいと思う	勤勉性
4	私は自分のことを，心配性で，うろたえやすいと思う	神経症傾向
5	私は自分のことを，新しいことが好きで，変わった考えをもつと思う	開放性
6	私は自分のことを，ひかえめで，おとなしいと思う	外向性 R
7	私は自分のことを，人に気をつかう，やさしい人間だと思う	協調性
8	私は自分のことを，だらしなく，うっかりしていると思う	勤勉性 R
9	私は自分のことを，冷静で，気分が安定していると思う	神経症傾向 R
10	私は自分のことを，発想力に欠け た，平凡な人間だと思う	開放性 R

注：特性列の‘R’は逆転項目を示す.

2019 年度のセメスター留学（第 3 期生）からは，多重知能の質問票の代わりに，Big Five にもとづく TIPI-J を使用している．そのため，留学前後にこれら 2 種類のアンケート調査を同時に行ってはいないが，ゼミ生（2〜4 年次生，各 15 名程度）には別途，多重知能分析シート（図 1）での調査を定期的に実施してきた.

本稿では，第 5 期生を対象に，パイロット調査として 1 年次に実施した TIPI-J の結果を分析した．googleform 版多重知能分析シートの結果と比較するため, ゼミ生 14 名のデータのみ抽出して分析したところ, 表 6 のような結果となった.

表 6　TIPI-J の分析結果

特性	平均値	標準偏差	中央値
外交性	10.6	2.7	11
協調性	10.6	2.0	10.5
勤勉性	8.4	2.7	9
神経症的傾向	9.1	1.4	9
開放性	9.6	2.3	10

4.3 多重知能と TIPI-J の相関分析

14 名のゼミ生のデータについて，さらに多重知能と TIPI-J の相関分析を行った．強い正の相関または強い負の相関が見られた項目について，表 7 にまとめる.

表 7　強い正または負の相関が見られた項目

強い正の相関			
TIPI-J	**多重知能**	**対象項目**	***r* 値**
外向性	論理数学的知能	場	0.57
外向性	対人的知能	事前	0.54
協調性	論理数学的知能	事前, 事後	0.63, 0.56
開放性	言語的知能	場	0.58
開放性	身体・運動的知能	事前	0.58
強い負の相関			
TIPI-J	**多重知能**	**対象項目**	***r* 値**
協調性	博物的知能	事前	-0.51
神経症的傾向	博物的知能	場	-0.51
神経症的傾向	対人的知能	場	-0.78

神経症的傾向	論理的知能	事前	-0.53
開放性	言語的知能	事前	-0.59

TIPI-J，多重知能分析ともに 1 回のみの実施であったが，後者では活動（1 年間の大学生活）をふりかえった評価を事前，現状の評価を事後としている．対象項目の「場」とは，事前から見た事後の相対変化で，スコア開発率あるいはスコア減衰率として算出したものであり，特定の知能について周囲からの影響を受けていること，すなわち「場の効果」（阪井，2018）を示す．逆に，事前のみに強い相関が見られる場合は，最初から評価が高かったため，実際には特に変化がなかったと考えられる．

本稿では，外向的な人の「論理数学的知能」，開放的な人の「言語的知識」に強い「場の効果」が見られた．一方，神経症的傾向が低い人ほど「博物的知能」と「対人的知能」に強い「場の効果」が見られた．

これらの結果が，ある集団特有のものなのか活動の特性にもとづくものなのかについては，今回の分析だけでは判断できないが，どのような知能が「場の効果」で変化しやすいかを見極め，パーソナリティと組み合わせることで，個人に合わせた「場づくり」をするための知見を得られると考えられる．知能の在り方は人それぞれ違うので，単一の方法では特定の人を排除することになりかねない．いつも同じような「場づくり」でよいのか，ある種の刺激や困難を与えるべきなのかなど，微妙なバランスで成り立つ「場づくり」への示唆が得られる可能性がある．

今後，TIPI-J を再度実施し，表 6 からの変化を見るとともに，多重知能との相関についても引き続き分析を行う予定である．

5. まとめと今後の展望

本稿では，第一著者のゼミ生 14 名を対象に，意識の変化を教育効果と捉え，1 年間の大学生活をふりかえる多重知能の調査を行い，さらにパーソナリティについて調べる TIPI-J との相関分析を行った．

森下（2019）における多重知能分析シートで，活動の実施後に実施前をふりかえることには，ある程度の妥当性があった（現状とふりかえりの t 検定の結果に有意差がなかった）ため，事後に 1 回の調査をするだけで，事前・事後の変化が見られるということが分かった．したがって，本稿でも，1 回のみの実施で分析を行った．ただし，実際の評価とふりかえりの評価に大きな違いが見られる可能性も否定できないため，今後も比較・分析を行っていきたい．

2019 年度からは，セメスター留学の事前・事後で多重知能の質問票の代わりに TIPI-J を使用していたが，今後は googleform 版多重知能分析シートを使用して多重知能の調査を再開する予定である．TIPI-J におけるパーソナリティと多重知能分析における能力の変化の相関を見ることで，どのような状況でどのような場を用意すべきかについての示唆が得られると考えられるため，これら 2 種類のアンケート調査における相関関係についても引き続き分析したい．一般に，元来の性質をチェックする TIPI-J と比較して，知能に対する意識（そのときの状態）をチェックする多重知能のほうが，活動後により大きな変化が見られると考えられているが，その点についても検証する．ゼミ生については，1 年ごとの経年変化を観察していくとともに，コメントからでは分からない部分に関する個別インタヴューも検討している．

さらに，より短期の留学やインターンシップなどとも比較し，セメスター留学の特徴について分析したうえで，改善点を探りたい．コロナ禍によるオンライン留学などが現実味を増す中，今後の留学のあり方について検討することは，多くの教育機関にとって重要な課題になると考えられる．

参考文献

[1] Goldberg, L. R. (1990). An alternative “description of personality”: The Big-Five factor structure. *Journal of Personality and Social Psychology, 59*(6), 1216–1229.

[2] Gosling, S. D., Rentfrow, P. J., & Swann, W. B., Jr. (2003). A very brief measure of the Big-Five personality domains. *Journal of Research in Personality, 37*, 504–528.

[3] 大西好宣（2019）「グローバル時代における多重知能理論の再考：研究推進のための予備的考察と提言」千葉大学人文公共学研究論集, 38, 277–291.

[4] 小塩真司・阿部晋吾・カトローニ・ピノ（2012）「日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J) 作成の試み」パーソナリティ研究, 21(1), 40–52.

[5] 阪井和男（2018）「多重知能理論とその大学教育への応用：アクティブラーニング設計原理としての多重知能理論の可能性」電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ Fundamental Review, Vol. 11, No. 4, 266–287.

[6] 阪井和男・有賀三夏・高野陽太郎（2016）「教育インパクトの測定と分析：信州エクステーンシップにおける市民性の創造に向けて」市民性の創造と JMOOC, 17-18. 明治大学社会イノベーション・デザイン研究所

[7] 阪井和男・有賀三夏・村山眞理・戸田博人・大島伸矢（2016）「因子分析による多重知能分析アンケートの開発」電子情報通信学会『信学技報』, vol. 115, no. 441,

TL2015-63, 47–52.
[8] 髙橋幸子 (2013) 「対人ストレッサー尺度作成の試み」パーソナリティ研究, 21, 306–308.
[9] 森下美和 (2019 年 1 月) 「短期留学のもたらす変化 : 多重知能分析シートをもとに」第 150 回次世代大学教育研究会 (琉球大学)
[10] 森下美和 (2019 年 12 月) 「フィールドワーク型ゼミにおける学生の変化:多重知能分析シートをもとに」第 162 回次世代大学教育研究会 (愛媛大学)
[11] 森下美和・有賀三夏・原田康也・阪井和男・富田英司 (2018) 「研修・留学等がもたらす行動変容・認識変容に関する効果測定指標の認知科学的検討」日本認知科学会第 35 回大会発表論文集, 502–511.

成人の誤信念理解における作業記憶と類推(III)

Working memory in Story comprehension tasks.

光田 基郎†
Motoo Mitsuda
†ノースアジア大学 経済学部
North-Asia University,Akita,010-8515 mitsuda@nau.ac.jp

概要
大学生に,題材が誤信念理解の民話を画面で読み聞かせ,2 肢又は 4 肢選択の誤信念理解検査成績,類推及び作業記憶と絵本の内容理解を関連付けた実験の一環である。聞き手の作業記憶での誤信念内容の選択,読み手自身の視点又は真実の抑制と類推による理解促進を述べた。

１．はじめに：絵本に描かれた誤信念内容の理解と類推（写像）には真実（又は読者視点）と誤信念内容の対比・真実の抑制と誤信念内容の強調が必要となる。本発表はこの対比・抑制と誤信念内容の強調に対する作業記憶の寄与を検討し,絵本と無関係の２肢選択文での誤信念理解（サリーアン型）と 4 肢選択文での誤信念理解及び図での類推が,絵本の理解に及ぼす効果を示した。

2. 方法 : (2-1)材料・参加者 :「虎と干柿」(藤巻愛著・福音館・韓国民話）より母親が子どもに「泣き止まないとトラが来る」と脅しても泣き止まない時 ,干柿を与えたら泣き止んだ。虎が外でこれを聞いて「この子は 自分が来た事を知っていても泣き止まない程に強い子なのに ,干柿と聞いて泣き止んだ。干柿は自分より 強い」と誤解 , 恐れて逃げた時に泥棒と鉢合わせする。泥棒は牛を盗む気で虎に飛び乗るが,虎は干柿に襲われたと恐れて泥棒を背中に乗せて走る。盗人は驚き木の枝に掴まって命拾いする話 17 画面とその内容再認と下位技能検査項を大画面に提示,解答を選択反応させた。参加者は,私大生 56 名（M51,F5 名）が下記の課題（ハ）の4肢選択誤信念課題3群に3等分されて集団で参加。

(2-2)課題 :（イ）絵本の逐語・推理再認成績,（ロ）作業記憶検査は,絵本と無関係の長文理解で,留守番する少女の３エピソードの順序（読書,郵便の配達,母から電話）を再構成,３エピソードの順序構成）（ハ）誤信念理解検査は 2 肢選択（サリーアン課題）と 4 肢選択課題（対象の予期しない移動への対処法検査を下記(a)－(c)の 3 群の参加者に実施：少女が青色容器にヴァイオリンを入れたが, 彼女の留守中に妹がこれを(a)青,赤, 緑, 紫の どの容器に移したか不明のまま退室, (b) 赤容器に移し, 位置も元は青容器の位置に並べ替え,紫と緑容器の位置も変えて退室(位置情報付加) , (c) 紫容器に移し紫と緑容器の位置も変えて退室 (情報無効)。「姉が戻る時, 4 個の容器のどれを最初に開くか」を 上記(a)－(c)条件群の参加者に質問, 4 容器毎に選択比率を記録（Birch 等 ‘07 準拠)。参加者はほぼ等数毎に上記 (a)-(c) 群のいずれかに割り当てられた。 (二)類推：窓の開閉と大人と子どもの差を対応させる図形の類推,(ホ)文の主/述語理解（トラックをタクシーが牽く図の選択など）(へ）反応抑制（図ｘｘを指す前に図〇〇に触れるなど）を見て選択反応を用紙に記入した。

３. 結果：(3-1）上記（2）課題（ハ）で述べた 4 肢選択誤信念課題の（a）-(c)の３群を級間変動因に,それ以外の下位技能で,課題（イ）－（へ）で述べた課題で 4 肢選択課題以外のいずれかの成績と絵本の逐語または推理再認成績との組み合わせを級内変動因とした３x２要因共分散分析を反復した結果, (I) 上記４肢選択（ｃ）の情報無効群の絵本の逐語又は推理再認成績と類推との負相関及び, (II) 上記 4 肢選択-ｂ)の真実の表象に位置手掛かり付加群では絵本の逐語再認成績と類推との負相関並びに, (III) 上記(4 肢選択-a)のいずれの容器に移動か不明群のみ絵本の逐語・推理再認共に類推との正相関（1%）が得られた他, (IV)長文理解,抑制及び 2 肢選択の誤信念課題のいずれかと絵本の再認成績との相関に関しても上記（a）のいずれか不明群でのみ正相関,それ以外の 2 条件の多くは負相関を示した(5%水準)。(V)上記の下位技能のいずれかの１要因（参加者群）分散分析結果では上記の下位技能の殆どは再認検査成績の分散分析の場合と同様に 4 肢選択（a）のいずれか不明条件での高得点（5%以上）を示す。以上,楽器の移動先を容器の色で判断させた 4 肢選択の誤信念課題は他の課題達成技能以上の処理負荷, 又は言語以外の空間表象の操作を要すると言えよう。(3-2) ２肢選択の誤信念課題(サリーアン課題)と上記の 4 肢選択課題との機能的な差を検討するため,2 肢及び 4 肢選択課題の成績を級内変動因,上記の 4 肢選択誤信念課題別の 3 群を級間変動因に 1 要因共分散分析した結果,(4 肢-ｂ)の赤への移動と位置手掛かり付与条件でのみ 2 肢選択成績と 4 肢選択の正解（主観的評定値）との負相関(5%)、他の 2 条件は無相関となる。以上より,言語表象依存の 2 肢選択課題での知識操作と,色彩や位置情報基本の空間表象に依存した 4 肢選択操作の差,特に 4 肢選択での空間表象依存による誤信念内容偏向も課題となる。(3-3）上記(3-1)を検討すべく,参加者 3 群別に推理再認成績を従属,それ以外を説明変数に重回帰分析した結果,2 肢選択（サリーアン）課題はいずれか不明群で正,赤容器 (4 肢-ｂ）で負の説明変数となる。以上,4 肢選択は空間操作による誤信念内容の偏向を示す。特に絵本の理解で誤信念理解を基本に類推を用いる際,写像範囲の自己規定と反応抑制の作業台となる情報処理資源を視野に,空間操作,流動的知能と 4 肢選択誤信念理解の関連性理解が今後の課題となる。

文献: Maehara Y. and Saito S.2013, Cognitive load on working memory both encourages and discourages reasoning bias regarding the mental states of others. Austraiian J. Psychol, 65; 163-171.（みつだ もとお）.

移調楽器演奏時における音高の変換処理の非対称性 －ピアノとクラリネットの比較－

The Asymmetry of Transformational Pitch Processing When Transposing Instrument Performance: A Comparison between Piano and Clarinet

後藤 靖宏
Yasuhiro Goto

北星学園大学文学部　心理・応用コミュニケーション学科
Faculty of Psychology and Applied Communication, School of Humanities, Hokusei Gakuen University
goto@hokusei.ac.jp

概要

移調楽器奏者としてクラリネットを用い、実音から移調された音階へ, あるいは移調された音階を実音に音高を変換する場合の, 移調する方向における難易度の非対称性について検討した. ピアノとクラリネットを用いて, 実音楽譜と移調楽譜の 2 つの楽譜をそれぞれ演奏させた. その結果, 実音楽譜を見て移調楽器を演奏する場合と移調楽譜を見て実音楽器を演奏する場合を比較すると, 前者の方が難易度が高くなった. このことは, 移調の心的処理の非対称性が見られたということを示している.

キーワード：移調，移調楽器,非対称性

1. はじめに

音楽の“調”とは、主音と呼ばれるある 1 つの中心音を基盤として形成される, 音階で表される特定の音関係のことを指す（石桁ら, 1965). この調に関して, 各音の相対的な音程関係は変えることなく，そっくり別の調に移すことを移調という (金沢, 2004). 本研究では，楽譜に記された音の音高を適切に変換する処理を移調とすることとする.

吹奏楽やオーケストラなどで使用される楽器のうち, クラリネットなどは移調楽器と呼ばれる. 移調楽器とは, 楽譜に記された“記音”と実際に聞こえる音である“実音”が異なる楽器のことである（新造, 2002). 一般的に，例えばクラリネットの楽譜は実音の Si♭が記音の Do として記されているように, 移調楽器の楽譜はその楽器に固有の調で記されている．したがって，複数種類の楽器で演奏する場合, たとえ同じメロディを演奏していても，それぞれの楽器の演奏者が見ている“楽譜”は楽器ごとに異なっているということが起こっている.

これは，記音を読む時に，絶対的な音高を表す“音名”と，相対的な音の位置関係を指す“階名”という 2 種類の概念を使い分ける必要が出てくるということにつながる. すなわち，移調楽器の楽譜を読んで実際の音高をイメージするためには，“記音”を“実音”に戻すという心的処理が必要になるということである. こうした処理をスムーズに行うことは, 複数の移調楽器で合奏するという場合に特に強く意識される問題であり (新造, 2002)，安達（1985)によれば，吹奏楽という管楽器を取り扱う音楽活動において, 移調楽譜を自由に読み書きする訓練は不可欠であるという.

こうした楽譜の読み替えには，認知リソース (高野，1995)の分割の問題や記憶の特徴など，人間の様々な認知処理の制約を受けると考えられる. 前述した音高の変換をこの認知リソースに照らして考えると, 楽譜の視覚的処理と音高の聴覚的処理を, 限られた認知リソースの中で行うということになる. このような場合には処理のトレードオフが発生し, いずれかあるいは両方の処理の速度や精度が落ちることが知られている.

前述したように，吹奏楽で合奏する場合，楽器によっては実音の Do の記音が異なる．逆に言えば，1 つの記音に対し，いくつかの実音が存在するということになる．したがって，たとえば移調楽譜を実音楽器で演奏するような場合には, 階名と音名の 2 つの情報を同時に処理しなくてはならず，認知的な葛藤につながることになる．この

葛藤は, 特に絶対音感保有者にとってより強く観察されるものであり, いわゆる“ストループ効果”と同様の事態が発生すると言えるであろう.

以上のように, 移調された楽譜に基づいて楽器を演奏するということは, 人間の様々な認知的制約の元に実現される行為だと言える. したがって, 条件によっては, 必ずしもスムーズで正確な楽器演奏ができにくくなることが懸念される. この問題を明らかにするために, 本研究では移調の“方向性”に着目した. たとえば, 実音楽器であるピアノの楽譜を見ながら移調楽器であるクラリネットで演奏する場合と, 移調楽器であるクラリネットの楽譜を見ながら, 実音楽器であるピアノで演奏する場合とでは, 移調の“方向”が逆になる. しかし, 移調の“方向”は逆である一方で, 移調の“距離”には違いがない. このような場合, 両者の移調の難易度に何らかの違いがあるかどうかを調べるのは, 移調の心的処理の性質を明らかにする上で非常に興味深い問題であると言えよう.

以上を踏まえ, 本研究では実音楽器と移調楽器を用いて, 移調楽器奏者の移調する方向における難易度の非対称性の有無を検討した. 具体的には, 実音楽器としてピアノを, 移調楽器としてクラリネットをそれぞれ用い, クラリネット奏者を実験参加者として実験を行うこととした. こうした手法を用いることによって, 実音を移調された音階に変換する方向と, 移調された音階を実音に変換する方向の 2 つの移調の方向性によって, その難易度が非対称であるか, もしくは, そのような違いがなく, 対称であるのかを明らかにすることができると考えられる. もし, どちらかの方向の音高の変換が難しいのであれば, 移調の心的処理は非対称であるということを意味している. 逆に, どちらの方向にも音高の変換に難易度の差がなければ, 移調の心的処理は対称であると言えるであろう.

2. 方法

実験参加者 大学あるいは短期大学において吹奏楽部に所属している学生 22 名(男性 4 名, 女性 18 名, 平均年齢 20.21 歳)が実験に参加した. 実験参加者は全員クラリネットまたはバスクラリネットの奏者であった.

実験デザイン 2 要因の実験計画を用いた. 第 1 要因は楽譜要因であり, 実音楽譜を読む実音楽譜条件と移調楽譜を読む移調楽譜条件の 2 水準とした. 第 2 要因は楽器要因であり, ピアノを演奏する実音楽器条件とクラリネットを演奏する移調楽器条件の 2 水準とした. これらはすべて実験参加者内要因とした.

装置 演奏の録音のために IC レコーダー(OLYMPUS 製 Voice-Trek V-65 および Voice-Trek V-11)を使用した. クラリネットは実験参加者が持参した.

材料 実音楽譜条件で使用する楽譜はフルートまたはピアノの楽譜であった. 移調楽譜条件で使用する楽譜はクラリネットの楽譜であった. これらの楽譜は, 青木(1991), 田中(1995), Weber, Erickson and Proyher(1976), Voxman(1952), Lancelot(1967)および山本(2002)から, 変拍子でないもの, 調号が 3 つ以下のものおよび 16 分音符がほとんどないものを実験者が選出し, それらを 1 曲が 16〜32 小節になるように編曲した 16 曲であった. 使用楽器は, 実音楽器条件としてキーボード(YAMAHA 製 CBX-K1XG, 以下便宜的に“ピアノ”と記す)を, 移調楽器条件としてクラリネットを使用した.

手続き 実験は騒音のない静かな部屋で個別に実施した. 部屋にはピアノと譜面台を置き, その近くに実験参加者に持参させたクラリネットを置かせた. 実験では, ピアノとクラリネットの演奏をさせた. 演奏の種類は, 1)ピアノの楽譜を見てピアノを弾く, 2)ピアノの楽譜を見てクラリネットを吹く, 3)クラリネットの楽譜を見てクラリネットを吹く, 4)クラリネットの楽譜を見てピアノを弾く, の 4 種類であった. この 4 種類の演奏を 1 セットとし, 4 セット, 計 16 曲の演奏をさせた. 順序効果を防ぐため, 1 セット内の演奏の順序と, 4 セットの演奏の順序はラテン方格法により条件を割り当てた. なお, 演奏の種類は 1 曲終えるごとに実験者が指示した. また, 演奏の際は, 好きなテンポで演奏して良いこと, リズムを守って演奏することを心がけるよう指示した.

まず本試行の前に, ピアノで Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si および Do と, クラリネットで Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si および Do を演奏させた. さらに, Do と, それぞれ移調して音名で Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si および Do を演奏させた. これらが終了してから本試行に進んだ. 本試行ではピアノの楽譜を見てクラリネットを吹く

ときと, クラリネットの楽譜を見てピアノを弾くときは音を読み替えて演奏するようにという教示を与えた．演奏終了後，回答用紙に年齢，クラリネット開始時期とやめた期間, 鍵盤楽器やその他の音楽経験の有無と経験期間, および演奏で気づいた点を記入させ，実験を終了した．実験全体の所要時間は約 40 分であった験は個別に行った．

3. 結果

演奏の際に実験参加者が正しい音で演奏をすることができなかった回数をエラー数とした. 楽譜要因と楽器要因を独立変数とし, 演奏のエラー数を従属変数として繰り返しのある分散分析を行った結果, 楽譜要因と楽器要因の交互作用が観察された*(F*[1, 87] = 73.15, *p* < *.001*)．一方，楽譜要因の主効果*(F*[1, 87] = 6.60, *n.s.*)，楽器要因の主効果(*F*[1, 87] = 0.41, *n.s.*)は観察されなかった．各条件のエラー数を図 1 に示す.

楽譜要因と楽器要因の交互作用が観察されたので，Bonferroni 法による単純主効果検定を実施したところ，実音楽器においては実音楽譜条件(*M* = 2.49)と移調楽譜条件(*M* = 13.92)の間に有意な差が見られた(*p* < .001)．移調楽器においても，実音楽譜条件(*M* = 17.23)と移調楽譜条件(*M* = 0.39)の間に有意な差が見られた(*p* < .001)．また，実音楽譜条件においては実音楽器条件(*M* = 2.49)と移調楽器条件(*M* = 17.20)の間に有意な差が見られた(*p* < .001). 移調楽譜においても実音楽器条件(*M* = 13.22)と移調楽器条件(*M* = 0.39)の間に有意な差が見られた(*p* < .001).

続いて, 楽譜と楽器の調の不一致による影響の比較のため，対応のあるサンプルの *t* 検定を行った結果, 実音楽譜を見て移調楽器を演奏する場合(*M* = 17.23)と移調楽譜を見て実音楽器を演奏する場合(*M* = 13.44)では，エラー数において有意傾向が見られた(*t*[87] = -1.75, *p* = .08).

4. 考察

本研究の目的は, 移調楽器演奏時における音高の変換処理の非対称性の有無を検討することであった.

本研究では, クラリネット奏者に実音を移調された音階に変換するということと, 移調された音階を実音に変換するという演奏をさせた. 実験の結果，楽譜と楽器の調が異なると，エラー数が増

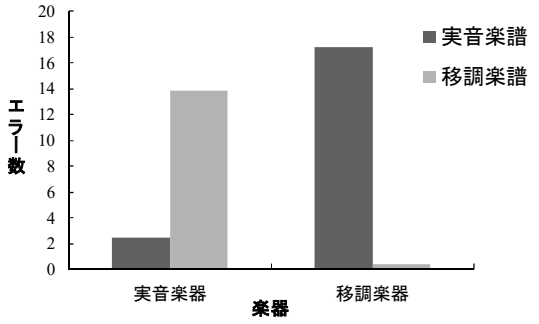


図1. 各条件のエラー数の平均値

えるということが明らかとなった．具体的には，実音楽譜を移調楽器で演奏する際のエラー数が，その逆に比べて多いという結果になった. つまり，実音を移調された音階に変換する方向が, 移調された音階を実音に変換する方向よりも難易度が高いということが分かった．図 1 を見ると，基本的には, 楽譜と楽器の調が一致していないときにエラー数が多くなることが分かる．これは，それぞれの楽器に固有の調で楽譜が記されているため, 自分の楽器に合った楽譜であれば演奏のエラーは少ないということを示しており, 妥当な結果であると言える.

移調の心的処理については, 極めて興味深い結果が得られた．実験の結果，移調された音階を実音に変換する場合と比較して, 実音を移調された音階に変換する場合の方が, 変換の難易度が高かった．このことは，移調の心的処理は非対称である可能性を示している. 一般的に, 音楽の認知は，いわゆる調性や音階, あるいは旋法などといった要素と密接な関係を持つスキーマによって, メロディが持つ音の高さについての情報処理がなされている(星野・阿部, 1984; 星野, 1985; 阿部・星野, 1985)．今回の場合，演奏者は，そうして培われた音階スキーマを使って音の変換を行っていたのかもしれない．日本の場合，絶対音高の Do を主音とするという音階スキーマは, 小中学校の約 9 年間にわたる音楽教育の中で育まれていくと考えられる．鳴海(2009)は，こうした音楽教育の中で，学生のほとんどは，調号なし，もしくは 1 つの楽譜の読み方しか教わらないことを指摘している．また，明治以降の学校教育や日常生活においては, 西洋の全音階が主流となっているため, 一般的な西洋の音楽環境の中で徐々に全音階のスキーマが形成されるとの指摘もある(三雲・

梅本・村瀬・片山, 1996). いずれにしても，現代の日本の社会においては, 日常においても西洋音階が浸透しており，ほとんどの人は，西洋音階の枠組みを獲得し, 長期保存していると考えられよう(三雲, 2000). したがって，移調楽器奏者も，このような楽譜の読み方を長い間, 基本的な考えとして慣れ親しんでおり, こうした長年にわたる“訓練”の結果が今回のような非対称性につながったと考えられる.

もし, 今回の実験で得られた非対称性が絶対音高の Do を主音とする音階の知識を持っているためであるとすると, クラリネットとピアノと同じような移調の心的処理の非対称性が, 例えば同じく移調楽器であるホルンとピアノの組み合わせでも得られるであろう. また，こうした考察が正しいとすれば, たとえばともに移調楽器であるホルンとクラリネットを用いて今回のような実験を行うと, 移調の心的処理における非対称性が見られるかどうかはわからないということにもなる. 今後，こうした点について詳細に検討を加えることで, 移調の心的処理の性質についてより明らかにつながることが期待される.

最後に，今回の結果には，ピアノとクラリネットという異なる楽器の演奏難度も影響している可能性も指摘しておきたい. 一般的に，異なる楽器の演奏の難易度を統制することは極めて難しいと考えられる. その上で，ピアノ経験や，音楽理論の知識が豊富でない学生が音高判断をする場合，常に自分の楽器を中心に，またはその楽器を媒体として判断し, もしくは自己の楽器に音との関係を代入する方法をとるというという指摘(安達, 1985)は興味深い. この知見を踏まえると，クラリネット奏者は, 自分の楽器であるクラリネットを中心として音の関係を認識している可能性は否定できない. あるいは，クラリネットの奏者はクラリネットの音名も階名のいずれも熟知しており，クラリネットの楽譜を見たときに，階名だけではなく音名でも楽譜を読むことができる可能性もある(東川, 1985). いずれにしても，今回の結果に楽器演奏の難易度が関係しているかどうかを確かめるためには, ピアノにも熟達したクラリネット奏者を実験参加者とし, 今回と同様にピアノとクラリネットを使用して実験を行えば, より純粋に移調の心的処理の性質のみを明らかにすることができると考えられる.

5. 謝辞

本研究は，佐藤初香氏(北星学園大学文学部心理・応用コミュニケーション学科 2014 年 3 月卒業)の多大なる協力を得た. 記して謝意を示す.

なお，本研究の一部は，すでに後藤(2020)で公表されている.

文献

阿部純一・星野悦子 (1985). メロディ認知におけるスキーマ依存性について―音楽熟達者による終止音導出実験―. *基礎心理学研究*, **4**, pp. 1-9.

安達弘潮 (1985). 移調楽器の記譜音の読譜について. *弘前大学教育学部教科教育研究紀要*, **2**, pp. 1-10.

青木望 (1991). *日本のメロディ 想いを込めてインティーモ*. 東京: 東亜音楽社.

後藤靖宏(2020). 等音価音列の音高の変換処理の性質―移調楽器を用いた実験的検討―. *北星論集*, 57(2), pp. 1-11.

星野悦子 (1985). 単一音高の記憶に及ぼすメロディ“文脈性”の影響. *心理学研究*, **56**, pp. 132-137.

星野悦子・阿部純一 (1984). メロディ認知における“調性感”と終止音導出. *心理学研究*, **54**, pp. 344-350.

石桁真礼生・丸田昭三・金光威和雄・末吉保雄・飯田隆・飯沼信義 (1965). *楽典 理論と実習*. 東京: 音楽之友社.

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, **99**(1), pp. 122-149.

金沢正剛 (2004). *新編音楽小辞典*. 東京: 音楽之友社.

Lancelot, J. (1967). *26 のエチュード*. Hoche: 日仏音楽出版株式会社.

三雲真理子 (2000). 音楽の記憶. 谷口高士(編), *音は心の中で音楽になる 音楽心理学への招待*. 京都: 北大路書房. pp. 131-155.

三雲真理子・梅本堯夫・村瀬明美・片山僚子 (1996). ピッチのずれの認知的要因. 梅本堯夫(編), *音楽心理学の研究*. 京都: ナカニシヤ出版. pp. 151-164.

鳴海史生 (2009). 「固定ド・移動ド」をめぐって. *尚美学園大学芸術情報研究*, **16**, pp. 35-42.

苧阪満里子 (1996). 音楽と脳. 梅本堯夫(編), *音楽心理学の研究*. 京都: ナカニシヤ出版. pp. 44-55.

新造文紀 (2002). 移調楽器の存在意義と移調楽譜への対応について. *宇部短期大学人間生活科学研究*, **38**(1), pp. 19-21.

高野陽太郎 (1995). *記憶*. 東京: 東京大学出版会.

田中雅明 (1995). *わたしはピアニスト 2*. 東京: 全音楽譜出版社.

東川清一 (1985). *移動ドのすすめ 正しい読譜法と視唱指導*. 東京: 音楽之友社.

Voxman, H. (1952). *Chamber music for three clarinets Vol. 1*. Miami: Rubank Publications.

Weber, F., Erickson, F., & Proyher, J. (1976). *やさしいバンド曲集 AWAY WE GO<コンダクター>*. 東京: 東亜音楽社.

山本康雄 (2002). *フルート★マスターピース フルート4 重奏のために*. 東京: トリム楽譜出版.

楽器レッスン場面における生徒の聞き手行動：いつ「はい」と言い、いつ「うん」と言うのか？
“Hai” or “Un”: A Study of Students’ Response Behaviors during Instrumental Lessons

横森 大輔
Daisuke Daisuke
九州大学
Kyushu University
yokomori@flc.kyushu-u.ac.jp

概要

本研究は、教育活動において生徒がどのように聞き手行動を用いてその場の相互行為を構築しているかを明らかにすることを目的とし、楽器レッスンにおける生徒の「はい」と「うん」の使い分けを分析する。楽器レッスンの録画データから「はい」と「うん」の事例を収集し、会話分析の研究手法を用いて分析した結果、「はい」はどのような演奏が望ましいかを述べる発話に対して反応する際に用いられるのに対し、「うん」は、楽曲についての説明やデモンストレーションに対する反応として用いられていることが明らかになった。

キーワード:聞き手行動, 教育活動, 楽器レッスン,「はい」,「うん」, 会話分析

1. はじめに：教育活動と聞き手行動

人間のコミュニケーションにとって、情報を発信する側の発話や振る舞いだけでなく、情報を受け止める側による相づち等の「聞き手行動」も重要な一部である（高梨・榎本 2009）。中でも、教育活動におけるコミュニケーションは、聞き手行動の重要性が顕在化しやすい領域である。教育活動は、教師から生徒への知識・技能の伝授という目的を指向して活動全体が組織されており、結果として、活動の中核が教師による発話と、それに対する生徒の聞き手行動で構成されることが一般的だからである (cf. Mchoul 1978)。そのような場における聞き手行動は、教師にとっては、指導に対する生徒の受け止め方や当該の教育活動の順調さを知るために注意すべき対象であり、生徒にとっては、発言機会が制約されている中で、指導内容に関する理解状態や潜在的な問題を陰に陽に伝えることができる、有用な手段である。本研究は、教育活動において生徒がどのように聞き手行動を用いてその場の相互行為を構築しているかを明らかにすることを目的とし、楽器レッスンにおける生徒の「はい」と「うん」の使い分けを分析する。

2. 「はい」と「うん」

ともに肯定の意味を表す反応表現「はい」と「うん」は、『日本国語大辞典』等にもあるように、目上の相手に対しては丁寧な形式の「はい」を、目上以外の相手には「うん」が用いられる、と区別されるのが一般的である。一方で、両者の違いが丁寧さだけに帰せられるわけではないことも指摘されている（富樫 2002）。

高木 (2008) は、治療的面接場面において経験豊富なカウンセラーが「うん」と「はい」をどちらも使う点に着目し、相互行為を先に進めることの妥当性が焦点化された局面において「はい」が用いられることを記述している。

また山本 (2016) は、インタビュアーがインタビュイーの話を受け止めるのに「うん」と「はい」をどちらも用いているインタビュー場面を検討し、インタビュイーが自身の発話に生起した語句について補足説明を挿入するとインタビュアーが「はい」で反応するという規則性を報告している。

高木 (2008) と山本 (2016) はいずれも、「うん」が頻繁に用いられる場面の中で聞き手が敢えて「はい」を選択する相互行為上の要因を検討している。しかし、教育活動という制度的場面に特有の事情として、生徒は教師の言葉に対して「はい」と返事をすることが強く期待されている（cf. 松田 2011）という点が挙げられる。本研究では、先行研究の知見を踏まえつつ、楽器レッスン場面だからこそ観察できる「はい」と「うん」の特徴を明らかにする。

3. データと方法

本研究が分析に用いるのは、楽器レッスン 5 場面（合

計約 5 時間）の録画データである。内訳は、ピアノレッスン 4 場面（同一のピアノ講師によるもので、生徒は全て異なる）とチェロレッスン 1 場面で、全てクラシック音楽の楽曲演奏を指導するものである。生徒はいずれも成人で、5 名のうち 4 名が講師よりも年長者である。生徒の演奏技能の習熟度は、経験 3 年ほどの初級者から音大卒業者までと多岐に渡っている。レッスンはいずれも講師1名に対して生徒1名で行われた。なお、これらは実験室環境で収録されたものではなく、実際の教室において各生徒が定期的に受講しているレッスンを収録したものである。

各レッスン場面の概要とそれぞれの録画データにおける「はい」と「うん」の生起回数を表 1 に示している（Pf はピアノを、Vc はチェロを表す）。「はい」と「うん」の生起回数については以下の点に注意されたい。「はいはい」「うんうんうん」など一続きで産出されたものはまとめて 1 回として数えた。発音が曖昧で、「はい」や「うん」であることが不確かであるものも含めている。本研究の対象である、相手の発話を受け止めたことを示す用法だけでなく、講師による Yes-No 質問への回答として用いられたケースも含めている。

表 1　レッスン場面の概要と「はい／うん」生起回数

	楽器	生徒の年齢	生徒の経験	時間（分）	はい	うん
1	Pf	年上	約 3 年	44	110	15
2	Pf	年上	約 10 年	54	102	46
3	Pf	年上	約 30 年	53	63	14
4	Pf	年下	音大卒	55	90	9
5	Vc	年上	約 20 年	75	59	32
			（計）	281	424	116

収録されたデータから「はい」と「うん」が聞き手行動として産出された事例を収集し、会話分析の研究手法（Sidnell 2013）を用いてこれらの聞き手行動がどのような相互行為環境で利用されているか探索した。

4.　結果と考察

分析の結果、「はい」は、教師がどのような演奏が望ましいか（あるいは望ましくないか）を述べる発話に対して反応する際に用いられていることが確認された。例えば、以下の(1)では音量の落とし方について、(2)ではテンポについて、どのように演奏するのが望ましいかを教師(T)が言明すると、生徒(S)が「はい」で受け止めている。

(1)
01　T: このディクレッシェンドをもっともっと
02　　(0.4)
03　T:　デリケートにね
04　　(0.2)
05　S:　**はい.**

(2)
01　T:　いま弾いてるより
02　　(0.4)
03　T:　2 目盛りくらい遅い[方がやりやすいと思うね
04　S:　　[.hh
05　S:　**はい.**

それに対して「うん」は、教師による楽曲についての説明や、デモンストレーション（弾いてみせること）に対する反応として用いられていることがわかった。以下の(3)と(4)のいずれも、教師がデモンストレーションを行い、さらにそれを文の一部に埋め込むように言葉を続けて説明を行うと、生徒が「うん」で反応している。

(3)
01　T:　*この{♪演奏 ; 9.6 秒}*
02　　っていうこの[ずーっとこれが
03　S:　　[**うん.**

(4)
01　T:　*{♪演奏 ; 6.9 秒}* を表してるみたいな,
02　　(0.2)
03　S:　[**うん.**
04　T:　[そういう感じかねえ
05　　もう[1 回出だし 3 段目くらいまでねえ
06　S:　　[**はい.**

(4)の事例が興味深いのは、3 行目で「うん」で反応した生徒が、教師の「そういう感じかねえ」という、直前までの説明に言及して総括を行う要素の追加の後に「はい」を産出している（05 行目）という点である。高木 (2008) や山本 (2016) の分析は、「はい」が、相互行為を先に進めてよいかどうかを交渉する際に用い

られるということを示唆しているが、本研究の結果はこれと整合的である。すなわち、レッスン場面において、どのような演奏が望ましいかを教師が言明し、生徒がそれへの理解を表明したなら、レッスン内の下位タスクが一つ完了したことを意味し、レッスン活動を先に進めることになる。このように、楽器レッスンにおける生徒の「はい」と「うん」を精査することにより、聞き手行動に関して、場面固有の特徴と場面横断的な特徴の両方についての考察を得ることができる。

会話断片に用いた記号

(0.2)	無音区間（数値は秒）
[	発話の重なり
.hh	息を吸う音
｛♪演奏；9.6 秒｝	楽器演奏が 9.6 秒間続いている

謝辞

楽器レッスン場面の収録にご協力いただいた西田紘子氏（九州大学）ならびにデータ整理作業にご協力いただいた安部みなみ、阪上芽以、坂尾結衣の各氏（九州大学学部生）に感謝いたします。本研究は、JSPS 科研費 17H00914 および 20K13007 の助成を受けたものです。

文献

[1] Mchoul, A. (1978) “The Organization of Turns at Formal Talk in the Classroom,” *Language in Society* 7(2), 183-213.
[2] 松田哲 (2011)「「返事の強制」と理解の相関に関する実験：スポーツ・コミュニケーションの試み」,『流通経済大学スポーツ健康科学部紀要』4, 13-20.
[3] Sidnell, J. (2013) Basic Conversation Analytic Methods. In Jack Sidnell and Tanya Stivers (eds.) *The Handbook of Conversation Analysis*, 77-99. Oxford: Wiley-Blackwell.
[4] 高木智世 (2008)「相互行為を整序する手続きとしての受け手の反応：治療的面接場面で用いられる「はい」をめぐって」,『社会言語科学』10(2), 55-69.
[5] 高梨克也・榎本美香 (2009)「特集「聞き手行動から見たコミュニケーション」編集にあたって」,『認知科学』16(1), 5-11.
[6] 冨樫純一（2002）「「はい」と「うん」の関係をめぐって」, 定延利之（編）『「うん」と「そう」の言語学』, 127-157. 東京：ひつじ書房.
[7] 山本真理 (2016)「相互行為における聞き手反応としての「うん／はい」の使い分け：「丁寧さ」とは異なる観点から」,『国立国語研究所論集』10, 297-313.

グラフの強調効果が差の解釈に与える影響
The effects of exaggerated graphs on readers' interpretation of quantitative differences

犬塚美輪† 田中優子‡
Miwa Inuzuka, Yuko Tanaka
†東京学芸大学, ‡名古屋工業大学
Tokyo Gakugei University, Nagoya Institute of Technology
minuzuka@u-gakugei.ac.jp, tanaka.yuko@nitec.ac.jp

Abstract
本研究では，差を強調する要素を加えられたグラフの提示が量的な差の解釈に与える影響に注目し，批判的思考スキルと態度との交互作用が見られるかを検討した．参加者 225 名 (20 代〜60 代) に表・非強調グラフ・強調グラフのいずれかを附置した広告文章を提示し，示された差についての解釈を，質問項目を用いて測定した．結果からは，強調グラフ提示群の参加者が，表提示群よりも，差をより大きいものと捉えることが示された．重回帰分析では，視覚化の有無と CRT 得点，教育レベルの効果が有意であった．結果をもとに，グラフ表現と個人差が数量の理解に与える影響について論じた．

Keywords — グラフ，視覚化，効果の強調，批判的思考スキル

1. はじめに

本研究では，数量の差を表す表現に注目し，数量を視覚的に表現するグラフについて，その効果の強調が読み手の理解に与える影響を検討する．グラフは一般によく用いられる視覚的表現であり，棒や線，カーブなどの表現を用いることで数量間の関係を視覚的に示すものである．差の表現には棒グラフが用いられることが多く，差に注目させるという表現意図に沿ったものであると言える[1]．そこで本研究では，グラフの中でも特に棒グラフを用いて検討を進めることとする．

グラフを用いて数量的情報を示すことは，一般に読み手の理解を助けることが期待されている．Cards & Nackinlay (1999) は，文章を読むよりも，グラフを用いることでより単純な知覚的操作によって情報を処理することができることを示している．視覚化により，知覚的な処理がシンプルになり，読み手の認知的負荷を軽減する．ただし，グラフを処理する際の認知負荷を小さくするようなグラフの作り方をすることも重要だと指摘されている．たとえば，比較するグループ数が絞られていることや，グラフを見やすくする工夫 (線や色など) があることが読み手の認知的負荷を軽減するのに必要である[2].

これらの研究からは，グラフが視覚的に数量を表す際に，以下の 2 つの条件が満たされることが，理解促進のために必要だと考えられる．第一に，グラフが焦点となっている数量関係を明示することが条件となる．第二に，グラフが認知的負荷を軽減するよう工夫されていることが必要である．

1-1 グラフとその解釈

グラフによる数量情報の提示は，情報を素早くまた容易に処理することを助けるが，それは必ずしも数量関係の適切な把握が促進されること意味するわけではない．教授学習領域では，グラフ表現が学習を促進するポジティブな影響を示す研究が多い[3][4][5]が，学習者がグラフに示された量的表現を適切に把握できないことがあることも指摘されている[6][7].

教授学習の文脈を離れ，日常生活の中でのグラフの利用に目を向けてみよう．グラフ表現は広く用いられており，近年，日常的な場面で人々がグラフをどのように理解しているかという観点からの研究も増加している[8][9].

一方，不適切な強調効果を加えたグラフに関する実証的知見についてはまだ十分に明らかでない．数量情報への焦点化や認知負荷軽減を超えて，グラフを不適切なデザインにすることで (不当に) 意図する方向への理解や印象形成を狙う場合があり，そうしたミスリーディングなグラフの使用を警告する書籍も多い[10]. Rumsy (2019) や Tuft (1999) は，バイアスのあるラベル付けや省略したグラフ(truncated graphs)，スケールの不表示や，数値の非均一化，複雑化 (3D 効果の使用など) といったテクニックを用いることで，ミスリーディングなグラフが作られることを指摘している[11][12]．ただし，これらの指摘は図を作成・解釈するための Tips として提示されることが多く，実際にそうしたテクニックがどの程度，どのような読み手に影響するかを明

らかにする研究は見られない.

そこで本研究では,「差を大きく見せる」という点においてよく知られたミスリーディングなグラフを作成するテクニックとして，差を強調する効果 (矢印記号の挿入，数値の非均一化) の使用の効果を検討することを第一の目的とする.

1-2 批判的思考のスキルと態度の個人差

情報の理解についてはボトムアップのプロセスとトップダウンのプロセスが交互作用しながら働くと考えられる．Kriz & Hegarty (2007) [13]は，アニメーションの理解について，外部のディスプレイの知覚的な特徴が符号化されていくボトムアップのプロセスと，長期記憶の知識に基づいたトップダウンのプロセスによって，理解表象が構築されることを示した. このモデルは, よりシンプルな表象であるグラフにも適用される[14]. 強調グラフで用いられるような知覚的注意を惹く特徴は, 知覚的な特徴としてボトムアップのプロセスに関わる. しかし，ボトムアップのプロセスのみで理解表象が決定されるわけではなく，内容知識やグラフの読み方についての知識，ワーキングメモリなどの様々なトップダウンのプロセスもグラフの解釈に関わっている[14].

本研究では，トップダウンの処理プロセスとして批判的思考に着目する．批判的思考は,「何を信じ何をするべきかについて筋の通った判断をする」[15]ことと定義できる．批判的思考は直感に従って拙速に判断するのではなく，基準に則って筋道を立てて熟考することが要求される. したがって, 批判的思考のスキルを有する場合には，グラフに加えられた差を強調する不適切な要素にもとづいた直感的な判断をくださず，実際にどの程度の差があるのかを熟考するようなトップダウンのプロセスが働くことが期待できる.

第一に注目するのは，批判的思考の認知的な側面を表す批判的思考スキルである．批判的思考スキルを測定するテストのうち，本研究では，Watson Glaser 批判的思考テストの日本語版 (以下 WG テスト) [16][17]と Cognitive Reflection Test (以下 CRT) [18]を用いる．WG テストは批判的思考のスキルを測定するものとして広く用いられており, その妥当性が示されている. また, 他の批判的思考に注目する研究と関連付ける上でも本テストが適切だと考えられる. ただし, テストの内容は選言的推論に近いものとなっており，言語的な要素が強い. そのため, 本研究で注目する数量的関連について理解や印象を検討するには適していない可能性も考えられた．一方，CRT は直接批判的思考のスキルを測定することを目的に開発されたものではない．しかしながら，数量的情報の熟慮に関する課題との関連が指摘されているため，これを用いることとした.

第二に，批判的思考の情動的な側面である批判的思考態度に注目する．推論のパフォーマンスと批判的思考態度には有意な相関があることが示されており[19], 例えば，批判的思考をより重視する態度の持ち主はヒューリスティックに基づいた判断をしにくく，自身のバイアスに影響されにくいことも示されている[20].

平山・楠見 (2004) は，批判的思考態度を測定する質問紙を開発し，批判的思考態度が「論理的思考への自覚」「証拠の重視」「客観性」「探究心」の 4 つの因子によって説明できることを示した. 本研究では, これらの批判的思考の情動的側面も測定し，その影響を検討することとした[21].

本研究では, 批判的思考に加えて, 教育レベルと語彙数を変数として用いる．グラフ理解に関わる要因として，知識の量やグラフの読み方が関連する可能性があり，それらが教育レベルによって向上することが想定できるためである. 高等教育への参加や, さまざまにアカデミックな知識を身につける過程で，グラフの表面的特徴に左右されないよう直接的・間接的なトレーニングを受けている可能性があるだろう. また, 高等教育への参加や知識が多いことが批判的思考のスキル・態度と関連している可能性も考えられる．そこで本研究では, 最終学歴と語彙数を尋ねることで, 教育レベルと知識の多さの指標とし，グラフの理解への影響を検討する.

1-3 本研究の目的

本研究では，日常生活において用いられるグラフを取り上げ，ミスリーディングな解釈につながるような強調効果が，提示された数量の差の解釈に与える影響を検討する. 具体的には, 異なる数量表現として, 数値の方, 棒グラフ, 差を強調する効果を加えた強調グラフの 3 種類を比較し，以下の 2 つの仮説を検討する.

仮説 1 : 視覚化と強調の要素を加えた強調グラフを提示されると，実際には小さな 2 群の差をより大きいものとして解釈する.

仮説 2 : 批判的思考スキルと態度の個人差が, 数量表現の違いによる影響と交互作用する．批判的思考スキルや態度が高い場合には，数量表現による影響を受けにくくなる.

2. 方法

2-1 対象者

参加者募集のプラットフォームとしてクラウドワークスを利用した. 225 名が調査に参加し, 参加の報酬として 400 円を受け取った.

2-2 材料

(1) 広告とカバーストーリー

3 種類のカバーストーリー (表 1) を作成し, それぞれのストーリーでは商品やサービスの良さが説明された.

(2) 数量表現

3 種類の異なる数量表現を作成した. いずれも同じ数量 (例 : 体重 (kg)) を表現した (図 1) . まず, 数量を視覚化・強調しない表現として, 表を作成した (図 1-A) . 次に, 強調効果を持たない視覚化表現として非強調グラフ (図 1-B) を作成した. 非強調グラフでは, 数値情報が視覚的に棒グラフで表現されているものの, 差を強調するような特別な要素は加えられなかった. 最後に, 強調効果をもたせた視覚化表現として強調グラフ (図 1-C) を作成した. 強調グラフでは, 差を示す矢印が加えられたほか, 実際よりも差が大きく見えるように, Y 軸の数値間隔が非均一にされていた.

(3) 解釈質問項目

参加者がどのように数量表現が附置された広告を解釈したかを検討するため, 6 つの質問項目を設けた. 4 項目は製品やサービスの効果について (例 : ○○は効果的だと思う) , 2 項目は数量の差について直接的に尋ねた (例 : ○○ありとなしの差は明確だ) . 回答は 5 件法で求めた (1 : 全くそう思わない, 5 : とてもそう思う) . したがって, 解釈質問への回答の値が高いほど, 差を大きく認識していることを表す指標となった.

(4) 批判的思考スキルテスト

WG テストと CRT を実施した (表 2) 実施時間が長くなりすぎるため, WG テスト日本語版[17]から 3 問 (結核の死亡率, 新聞編集者, 中学校の教材) を選んで用いた. 問題の選択においては, 題材に作成年の古さによりわかりにくいところがないか, 模範解答に納得が行くかという 2 点を大学生 5 名に議論してもらったうえで, 推論タイプのバリエーションを網羅することを重視して決定した. WG テストへの回答は「真」「たぶん真」「材料不足」「たぶん偽」「偽」の 5 つから 1 つを回答者に選択してもらい, 正答を 1 点とした.

CRT[18]はオリジナルの問題 3 問を翻訳して用いた. 回答は自由記述形式とし, 正答を 1 点とした.

表 1 実験で用いた広告のカバーストーリー

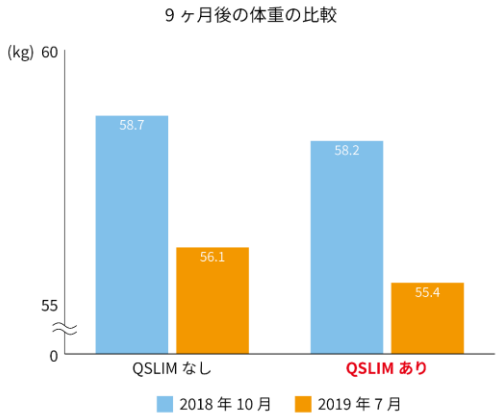
ダイエットサプリ (6 文, 300 文字)	新しいダイエットサプリ QSLIM10 が開発された. 実験の結果, サプリを用いた群の方が体重が減少した.
学習アプリ (5 文, 301 文字)	子供の自学をサポートするアプリを開発した. アプリを使用した群の方が学習時間が伸びた.
フォローアップメール (6 文, 299 文字)	フォローアップメールを送るようにすることで, 送らない店より再来店する客数が多くなった.

(A) 表

9 か月後の体重の比較

	2018 年 10 月	2019 年 7 月
QSLIM300 あり	58.2	55.4
QSLIM300 なし	58.7	56.1

(B) 非強調グラフ



(C) 強調グラフ

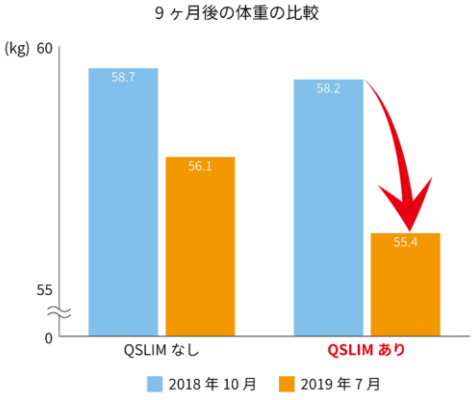


図 1 実験で用いた数量表現の例

表 2 批判的思考スキルテスト問題例

WG 題材文 (結核の死亡率) 昔に比べて結核の死亡率は著しく減ったが，結核にかかる率は現在でもかなり高い． (中略) A 国の黒人は白人と比較してずっと結核にかかる率が高い．(中略) つまり，A 国では，平均より収入の多い階層の人は，平均より収入の少ない階層の人より結核にかかりにくいといえよう． 問題文 A 国では，収入が多ければ多いほど，結核にかかる率が低い．
CRT ガムとアメを合わせて 110 円で買いました．ガムはアメより 100 円値段が高いです．アメはいくらでしょう．

(5) 批判的思考態度

平山・楠見 (2004) が開発した批判的思考態度尺度をもとに，各尺度から 3 項目を抽出して用いた[21]．下位尺度は「論理的思考への自覚 (例 : 正確に物事を考えることに自信がある) 」,「証拠の重視 (例 : 結論を下す場合には，確たる証拠の有無にこだわる) 」,「客観性 (例 : いつも偏りのない判断をしようとする) 」,「探究心 (例 : 自分とは違う考え方の人に興味をもつ) 」の 4 つであった．

(6) 語彙チェックリスト

NTT コミュニケーションズ科学基礎研究所が公開している「語彙数推定テスト (平成版) 」[22]に用いられている単語を用いた．親近性の高い単語から順に一覧にし，知っている語にチェックを入れる形式として実施した．

2-3 手順

参加者は調査サイトにアクセスし，質問項目と課題に回答した．はじめに提示されるページで実験条件が示され，同意する場合に次のページに進むよう指示した．参加者は，年齢と教育レベル (最終学歴) を答えた後，語彙チェックリストに回答した．その後，3 つの実験条件のいずれかにランダムに割り付けられ，数量表現が布置された広告を読み，評価項目に回答した．最後に批判的思考態度尺度に回答し，批判的思考テスト (WG, CRT) の課題に答えた．実験は全て参加者の自由なペースで進められ，課題実施にかかった時間は平均で約 15 分 (1-48 分) であった．

3. 結果

3-1 得点化

回答所要時間が 10 分以下だった参加者と 5 つ以上の質問項目に無回答であった参加者合計 6 名をデータから除外した．

批判的思考スキルについては，WG および CRT それぞれの正答数をカウントしテスト得点とした．

また，批判的思考態度尺度については下位尺度ごとに平均点を算出して尺度得点として以降の分析に用いた．クロンバックのα係数を用いて信頼性を検討したところ，「論理的思考への自覚」と「探究心」については十分な一貫性があると判断できたが (それぞれ α = .80, .76) ，「客観性」と「証拠の重視」の信頼性は高くなかった (それぞれα =.63, .58) ．

解釈項目についての回答は，6 項目の平均値を用いた．カバーストーリーごとにクロンバックの α 係数を算出したところ，α =.93 以上で高い一貫性を示した．カバーストーリー間でも相関が高く (r=.45, .58, .63) ，カバーストーリーごとの平均値の一貫性も高い (α =.79) と判断できたため，カバーストーリーごとの尺度得点の合計を解釈得点として用いることとした． 解釈得点が高いほど，数量の差を大きく解釈していることを示す得点となった．

3-2 数量表現のタイプと解釈得点

3 つの数量表現間で解釈得点に差が見られるか，一要因分散分析によって検討した (図 2) ． 結果は有意で (F (2,206) =5.62, p=.004, partial η=.05) ， 多重比較 (Holm) の結果からは，強調グラフ (M=10.38, SE=0.26) と表条件 (M=9.19, SE=0.25) の間に有意な差があることが示された (t (206) =3.36, 調整済 p=.003, d=.54) ． 非強調グラフ (M=9.95, SE=0.27) と強調グラフ・表の差は有意ではなかった (それぞれ，t (206) =1.15, d=.20; t (206) =2.06, d=.35) ．

3-3 変数間の相関

解釈得点と批判的思考テスト得点，批判的思考態度下位尺度得点，および教育レベルと語彙数の相関係数を表 3 に示す．視覚化の有無と強調の有無をそれぞれダミー変数とした．強調グラフは視覚化と強調が 1，非強調グラフは視覚化 1，強調 0，表はいずれのダミー変数も 0 とした．教育レベルについても，高等教育の有 1 無

0 としたダミー変数を用いた.

実験条件に関わる 2 つのダミー変数 (視覚化・強調) が解釈得点と有意な正の相関を示した. 視覚化がされるほど, また強調されるほど, 差を大きく認識する傾向があると言える. CRT 得点も解釈得点と有意な相関を示した. CRT 得点と解釈得点は負の相関を示しており, CRT 得点が高いほど, 数量の差を小さいものと解釈する傾向が示された.

一方, WG は解釈得点と有意な相関を示さず, CRT との相関も有意ではあるが小さかった. 批判的思考態度尺度得点も, 解釈得点とはほとんど相関せず, 批判的思考態度によって差を大きく (小さく) 小さく解釈するという傾向は見られなかった.

教育レベルと語彙数に着目すると, 高等教育を受けた参加者は解釈得点が低くなることが示されたが, 語彙数は解釈得点と相関しないことが示された. 両変数ともに CRT 得点と有意な相関を示したが, WG との相関は語彙数のみで有意になり, またその値も小さかった.

3-4 視覚化と強調が解釈に及ぼす影響

視覚化と強調の影響を検討するため, 表 3 に示した各変数を予測変数とし, 解釈得点を従属変数とする重回帰分析 (ステップワイズ) を実施した. 変数間の交互作用は想定しなかった. その結果, 有意なモデルが得られ ($R^2 = .18$), CRT 得点と視覚化のダミー変数, 教育レベルが予測変数として残った (表 4). CRT 得点が高さと高等教育の経験があることが, 実験で提示された数量の差を小さく解釈することを予測する一方, 視覚化が差を大きく解釈することを予測することが示された.

4. 考察

本研究では, 日常的な場面で用いられるシンプルなグラフの理解について, 非本質的な強調要素を加えることの影響を検討した. こうしたグラフは, 読み手の理解をミスリードしやすいことは指摘されているが, 実証的にその影響を示す試みとして意義があると言える.

本研究の仮説として, 第一に強調要素を加えたグラフが差を強調しないグラフや表より差を大きく認識させると考えた. 2 つのグラフと表を比較した結果から, 差を強調する効果をもたせたグラフが, 表で数値を示すのと比較して, 差を実際により大きく認識させる効果があることが示された. しかし, 強調要素を加えたグラフと強調要素を加えないグラフの差は明確には見られず, 重回帰分析の結果からは, 数量を視覚化することが差を大きく認識することにつながることが示された.

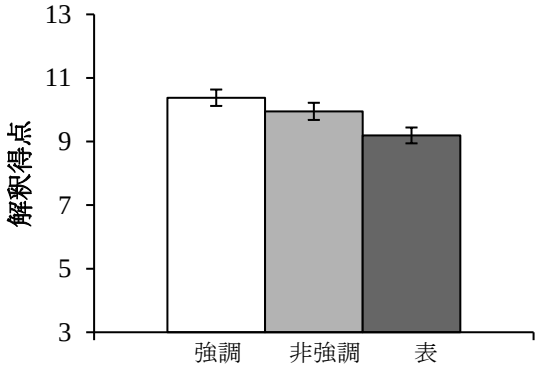


図 2. 各条件の解釈得点平均値

エラーバーは標準誤差を表す

表 3 変数間の相関

	解釈得点	ダミー1	ダミー2	WG	CRT	論理的	探究心	客観性	証拠	教育レベル
D1	.24 **	1.00								
D2	.10 **	.53 **	1.00							
WG	-.13	-.14 *	-.112	1.00						
CRT	-.36 **	-.08	-.10	.25 **	1.00					
論理	-.02	-.06	-.02	-.04	.09	1.00				
探求	.02	-.03	-.10	-.045	-.01	.24 **	1.00			
客観	.07	.03	-.05	-.07	.02	.30 **	.44 **	1.00		
証拠	-.06	-.06	.03	-.10	.11	.26 **	.03	.18 **	1.00	
教育	-.20 **	-.02	.03	.03	.16 *	.11 †	.04	.05	-.07	1.00
語彙	-.02	.07	.07	.14 *	.21 **	.11	-.02	.14 *	.14* *	.09

**p<.01, *p<.05

表 4 重回帰分析の結果

Step	モデルに入った変数	R^2 増分	標準回帰係数 (β)	95%CI
1	CRT 得点	.12	−.32**	−.45, −.19
2	視覚化ダミー	.04	.20**	.07, .33
3	教育レベル	.02	−.15*	−.28, −.02

**p<.01, *p<.05

強調グラフと非強調グラフの差が有意ではなかったことについては，強調グラフの特徴と非強調グラフの特徴が関連していると考えられる．強調グラフについて第一に考えられるのは，本研究で用いた強調要素が弱かった可能性である．矢印や数値軸の非均一化によって並べてみれば差が大きく見せられていることは明白であるが，この程度であれば，強調効果は視覚化すること自体の効果を超えては見られないと考えられるかもしれない．

第二に，強調効果を持たせようとしたことが明白であったために，それを読み手が考慮して差の大きさ自体を割り引いて考えるような判断がなされた可能性が考えられるだろう．本研究では，強調グラフ自体の特徴を読み手がどのように把握しているかという点についての直接的な検討は行わなかった．今後の研究において，グラフ自体をどのように評価するかということに焦点を当てた検討が必要だと考えられる．

次に，非強調グラフの特徴から検討すると，本研究で用いた非強調グラフが，Y 軸が省略されたグラフ (truncated graph) になっており，これ自体が差を強調する効果を持っていたことが指摘できる．そのため，本研究では，強調の程度の強弱は検討できたものの，正確に数量を表現したグラフとの比較になっていないと指摘できる．グラフに付加される強調効果をより体系的に操作することで，グラフがどの程度ミスリーディングになりうるかを示すことができるだろう．

本研究では，第二の仮説として，批判的試行スキルや態度がトップダウンのプロセスとして働くことで，強調要素の影響が減じられると考えた．重回帰分析の結果からは， Cognitive Reflection Test の得点の偏回帰係数が有意になり，数量的情報について熟考するスキルが高いほど，差を小さく捉える傾向になることが示された．一方，グラフの強調表現の有無との交互作用は見られず，仮説を支持する結果は得られなかった．この点についても，グラフの強調表現を体系的に操作した上で再検討する必要があるだろう．また，こうしたより慎重な判断がくだされた背景として，「広告」という文脈を考慮する必要もあるかもしれない．異なる文脈において差の判断や批判的思考の個人差が影響するかという点については，本研究の結果から推測することは難しい．今後の研究ではさらに多角的な検討が必要である．

最後に，本研究では，グラフについての知識や領域知識，ワーキングメモリなどの個人差は検討に入れなかった．先行研究からはこうした個人差がグラフの特徴と交互作用することが示されている[8][9][14]．本研究では，サプリメントなどの「広告」が題材になっており，一般に内容知識に大きな差があると想定しにくいと考えた．ただし，教育レベルの効果が見られたことから，知識の影響をより積極的に想定する必要があるだろう．特に，数量表現を読み取る経験がグラフに関する知識や態度に反映されていると考えられる．トップダウンのプロセスに関連する要素についてもさらに検討を進めることが今後の課題である．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 19K03253 の助成を受けたものです．

参考文献

[1] Shah, P., Mayer, R.E., & Hegarty, M. (1999) . Graphs as Aids to Knowledge Construction: Signaling Techniques for Guiding the Process of Graph Comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 91,690-702.
[2] Lohse, G.L. (1997) . The role of working memory on graphical information processing. *Behavior & Information Technology*, 16, 297–308.
[3] Mayer, R. E. (1993a) . Comprehension of graphics in texts: An overview. *Learning & Instruction*, 3, 239-245.
[4] Mayer, R. E. (1994) . Visual aids to knowledge construction: Building mental representations from pictures and words. In W. Schnotz & R. W. Kulhavy (Eds.) , *Comprehension of graphics: Advances in psychology* (Vol. 108, pp. 125-138) . Amsterdam: North-Holland/Elsevier Science.
[5] Mayer, R. E. (2009) . *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
[6] Mayer, R. E. (1993b) . Illustrations that instruct. In R. Glaser (Ed.) , *Advances in instructional psychology* (Vol. 5, pp. 253-284) . Hillsdale, NJ: Erlbaum.
[7] Mayer, R. E., Sims, V, & Tajika, H. (1995) . A comparison of how textbooks teach mathematical problem solving in Japan and the United States. *American Educational Research Journal*, 32, 443-460.
[8] Peebles, D., & Cheng, P. C. H. (2003) . Modeling the effect of task and graphical representation on response latency in a graph reading task. *Human Factors*, 45, 28-45.
[9] Shah, P. & Freedman, E. G. (2011) . Bar and line graph

comprehension: An interaction of top-down and bottom-up processes. *Topics in Cognitive Science*, 3, 560-578.
[10] Huff, D. (1991) . *How to Lie with Statistics*. Penguin,
[11] Rumsy, D. J. (2019) . *Statistics Essentials*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
[12] Tufte, E. R. (1997) . *Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative*. Graphics Press, Cheshire, CT.
[13] Kriz, S., & Hegarty, M. (2007) . Top-down and bottom-up influences on learning from animations. *International Journal of Human Computer Studies*, 65, 911-930.
[14] Shah, P., Freedman, E. G., & Vekiri, I. (2005) . The Comprehension of Quantitative Information in Graphical Displays. In P. Shah (Ed.) & A. Miyake, *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (p. 426–476) . Cambridge University Press.
[15] Ennis, R. H. (1996) . *Critical thinking.* Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
[16] Watson, G., & Glaser, E. M. (1964) *Manual of Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal*. Harcourt Brace & World, New York.
[17] 久原恵子・井上尚美・波多野誼余夫 (1983) 批判的思考力とその測定. *読書科学*, 27, 131－142.
[18] Frederick, S. (2005) . Cognitive reflection and decision making. *Journal of Economic Perspectives*, 19, 25-42.
[19] Stanovich, K. E., & West, R. F. (1997) . Reasoning independently of prior belief and individual differences in actively open-minded thinking. *Journal of Educational Psychology, 89*, 342–357.
[20] West, R. F., Toplak, M. E., & Stanovich, K. E. (2008) . Heuristics and biases as measures of critical thinking: Associations with cognitive ability and thinking dispositions. *Journal of Educational Psychology, 100*, 930–941.
[21] 平山るみ・楠見孝 (2004) 批判的思考態度が結論導出プロセスに及ぼす影響：証拠評価と結論生成課題を用いての検討. *教育心理学研究*, 52, 186-198.
[22] NTT コミュニケーションズ科学基礎研究所「語彙数推定テスト」 http://www.kecl.ntt.co.jp/icl/lirg/resources/goitokusei/vocabulary_test_heisei/php/goi-test.php

商品探索における店舗内サインの有用性の検討
Examination of utility of signage on item search

岩根 榛花[†]，中村 奈良江[‡]
Haruka Iwane, Narae Nakamura
[†]筑波大学，[‡]西南学院大学
University of Tsukuba, Seinan Gakuin University
s2021302@s.tsukuba.ac.jp

概要
公共施設等で既に明らかになっているサインの有効性が，店舗においても同様に有効かを，店舗を模した状況での探索の行動指標から検証した．サイン無しと通常サイン，強調サインの 3 群毎の，目的商品の探索動線と時間から，サインがあることで，速く・最短で探索することが出来ることが分かった．また，通常サイン群において，浅いプランニングでの探索が示唆された．

キーワード：商品探索，店舗内サイン

1. 目的

日常生活において，目的対象を探索することはしばしば行われており，その際に有効と考えられている手がかりの 1 つがサインである．サインの有用性に関しては，病院（竹中ら，2016），図書館（渡邊ら，1999），商業施設（西川ら，2017）などのケーススタディによって検証されており，適当な場所，適切な表現，高い視認性，連続的な表示といったサインが有効であることが明らかになっている．

しかし，店舗におけるサインに関する研究はまだ少ない．一般的な店舗では，病院や図書館などと違って広さが狭く、施設内を見渡し易いため，店舗において地図の様な案内サインや，矢印のような誘導サインは利用されない．しかしながら，店舗内で商品を探し回る人が少なからずいることも事実であり，そのような探しづらさに対して，棚の名称を示すような名称サインが有効であるか検証する必要があると考える．そこで，本研究では，店舗における「速く・最短での」商品の探索と店舗内に設置されたサインとの関連性を実験によって検証することを目的とする．

2. 方法

実験参加者　大学生 63 名（平均 21.40 歳，SD＝3.49）であった．これらを 3 群に分けた．

材料　店舗を模した実験状況を作成するため，実際の店舗にて撮影した棚の写真を A0 のポスターサイズに印刷し，パネルに貼付した．棚のポスターをパネル両面に貼付したものを 4 つと，パネル片面に貼付したものを 8 つ壁面に並べた．これらの棚は，入り口から順にシーズン化粧品，鎮痛剤，風邪薬，保健栄養剤，胃腸薬で，壁面は順に食器用洗剤，ボディケア，ヘアケア，歯ミガキの 9 種類であった．

Figure.1　群別の違い（風邪薬の場合）

サインがもたらす商品探索への影響を測定するために，棚のポスターのみの群（以下「サイン無し群」），棚のパネルの上に商品のサイン（例：「鎮痛剤」「風邪薬」）を設置している群（以下「通常サイン群」），棚のパネルの上から，サインと同じものが示されたポスターを貼付した群（以下「強調サイン群」）の 3 群に分類した（Figure.1）．

また，商品探索の時間を測定するストップウォッチと，探索動線を記録する記録用紙，ターゲット商品を表示するスマートフォンを用いた．

手続き　参加者は実験者より「出来るだけ早く，また後ろにいる実験者を気にしないように探索してください」と教示された後，目的の商品である「セルベール（胃腸薬）」が表示されたスマートフォンを渡され，探索を開始した．実験者は参加者の後ろにつき，探索動線を記録した．動きを一本の線で描き，棚の前で立ち止まった際に黒丸で印をつけた．

3. 結果

正確さの指標として探索時に停留した棚の数を用い，

速さの指標としては探索に要した時間を用いた.

探索ストラテジー 停留した棚の数をカウントし，その数ごとに探索ストラテジーを分類した．8 カ所すべてに順に停留した場合を「逐次探索」，反対に目的の棚である胃腸薬にのみ停留した場合を「最短探索」とし，その間を取って 2~4 カ所停留した「準最短探索」と 5~7 カ所停留した「混合探索」とした．また，9 カ所以上停留している場合は「重複探索」とした.

以上の基準によって参加者を分類し，それを群毎に χ^2 検定で分析したところ，サイン無し群において，最短探索と準最短探索が有意に少なく（χ^2=-1.98, df=10, p<.05；χ^2=-2.96, df=10, p<.01），重複探索が有意に多かった（χ^2=4.47, df=10, p<.01）．通常サイン群ではどのストラテジー間にも差はなかった．強調サイン群では，準最短探索が有意に多く（χ^2=2.37, df=10, p<.05），重複探索が有意に少なかった（χ^2=-2.52, df=10, p<.05, Table.1）.

Table.1 群別・探索ストラテジー別の人数（人）

	最短探索	準最短探索	混合探索	逐次探索	重複探索
サイン無し	0 *	1 **	3	3	14 **
通常サイン	3	7	6	1	3
強調サイン	4	10 *	5	0	2 *

探索時間 探索時間のばらつきは，正規性を保っていないことから，クラスカルウォリス検定で 1 要因参加者間の分析をした結果，主効果が有意であり（Kruskal=Wallis χ^2=12.06, df=2, p<.01）,Holm 法による多重比較の結果，サイン無し群と，他 2 群に有意差があった（通常サイン p<.01；強調サイン p<.05）（Figure.2）.

棚ごとの平均利用回数 群毎に，棚ごとの停留回数の平均値で 1 要因参加者内の分散分析を行った．ここでは，胃腸薬とその他とを比較した結果のみ取り上げた．サイン無し群では有意な差がみられたが（F（7, 140）=4.90, p<.01, η^2p=.20），多重比較の結果，胃腸薬との比較では有意な差はなかった．通常サイン群でも，有意な差がみられ（F（7,140）=4.64, p<.01, η^2p=.19），多重比較の結果，胃腸薬とシーズン化粧品，風邪薬 2，風邪薬 3，保健栄養剤 1 に有意な差があった（p<.05；p<.05；p<.01；p<.01）．胃腸薬と鎮痛剤，風邪薬 1，保健栄養剤 2 では有意な差はなかった．強調サイン群でも有意な差がみられ（F（7,140）=9.35, p<.01, η^2p=.32），胃腸薬と他すべての群で有意な差がみられた（すべて p<.01）.

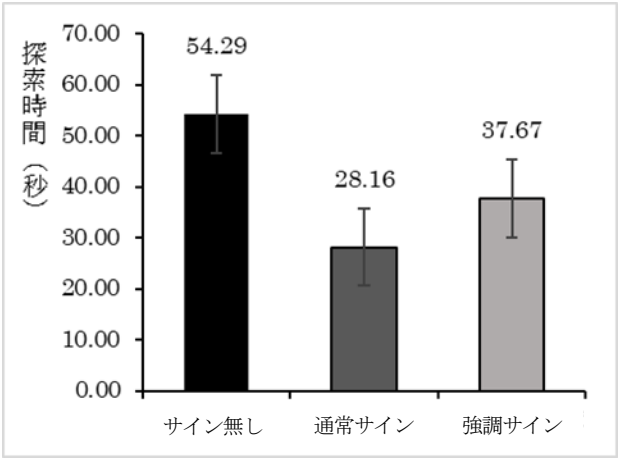


Figure.2 群別の平均探索時間

4. 考察

正確さの指標である探索ストラテジー分類の結果，サイン無し群では，重複探索が多いことから，迷い行動が起こってしまうことが明らかになった．一方，強調サイン群では，正確さの高い探索が可能になることが明らかになった．つまり，サインは正確な探索に寄与することが示唆された．また，群間での探索時間の分析の結果，サイン無し群と，ほか 2 群に有意な差がみられた．つまり，サインがある場合は，探索時間が短くなることが明らかになった.

最後に，参加者内での棚の利用回数から，平均的な探索動線を求めたところ，強調サイン群は最短探索的であったが，通常サイン群では，入り口に近い棚にとりあえず進むような動きがあることが示唆された．これは，都市空間の探索で示される，浅いプランニングでの探索（日色ら，1994）と同様の現象が，店舗の探索においても起こっていると考える．つまり，深く考えずにとりあえず探す，という行動である。強調サイン群では，サインという単体の情報を基に探索を行うため，簡潔なプランニングを行い，それを実行できるだろう．一方，通常サイン群では，短い時間内でサインや棚といった複数の情報を基に探索を遂行するために，完全なプランニングではなく，このような浅いプランニングで探索を行っていると考えられる.

本研究では，群比較によって，店舗におけるサイン利用の有効性を明らかにすることができた．しかしながら，有効性は強制的に利用を方向づけられた場合に特に生じており，自発的なストラテジーの中には，店舗内において浅いプランニングによる探索も発生し，店舗というそれほど広くなく，全体を見渡すことが可能な

施設の中では，有効なストラテジーをいつも行っているわけではないことを示唆することが出来た.

実験実施方法をさらに改善した上で, 複数の商品の探索や, 実店舗における実施等, より発展させていく必要があるだろう.

文献

[1] 日色 真帆・原 広司・門内 輝行, (1994)"迷いと発見を含んだ問題解決としての都市空間の経路探索", 日本建築学会計画系論文集, 59, 466, pp.65‐74.

[2] 西川 麻里奈・平手 小太郎・小﨑 美希・三枝 秀誠, (2017)"商業施設におけるサインの性能に関する研究 その3 初回来場者による経路探索の改修前後比較", 環境工学 I , pp.151‐152.

[3] 清水 裕士, (2016)"フリーの統計分析ソフト HAD : 機能の紹介と統計学習・教育, 研究実践における利用方法の提案", メディア・情報・コミュニケーション研究, 1, pp.59-73.

[4] 竹中 賢太・宗本 晋作・河合 慎介, (2016)"総合病院の経路探索における可読性と視認性に基づく誘導サインの評価手法の研究 ーN病院の外来診療部を対象としてー", 日本建築学会近畿支部研究報告集. 計画系, 56, pp.149‐152.

[5] 渡邉 昭彦・野澤 隆秀, (1999)"図書館の初来館者を想定した経路探索行動の発話等の分析 : 建築空間における探索行動の認知心理学的考察 その 7", 日本建築学会計画系論文集, 64 (59) , pp.131-139.

記号的コミュニケーションの成否に与える性格特徴の影響調査
Study on effects of personality on success in symbolic communication

金野 武司，山下 貴之
Takeshi Konno, Takayuki Yamashita
金沢工業大学 工学部 電気電子工学科
Kanazawa Institute of Technology, College of Engineering,
Electrical and Electronic Engineering
konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp, b1642539@planet.kanazawa-it.ac.jp

概要

本論ではことばによるコミュニケーションの成否と人が持つ性格特徴との関連性に着目した．両者の関係性を明らかにするために我々は，社会的関係性を構築する能力に関連すると考えられる調和性についての指標を作り，その指標が高い人／低い人どうしが協調ゲームの中で人工的な言語を作る課題に取り組む実験を実施した．同時に，性格特徴に加えて，計算力と記憶力についての検査を実施し，その協調課題の成否との関連性を調べた．実験の結果，コミュニケーションの成否と調和性指標あるいは記憶力の間には有意な関係は確認されず，計算力との間に弱い関係性が見られた．この結果は，ことばによるコミュニケーションの成否が単純に性格特徴によって左右されるものではないことを示している．

キーワード：Personality, Coordination game, Symbolic communication

1. はじめに

現在，世界中で開発が進む対話型人工知能は，情報検索や翻訳など様々な場面で利用され始めている．その中でも興味深いのは，人工知能が使用者の相談に乗るような機能を持ち始めている点である [1]．このような人工知能の開発には，人間の性格特徴を把握することが不可欠であるように思われる．しかし，そういった性格特徴とことばによる（記号的な）コミュニケーションの成否との関連性は未だよくわかっていない．そこで我々は，性格特徴を把握する各種の質問紙と，協調的な課題を通じて二者間で人工言語を作成する課題を組み合わせた実験を設計し，その両者の関係性の解明に取り組んだ．

2. 研究方法

ことばによるコミュニケーションの成否と関係する性格特徴として，我々は社会的関係性の構築能力に関連すると考えられている 4 つの尺度に着目した．この 4 つの尺度は，マキャベリズム尺度，サイコパシー尺度，共感性尺度，ビッグファイブ（情緒不安定性，誠実性，外向性，調和性，開放性）である．これらの尺度についての特性を確認した上で，ことばによるコミュニケーションを成功に導く可能性が高いと思われる指標として，ビッグファイブの調和性と，それに逆相関したサイコパシー（二次性）尺度から成る調和性指標を作成し，2 つの実験群を構成した．

ことばによるコミュニケーションの成否を測る課題としては，金野ら [4] のメッセージ付きコーディネーションゲームをさらにシンプルな課題にした河上ら [5] の実験環境を利用した．この実験はタブレット端末を介して二者間で記号的なコミュニケーションを行うもので，簡単な図形（記号）のみのやりとりによる意味の伝達の成否を定量的に測ることができる．また，性格特徴以外の影響要因として，単純な計算力と記憶力の検査を実施した．計算力はクレペリン検査 [2] を，記憶力は標準言語性対連合学習検査（S-PA）[3] を用いた．

2.1 性格特徴の分析と指標の作成

金沢工業大学の学生 98 名（男性 87 人，女性 11 人，平均年齢 20.6（$SD = 1.6$））に対して，前述の 4 つの尺度で性格特徴を測るアンケートを実施した．このアンケート結果の分析から，ビッグファイブの中の調和性とサイコパシー（二次性）尺度から成る調和性指標を作成し，その指標が高いグループを Communicative 群（グループ C），低いグループを Non communicative 群（グループ NC）とした．

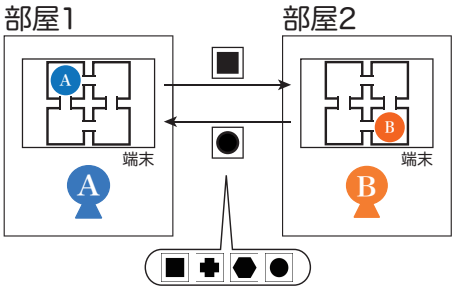


図 1　メッセージ付きコーディネーションゲーム

2.2　ことばによるコミュニケーションの成否を測る課題

メッセージ付きコーディネーションゲームでは，参加者は図 1 に示すように，互いに離れた場所でタブレット端末を介して，4 つに区切られた部屋に配置された自分の駒を相手と同じ部屋に移動させることを目指す．駒の移動は上下左右にのみ 1 回だけ行うことができ，参加者は駒を移動させる前に 4 つの図形から 1 つを選んでそれをメッセージとして相手に送ることができる．その後，参加者は駒を自身の部屋から斜めを除いた部屋に移動させる（留まることは可）．互いの移動場所が決まるとお互いの行動が結果の画面に表示され，それぞれの駒は再びランダムに配置される．ここまでが 1 ラウンドであり，参加者はこれを 60 ラウンド行った．このゲームにおいて参加者は，図形に適切な意味を込めることができれば，駒を同じ部屋に移動させることができるようになっていた．

2.3　計算力・記憶力の検査

計算力の調査に用いたクレペリン検査 [2] は，隣り合う 2 つの数字を足し合わせる計算を続ける検査である．クレペリン検査は，対象者の精神安定性を測ることを目的とする検査であり，本来は 30〜40 分を要する．しかし，我々は単純な計算力を測ることを目的とするため，この計算を 3 分間だけ実施した．

記憶力の検査に用いた S-PA[3] は，対になった 2 つの単語 10 組について，記憶と回答を 3 回繰り返す課題である．題材として，有関係と無関係の単語対が用意されているが，本研究で用いた協調課題は，単純な図形と意味を対応づけるものであるため，無関係単語対の記憶テストのみを実施した．

3.　結果および議論

性格特徴アンケートに答えた 98 名の中から，グループ C が 7 ペア（14 人，男性 13 人，女性 1 人，平均年齢 21.1（$SD = 1.8$）），グループ NC が 4 ペア（8 人，男性 4 人，女性 4 人，平均年齢 21.6（$SD = 0.9$））実験に参加し，それぞれのグループ内の相手とメッセージ付きコーディネーションゲームに取り組んだ．

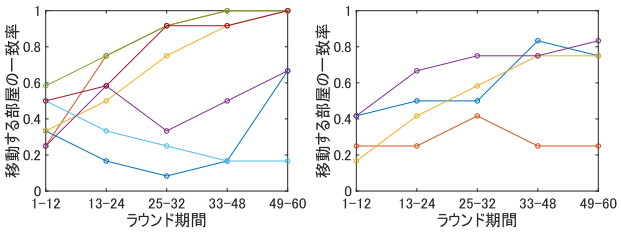


図 2　グループ C(左) 及びグループ NC(右) の 12 ラウンドごとの移動する部屋の一致率の推移

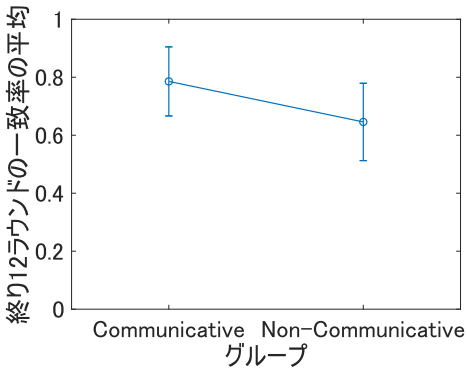


図 3　終わり 12 ラウンドの一致率のグループ間の差

それぞれのグループのペアがコーディネーションゲームで移動する部屋の一致率をどのように変化させたのかを図 2 に示す．この結果を見ると，グループ C は早期に成功し始めるペアと，一致率を終盤まで上げることのできないペアに二極化しているように見える．また，グループ NC には早期に一致率を上げることができたペアがいないことも特徴的である．

終わり 12 ラウンドの一致率を 2 つの群で比較すると，図 3 のようにグループ C の方が若干高い結果になるが，1 要因の分散分析では有意差は確認されない（$F(1, 10) = .55, p = .466$）．

終わり 12 ラウンドの一致率と計算力の間には弱いながらも有意な相関関係が確認された（$r(20) = .518, p = .103$）．ただし，記憶力との間には有意な関係性は確認されなかった（$r(20) = .196, p = .564$）．

図 2 の一致率の推移では，グループ C には一致率が 1 に達したペアがいた一方で，グループ NC のペアには一致率 1 に達したペアはいなかった．しかし，この違いはグループ間での統計的な有意差としては表われなかった．これはグループ C にも一致率が低いペアがいたためである．ただし，グループ C で一致率の低

かった 2 つのペアは，中盤での一致率の下降の後，終盤では一致率を上昇させている．この 2 ペアについては，このまま続ければ一致率を 1 にすることができたかもしれない．とは言え，これらの結果が示すのは，調和性指標が単純に記号による協調課題の成功と関連するのではないということである．上述の違いを明らかにするには，より詳細なコミュニケーションの状態を分析する必要があると考えられる．

4. 結論

ことばによるコミュニケーションの成否と人間が持つ性格特徴の中でも社会性の構築に関係すると思われる調和性との関連性を検証する実験を行った．結果，記号的なコミュニケーションの成功度と調和性の高さとの間には，有意な関係は確認されなかった．他方，計算力に関しては弱い相関関係が認められた．以上の結果は，ことばによるコミュニケーションが単純な性格特徴によって左右されるものではないことを示している．

謝辞

本研究は，MEXT/JSPS 科研費 「共創言語進化」 #4903, JP17H06383 の助成を受けた．ここに記し謝意を表します．

文献

[1] Katsuya Iida Kazuna Tsuboi Momo Klyen Xianchao Wu, Kazushige Ito. りんな:女子高生人工知能. In **言語処理学会 第 *22* 回年次大会 発表論文集**, pages 306–309, 2016.

[2] 内田 勇三郎. **内田クレペリン精神検査法手引**. 日本・精神技術研究所, 1951.

[3] 日本高次脳機能障害学会（編）. **標準言語性対連合学習検査（*Standard verbal paired associate learning test : S-PA*）**. 新興医学出版社, 2014.

[4] 金野 武司, 森田 純哉, and 橋本 敬. 言語的コミュニケーションシステムの創発に関する実験的アプローチ. **計測と制御**, 53(9):801–807, 2014.

[5] 河上 章太郎 and 金野 武司. 記号コミュニケーションにおいて言外の意味を推定する計算モデルの人への効果. In **日本認知科学会第 *34* 回大会予稿集**, pages 756–760, 2017.

脳波測定による個人のデフォルトモードネットワークの情報量的特定とその安定性の評価

西村 翔馬 †，和泉 圭祐 †，金野 武司 ‡
Shoma Nishimura, Keisuke Izumi, Takeshi Konno
† 金沢工業大学 工学部 電子情報通信工学科，‡ 金沢工業大学 工学部 電気電子工学科
Kanazawa Institute of Technology, College of Engineering,
† Electronics, Information and Communication Engineering,
‡ Electrical and Electronic Engineering
b1701537@planet.kanazawa-it.ac.jp, b1604713@planet.kanazawa-it.ac.jp,
konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

人は他者とのコミュニケーションにおいて相性を感じることがある．この相性は何に起因しているのだろうか．この問題を解く 1 つの鍵として，安静時の脳状態に見られる特徴的な活動パターン＝デフォルトモードネットワーク（DMN）が注目されている．本研究はこの DMN を脳波測定により抽出し，人が持つ固有の脳活動パターンを情報量的に特定することを目的とした．しかし，結果として今回の実験では人が持つ固有の脳活動状態を情報量的に特定するには至らなかった．

キーワード：Default mode network, EEG, Integrated information

1. 背景

他者とのコミュニケーションにおいて，相性を感じる人は少なくない．それは長い時間をかけて醸成され，気づかれるものである場合もあるが，驚くべきは，ほぼ初見で，かつたった数分しか接していない場面においても，それとなく「相性」というものを意識することがある点である．また興味深いのは，その「相性」を形成するプロセスは無意識下で進行し，そこでのやりにくさ／やりやすさはそういった数分のやりとりを振り返った時に見いだされることが非常に多いのではないかということである．こういった無意識下で進行する「相性」へと続くプロセスが，普段からの脳活動パターンの類似性に起因するのではないかとする指摘がある [7].

このような，無意識下にある基本的な脳活動パターンはデフォルトモードネットワーク（DMN）と呼ばれ注目されている [6]．特に，情報量的な脳活動の統合状態を数量化する統合情報量 [4] は，DMN を特徴付ける指標として注目されている．Trujillo ら [5] は安静時の脳波測定から統合情報量（より具体的には，信号の「統合度」および「相互作用の複雑度」の 2 つ）を算出し，その数値的頑健性を検証している．我々は，この計算手法を用いて「相性」の特定ができないだろうかと考えた．これをするには，安静時脳波から個人を特定できなければならないので，個人の安静時脳波を複数回測定した場合の統合情報量のばらつきが，複数人を測定した場合のばらつきよりも小さくなる必要がある．本研究では，この検証を目的とした．

また，精密な脳波計測は導電性のジェルを注入する湿式の脳波計が用いられることが多く，一度の計測にかかる手間に問題を抱えている．こういった問題を解決する計測機として乾式の脳波計が開発されているが，それらは電極数が 2〜8 程度に留まるものがほとんどである．そんな中，オープンソースの BCI プラットフォームを展開する OpneBCI（`https://openbci.com`）は，16 チャネルの乾式脳波計を発表している．フレームや部品は全て 3D プリンタで成形可能であり，計測システムも電子回路から基板パターンまで公開されているため，その完成品は非常に低いコストで調達できる．本研究では，この OpenBCI 製の脳波計（Ultracortex Mark IV 16ch）を用いて安静時脳波を計測し，そのデータから統合情報量を算出することで，それが DMN として個人を特定することのできる指標となり得るか検証することを目的とした．

2. 実験方法

実験ではまず，参加者には安静時の脳波を測定することが伝えられた．同意書へのサインの後で頭囲を巻尺で測定し，脳波計のサイズ（L/M）を決定した．使用する脳波計を決めた後で，参加者は衝立で囲まれた椅子とテーブルが設置された測定場所へと移動し（図 1 左），そこで脳波計（図 1 右）を装着した．測定中は

部屋の照明を落とした状態で，開眼状態と閉眼状態のそれぞれで 4 分間の測定が行なわれた．脳波測定後，参加者は前日の睡眠状態や最近の運動状態などに関する簡単なアンケートに答えた．

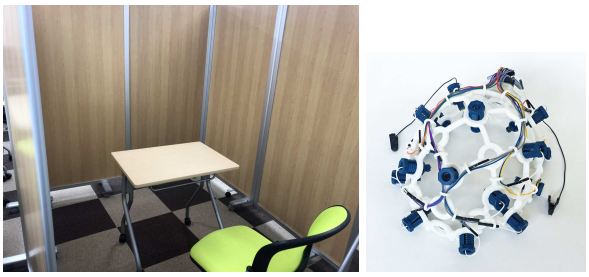


図 1　測定環境（左）と脳波計（右）

測定中，参加者には体や頭を動かさず同じ姿勢を保つことと，眠らないようにすることが注意事項として伝えられた．前者は筋肉電位信号が脳波に混入することを防ぐためであり，後者は睡眠時に生じるアルファ波帯（8〜13Hz）が支配的になるのを防ぐためである．

脳波測定に用いた OpenBCI 製の脳波計は，導電性ジェルを塗布する必要がない乾式タイプであり，30 万円程度の導入コストで手軽に 16 チャネルの脳波を計測することができる[1]．測定時には PC（Apple 製 Macbook Pro）に接続した USB ドングルと脳波計の間で，Bluetooth での無線通信によってデータが収集された．脳波計の電極部分の設置深度はネジ巻き式で調整するようになっており，専用の脳波データ収集ソフトウェア（OpenBCI_GUI）で信号を確認しながら調整した．

2.1　分析方法

測定されたデータは，以下の手順でアーチファクトを取り除いた．まず，脳波成分以外の周波数帯を除外するため，1-40Hz のバンドパスフィルタを施した．その後，1 秒間の脳波データを 0.5 秒間隔で切り出してエポッキングを行なった．これにより 4 分間のデータは 1 秒間の 480 エポックのデータに切り分けられた．続いて，いくつかの統計的基準（振幅が $\pm 100[\mu V]$ を超える，エポック内の電位ドリフトが $50[\mu V]$ を超えるなど）を満たさないエポックを分析対象から除外した．さらに独立成分分析（ICA）を実施し，再び先ほどと同様の統計的基準でエポック除外操作を実施した．

[1]多くの先行研究では湿式で，かつ 32 チャネル以上の脳波計が用いられることが多い．Trujillo ら [5] の研究では 64 チャネルの湿式脳波計が用いられた．

アーチファクトの除去後，脳波の電位レベルを全頭で揃えるための参照基準レベルを先行研究 [5] に倣いラプラシアンリファレンス [2, 3] で計算し，さらに周波数帯をシータ波帯とアルファ波帯を合わせた 4-13[Hz] の帯域と，ベータ波帯である 14-30[Hz] の帯域に分けた．

それぞれの周波数帯に分離された脳波データに対して，エポックごとに統合情報量（統合度 $I(X)$ と相互作用複雑度 $C_I(X)$）を次式に従って算出した．

$$I(X) = \sum_{i=1}^{N} H(X_i) - H(X) \tag{1}$$

$$C_I(X) = H(X) - \sum_{i=1}^{N} H(X_i|X - X_i) \tag{2}$$

ここで，X_i は個々の EEG チャンネルの状態であり，$H(X_i)$ はチャンネルごとのエントロピーである．$H(X)$ はすべてのチャンネルにわたる状態 X の結合エントロピーであり，$H(X_i|X - X_i)$ は残りのマルチチャンネル $X - X_i$ の状態が与えられた場合の単一チャンネル X_i の条件付エントロピーである．これを計算すると，信号の統合度 $I(X)$ は，すべての EEG チャネルが統計的に独立している場合に 0 になり，逆に全てのチャンネルが横断的に完全に依存しているときに最大になる．対照的に，相互作用複雑度 $C_I(X)$ は，チャンネルどうしが完全に独立あるいは完全に依存した場合に最小となり，その中間状態で最大になる．

以上のデータ分析には，MATLAB（Mathworks）と EEGLAB toolbox [1] を用いた．

2.2　参加者

実験には 11 名が参加した．参加者はいずれも金沢工業大学の学生（男性 10 名，女性 1 名）で，実験は全て大学内の研究室で行なわれた．このうち，1 名（男性．年齢 21）は日を分けて 5 回の繰り返し計測を行った．他 10 名の平均年齢は 21.9 歳（SD=0.88）であり，それぞれ一回の計測を行なった．

3.　結果および議論

測定された脳波から統合情報量を算出した．開眼条件と閉眼条件，そしてシータ／アルファ波帯とベータ波帯において，基本的な特性に大きな違いは確認されなかった．そのため，視覚情報による影響がない閉眼条件で，かつ全頭活動のネットワークを見ることのできる遅い周波数帯であるシータ／アルファ波帯につい

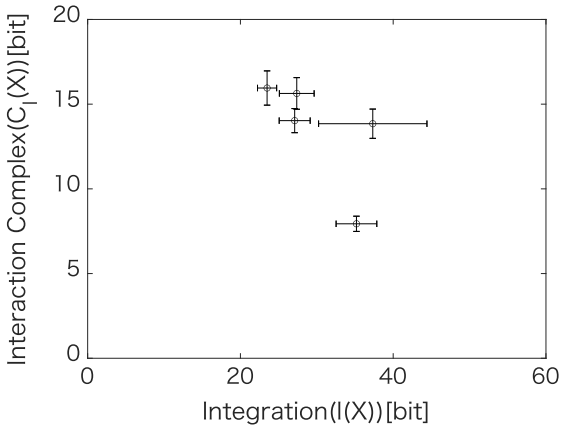


図 2　参加者内（1 名）の閉眼条件でのシータ／アルファ波帯の統合情報量．エラーバーは標準偏差．

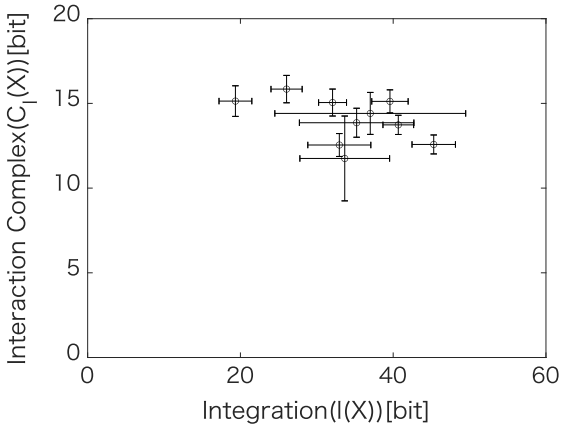


図 3　参加者間の閉眼条件でのシータ／アルファ波帯の統合情報量．エラーバーは標準偏差．

ての結果を示す．図 2 は 1 名の参加者の 5 回の計算結果であり，図 3 は 10 名の参加者の計算結果である．

統合情報量によって個人を特定するには，1 名の測定結果（図 2）のばらつきは，10 名の測定結果（図 3）のばらつきを下回らなければならない．ところが，得られた結果はそれぞれのばらつきが同程度になっており，個人が特定できる結果であるようには見えない．

1 名の測定が日をおいて繰り返した際にばらつきを見せたことの原因としては，測定精度のばらつきを考えることができる．実際に，アーチファクトの除去作業によって取り除かれたエポックの数にはある程度大きなばらつきが確認されている．しかし，開眼／閉眼状態ともにデータが似ていることから，同じ時間帯であれば，同程度の数値になるのではないかと思われる．そのため我々は，脳波計の着脱に問題があったのではないかと考えている．今後の課題として，まずは同一人物で脳波計の着脱を繰り返し，電極の接触状態の違いがどの程度の統合情報量のばらつきとして現れるのかを確認する必要があると考えられる．

4. 結論

本論では，人間の脳活動が見せる基礎的な活動パターンであるデフォルトモードネットワークに着目し，それを統合情報量として特定することを目指した．結果として，一人の繰り返し測定による統合情報量のばらつきと，複数人の測定による統合情報量のばらつきは同程度になり，個人を特定できるような指標とはならないことが確認された．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費基盤研究 (A)「道徳的行為者のロボット的構築による＜道徳の起源と未来＞に関する学際的探求」/課題番号 19H00524，及び MEXT/JSPS 科研費 「共創言語進化」 #4903, JP17H06383 の助成を受けた．ここに記し謝意を表します．

文献

[1] Arnaud Delorme and Scott Makeig. Eeglab: an open source toolbox for analysis of single-trial eeg dynamics including independent component analysis. *Journal of neuroscience methods*, 134(1):9–21, 2004.

[2] F Perrin, J Pernier, O Bertrand, and JF Echallier. Spherical splines for scalp potential and current density mapping. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 72(2):184–187, 1989.

[3] F Perrin, J Pernier, O Bertrand, and JF Echallier. Corrigenda eeg 02274. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 76(565), 1990.

[4] Giulio Tononi. Consciousness as integrated information: a provisional manifesto. *The Biological Bulletin*, 215(3):216–242, 2008.

[5] Logan T Trujillo, Candice T Stanfield, and Ruben D Vela. The effect of electroencephalogram (eeg) reference choice on information-theoretic measures of the complexity and integration of eeg signals. *Frontiers in neuroscience*, 11:425, 2017.

[6] 宮内 哲, 上原 平, 寒 重之, 小池 耕彦, and 飛松 省三. Default mode network と resting state network –fmri による「脳の状態」の計測–. **認知神経科学**, 14(1):1–7, 2012.

[7] 大平 英樹. **意識の非在–脳の予測的符号化による意識の創発と消失**, chapter 9, pages 470–550. 春風社, 2019.

寄付行動に対するエージェントの種類とリアリズムの影響の日米比較

尾関　智恵†，寺田　和憲‡
Tomoe Ozeki, Kazunori Terada

†愛知工科大学，‡岐阜大学
Aichi Technology of University, Gifu University
ozeki-tomoe@aut.ac.jp

概要

人々の投資や寄付などの互助活動について様々な要因が調査されているが，エージェントが介在する研究はまだ少ない．本研究では，エージェントの種類（人・犬・仏像・ロボット）・エージェントのリアリズム（写真・イラスト）・文化（日・米）の違いが人々の寄付行動に影響を与えるかどうかを調査した．その結果，リアリズムの違いは米国の参加者の寄付行動に影響を与えず，仏像と人間の写真は日本の参加者の寄付行動に影響した．

キーワード：エージェント，リアリズム，寄付行為，文化差

1. はじめに

人々の投資や寄付などの互助活動について様々な要因が調査されているが，エージェントが介在する研究はまだ少ない[1, 2]．インターネットでの寄付に対する需要が高まっており，クラウドファンディングなどのマッチングサービスの市場規模は著しく成長している[3, 4]．日本でも個人による寄付の量は他の国よりも少ないとはいえ，SNS を使用した小額の寄付が広がってきている[5]．こういった流れの中で，単なるマッチングだけではなく，価値を感じる人々の間で不正を防ぎながら信頼して利用できる寄付行動を仲介するソフトウェアエージェントが創出できれば有用であろう．

そもそも寄付とは，寄付者（または寄付グループ）によって決定され，他人の福祉や公共事業の代価を支払う社会的行動の一種である[6]． これまでも寄付は，不幸な災害や貧困を経験した他の人々を助け，公共事業を改善するために重要であると考えられてきた[7, 8]． ボランティア活動など身体を動かして時間を費やすのと同様に，寄付はお金を費やして経済的に貢献する慈善活動の一種である．

慈善活動の動機付けに影響を与える要因は，社会科学・経済・福祉の分野において調査され，異文化間で比較されてきた[1, 2]．日本では，個人の寄付率が米国・韓国・英国よりも低いと報告されている[7]．山岸らは，分配場面で米国人は制裁制度がなくても日本人と比較して多くの金額を割り当てたことを示した[9]．こういった文化の違いに加えて，寄付の動機は受信者の評価にも関係している[10]．例えば受取人が慈善団体である場合，支払いが増加する傾向がある［11]．仲介者として物理的に存在しないソフトウェアエージェントと人の寄付行動の関係を検討するためには，これまでの研究で影響が見られてきた文化差について調査する必要があるだろう．

心理・社会科学研究においては，見た目など社会的手がかりが行動や意思決定に影響する報告がある．Kelsey らは，人間の頭部の写真が植物の実物や写真よりも寄付を促進することを示した[12]．しかし「見られている感覚」を誘発するオンラインの寄付では効果を得られなかったと報告されている[13,14]．寺田らはエージェントが商品を推薦したとき，エージェントの種類によって人々の購買意欲に異なる影響を与えることを示した[15]．例えば購入動機を高める上で，イラストの犬と人間は実際の人間のイメージよりも効果的だった．これらのことからエージェントの種類やリアリズムは，人々の寄付行動を促進する重要な要因かもしれない．

本研究の目的は，コンピュータ画面上でエージェントが寄付を募る際に，人々の寄付行動を促進する重要な要因を調べることである．本発表では，エージェントの種類・リアリズムおよび文化差に焦点を当てて報告を行う．

この研究は，岐阜大学大学院医学研究科の医学審査委員会によって承認され，参加者全員が参加前に書面によるインフォームドコンセントを提出した．

2. 方法

参加者

参加者は 111 人で，米国人は Amazon MTurk・日本人は Yahoo!クラウドソーシングで募集され，インフォームドコンセントに同意した参加者のみオンラインで参加した（表 1)．

表 1：参加者

Culture	*n*	*M_age*	*SD_age*	*%Male*
US	67	36.79	11.56	68.66
Japan	44	42.91	8.55	68.18

実験デザイン

リアリズム 2 水準（写真・イラスト，参加者内）×エージェントの種類 4 水準（仏・ロボット・人間・犬，参加者内）×文化差 2 水準（米国・日本，参加者間）の三元配置法で解析した．

エージェントの種類は，仏・ロボット・人間・犬の 4 水準を用意した（図 1，2）． 寺田ら[15]は仏・ロボット・人間，および犬のイラストを使用して，商品推薦エージェントの種類が製品を購入する動機づけに影響するかを調べた． この 4 種類は，Gray 等によって調査されたエージェンシーと経験に関して特徴的だったエージェントを選択している[16]．商品推薦と寄付行動におけるそれぞれの影響を比較するため，この 4 種類を採用した．

エージェントのリアリズムは，4 つのエージェント種類のイラストと静止画を使用して，リアリズムの 2 つの水準を用意した（図 1，2）．人間と犬の写真は著作権フリーの素材を使った[17]． 仏とロボットの写真は，実験者によって撮影したものを利用した．

分析方法

エージェントから寄付を求められたときに，寄付するかしないかの参加者の決定を収集した（図 3）．

手順

すべての参加者は，Amazon MTurk（米国人）または Yahoo!クラウドソーシング（日本人）を使用して募集内容を確認し，調査用サイトにアクセスした．最初に詳細な調査説明書を読むように指示され，実験への参加に同意するかどうかの選択を求められた．同意した参加者のみ調査画面に遷移し，同意しなかった参加者はサイトから離脱した． 参加者はエージェント種類の順序はランダムにされた状態で，順番に提示されたエージェントに対して「募金する」または「募金しない」を示すラジオボタンのみを選択するように指示された（図 3）． 参加者は全ての質問が終わった後，参加した報酬として約 US2 ドル相当をポイントによって受け取った．

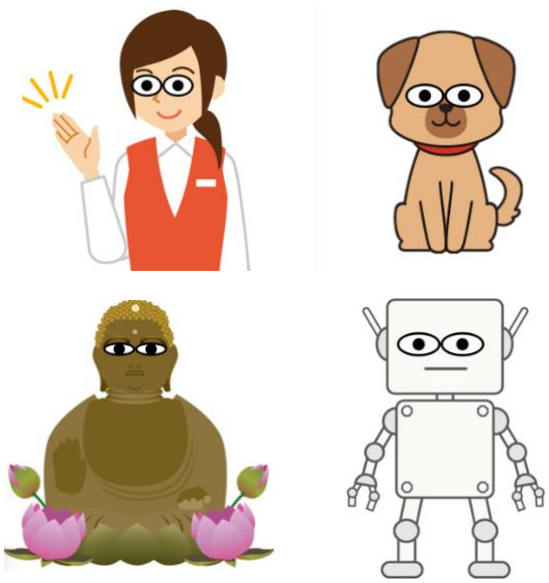


図 1：4 種類のエージェント（イラスト）

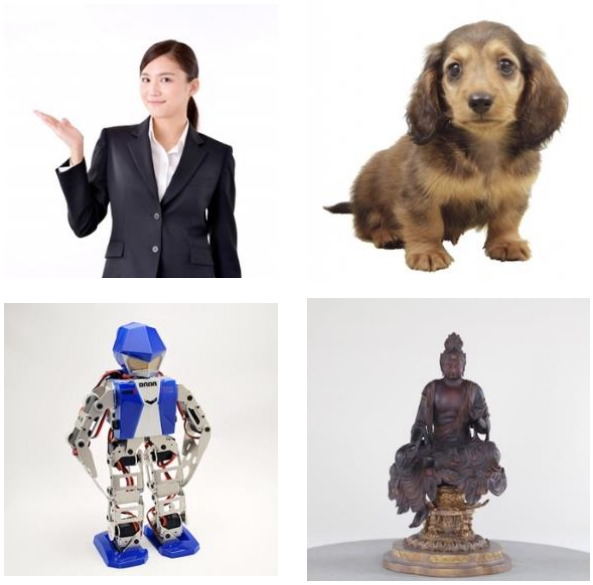


図 2：4 種類のエージェント（写真）

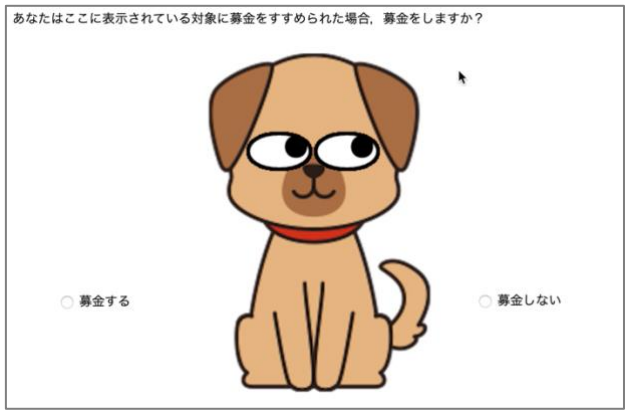


図 3:募金するかどうかを決定する画面構成

3. 結果

図 4 と 5 は，参加者の寄付率の平均と標準偏差を示している． リアリズム 2 水準（写真・イラスト，参加者内）×エージェントの種類 4 水準（仏・ロボット・人間・犬，参加者内）×文化差 2 水準（米国・日本，参加者間）の 3 要因の繰り返し要因のある分散分析（混合要因を含む・一般線形モデル-反復測定）を実施した．Mauchly のテストでは，繰り返しの測定で球形性の仮定に違反しないことが示された （χ^2（5）= 26.85, p < .05）．Greenhouse-Geisser 補正が非球体に適用され，補正された p 値を補正されていない自由度とともに報告する．

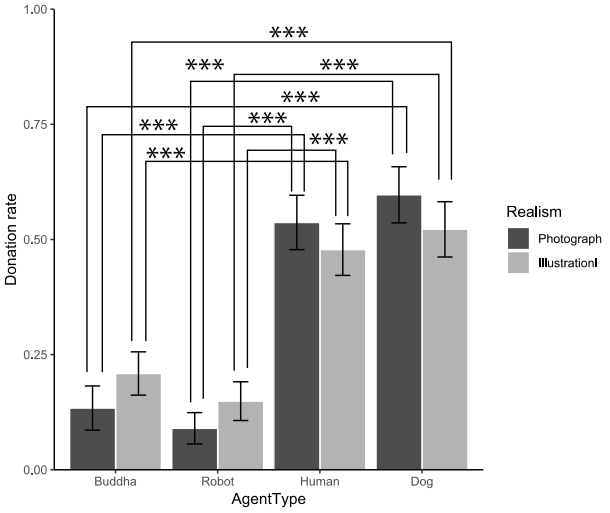


図 4：米国人参加者の寄付率

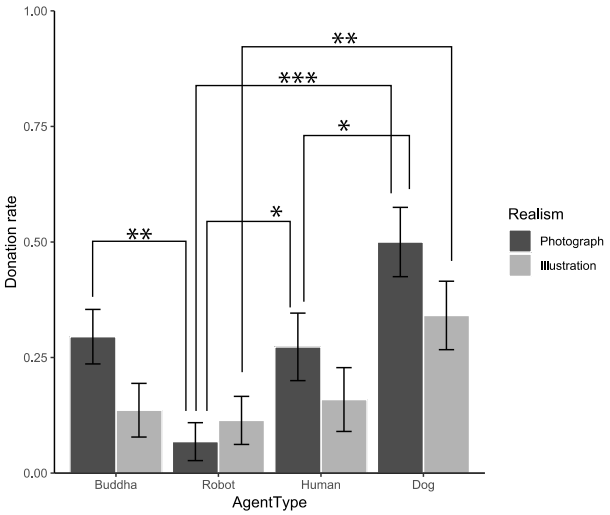


図 5：日本人参加者の寄付率

分析により，リアリズム×エージェントの種類に相互作用が認められた（F (2.86, 312.13) = 4.38, p < .05）．複数の比較（Bonferroni 調整）により，人間の写真と犬の写真は，人間のイラストと犬のイラストよりも参加者の寄付への動機を大幅に高めることが明らかになった（p <.05）．イラストのレベルでは，人間と犬は仏陀とロボットに比べて参加者の寄付意欲を増加させた（p < 0.05）．写真のレベルでは、エージェントのタイプが互いに有意に異なることが明らかになった（p < 0.05）．

また，リアリズム×文化差の相互作用も有意であることも示した（F（1,109）= 6.92, p <.01）．多重比較（Bonferroni 調整）により，日本人参加者の寄付に対する動機付けがイラストよりも写真の方が大幅に向上することが示された（p <.001）．米国の参加者はリアリズムの影響を受けなかった．

そして，エージェントの種類×文化差の相互作用も有意であることが示された（F（2.61，285.08）= 6.52, p <.001）．多重比較（Bonferroni 調整）は，犬が米国と日本の両方で仏とロボットよりも寄付をさせる可能性が高く（p <.001），人は仏やロボットよりも米国の参加者の寄付に対するモチベーションを大幅に高めることを明らかにした（p <.001）．

最後に，3 要因の相互作用はないことが示さた（F（2.86,312.13）= 1.84, p > .05）．リアリズムにも（F (1,109) = 39.92, p <.05），エージェントの種類にも（F（2.615,285.08）= 36.04, p <.001）主効果があったが，文化差には効果は見られなかった（F（1,109）= 3.57, p> .05）．

4. 議論

本研究ではエージェントの種類・リアリズム・文化の違いが人々の寄付行動に影響するかどうかを調査した． その結果，写真は米国の参加者の寄付行動に影響を与えなかったが，日本人の参加者は，イラストよりも仏と人間を写真に提示した方が寄付する可能性が高かった．また，米国人の参加者の寄付率は日本人の参加者の寄付率よりも高いことが示した．

エージェント種類の影響は，商品推薦エージェントタイプの影響と同様だった[15]. 寺田らは，人間と犬の推薦エージェントが，参加者がロボットや仏よりも親しみやすさの評価が高くし，製品を購入するように動機付けたと報告した[15]. 本研究の結果でも，文化の違いに関係なく，犬が仏やロボットよりも寄付をやる気にさせることを示した． Gray らの[16]分類によると，犬は経験の高いエージェントとして分類され，仏とロ

ボットは経験の低いエージェントとして分類された．したがって，犬のエージェントが感じさせる経験と親しみやすさの効果は，より高い寄付率に貢献したかもしれない．

リアリズムが日本の参加者の寄付率にしか影響を与えない理由の 1 つは，写真やイラストから認識される心理的要因が他の文化と異なっている可能性が考えられる． Lee らは，共感が台湾の人々の寄付行動にとって重要な心理的要因であることを示した． 一方西側諸国では，共感と社会的責任はどちらも寄付行動に寄与する重要な心理的要因であることを示した[2]．日本人の参加者は，イラストよりも仏と人間の写真が表示されたときの方が寄付する傾向があった．これは，本物の仏と人間が提示されたときに共感や社会的責任よりも制裁に対する期待を高めたかもしれない．自然災害などの災いが起こる原因は，仏が悪事を働く人間に制裁を与えるためと考えられてきた[18]．山岸らは，日本人は制裁に対してより敏感であり，制裁制度があれば協力する可能性が高いと報告している[9]．私たちの実験で使用した仏のイラストはアニメキャラクターで見られる表現で，写真の仏は多くの寺院によくあるタイプの仏像だった．したがって，日本人の参加者は，写真に写っている仏が，罰を引き起こす象徴であることを認識したかもしれない．しかしこのような写真とイラストの違いによって影響を受ける心理的要因を特定するには調査も議論も不十分であり，さらに慎重な調査を行う必要がある．

最後に米国の参加者の寄付率が日本人の参加者よりも高いことを一貫して示した．2016 年に慈善団体が実施した調査では，アメリカの成人寄付者の割合は 63%（1 人あたりの平均寄付額は 1,155 ドル）だったが，日本の成人寄付者の割合は 23%（1 人あたりの平均寄付額は 248 ドル）だった[19]．これらのことから，本研究における寄付率の差は文化的な違いが原因だと考えられる．

文献

[1] Liu, W., & Aaker, J. (2008). The happiness of giving: The time-ask effect. Journal of consumer research, 35(3), 543-557.

[2] Lee, Y. K., & Chang, C. T. (2007). Who gives what to charity? Characteristics affecting donation behavior. Social Behavior and Personality: an international journal, 35(9), 1173-1180.

[3] Yano Research Institute Ltd. (2018). Crowdfunding market in japan: Key research find-ings 2018.

[4] Holtfort T., Horsch A., & Oehmichen M. (2018). Social impact bonds as a financial innovation–an evolutionary approach. International Public Management Review, Vol. 18, No. 2, pp. 162–186.

[5] Nogami, T. (2014). What makes disaster donors different from non-donors. Disaster Prevention and Management.

[6] Roberts, R. D. (1984). A positive model of private charity and public transfers. Journal of political Economy, 92(1), 136-148.

[7] Japan Fundraising Association. GivingJapan 2017. Tokyo: Keidanren Publishing, 2017.

[8] Nilsson, A., Erlandsson, A., & Västfjäll, D. (2016). The congruency between moral foundations and intentions to donate, self-reported donations, and actual donations to charity. Journal of Research in Personality, 65, 22-29.

[9] Yamagishi, T. (1988). The provision of a sanctioning system in the United States and Japan. Social Psychology Quarterly, 265-271.

[10] Fong, C. M. (2007). Evidence from an experiment on charity to welfare recipients: Reciprocity, altruism and the empathic responsiveness hypothesis. The Economic Journal, 117(522), 1008-1024.

[11] Engel, C. (2011). Dictator games: A meta study. Experimental economics, 14(4), 583-610.

[12] Krátký, J., McGraw, J. J., Xygalatas, D., Mitkidis, P., & Reddish, P. (2016). It depends who is watching you: 3-D agent cues increase fairness. Plos One, 11(2), e0148845.

[13] Saunders, T. J., Taylor, A. H., & Atkinson, Q. D. (2016). No evidence that a range of artificial monitoring cues influence online donations to charity in an MTurk sample. Royal Society open science, 3(10), 150710.

[14] Ozeki T., Terada K., & Hayamizu S., (2019) Effects of an Agent's Eye Movement and the Type of Agents on Donation Behavior in Japanese and US Culture, In Proceedings of the International Conference on Graphics and Interaction 2019, 116-120.

[15] Terada K., Jing L., & Yamada S., (2015, April) Effects of agent appearance on customer buying motivations on online shopping sites. In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHIEA '15. ACM.

[16] Gray, H. M., Gray, K., & Wegner, D. M. (2007). Dimensions of mind perception. science, 315(5812), 619-619.

[17] PhotoAC. https://www.photo-ac.com/, September 2018.

[18] Hiroo Sato. Vengeful spirits, divine punishment and natural disasters : Catastrophe and religion in japan. Shukyo kenkyu, Vol. 86(373), pp. 133-156., September 2012.

[19] Charities Aid Foundation. The caf world giving index, 2016.

ヴァイオリン合奏における奏者間のリード関係とその要因
Influence and Factors Between Players in Violin Ensemble

板垣 寧々[†]，谷貝 祐介[†]，古山 宣洋[‡]
Nene Itagaki, Yusuke Yagai, Nobuhiro Furuyama
[†] 早稲田大学大学院人間科学研究科，[‡] 早稲田大学人間科学学術院
[†] Graduate School of Human Sciences, Waseda University
[‡] Faculty of Human Sciences, Waseda University
nene64kt1214@akane.waseda.jp

概要
本研究では，ヴァイオリン演奏経験者 6 組 12 名の頭部動作を用いてグレンジャー因果性分析を行い，演奏中のリード関係の有無と，その決定要因を検討した．その結果，統計的因果性が有意になったデータは，計 36 データのうち 10 データであった．また，ペア内のソーシャルスキル得点の高低と関連がみられたデータが 7 データあった．以上より，同パートの演奏においてもリード関係が存在し，その要因としてソーシャルスキルが影響を及ぼす可能性が示唆された．

キーワード: ヴァイオリン演奏, グレンジャー因果性, 個人間協応，ソーシャルスキル，リーダーシップ

1. はじめに

本研究は，ヴァイオリン合奏場面において，奏者間の身体動作におけるリード関係の有無と，その決定要因を明らかにすることを目的とする．先行研究では，弦楽四重奏において，奏者の頭部動作データをグレンジャー因果性分析にかけると，主旋律を担当する 1st ヴァイオリンが最も演奏をリードしていることが明らかになっている[1]．しかし，ヴァイオリンは同パートを複数人で担当する場合もあるため，同パートの奏者同士でも，リード関係を構築しながら演奏を調整している可能性がある．さらに，演奏のリード関係を決定づける要因には，奏者の心理的な要因も含まれている可能性もある．

上記の問いに対する示唆的な研究として，Schmidt et al. [2]がある．同研究では，2 者による振り子運動の安定性とソーシャルスキルの関連を検討し，ソーシャルスキルに差があるペアの方が，ソーシャルスキルが同程度のペアよりも，教示された逆位相の振り子運動を速い周期での課題でも維持しやすいことが明らかになっている[2]．ヴァイオリン演奏においても，奏者間のソーシャルスキル差が演奏に何らかの形で影響しているのだろうか．

本研究では，ヴァイオリン演奏の経験者 6 組 12 名に課題曲の同パートを演奏させ，それぞれの頭頂部およびペアの中心に固定された譜面台の変位について時系列データを計測した．この変位データに，グレンジャー因果性分析を適用することで，演奏の構築過程を分析した．また，ペア分けを各奏者のソーシャルスキル差に基づいて行うことで，奏者間のリード関係の決定要因についても検討した．

2. 方法

2.1 実験参加者

ヴァイオリン演奏経験のある大学生・大学院生 12 名を対象に実験を行った．奏者は，事前に実施したソーシャルスキルを評価するための質問紙（成人用ソーシャルスキル自己評定尺度[3]）の調査結果に基づき，男女別で 2 名毎のペアに分けた．当該質問紙[3]では得点が高いほどソーシャルスキルが高いことを表すが，本研究では「感情統制」因子を除いたため，得点の範囲は 31 点から 124 点となる．実験参加者の得点は 63 点から 104 点であり，平均は 82.67 点であった．実験参加者の詳細は，表 1 の通りである．なお，6 ペアのうち，初対面であったペアが 4 組（ペア 2・3・4・5），相手を知っているが一緒に演奏をしたことはほとんどなかったペアが 2 組（ペア 1・6）であった．

表 1　実験参加者の詳細

ペア番号	1		2		3		4		5		6	
参加者	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
性別	女性		女性		女性		男性		男性		女性	
年齢(歳)	22	21	21	21	21	21	22	22	22	24	21	24
得点(点)	104	63	81	72	86	73	95	87	85	81	88	77
経験歴(年)	17	12	16	14	2.5	5	15	16	20	14	16	9

2.2 課題

実験参加者には，それぞれペアで練習後に，課題曲を 3 試行演奏させた．課題曲として，E. H. Grieg 作曲，「組曲『ホルベアの時代から』作品 40」[4]より第 5 楽章 1st ヴァイオリンを指定し，事前に練習させた．この曲を課題とした理由は，1 曲の中で多様な音楽表現・

ヴァイオリン演奏技術が必要であり，様々な場面における奏者が演奏を構築する過程を検証できるためである．課題曲における音楽表現に関しては，大きく前半と後半の二つに分けられる．前半は，生き生きと速く[5]（音楽用語では Allegro con brio）演奏される．後半は，前半までより遅く[5]（音楽用語では Poco meno moso）演奏され，特に終盤では静かに[5]（音楽用語では più tranquillo）演奏される．前半と後半で，テンポを含め適切に切り替えができなければならない．課題曲におけるヴァイオリン演奏技術に関しては，ピッチカート・速いテンポでの移弦・ポジション移動など，多岐に渡る．

2.3 計測

演奏は立奏で行い，演奏時の実験参加者の全身の 3 次元動作を計測した．計測には，光学式の動作計測装置（Opti track，Natural Point 社）を用いて，標本周波数 100Hz で計測した．反射マーカーは全身（頭頂部・側頭部左右・頚椎 7 番・胸椎 10 番・腰椎 3 番・肩峰左右・肘関節左右・尺骨形状突起左右・上前腸骨棘左右・膝蓋骨左右・足首の外果左右・足の甲左右の計 20 箇所）・楽器・弓・譜面台に貼り付けたが，本研究では 2 者の頭頂部とペアの中心に位置する譜面台との変位データを分析対象とした．楽器は，電子ヴァイオリン（YAMAHA 社, YSV-104s）を用いた．実験状況は図 1 に示した．

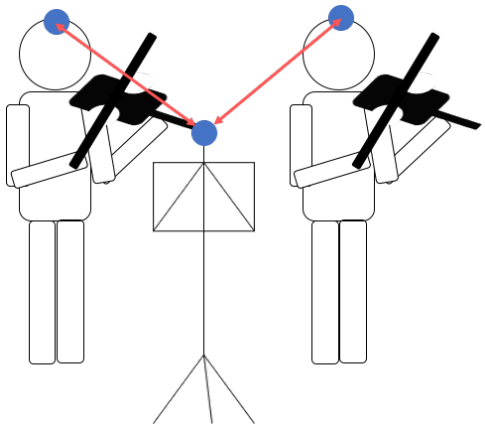


図 1. 分析対象とした頭頂部とペアの中心に位置する譜面台の変位

2.4 解析

2.4.1 事前処理

解析には，課題曲の 49 小節目 1 拍目を開始点とし，開始点から 3 秒間を使用した．この 3 秒間を解析に用いた理由は，テンポ変化が無く，技術的な負担が少ない，奏者の自然な動作が見られる部分であるからである．奏者が意図的にタイミングを合わせようとする（合図を出す）部分ではなく，合わせようとしなくても曲が進んでいく部分からリード関係が抽出できれば，演奏におけるリード関係が意図的な合図動作がなくても構築されたことになると想定される．

具体的な解析手順は，以下の通りであった．まず，3 次元動作データのアニメーションをもとに各ペア・各試行の開始点を特定し，データを分割した．次に，ペアごとに頭頂部と譜面台の 3 次元動作データを取り出し，バンドパスフィルターを適用した（2 次, 0.1-10Hz, 双方向）．その後，Badino et al.[1]に則り，頭頂部とアンサンブルの中心に位置する譜面台のユークリッド距離を求めた．同研究では，弦楽四重奏におけるアンサンブルの中心点（同研究では，“ear”と呼ばれている）と頭部のユークリッド距離の加速度データに対し，グレンジャー因果性分析を適用することで，メンバー間のリード関係を抽出していた．本研究においても，アンサンブルの中心に位置する譜面台の中央点と各奏者の頭頂部のユークリッド距離を求めることで，1 軸の指標にして分析を行った．変位データは，二階微分から加速度データに変換した後，z 得点化した．その後，変換したデータに対し，グレンジャー因果性分析を適用し，統計的因果性を求めた（解析方法は次項にて記述）．

2.4.2 グレンジャー因果性分析と MDF

グレンジャー因果性分析は，自己回帰モデルに基づき，時系列データにおける因果性を特定するための統計的手法である[6]．グレンジャー因果性分析を適用するためには，データが（弱）定常性を満たしていることが前提となる．(弱) 定常なデータとは, 平均が一定, 分散が一定，自己共分散はラグのみに依存という条件を満たしたデータである[7]．本研究では，変位データの二階微分から加速度データを得た後，それらを z 得点化することで，データの定常性を確保した．なお，事前に定めたデータ区間においてグレンジャー因果性分析を実行する際に，単位根検定を行うことで，定常性が確保されたデータのみをグレンジャー因果性分析にかけ，統計的因果性を求めた．統計的因果性は，グレンジャー因果性分析で求められた，データの予測の概念に基づく因果性であり，心理学実験における要因統制の結果として特定される直接的な因果関係とは必ずしも一致しない[6].

D'Asusilio et al.[6]はグレンジャー因果性分析について，以下の数式(1)から(3)を用いて表している．

$$x(t) = \sum_{j=1}^{l} a_j x(t-j) + \varepsilon_R(t) \quad \text{— (1)}$$

(1)式は，グレンジャー因果性分析の基となる自己回帰モデルを表し，時系列データxの時間tより過去のデータからの予測と，その残差（予測の誤差）で時間tの時系列データxの値を求めることができる．それに基づき，グレンジャー因果性分析に用いられる 2 つの時系列データの時間tの値の予測は以下の数式 (2) (3) によって算出できる．

$$x(t) = \sum_{j=1}^{l} a_{U,j} x(t-j) + \sum_{j=1}^{l} b_{U,j} y(t-j) + \varepsilon_U(t)$$
$$y(t) = \sum_{j=1}^{l} c_{U,j} x(t-j) + \sum_{j=1}^{l} d_{U,j} y(t-j) + \eta_U(t) \quad \text{— (2)}$$

$$x(t) = \sum_{j=1}^{l} a_{R,j} x(t-j) + \varepsilon_R(t)$$
$$y(t) = \sum_{j=1}^{l} d_{R,j} y(t-j) + \eta_R(t) \quad \text{—(3)}$$

(2)式は，予測の際に，予測したい時系列データと他の時系列データ（この場合はもう一方の時系列データ）を用いる．(3)式は，予測の際に，予測したい時系列データのみ用いる．それぞれの値を算出した際に求められる残差 ($\varepsilon_U(t)$，$\eta_U(t)$，$\varepsilon_R(t)$，$\eta_R(t)$) の分散を用いて，F 検定を行い，予測したい時系列データのみを用いた場合より，他の時系列データも含めて予測したときの方が残差の項が小さい場合，他の時系列データも含めて予測した方が予測の精度が高いということになり，他の時系列データからの影響を受けている（因果性が確認できる）ということになる．

グレンジャー因果性分析の考えに基づき，Badino et al.[1]は，ある奏者のデータのみでの予測と，他者のデータも含めた場合の予測の精度の違いから奏者のリード関係をみることに使用した．本研究においてもこの考えに基づき，二者間のリード関係をグレンジャー因果性分析の結果から読み解いた．なお，自己回帰モデルのパラメタ推定には，最小二乗法を用いた．統計処理は，F 検定を行い，有意性を評価した．なお，有意性の評価は，Benjamini & Hochberg 法（BH 法）により補正した p 値を用いて行った（α<0.05）．単位根検定から統計処理まではすべて，MATLAB toolbox for Granger causal connectivity analysis[8]で実行した．

さらに，グレンジャー因果性分析の結果に基づいて Musician Driving Force（以下，MDF）を算出した．MDF とは，ある奏者から他の奏者への影響量を示す指標である[1]．Badino et al.[1]は，MDF を以下のように表した（式(4)）．

$$MDF_i^{(t)} = \frac{\sum_{j \neq i} DF_{i \to j}^{(t)}}{N_m - 1} \quad \text{— (4)}$$

分子（driving force，式(5)）は，グレンジャー因果性分析で求めた F 値を用いて求めることができる[1]．

$$\mathrm{DF}_{i \to j}^{(t)} = S(F_{M_i^{(t)} \to M_j^{(t)}}) - S(\mathcal{F}_{M_j^{(t)} \to M_i^{(t)}}) \quad \text{— (5)}$$

式(5)において M は奏者を，添え字 i, j は 2 人の奏者を識別するためのラベルを表す．右辺の各項には，奏者間の統計的因果性を評価する際に用いた F 値が代入される．ただし，代入する値は，F 検定が有意ではなかった場合には 0 となる．

本研究における MDF の算出には，全ペアにおいて課題曲全体で定常性が確保された（単位根検定において定常性が担保された）1 試行目を用いた．具体的には，各ペアの 1 試行目において，欠損を考慮して最後の 5 秒間をカットし，ウィンドウサイズ 3 秒とし、それを 1 秒間隔でスライドさせて，ウィンドウごとに MDF を算出した．その際，全ウィンドウのうちソーシャルスキルの高い奏者からの MDF が大きかったウィンドウの割合，ソーシャルスキルの低い奏者からの MDF が大きかったウィンドウの割合，どちらの奏者からでも統計的因果性が有意にならなかったウィンドウの割合を求めた．

2.4.3 ソーシャルスキル

ソーシャルスキルの得点は，質問紙[3]の回答結果をもとに「関係開始」，「解読」，「主張性」，「関係維持」，「記号化」に関わる 31 項目の合計得点を（逆転項目を考慮して）算出した．この質問紙は，大きく分けて 2 つの能力を評定する．1 つ目は，コミュニケーション・スキル，2 つ目は，対人スキルである．今回のペア分けは，初対面 4 ペア・相手を知っているが一緒に演奏をしたことがほとんどない 2 ペアという形であった．そこで，初めて会った人，あるいは一緒に演奏した経験が少ない人と円滑にコミュニケーションを取り，そ

の後の練習の過程の中で関係を維持していくという部分に焦点を当て，そのようなスキルが測ることができる尺度として使用した．なお，因子の中で「感情統制」を除いて合計得点を算出した理由は，他の下位尺度と異なり，「孤独感」と有意な相関がみられず，「対人不安」，「抑うつ」との負の相関が弱く，尺度全体や他の下位尺度との相関が低い，あるいは負の相関があり，他の下位尺度と比較して異質であることから，「感情統制」尺度の項目を除いて合計得点を出す方法を採用しても良いことが相川・藤田[3]の研究によって示されていたためである．

3. 結果

グレンジャー因果性分析の結果は次の通りであった（表 2，図 2）．6 組 3 試行 2 方向（1 人目から 2 人目への影響と，2 人目から 1 人目への影響）の計 36 データのうち，統計的因果性が有意になったデータは 10 データであった．また，ペア内のソーシャルスキルの得点の高低と統計的因果性の関連をみると，統計的因果性が有意であった 10 データのうち，ソーシャルスキルが高い奏者からの統計的因果性が有意であったのは，7 データであった．しかし，得点の差分が最も大きいペア 1 では，統計的因果性が双方向で 1 度も有意にならず，得点の差分が最も小さいペア 5 では，ソーシャルスキルの得点が高い奏者からの統計的因果性が 2 度有意になった．

また，グレンジャー因果性分析の結果に基づいて,各ペアの1試行目におけるMDFを算出した結果は次の通りであった（図 3）．2 者の統計的因果性が有意にならなかったため MDF が算出できなかった部分が多いも

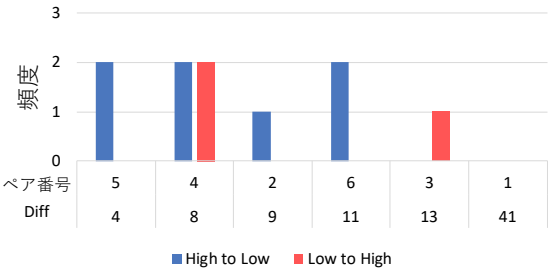


図 2. グレンジャー因果性分析で有意になった頻度

縦軸は，統計的因果性が有意になった試行頻度を表す．横軸の上段はペア番号，下段は表 2 の Diff が示されている．High to Low はペア内のソーシャルスキルが高い奏者からの統計的因果性，Low to High はペア内のソーシャルスキルが低い奏者からの統計的因果性が有意になった試行頻度を示した．

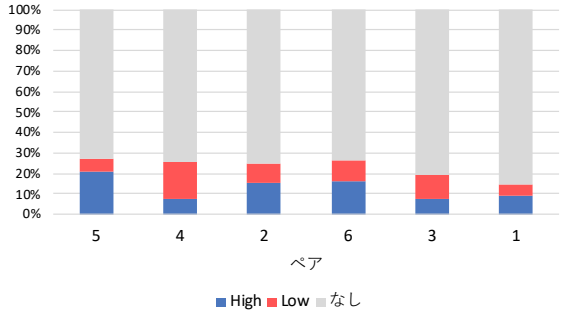


図 3. 各ペアにおける 1 試行目の MDF

課題曲全体において，ウィンドウごとに MDF を算出し，ソーシャルスキルが高い奏者からの MDF が大きい場合は High，ソーシャルスキルが低い奏者からの MDF が大きい場合は Low，どちらも有意にならなかった場合はなしとして，比率を示した．

表 2. グレンジャー因果関係分析の結果とペア内のソーシャルスキルの結果

ペア番号	High to Low			Low to High			Score（High）	Score（Low）	Diff
	trial1	trial2	trial3	trial1	trial2	trial3			
1	0	0	0	0	0	0	104	63	41
2	**1**	0	0	0	0	0	81	72	9
3	0	0	0	0	0	**1**	86	73	13
4	0	**1**	**1**	0	**1**	**1**	95	87	8
5	**1**	**1**	0	0	0	0	85	81	4
6	**1**	**1**	0	0	0	0	88	77	11

ペアにおいてソーシャルスキルの得点が高い奏者を High，ソーシャルスキルの得点が低い奏者を Low とした．High to Low はペア内のソーシャルスキルが高い奏者からの統計的因果性，Low to High はペア内のソーシャルスキルが低い奏者からの統計的因果性が有意になった場合は 1 を，それ以外は 0 を表示した．Score（High）は High，Score（Low）は Low のソーシャルスキルの得点，Diff は Score（High）- Score（Low）で求めたソーシャルスキルの得点の差分を示した．

のの（全879ウィンドウ中681ウィンドウ），統計的因果性が有意であった部分は，全ペアにおいてソーシャルスキルが高い奏者からの影響量が大きい部分もあれば，ソーシャルスキルが低い奏者からの影響量が大きい部分もみられた．

4. 考察

弦楽四重奏において，主旋律を担当する1stヴァイオリンが最も演奏をリードしていることが明らかになっているため[1]，パートの違いがあれば明確なリード関係が確認できることはすでに知られている．しかし，本研究で得られた結果より，同パートを演奏した2者においても，互いの身体動作によって，リード関係を時々刻々と調整しながら演奏していることが示唆された．そして，テンポ変化が無く，技術的な負担が少ない，奏者の自然な動作が見られる部分にて，このようなリード関係を抽出できたことから，奏者が意図的に合図を出すような場面以外でも，リード関係を構築している可能性が示唆された．

また，ソーシャルスキルの合計得点の差分の大小と，統計的因果性が有意であると判断できるかどうかに関連はみられなかった．すなわち，振り子同期課題とソーシャルスキルの関連をみた研究[2]のような，ペア内のソーシャルスキルの差によるリード関係への影響はそれほど見られなかった．一方，Schmidt et al. [2]は振り子同期課題の安定性を評価したことによってリード関係の構築を考察したのに対し，本研究は奏者の身体動作から直接リード関係を抽出したため結果が異なったと考えられる．また，質問紙を作成した先行研究[3]と比較すると，先行研究における合計得点の平均値から「感情統制」の得点における平均値を引いた値が，81.94（点）に対し，本研究の「感情統制」の項目を除いた合計得点の平均値は82.67（点）と大きな差は見られなかった．しかし，本研究はヴァイオリンが演奏できる参加者でなければならず，参加者数が先行研究よりも少なかったことにより，参加者間でソーシャルスキルに差が出にくかったことも考えられる．しかし，グレンジャー因果性分析の結果が有意であった10データのうち，7データでペア内のソーシャルスキルの合計得点が高い奏者から低い奏者への統計的因果性が有意であった（図2，ペア5･4･2･6）．得点差がそれほど開いていないが，今後もリード関係の要因としてのソーシャルスキルの可能性を検討していく必要がある．

一方，1試行全体を3秒間のウィンドウをシフトさせながらグレンジャー因果性分析を適用し，時系列的にMDFを算出したところ，リード関係の入れ替わりがみられた（図3）．したがって，課題曲の部分ごとに奏者の役割が変わることが予測される．それに伴い，経験歴などの多様な要因が相互に関連し合い，リード関係の決定要因となっている可能性がある．

5. 展望

複数人での演奏では，常に意識的に合わせようとしているわけではなく，ある程度テンポなどに馴染むと，自然と演奏が流れていく場合もある．曲の中で意識的にタイミングを図る部分と，意識せずとも合わせられている部分では，演奏を構築する方法が異なることが想定される．そのような違いを奏者がどの程度意識しているかも含め，曲の特性と奏者同士の合わせ方についても検討の余地がある．

また，本研究では同パートの奏者同士のリード関係を検証した．その場合，他者と共に演奏したことによる身体動作の変化もあれば，各奏者がもともと持っている演奏上の特性によるリード関係も生じている可能性がある．したがって，3試行の各奏者の身体動作を切り離し，（例えば1試行目の奏者1と2試行目の奏者2というように）virtual pairを作成して，他者による影響と各奏者がもともと持っている特性の影響を切り離して検討する必要もある．

さらに，MDFの結果が示唆的なように，演奏場面において，常に同じ奏者が強く影響を及ぼしているとは限らない．奏者間のリード関係は，奏者らを取り巻く状況に応じて，時々刻々と変化する可能性がある．また，その影響が必ずしも演奏を構築する上で良いリード関係とも限らない（相手につられて，テンポが速まってしまう場合などもある）．今後，さらにリード関係のあり方と実態を，時系列的な変化を含めて検討していく必要がある．

それらをふまえて，奏者の役割とその決定要因を検討していくことで，さらにヴァイオリン奏者の演奏構築過程が明らかになっていく可能性がある．

参考文献

[1] Badino, L., D'Ausilio, A., Glowinski, D., Camurri, A., & Fadiga, L. (2014). Sensorimotor communication in professional quartets. *Neuropsychologia*, *55*, 98-104. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2013.11.012

[2] Schmidt, R.C., Christianson, N., Carello, C., & Baron, R. (1994). Effects of Social and Physical Variables on Between-Person Visual Coordination. *Ecological Psychology*,

6(3), 159-183. doi: 10.1207/s15326969eco0603_1
[3] 相川充・藤田正美 (2005). 成人用ソーシャルスキル自己評定尺度の構成 東京学芸大学紀要, 第1部門, 教育科学, 56, 87-93.
[4] Grieg, E. H., (1886). Aus Holberg's Zeit Op.40, FRANKFURT: C. F. PETERS. https://imslp.org/wiki/Holberg_Suite,_Op.40_(Grieg,_Edvard)
[5] 石桁真礼生・丸田昭三・金光威和雄・末吉保雄・飯田隆・飯沼信義 (2001). 楽典–理論と実習– 音楽之友社
[6] D'Ausilio, A., Badino, L., Li, Y., Tokay, S., Craighero, L., Canto, R., Aloimonos, Y., & Fadiga, L. (2012). Leadership in Orchestra Emerges from the Causal Relationships of Movement Kinematics. *PLoS ONE*, *7*(5), e35757. doi: 10.1371/journal.pone.0035757
[7] 島田直希 (2019). 時系列解析–自己回帰型モデル・状態空間モデル・異常検知– 石田基広監修 共立出版
[8] Seth, A. K.,(2010). A MATLAB toolbox for Granger causal connectivity analysis. Journal of Neuroscience Methods, *186*(2), 262-273. doi: 10.1016/j.jneumeth.2009.11.020

心拍変動を表情変形としてフィードバックすることによる情動制御手法の検討

Study of emotion control by feedback of heart rate variability as facial expression

米田 凌 †, 森田 純哉 †
Ryo Yoneda, Junya Morita
† 静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University
yoneda.ryo.17@shizuoka.ac.jp

概要

現代では，場面に応じた適切な感情のコントロールが課題になっている．本研究では心拍変動からユーザの内部状態を推定し，その感情とは逆の感情に対応する表情をフィードバックすることで，ユーザの感情をニュートラルな状態に近づけるシステムを開発し，その効果を評価する実験を行った．

キーワード：情動，表情，バイオフィードバック，心拍変動

1. はじめに

感情は認知，知覚，コミュニケーション，学習，意思決定などに影響を与える．近年，このような精神面での健康の重要性は増している．従来の健康が怪我や病気といった身体的な健康に焦点を当てていたのに対し，精神的健康や社会的健康を含んだ概念として「Well-being」が提唱されている [1]．感情を制御し，Well-being を保つことは現代社会の課題の一つだと考えられている．その課題を解決するために実際に行われている例として，マインドフルネスが挙げられる [2].

また，感情は必ずしも意識に上っているとは限らない．そのため，アフェクティブコンピューティングの分野では，人間の主観ではなく計算機を用いた客観的な手法によって人間の感情の認識が目指されている [3]．しかし，コンピュータによって人間の内部状態を推定し，フィードバックを行うことで適切に感情を制御するシステムの開発は十分に行われていない．本研究では，心拍変動を顔表情としてフィードバックするシステムを提案する．具体的には，事前に取得してあるベースラインの心拍変動と，リアルタイムで取得した心拍変動の差からユーザの内部状態を推定，その差が小さくなるようにディスプレイ上の表情を変形 (ポジティブ感情が推定された場合はネガティブな表情に，ネガティブ感情が推定された場合ポジティブな表情に変形) する．このシステムによってユーザの感情はニュートラルな状態に近づくと仮定する. 本稿ではこのシステムを用いた実験の結果を報告する．

2. 関連研究

本研究において，情動と感情の区別は Antonio Damasio のソマティック・マーカー仮説で用いられた定義に従う [4]．ソマティック・マーカー仮説において，情動とは客観的に観察可能な身体反応であり，心拍数や発汗がそれに当たるとされる．一方で感情は情動の心的パターンとされており，脳内の神経信号がそれに当たるとされる．この定義に従うと，情動によって感情が生じるとされる．さらに，ソマティック・マーカー仮説では情動によって感情が喚起される「身体ループ」に加え,「あたかも身体ループ」の存在が提案されている．この「あたかも身体ループ」では脳内で情動をシミュレーションすることで感情が喚起される．

表情と感情の関係を明らかにする研究はいくつか行われている．Ekman は，文化や人種に関わらず存在する基本的な感情を 6 種類 (幸福・恐れ・驚き・嫌悪・怒り・悲しみ) 定義し，それらに対応する表情は AU (Action Unit) で構成される．AU とは，人の表情を形成するための顔の最小動作単位である [5]．これを組み合わせることで，任意の表情が生成可能である．また，笑顔を作ることでポジティブ感情が喚起されるという風に，表情が感情に影響を与える可能性を提唱している「表情フィードバック仮説」がある．Strack らの研究では，作為的に作られた表情が感情に及ぼす影響を明らかにした [6]．上述のアフェクティブコンピューティングの分野ではコンピュータが感情を表現することと，コンピュータが感情を知覚し影響を与えることが標榜されている．この分野で表情フィードバックによる感情を喚起する研究では吉田らのものが挙げられ

る．吉田らは，ディスプレイの中の自分の表情が変化する表情変形フィードバックシステムを開発した．このシステムを使用した実験では，擬似的に生成された表情を自身の表情だと思い込むことによる感情喚起の効果が確認された [7].

3. 提案システム

吉田らの表情フィードバックシステムでは，感情喚起の効果が確認された一方で，ディスプレイ上の表情の変化量は一定だった．つまり，吉田らのシステムはユーザの内部状態や個人差に合わせることができないという課題があった．本研究では，吉田らの表情変形フィードバックシステムに心拍変動からユーザの内部状態を推定し，それによって擬似的に生成される表情変形の種類や大きさを変える機能を追加したシステムを開発する．この機能を追加することにより，ユーザの内部状態や個人差に合わせ，フィードバックする表情の種類や大きさを変更することが可能になり，その都度の状況に適した形でフィードバックができると考えた．

このシステムは，心拍フィードバックと表情マッピングの 2 つに分けられる．心拍フィードバックでは，ウェアラブルセンサによって取得した心拍をパラメータに変換する．表情マッピングでは，Web カメラから抽出した被験者の顔の特徴点を，心拍フィードバックによって生成されたパラメータの分だけ移動させ，被験者に見せる偽りの表情を生成する．次からのセクションで詳細を説明する．

3.1 心拍フィードバック

心拍センサから R 波と次の R 波の間隔である RRI (R-R Interval) を取得し，それら 3 つごとに SDNN (Standard deviation Normal to Normal) を計算する．SDNN は RRI の標準偏差で，ストレス時に低い値，リラックス時に高い値を取る．事前に測定しておいた平常時の RRI から計算した SDNN をベースラインとし，リアルタイムで取得した SDNN と比較する．リアルタイムで取得した SDNN がベースラインよりも高い場合はネガティブ感情，低い場合はポジティブ感情とみなした．SDNN を顔表情へ変形する式は

$$\frac{(SDNN - Baseline)}{(Max - Baseline)} * x$$

である．SDNN は試行中の SDNN を表し，Baseline は事前に取得した SDNN を表す．Max はユーザが取り得る最大の SDNN を想定したもので，今回は 150 と定めた．x は各特徴点に合わせ変更される．これで計算された値から表情を作成する．

図 1 表情変形の例

3.2 表情マッピング

Web カメラから取得した表情を任意のものに変形させる．表情を変形させるツールは，Zach Lieberman によって開発された C++のオープンソースツールキットである openFrameworks を選択した．openFrameworks にはコンピュータビジョンやグラフィックスを扱う addon が多数存在する．今回ユーザの顔の特徴点を取得するために，Kyle McDonald が開発した ofxFaceTracker という addon を使用した．ofxFaceTracker では 66 の特徴点を抽出できる．この特徴点を上記のパラメータによって変動させ，表情を生成する．生成する表情は Joy と Disgust の 2 つとした．Joy では，眉毛，目蓋，口角を上げた．Disigust では，内眉を上げ，眉全体を下げ，目蓋を細め，口角を下げた．表情変形の例は図 1 に示した．自然な表情を生成するために，各パーツによって変形の度合いは調整した．心拍変動によって被験者にネガティブ感情が推定された場合，Joy になるように変形し，ポジティブ感情が推定された場合，Disgust になるように変形する．

4. 実験

4.1 目的

本実験では、作成したシステムが被験者の感情をニュートラルに誘導するかを評価するための試行を行った．本実験の仮説は，被験者に喚起された感情と逆の感情に対応する表情をフィードバックすることで被験者の感情をニュートラルの方向に誘導できることとした．まず，被験者は音刺激によってポジティブ感情かネガティブ感情を喚起させられる．快刺激を与え

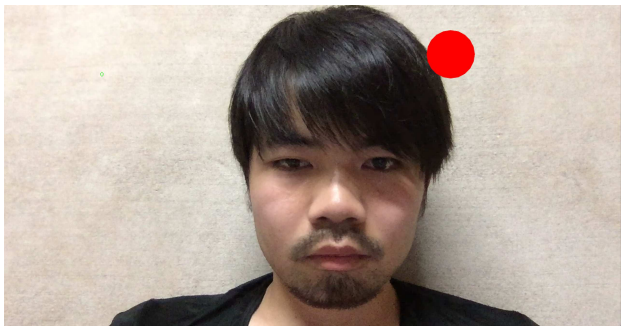


図 2　ウィンドウに表示される赤い円

た状態で本システムを適用すると，快感情が打ち消すようにシステムは動作し，アンケートにおけるポジティブ感情の得点は低くなり，心拍変動は高くなる．同様に，不快刺激を与えた状態で本システムを適用することで，不快感情を打ち消すようにシステムは動作し，アンケートにおけるネガティブ感情の得点は低くなり，心拍変動も低い値になると考えた．

4.2　方法

4.2.1　被験者

被験者 3 名（男性 1 名，女性 2 名）を対象に行った．

4.2.2　材料

システムの実行には MacBookPro (Intel Core i7) を，Web カメラには EMEETNOVA (HD 1080P) を使用した．心拍センサにはユニオンツール製のウェアラブル心拍センサである myBeat を使用した．ディスプレイは BenQ の GW2280 (22 インチ) を使用した．Web カメラはこのディスプレイ上部に取り付けた．音刺激には The International Affective Digitized Sounds (2nd Edition; IADS-2) を採用した [8]．IADS-2 は感情と注意に関する心理学実験のために開発された音刺激のデータセットである．このデータセットには 167 の音刺激が集められている．それぞれの刺激は，100 人の被験者によって Pleasure，Arousal，Dominance の三項目を評価された．今回，快刺激は Pleasure の平均値の上位 12 個，不快刺激は Pleasure の平均値の下位 12 個繋ぎ合わせ，それぞれの再生時間を 1 分 12 秒にしたものを作成した．

4.2.3　手続き

音刺激を再生し，ディスプレイに映る自分の表情を観察させた．実験の前に情動体験の操作という目的を提示してしまうと，実験結果に影響する恐れがあるため，被験者には偽のタスクとして，情動と集中力の関係を調べる実験だと告知し，ダミーの課題を設定した．ダミーの課題では，Web カメラで撮影した被験者の表情を表示するウィンドウに赤い円がランダムな間隔で同時に 1 つ表示され，被験者にはその円を数えてもらう．円は 1 フレームの間提示される．円はフレームの更新ごとに 1 %の確率で表示された．なお，フレームレートは 5〜50 あたりで変動していた．その過程で，被験者の表情が目に入る状況を作り出した．図 2 がその様子である．

4.2.4　主観評価

操作する要因は「快刺激/不快刺激」の音刺激と，本システムによる「表情変形のあり/なし」の 2 つがある．これらを組み合わせた結果，試行は「快刺激/表情変形あり」,「快刺激/表情変形なし」,「不快刺激/表情変形あり」,「不快刺激/表情変形なし」の 4 パターンとなる．この 4 パターンの試行をランダムに並び替えたもの 1 セットとし，被験者 1 人に対して 4 セット行った．試行終了するごとに被験者の感情を The Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) の日本語版を用いて評価した [9]．

4.3　結果

4.3.1　主観評価

PANAS のポジティブ感情とネガティブ感情に対応する各 10 項目の平均を，その被験者のポジティブ感情及びネガティブ感情の得点とする．そのポジティブ感情とネガティブ感情の全体の平均を計算する．比較は同一刺激内の表情変形ありとなしの間で行う．図 3 にポジティブ感情の得点を, 図 4 ネガティブ感情の得点を示した．快刺激を与えた場合では表情変形ありの方がポジティブ感情の得点が低くなった．同様に，不快刺激を与えた場合では表情変形ありの方がネガティブ感情の得点が低くなるなど仮説通りの傾向が観察された．しかし，対応あり t 検定を行ったところ全ての項目で有意差は得られなかった [快刺激のポジティブ感情: $t(11) = -0.108, p = .915(n.s.)$]，[不快刺激のポジティブ感情: $t(11) = -2.080, p = .062(n.s.)$]，[快刺

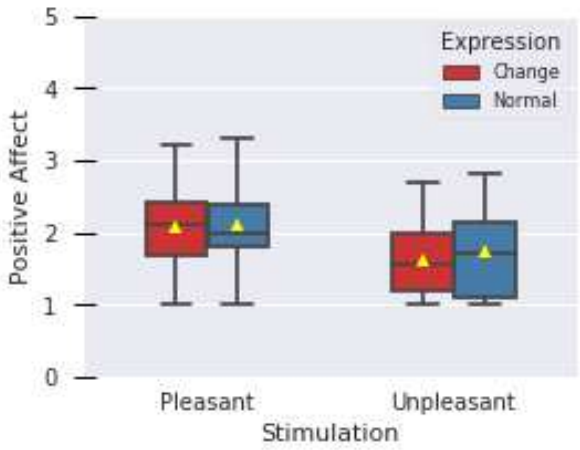


図 3　アンケートのポジティブ感情項目の結果

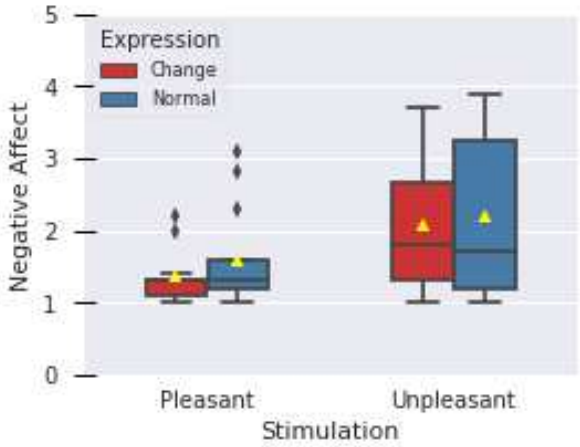


図 4　アンケートのネガティブ感情項目の結果

激のネガティブ感情: $t(11) = -0.803, p = .439(n.s.)$], [不快刺激のネガティブ感情: $t(11) = -1.097, p = .296(n.s.)$].

4.3.2　心拍変動分析

心拍変動の分析には SDNN と RMSSD を使用した．RRI のデータ数を N，i 番目の RRI の値を n_i とすると

$$SDNN = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \overline{x})^2}$$

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N-1}(x_i - x_{i+1})^2}$$

となる．このどちらの指標もストレスを感じている

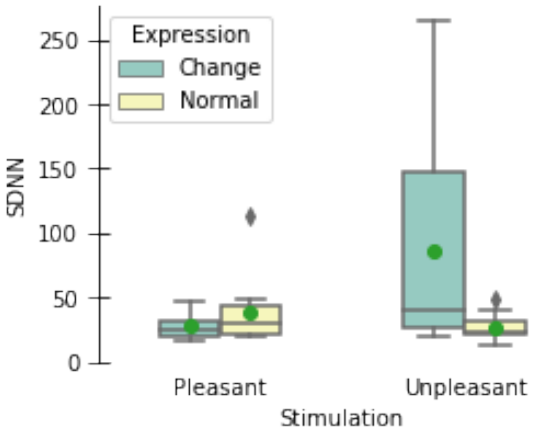


図 5　試行ごとの SDNN

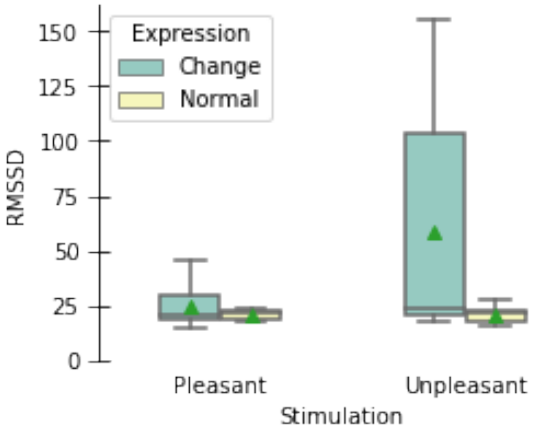


図 6　試行ごとの RMSSD

時に低下し，リラックスしている時に上昇する．システムが有効であるならば，快刺激を与える試行では表情変形ありの方が心拍変動が小さくなり，不快刺激を与える試行では表情変形なしの方が心拍変動が小さくなる．この心拍センサによるノイズを除外するために，下限値 250ms 以下，上限値 1500ms 以上の RRI を除ぞいた後，平均± 3 ×標準偏差の範囲に収まらないものを除外した．図 5 と図 6 は試行ごとの SDNN と RMSSD を表した箱ひげ図である．対応する試行ごとにウィルコクソンの符合順位検定を行った結果，快刺激の SDNN のみ有意差が確認された [快刺激の SDNN: $z = 3.0, p = 0.005(< .05)$], [不快刺激の SDNN: $z = 14.0, p = 0.050(n.s.)$], [快刺激の RMSSD: $z = 19.0, p = 0.117(n.s.)$], [不快刺激の RMSSD: $z = 20.0, p = 0.136(n.s.)$].

4.4　考察

アンケートの平均値を比較すると，ポジティブ感情，ネガティブ感情ともに全ての項目で表情変形あり

の方が得点が小さくなった．この結果より開発したシステムによってユーザの感情がニュートラルに近づいたと考えられる．しかし，これらの結果は統計的に有意でなかった．有意な結果が得られなかった原因としては表情変形の大きさが十分でなかったことと，音刺激の効果が不足してたことの２つが考えられる．生成する表情の大きさはユーザの心拍変動に応じて変化していくが，不自然に大きくならないよう小さめに設定していた．その結果，心拍変動の変化が小さい場合，感情をニュートラルにするために十分なフィードバックが行えていなかったと考えられる．また，被験者から「音刺激に慣れた」や「不快刺激を不快に感じなかった」というコメントが得られたこと，SDNN と RMSSD の快刺激の表情変形なしと不快刺激の表情変形なしの差が小さいことから，音刺激による心拍変動の変化が小さかったと言える．

心拍変動の分析結果では快刺激の SDNN で有意な差が観察された．ポジティブ感情を感じている状況で Disgust の表情を視覚的にフィードバックすることで感情がニュートラルに近づくことが示唆され，仮説通りの結果となった．不快刺激で有意差が見られなかったことについては，今回の手法では口を開けた表情を生成することができず，Joy の表情を表現しきれなかったことが原因だと考えられる．また，不快刺激を与えた際の表情変形ありのみ分散が大きくなった．これは普段口を開けて笑うかどうかによって，フィードバックされる表情の大きさに対する認識が変わったことが原因だと考えられる．

5. おわりに

本稿は，心拍変動によって被験者の感情を推定し表情のフィードバックを返すことでユーザの感情をニュートラルに近づけるシステムの有効性をアンケートによる主観評価と心拍変動の分析によって調査した．その結果，仮説に即した差は観察されたものの，有意ではなく，現行システムの有効性は十分に示せなかった．今後は，フィードバックする表情のサイズを決めるパラメータの調節を行う予定である．また，実験終盤の疲れも報告されたため，被験者の数を増やし，一人当たりの実験時間を減らした実験を検討している．

文献

[1] 世界保健機関. 世界保健機関憲章, 1946.
[2] Academic Mindfulness Interest Group. Mindfulness-based psychotherapies: a review of conceptual foundations, empirical evidence and practical considerations. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, 40(4):285–294, 2006.
[3] R.W.Picard. Affective computing. *M.I.T Media Laboratory Perceptual Computing Section Technical Report*, (321):1–16, 1995.
[4] Antonio Damasio. *The feeling of what happens: Body and emotion in the making of consciousness*. 1999. (田中三彦 (訳). 意識と自己. 講談社. 2018).
[5] P. Ekman and W. V. Friesen. *Unmasking the face: A Guide to Recognizing Emotions from Facial Expressions*. MALOR BOOKS, 1975. (工藤力 (訳). 表情分析入門. 誠信書房. 1987).
[6] Fritz Strack, Leonard L Martin, and Sabine Stepper. Inhibiting and facilitating conditions of the human smile: a nonobtrusive test of the facial feedback hypothesis. *Journal of personality and social psychology*, 54(5):768, 1988.
[7] 吉田成朗, 鳴海拓志, 櫻井翔, 谷川智洋, and 廣瀬通孝. リアルタイムな表情変形フィードバックによる感情体験の操作. **ヒューマンインタフェース学会論文誌**, 17(1):15–26, 2015.
[8] Margaret M. Bradley and Peter J. Lang. The international affective digitized sounds (2nd edition; iads-2):affective ratings of sounds and instruction manual. Technical report, NIMH Center for the Study of Emotion and Attention, 2007.
[9] 川人潤子, 大塚泰正, and 甲斐田幸佐. 日本語版 the positive and negative affect schedule (panas) 20 項目の信頼性と妥当性の検討. **広島大学心理学研究**, (11):225–240, 2011.

視覚復号型秘密分散暗号と視覚認知能力
Secret Sharing Visual Cryptography and Visual Cognitive Capability

大槻　正伸†，小泉 康一†
Masanobu Ohtsuki, Koichi Koizumi

†福島工業高等専門学校
National Institute of Technology, Fukushima College
ohtsuki@fukushima-nct.ac.jp

概要

視覚復号型秘密分散暗号は,文字などが描かれた元情報の画像を数枚の画像に分けて暗号化し，そのうち何枚か（または全部）を集めて重ね合わせることにより元の情報が復元できるものである．重ね合わせにより復号化された元情報の文字認識は人間の視覚的な認知能力によりなされる．

本研究では，復元画像に対する認知可能性の条件を定量的に測定し，視覚暗号システムが可能であるための条件について考察した．

キーワード：秘密分散，視覚暗号

1. はじめに

視覚復号型秘密分散法[1][2]とは，文字や絵などの視覚情報をいくつかの画像情報に分け，分けた情報をいくつか集めると元の文字や絵の情報が復元できるというものである．より正確にいうと，(K,N) しきい値法とよばれる視覚復号型秘密分散法は，文字や絵などの画像情報を N 枚の画像に分け，そのうちどの K 枚でも集めて画像を重ね合わせると元の情報が視覚的に復元できるが，どの(K-1)枚以下集めても元の情報を復元できないものである．

簡単のため，(K,N)=(2,2)のしきい値法の視覚復号型秘密分散法での例を図 1 に示す．図 1 では，「○」が描かれたモノクロの元画像があった場合，この画像情報を，画像 A と画像 B の N(=2)枚に分割する．画像 A,B は例えば，透明シート等に印刷する．(K-1)（=1）枚の画像 A，あるいは画像 B だけを見ても「○」の情報は得られないが，K(=2)枚を重ね合わせると，元の「○」の情報が得られる．

この際，画像 A,B への情報の分け方であるが，図 1 に示す通り，画像の 1 画素（(小さな□の領域 1 つ，これを 1 ドットとよぶこととする）に対し，その 2×2 領域への分割（田）を考える．1 ドットが白（□）であれば，2×2 分割のうち 2 つを（通常ランダムに）黒として，このドットの画像 A における情報＝このドットの画像 B における情報とする．

そうすると，画像 C=画像 A＋画像 B（A,B の重ね合わせ）とすると，画像 C におけるこのドットは 50%が白，50%が黒となる．

同様に，黒のドット（■）の場合，その 2×2 の分割（田）で，画像 A における場合，ランダムに 2 つ黒とし，画像 B における場合，画像 A での白黒を反転したものにする．そうすると，重ね合わせた画像 C では，このドットは 100%黒となる．

以下「画像 A」,「画像 B」,「画像 C」は上の意味で用いる（分割暗号化した画像を A,B，重ね合わせた画像を C とする）．

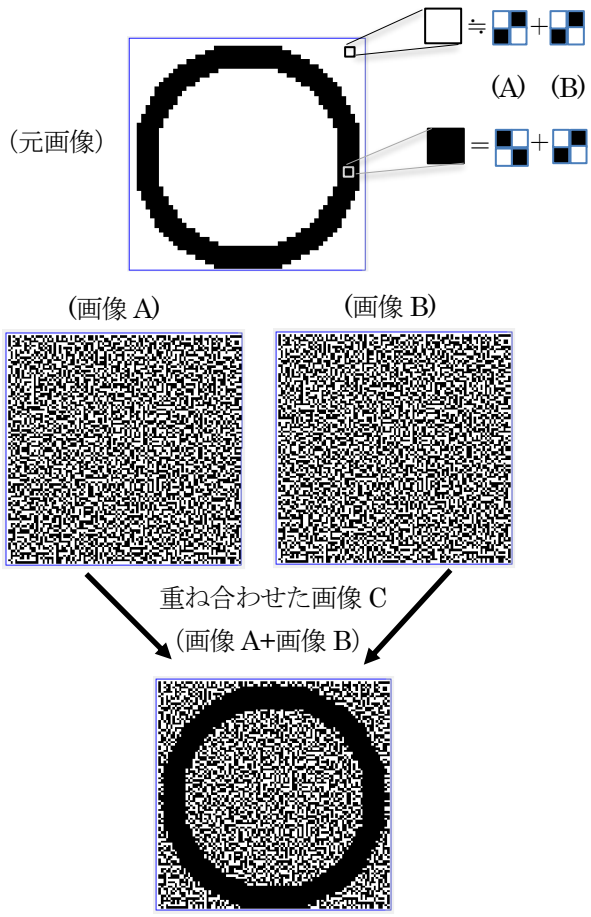


図 1　(2,2)しきい値法視覚暗号の例
$((rw_C,rb_C)=(0.5,1.0))$

人間の視覚においては，50%黒のドットと100%黒のドットは明瞭に区別でき，重ね合わせにより「○」の情報が復元されることになる．ただし，元画像で白い領域の部分は，画像 C では全くの白ではなく，すなわち全体として画像 C は元画像とは異なるが，人間の視覚認知能力により元の情報が認識されることになる．

このように，この程度の文字や大雑把な絵などに限定すれば，情報はこの方式により，画像 A,B に暗号化され，1 つの画像のみでは意味をなさず，重ね合わせにより復号ができる暗号システムとして成立している．実際には相当細かい絵のカラー画像に関する暗号システムも構築されている[2].

さて，ここで一般的に X を画像（A,B,または C）とするとき，rw_X を「元画像の白の 1 ドット（□）を表現する際の画像 X におけるドットの黒の割合」, rb_X を「黒の 1 ドット（■）を表現する際の画像 X における黒の割合」とする．上の例では$(rw_C,rb_C)=(0.5, 1.0)$である．そして$(rw_C,rb_C)=(0.5, 1.0)$であれば，ある程度大きな描画平面に描かれた「○」「×」「＋」「◎」程度の文字は十分認知，識別可能であり，暗号システムとして成立することが確認されるが，$(rw_C,rb_C)=(0.5, 1.0)$の組み合わせ以外ではどうなっているのか，視覚暗号システムとして成り立つのかどうか等についての詳しい認知科学的議論はほとんどなされていない．

例えば，$(rw_C,rb_C)=(0.25,0.5)$の場合の例を図 2 に示す．

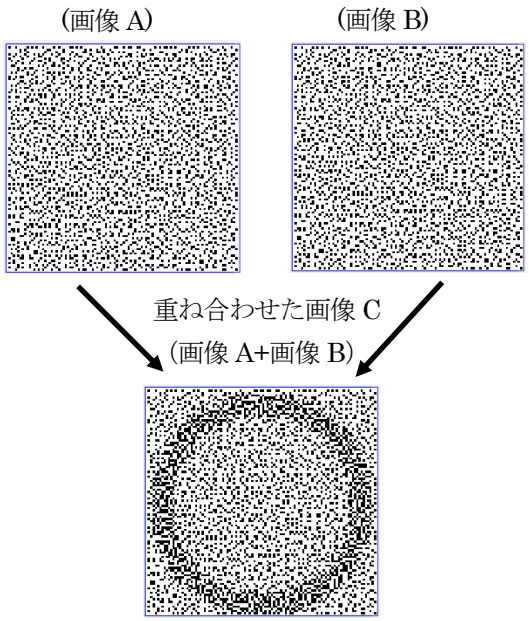


図 2　(2,2)しきい値法視覚暗号の例
（元画像は図 1 と同じで，$(rw_C,rb_C)=(0.25, 0.5)$）

この場合，簡単な文字程度を扱う暗号システムとしては成立しそうであるが，$(rw_C,rb_C)=(0.5, 1.0)$の場合に比べ明瞭さに欠けることが分かる．

また，$(rw_C,rb_C)=(0.25, 0.75)$の場合は，図 3 のようになる．$(rw_C,rb_C)=(0.25,0.5)$の場合（図 2）に比べ，復元した画像 C は，白黒の差が明瞭ではあるが，画像 A,B に「○」

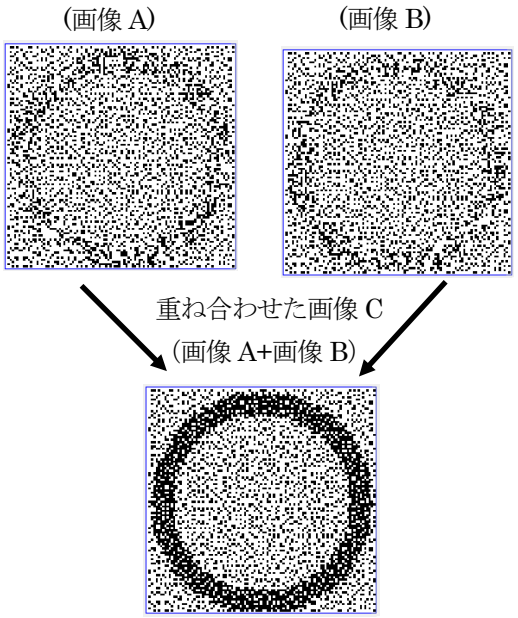


図 3　(2,2)しきい値法視覚暗号の例
（元画像は図 1 と同じ$(rw_C,rb_C)=(0.25,0.75)$）

の情報が入り込んでいて，暗号システムとしては成り立たない．

これは，1 ドットを 2×2=4 個の領域に分け，そのうち$(rw_C,rb_C)=(0.25, 0.75)$とするためには，$(rw_A,rb_A)=(rw_B,rb_B)=(0.25,0.375)$とするのが自然であるから，結果，0.25 と 0.375 の差のために，画像 A,B のみでも「○」が認識されてしまうのである．

一方，$(rw_C,rb_C)=(0.25,0.5)$の場合（図 2）は$(rw_A,rb_A)=(rw_B,rb_B)=(0.25,0.25)$となり，画像 A,B のみでは「○」が認識されず，暗号システムとして成立する．

以上のことから，このような視覚復号型秘密分散暗号のシステムが構成できるための条件を調べる問題が提示される．以下ではより一般的に「1 ドットを 2×2 の 4 領域に分割」でなく「n×n 領域に分割する」ものとして考える．

暗号システムとして成立するためには，

（1）画像 A,B において，すなわち(rw_A,rb_A)と(rw_B,rb_B)に関して，rw_A と rb_A（rw_B と rb_B）が十分近く，人間の視覚では「○」等の情報が全く復元でき

ないこと

（2）画像 C において，すなわち(rw_C,rb_C)に関して
rw_C と rb_C が十分離れていて，人間の視覚で十分「○」等の情報が復元できること

の２つがあげられる．

(rw_X,rb_X)に関して，人間の視覚的に「十分近い」「離れている」とはどの程度なのか，それを心理物理学的実験により定量的に測定し，結果を示すのがこの論文の目的である．

今回は，「コンピュータを用いて統計的に暗号を破ろう」というようなことは想定していない．すなわち，例えば n×n＝10×10 で，(rw_A,rb_A)＝(rw_B,rb_B)＝(0.25,0.28)では，人間の視覚的には区別がつかず視覚暗号として成立するが，統計的に調べられると画像 A(orB)のみでも情報が読み取られてしまう，という可能性はある．今回は，このような統計処理を用いた悪意の第三者は想定せず，純粋に人間の視覚認知的に「「○」「×」等の大雑把な図形が区別できる，できない」ための(rw_X,rb_X)について実験的に調べようとするものである．

２．実験方法と結果

まず，図 4 の実験用プログラムを作成した．図 4 では「×」が表示画面に表示されているところであるが，全体画面の一部のみが示されている．

この実験用のプログラムでは，

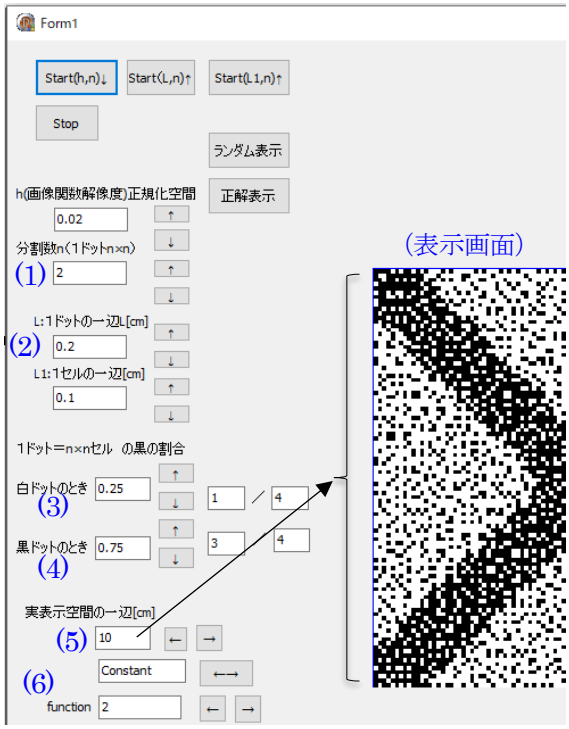
・n：１ドットの一辺の分割数（i.e. １ドットは n×n の小領域に分割する） (1)
・L[cm]：１ドット（□）の一辺の長さ (2)
・白のドットを表現する場合の黒の小領域の割合 =rw (3)
・黒のドットを表現する場合の黒の小領域の割合 =rb (4)
・表示画面の大きさ（表示画面の一辺の長さ[cm]）(5)
・表示する文字の選択 (6)

等が設定できるようになっている．

今回は表示画面には「○」「×」「＋」「■」「◎」のうちの一つが表示されるようにした．

この実験用プログラムを用いて，実験条件を次のように設定して実験を行った．

① 使用した液晶ディスプレイの１ピクセルの１辺＝0.027[cm]



（1） 1 ドットを n×n 分割数に分割する際の n
n=2 の場合（□→田）
（2） 1 ドット（□）の一辺の長さ
（3）rw （4）rb （5）表示画面の一辺の長さ[cm]
（6）表示する文字選択（1⇒「＋」 2→「×」等）

図 4 実験用プログラム画面

② 1 ドットの一辺 L=0.54[cm]
（一辺 20 ピクセルの正方形で 1 ドットを表現）

③ n=10 （1 ドットを 10×10 の小領域に分割，1 小領域は一辺 0.054[cm]＝2 ピクセル）

④ 表示画面の一辺＝12[cm]

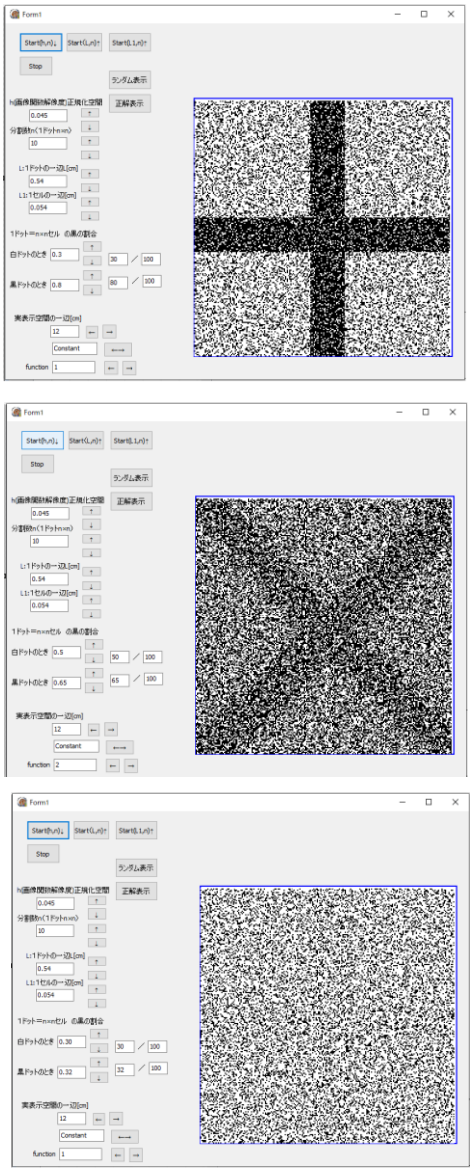
⑤ ディスプレイと被験者の顔（両眼（瞳の中心）の乗る平面）との距離=70[cm]
ディスプレイと両眼の乗る平面は平行とした．

被験者 O が，この条件で，いろいろな(rw,rb)に対し，表示画面に文字をランダムに表示し，それぞれの(rw,rb)で全く文字等が認識できない場合を 0 として，認識できた場合その明瞭さを 5 段階評価した（1：ほんの少し認識できる←→5：明瞭に認識できる）．また，rw を大きく，rb を小さくすると，文字が白黒逆転して認識できるようになる．この場合は−5：白黒逆転して明瞭に認識できる←→−1（白黒逆転してほんの少し認識できる）で評価した．

(rw,rb)の値の動かし方は，rw を固定し，rb を 0.01 間

隔で増やしていき，一組の(rw,rb)について上記の 11 段階評価をしていった．これを rw を 0.0～1.0 まで，0.1 刻みで動かし明瞭さを測定した．ただし，評価 5 がいくつか続いた場合はそれ以降の測定は明らかであるから打ち切る方式とした．評価-5 のところも同様である．

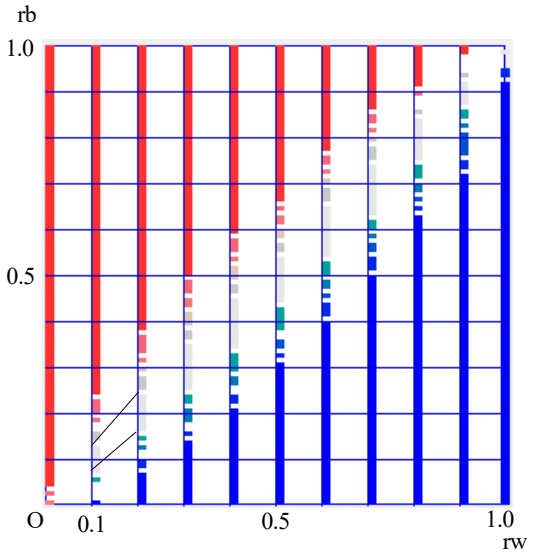
実験画面の例を図 5 に示す．例えば，図 5（上）は評価 5，すなわち明瞭に「＋」が認識できる，図 5（中）で評価 3，すなわち，「×」が十分に認識できる，図 5（下）は評価 0，すなわち全く文字等が認識できない，であった．



（上）文字＝「＋」　rw=0.30,rb=0.80
（中）文字＝「×」　rw=0.50,rb=0.65
（下）文字＝「＋」　rw=0.30,rb=0.32

図 5　実験画面の例

図 6 に測定結果を，図 7 に図 6 の結果を補間したものを示す．補間は，rw を 0.1 間隔で動かしたが測定していない領域を直線近似した．すなわち，例えば rw=0.1 で，評価 0（全く文字等が認識できない）の範囲が rb_0～rb_1 であり，rw=0.2 で評価 0 の範囲が rb_0’～rb_1’である場合，rw=0.12 での見え方 0 の領域を $rb_0+0.02\times\frac{rb_0'-rb_0}{0.1}\sim rb_1+0.02\times\frac{rb_1'-rb_1}{0.1}$ 等としたものである（図 6）．



■ : -5（文字が白文字としてよく認識できる）
■ : 0（文字が全く認識できない）
■ : 5（文字が黒文字としてよく認識できる）
rw : 0.1 刻み　rb : 0.01 刻みで測定した

図 6　測定結果

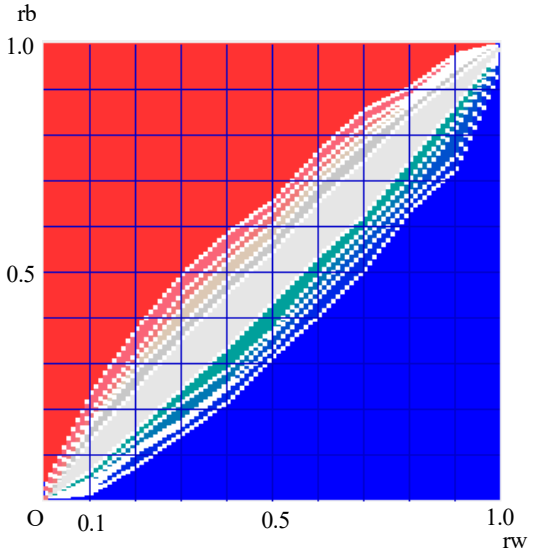


図 7　測定結果（図 6 の結果を補間）

３．測定結果の考察

図 7 を見ると, (rw,rb)=(α,α)　である点は当然ながら, 評価 0（文字等が認識できない）の領域に入っている. この評価 0 の領域はある程度の幅を持っているが, rw, rb が 0 または 1 に近いところでは幅が狭くなっていることがわかる.

以下で, この結果の応用について考えてみる. この測定では n=10 として, 1 ドットを 10×10 に分けるという条件での測定であった.

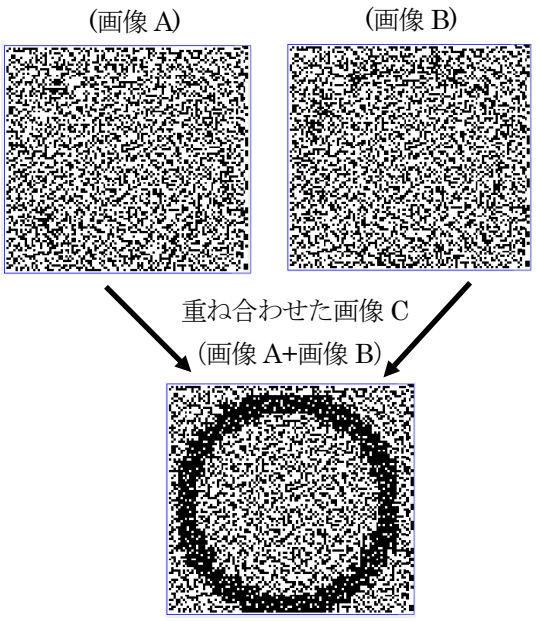
これを n=4, (K,N)＝(2,2)での視覚暗号の設計に利用してみる.

$(rw_C,rb_C)=(\frac{6}{16},\frac{14}{16})=(0.375,0.875)$,

$(rw_A,rb_A)=(rw_B,rb_B)==(0.375,0.4375)$の場合, 図 7 で解釈すると,

「重ね合わせた場合十分に文字は認識できるが（点(0.375,0.875)は評価 5 の赤の領域に入っているが), 画像 A,B では, ほんの少し文字が浮かび上がるであろう（点(0.375,0.4375)は, はっきりと評価 0 の領域に入っていない)」, したがって, 暗号システムとしては成り立たないであろう, ということが予測できる.

実際にこの条件で画像 A,B,C を作成したのが図 8 である. 確かにおおよそ予測どおりとなっている.



表示画面の一辺＝8.0[cm]
1 ドットの一辺＝0.32[cm]として画像を作成

図 8　$(rw_A,rb_A)=(rw_B,rb_B)=(0.375,0.4375)$,
$(rw_C,rb_C)=(0.375,0.875)$の例

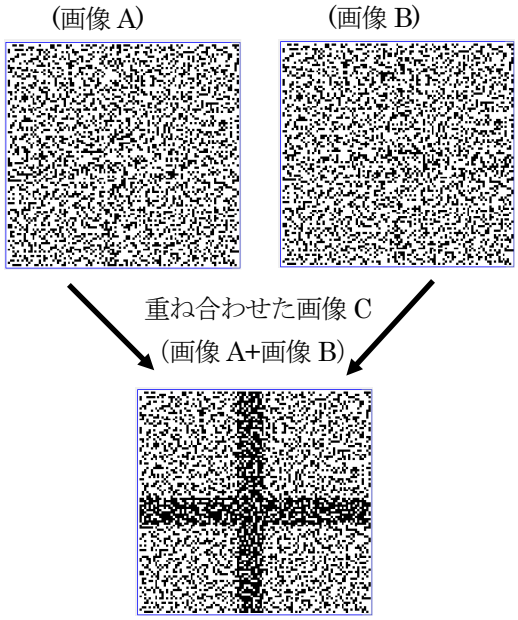
しかし, 同様に

$(rw_C,rb_C)=(0.3125,0.6875)=(\frac{5}{16},\frac{11}{16})$,

$(rw_A,rb_A)=(rw_B,rb_B)=(0.3125,0.34375)$

の場合, 図 7 で解釈すると,

「重ね合わせた場合十分に文字は認識でき（点(0.3125,0.6875)は評価 5 の赤の領域に入っている), 画像 A,B では文字は認識されない（点(0.3125, 0.34375)は, はっきりと評価 0 の領域に入っている)」, したがって, 暗号システムとして成立する, と予測される.
しかし実際は図 9 のように, 画像 A,B に文字「＋」がほんの少し現われている.



表示画面の一辺＝8.0[cm]
1 ドットの一辺＝0.32[cm]として画像を作成

図 9　$(rw_A,rb_A)=(rw_B,rb_B)=(0.3125,0.34375)$,
$(rw_C,rb_C)=(0.3125,0.6875)$の例

これらは, もちろん 2 節で示した①～⑤の測定条件で測定した結果の図 7 を用いての推測であるから, この条件, 特に 1 ドットの辺分割数 n や画像～被験者の顔との間の距離等を合わせないことには正確な予想ができないことは当然である.

結論としては, 図 7 を用いて, 測定条件を合わせれば, かなりの程度暗号システムとしての成立の可否を予測できると考えられる.

４．今後の課題

どのような(rw, rb)で，大雑把な文字「○」「×」「＋」等を区別して認識できるか，認識できないようになるかを，心理物理学的実験により測定した．それは視覚復号型秘密分散暗号システムとして成り立つための条件の推定に使える可能性があることまで考察した．

しかし，精密な推定を行うためにはより多くのデータが必要となる．

今後の課題としては次のことがあげられる．

（１） 様々な条件，特にドット辺分割数 n，画像 - 両眼平面間の距離 d を変化させたときの条件を測定すること

（２） 被験者数を増やし，より多くのデータを求めること

（３） （１）（２）より視覚復号型秘密分散暗号が成り立つ条件をより精密に調べること

文献

[1] 視覚復号型秘密分散法 http://ohta-lab.jp/users/mitsugu/research/VSSS/main.html （2020 年 7 月 6 日現在）

[2] 石原 武，カラー画像に対する効率的な視覚暗号の構成法，筑波大学大学院 システム情報工学研究科修士論文，2003 http://www.iit.tsukuba.ac.jp/wp-content/uploads/2003/01/Isihara_2002.pdf （2020 年 7 月 6 日現在）

基礎情報処理クラスにおける遠隔授業の取り組み
Remote Lectures for Intro Computer Literacy Courses

森下 浩平
Kohei Morishita
大阪経済法科大学
Osaka University of Economics and Law
kohei@kobe-ocn.jp

Abstract
This study reports the students' responses to the questionnaires regarding remote lectures for intro computer literacy courses.

Keywords — Remote Lecture, Intro Computer Literacy Course

1. はじめに

新型コロナウイルスの影響で，各教育機関は遠隔授業の実施を求められるようになった．今後も定期的に発生する可能性のある災害やウイルスの世界的流行などのリスクに備えて，対面授業から遠隔授業への移行が加速していくことが予想される．

遠隔授業の種類はさまざまで，授業の規模や内容によって向き不向きもあると考えられる．一般に，学習管理システム（LMS; Learning Management System）による講義資料・課題の配布・回収や講義の動画配信にもとづく授業は「オンデマンド授業」と呼ばれており，Zoom や Skype などを使用した同時双方向授業は「リアルタイム授業」と呼ばれている．

実際には，これらを組み合わせた授業も多いが，それぞれの授業形態のメリット・デメリットについて検討するため，2020 年前期の授業で，遠隔授業についてのアンケート調査を実施することとした．

2. 遠隔授業の形態

著者が授業を担当している教育機関 4 校（専門学校を含む）のうち，対照的な 2 校での遠隔授業の詳細について，表 1 にまとめる．

表 1　各大学の遠隔授業の詳細

教育機関	A 大学	B 大学
学年	1 年生	1～4 年生
クラス数	2 クラス	3 クラス
履修者数	71 名（有効回答は 68 名分）	87 名（有効回答は 86 名分）
授業科目	パソコンの基礎	MOS 2016 (Word, Word Expert, Excel)
授業内容	情報リテラシー	MOS 試験学習
主な授業形態	リアルタイム授業	オンデマンド授業
出席管理	課題提出	課題提出
リアルタイム授業の頻度	毎回　※補講 2 回分（課題提出）を除く	15 回中 5～7 回
リアルタイム授業の実施時間	80～90 分程度	15～60 分程度

A 大学では，基本的にリアルタイム授業のみを行っている．一方，B 大学では，主に動画配信によるオンデマンド授業を行っているが，2～3 週に 1 回の割合でリアルタイム授業も行い，課題の提出方法における注意点などを説明したり，質問を受け付けたりしている．

各教育機関で基本的なルールは決められているものの，リアルタイム授業とオンデマンド授業の割合（内容，頻度，実施時間など）の詳細については，ある程度教員の裁量に任されている．そのため，表 1 の内容を決めるにあたっては，第 3 章で紹介する遠隔授業に関するアンケート調査（表 2）の結果も参考にした．

オンデマンドでの LMS による講義資料・課題の配布・回収による授業では，学生の自主性に頼りがちで，教員の指導が行き届きにくいため，教育効果において疑問が残る．そのため，この形態の授業では，オフィスアワーを設けて授業外にリアルタイムで質問を受け付けるシステムを導入していることが多い．同じ遠隔授業であっても，動画配信の場合は，即時性に欠けるものの，現状ではトラブルが少なく，欠席者への対応も容易である．

一方，同時双方向でのリアルタイム授業は，即時性には優れているが，通信に依存するため，遅延やアクセス

不可など PC 環境が不安定になりがちである．スマートフォンしか用意できない学生もおり，本人の意思と関係なく授業で後れを取る可能性も否定できない．リアルタイム授業の実施時間が 45〜60 分程度と決められている例が多く見られるのは，通信環境（通信速度，熱負担）への配慮や異なる環境における集中力の維持などの理由によると考えられる．

3. 遠隔授業に関するアンケート調査

各教育機関では，遠隔授業にあたっての環境確認のためのアンケート調査を授業開始前に実施しているが，初回授業でも詳細についての聞き取り調査の時間が設けられている．そこで，2020 年度前期に著者が授業を担当した学生を対象とし，基礎情報処理クラスの実施に必要な情報を得るため，初回授業で改めてアンケート調査を実施した．本稿と関連のある部分のみ，表 2 に示す．

表 2 遠隔授業に関するアンケート調査

#	質問項目
1	遠隔授業を受講するにあたって，希望する授業内の時間配分を選択してください
2	1 で選択した時間配分の理由を書いてください
3	遠隔授業を受講するにあたって，希望するリアルタイム授業の回数を選択してください
4	3 で選択したリアルタイム授業の回数の理由を書いてください

上記の 1〜4 に対する回答について，A 大学の情報リテラシークラスの学生 71 名中 68 名および B 大学の MOS 試験学習クラスの学生 87 名中 86 名から，データを公表することに対する同意を得た．表 2 の質問 1 の回答を，表 3 に示す．

表 3 希望する授業内の時間配分（%）

時間配分	A 大学	B 大学
リアルタイムのみ（80〜90 分）	45.6%	4.7%
リアルタイム（60 分程度）とオンデマンド（20〜30 分程度）	10.3%	14.0%
リアルタイムとオンデマンドを半々（40〜45 分程度ずつ）	19.1%	25.6%
リアルタイム（30 分程度）とオンデマンド（50〜60 分程度）	7.4%	22.1%
オンデマンドのみ（80〜90 分）	13.2%	33.7%
その他（よくわからない）	4.4%	0%

A 大学では，対象学年が 1 年生ということもあり，リアルタイム授業だと「大学の授業に慣れることができる」「質問がしやすい」などの意見が多く，期待と不安の入り混じった気分を反映する結果であると感じた．一方，オンデマンド授業のみを選択した学生からは，「聞き逃しを防ぐため」「映像や音声が固まる」といったライブ環境に対する不安の声が挙がっていた．

B 大学では，全体としてオンデマンド授業を好む学生の割合が高かった．自己学習を前提としたテキストを使用していることもあり，「人によって作業速度が違うため」「自分のペースで学習できる」といった意見が多かった．リアルタイム授業を希望する学生でも，接続時間は半分以下がよいとする回答が全体の半数を上回る結果となった．また，上級クラス（ワープロ応用クラス；10 名）は，初級クラスでの資格試験経験者（合格者）を履修条件としていたため，学習方法について熟知している．そのせいか，「リアルタイムのみ」や「リアルタイム 60 分程度」を希望する学生はいなかった．

次に，表 2 の質問 3 の回答を，表 4 に示す．なお，A 大学では基本的にリアルタイム授業のみの実施であったため，質問 3 は B 大学のみを対象とした．

表 4 希望するリアルタイム授業の回数（%）

頻度	B 大学
毎週（全 15 回）	19.8%
隔週（全体で 7，8 回程度）	20.9%
2〜3 週に 1 回（全体で 5，6 回程度）	25.6%
4〜5 週に 1 回（全体で 3，4 回程度）	19.8%
最低限（全体で 1，2 回程度）	14.0%

B 大学では，PC 系資格試験が初めての学生が多く，自己学習する意識が強い傾向にあるためか，リアルタイム授業の頻度で「毎週」「隔週」を希望する学生は全体の 4 割程度に留まった．2〜3 週に 1 回以下を選んだ学生からは，「自分のペースで勉強できる」「時間の融通がきく」という意見が多く得られた．

一方，リアルタイム授業の回数や時間の割合を多く希望する学生の理由としては，「（オンデマンド授業だと）怠けてしまう」「質問がしやすい」「パソコンが苦手で（オンデマンド授業だと）不安」という意見が多かっ

た. PC 操作が苦手な学生が必ずしもオンデマンド授業を希望するわけではないが, 脱落者を出さないため, オンデマンド授業がメインの場合は，オフィスアワーを設けるなどして，定期的にリアルタイムで質問を受け付ける機会を持つことなどが求められるだろう.

4. まとめ

本稿では, アンケート調査を用いて, 今後増加が見込まれる遠隔授業におけるリアルタイムとオンデマンドの授業形態の比較を試みた．秋山・寺本・小薗 (2006) は,「主として知識授与型の講義の場合，従来の対面授業の内容をそのままリアルタイム授業用コンテンツとすることにより，リアルタイム授業は対面授業に相当する教育効果があると思われる」と述べている一方で, ロビンソン・池田 (2002) は,「キャンパス型の与える庇護された教育環境は，ヴァーチャル大学では決してできない大事なものである. 結局, 学習とはどれか一つのテクノロジー，あるいはどのようなテクノロジーにも依存するものではない．これまでの大学の歴史を通じて，学びは学問と議論と情熱と同僚性の活気ある雰囲気のなかで行われてきた．テクノロジーはそれと同じ雰囲気を伝えることはできないだろう」と述べている. いずれの意見も一理あるが, 遠隔授業と対面授業のどちらが良いかという話ではなく，これらをうまく組み合わせてより良い授業を行うことが今後ますます求められるであろう.

遠隔授業の形態の異なる A 大学と B 大学については，学期末に再度アンケート調査を実施する予定である．使用するテキスト，実施回数，PC 所持率などにも違いがあるため直接比較することはできないが，オンデマンド授業とリアルタイム授業をそれぞれ履修した学生の満足度や習熟度などについて比較・分析を行いたい.

5. 参考文献

[1] 秋山秀典・寺本明美・小薗和剛 (2006) 「ストリーミング技術を用いたリアルタイム授業の教育効果」『電気学会論文誌 A（基礎・材料・共通部門誌)』126 巻, 8 号, 782-788.

[2] デビッド J. ロビンソン・池田輝政 (2002) 「リアルタイム教育は大学の未来か？」『名古屋高等教育研究』 第 2 号, 147-159.

オンライン授業における学生間のインタラクション（相互作用）と全人的な交流機会の担保
Toward Online Class-Embedded Oral Interaction Exercises for Japanese Learners of English

原田 康也[1]，赤塚 祐哉[2]，坪田 康[3]，鍋井 理沙[4]，森下 美和[5]
Yasunari HARADA, Yasushi TSUBOTA, Yuya AKATSUKA, Lisa NABEI, Miwa MORISHITA
[1-5]早稲田大学情報教育研究所，[1-2]早稲田大学，[3]京都工芸繊維大学，[4]東海大学，[5]神戸学院大学
Waseda University, Kyoto Institute of Technology, Tokai University, Kobe Gakuin University
harada@waseda.jp, tsubota.yasushi@gmail.com, akatsuka@waseda.jp, lisanabei@tsc.u-tokai.ac.jp, miwa@gc.kobegakuin.ac.jp

Abstract

For university and college management, as well as for faculty in charge of classes, students' physical and mental well-being is almost as important as enhancing their knowledge and understanding of subject matters or improving their skills and performances in the areas being taught. In case of English language classes for the first year students in Japanese colleges, this is especially true because these classes offer the best chance for the students to make new friends and learn how best to conduct their daily school lives in university settings. In addition to getting to know how to write and organize essays, term papers and technical reports and how to give persuasive or logically well-organized presentations, students should understand how to use libraries, online resource, computers and networks in a friendly and helpful atmosphere, and English classes offer them a relatively good opportunity for achieving these goals. In the spring of 2020, students entering college had to work in online classes as face-to-face mode of teaching was severely restricted against the surge of COVID-19 pandemic. Real-time teleconferencing services offered partial solutions to the problem of replicating classroom situations online, but there is still some fundamental element missing in the current design of those services.

Keywords — Well-being, Ice-breakers, Language Classes, Online learning, Autonomous Mutual Learning

1. はじめに

2019年末から2020年春にかけての SARS-CoV2の蔓延と COVID-19 感染拡大により、世界的に対面授業の実施が困難となり、オンライン・オンデマンド授業で「代替」する動きが盛んである。多くの教員にとって、新たな教育手法の模索と教材の作成・開発・学生への対応が大きな負担となっている一方で、特定のサーバの負荷集中・ネットワーク全体の輻輳などによる通信品質の劣化なども起こり、学生からはさまざまな不満が噴出している。教材コンテンツの電子化は可能であっても、教室における教員と学生・学生同士の対面でのインタラクションと言語的・非言語的コミュニケーションが欠落した場における教育・学習の難しさは、現在大部分の教員・学生が実感しているところであろう。本報告は研究室的な対照実験とそれに基づく考察を「分析的」ないし「体系的」に検討することより、現場における泥縄の対応の中で得られた知見を紹介する実践報告の趣が強いが、教室における学生間の対面でのインタラクションを可能な限り実現する努力をオンラインでどのように進めるか、通信帯域とサーバアクセスの限界の中で、オンラインの課題とオフラインの宿題をどのように組み合わせて学生間のインタラクションを促し、課題内容によって全人的な交流を促進するかの方策について多様な観点から検討する。

2. 教育の情報化から対面学習の重視、そして教育のオンライン化へ

第 1 著者を代表とする早稲田大学情報教育研究所の 2000 年 10 月から 2020 年 9 月の 20 年間にわたる活動においては、口頭英語（リスニング・スピーキング）の全自動試験スコア[1]ならびにポートフォリオ等の活用・国際バカロレアのシラバス・21 世紀スキルや PISA などの新しい教育目標と教育評価の日本での活用に向けての検討・批判的思考力を養成する高校・大学における教養教育実践の模索など、大学入試改革・中等教育改革と「高大社接続」を先取りする実践的な研究を続けてきた。2005 年度以降は『情報教育』という用語で安易に想起されがちなオンライン教育より、研究代表者の提唱する英語学習における『応答練習』の重要性に着目しつつ、『隣の学習者が最大の学習資源』という考え方をモットーとしつつ教室における学生間のインタラクション（相互作用）を重視してきた[2]が、2019 年末からの新型コロナウイルス感染拡大にともない世

[1] 詳細については [13] 参照。
[2] 詳細については [7-12] 参照。

界的に対面を避ける授業実施方法が模索される状況の中で、オンライン・オンデマンド・遠隔授業において学生間のインタラクション（相互作用）をいかに確保するか、学生間の全人的な交流をどのように実現するかを焦点として、オンライン教育の実施方法について教育実践と振り返りによる研究活動を進めてきた[3]。

学生間のインタラクション（相互作用）を確保し、学生間の全人的な交流を担保することは、すべての授業において重要であるが、大学での生活・勉学・人間関係の構築を始めた段階にある新入生向を対象とした少人数クラスの外国語の授業においては、この点が特に重要である。100 人、あるいは 500 人といった大規模な受講者を想定した講義科目においては、学生間の対面でのインタラクションを重視した学習課題は、工夫のしかたによっては実現可能であるが、実施そのものがそれほど容易ではない。一方、外国語のクラスにおいては受講者の人数が 100 人を超えることはまれであり、授業の実効性を求めるなら 50 人を超える設定にはしないであろう。したがって、単純に人数的な観点から、大規模講義科目と比較して外国語科目が学生間の密接なインタラクションを重視した授業の実施の実現可能性が高い。また、授業内容についても、大規模講義科目が知識の体系的な伝達を重視しがちであるのに対して、外国語科目に置いては一定の知識・スキルの習得が必須となる。知識・スキルの習得を通してより高次の思考能力の獲得を目指すとはいえ、具体的な技能・運用能力の練習という意味で、外国語科目においては必然的に対面的な課題を前提とすることになる。

放送大学で独習する学習者を対象とした「バーチャル自習室」の研究で原田・加藤 (2020) は「遠隔学習者の直面する困難のひとつとして孤独感を挙げ」ている[2]。「Dow（2008）は，学習者の孤立した状況が学習体験への不満足に繋がると指摘する．さらに Croft, et al.（2010）は，遠隔学習において，学生－学生間や学生－教員間のコミュニケーション機会が損なわれることから孤独感が生じ，それが学業継続意思の低下を招くとしている.」と、オンラインでの学習意欲継続の問題点の一つとして、社会的インタラクションの欠如とこれにともなう社会的存在感・社会的自己効力感の不足・欠如の解消を目指している。しかし、日本の多くの大学におけるオンライン授業への対応において、「講義内容のオンデマンド化」と「ドリル練習のオンライン化」という 20 世紀的な発想での対応が準備の中心となっているように思われ、初年度生向けの外国語授業のクラスが持つ市民的教養涵養上の重要性と学生間インタラクションの大学生活における意義[4]が十分に認識されないまま 2020 年度の授業が開始され、春学期が終わろうとしている。

3. 早稲田大学法学部英語授業の応答練習

一つの例として、早稲田大学法学部における第 1 著者の英語の授業を例にとると、これまでの教室における授業では学生を 3 人ずつのグループに分け、課題となる質問文を名刺サイズのカードに印刷した 10 枚組のセットを配布し、一人の学生が質問を読み、もう一人の学生が（質問を見ないで）回答し、もう一人の学生がタイムキーパーとなり、回答後に相互評価して、次の質問では役割を変える、という『応答練習』[5]を継続してきた。これは、日本人大学生が苦手なリスニングとスピーキング、特に英語で質問を聞き取り、直ちに英語で回答するという練習であるが、その過程での副産物・副作用として、学生同士が日常生活についてのさまざまな雑談を日本語で行い相互に交流することの意義も大きかった。また、この応答練習に続けて、30 分ほどの時間で 400 語を目標に作文を書き、書いた作文を 6 名程度のグループで相互チェックしたうえでさらに修正版を提出するという作業も継続しているが、ここで重要なのは、学生が課題・宿題として提出する作文を読むのが担当教員ではなく、クラスメートであり、その中で書いたことから学生同士がお互いの内面について知り合うという、英語の学習からすると副次的に思えることが、クラスの中での有効な人間関係の醸成に大きく貢献し、そのことから学生の（他の授業も含めた）出席率が維持・向上し、すみやかな単位取得と卒業へとつながっていくという効果であった。

授業のいわゆる「オンライン化」にあたって、一方では大学の正規・公式な LMS への集中がシステムダウンにつながる恐れがあり、一方では早稲田大学の正規・公式な LMS が今年度からの運用開始となることから教員の習熟度が低いこともあり、第 1 著者は課題等についておおむね web page に記載し、回答は google フォームで集め、作文等はメールで受領する体制を取り、作文の相互チェックについては担当教員の

[3] 一部［1, 2, 6, 14, 15］で経過報告。

[4] 詳細については［7, 12］参照。

[5] 詳細については［8-11］参照。

手作業でファイルの交換を行う覚悟[6]を決めた。対面での学生間のインタラクションが難しいことから、学期開始当初は上記「応答練習」の実施は未定としていたが、春学期の授業が始まった次の週に各授業で Zoom を試用してみたところ、接続に大きな支障はなく、学生もすでに十分慣れている様子であったので、ブレークアウトセッションで「応答練習」を実施すべく準備を進めた[7]。

しかし、「応答練習」を Zoom のブレークアウトセッションで進めたところ、教室における対面での進行と比べて大きな違いがあることが明らかとなってきた。教室においては、「応答練習」には ice-breaker としての働きが認められる。英語の質問に対して英語で答えるという大部分の新入生が経験したことのない課題に受講生はひるみ、一回目の授業では質問に答えられないまま押し黙っている学生も多いが、2 週目・3 週目となると学生の表情が緩み、1 月もしないうちに談笑しながらこの活動に取り組む受講生が増えてくる。一つには、誰にとっても簡単な課題でないことが次第に分かってきて安心するという部分が大きい。毎回の授業で座席配置を変え、これに伴ってグループの構成も変えているので、授業が進行するにつれて、クラス全体の顔と名前を少しずつ憶えて緊張がほぐれてくる。英語での質問・英語での回答の合間に、質問に関連する話題について日本語で雑談している受講生も多い。こうした様々な要素が重なって、クラス全体が一体化し、遅刻や欠席がほとんどない授業運営が可能となっている。「応答練習」を進めているあいだ、教室の中はかなりのうるささで、体感で室温も上がっている。学生たちは自分たちのグループの中のやり取りもなかなか聞き取りにくい中で、大きな声で質問を読み上げ、大きな声で答えようとしている。

Zoom のブレークアウトセッションで「応答練習」を進めてみると、2 か月ほど経過してもクラスの雰囲気は相変わらず硬いままである。4 月に入学して入学式もなく、校舎に集まることもないまま 5 月からオンラインで授業を受けている受講生にとって、クラスメートといっても相変わらず他人のままである。「応答練習」で質問を読み上げても発音のまずさに注意が集中してしまう。回答がちぐはぐで流暢でないことを意識せざるを得ない。同じような現象は、対面でもクラスの人数が少なく 10 人以下、4 グループほどしか構成できない時にこれまでも経験してきたところであるが、Zoom のブレークアウトセッションでは 3 人ずつのグループに分かれるので、ほかのグループによるがやがやとした音声のバックグラウンドがなく、質問と回答に集中しすぎてしまう。また、雑談を切り出すきっかけもつかみにくい[8]。

教室では他のグループの進行状況がわかるため、「応答練習」を始めるとある程度の時間で大部分のグループが終了に至るが、ブレークアウトセッションだとあっという間に終わらせてしまうグループと、いつまでたっても終わらないグループとの差が激しい。また、教室では「応答練習」のあとにリスニングや文法練習などの一斉学習的な課題が控えているが、今年度のオンライン学習では学生間の習熟度の違いが大きいことから、「応答練習」以外の課題は個別のオフライン的な学習課題にしていることもあり、復帰すべきクラス全体の活動もなく、ますますグループごとに課題を進めるペースが異なってしまう[9]。

4. 早稲田大学本庄高等学院における取組

第 2 著者は、高等学校における批判的思考力を高める英語授業の開発を試みている。これまでに早稲田大学本庄高等学院で授業を実施し、教育方法学の視点から分析を加えてきた。本セクションでは、2020 年 5 月から 7 月までの間に第 2 著者が実施した、オンデマンド形式による批判的思考力育成を目指す英語授業の取組[10]について報告する。

国内の高等学校では昨今、2018 年告示の学習指導要領を踏まえ、主体的・対話的で深い学びの実現が求められている。その方法の一つとして、問いを中心とした授業への転換が行われようとしている。一方、国内の高等学校における英語授業では、英文の内容理解や語彙・表現の意味を問う授業アプローチが大半を占めており、学習者の思考を活性化するとされる高次思考レベルの問いかけが行われることは少ない。例えば、河野(2016)は、複数の高等学校外国語検定教科書を分

6 英語科目受講生総数が 90 名を超え、クラスによって詳細はことなるもののほぼ隔週に作文の相互チェックを行うため、授業後のクリック数は受領したファイルの保存だけで 500 回を超える可能性がある。コンピュータ教室での作業であれば、この数は授業回数の 5 倍、すなわち 30 回程度に抑えられる。

7 詳細については [6, 15] にて一部報告。

8 技術的解決の可能性について [15] にて検討した。

9 Discord を使って協調学習的環境を構築しようとする試みも複数ある。詳細は [3] ならびに [4] 参照。

10 一部 [1, 2] で経過報告。

析した結果、高次思考レベルに該当する問いは最大で全体の 6%に留まると報告している。

問いのレベルが学習者の思考レベルの深化に影響を与えることについては、King (1994) らによって明らかにされている。加えて、赤塚 (2019) は、高次の思考レベルに該当する問いかけを英語の授業中に繰り返し提示することで、学習者の批判的思考態度と英語による発信型能力の両方が向上する可能性を示唆した。

第 2 著者は、2020 年 3 月までは対面により、本庄高等学院の英語授業において批判的思考力育成を試みてきた。しかし、2020 年 4 月以降、新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、こうした試みはオンライン上で行われることとなった。一方、対面とオンラインでは、学習環境が大きく異なる。これまで通りに批判的思考力が育成されるのかは十分な検証が必要であり、喫緊の課題となっている。

そこで、本研究では本庄高等学院の 3 年生（85 名）を対象に、週あたり 4 単位時間 (1 単位時間は 50 分)、検定教科書及び独自作成したハンドアウトを活用しながらオンデマンド形式を中心とした授業を実施した。方法として、Anderson & Krathwohl (2001) が分類した思考レベルのうち、高次思考レベルに該当する問いをいくつか提示し、それ対する回答を LMS (Moodle) 上に英語で投稿するスタイルを採用した。投稿した内容は、フォーラム（掲示板）機能を用いて、学習者がお互いにコメントしあったり、ルーブリックを参照しながらピアによる評点をつけさせたりした。高次思考レベルに該当する問いとして “To what extent is it easy or difficult to understand others’ emotions? Do you have any personal experiences?” や “Try to define subculture by yourselves. Afterwards, share your thoughts with your classmates. How is your definition similar to or different from your classmates’?” といった内容を学習者に投げかけ続けた。

その結果、オンデマンド形式では、批判的思考力を育成する授業に対する抵抗感や負担感が対面授業と比較して高い傾向がみられた。Google Form で学習者全員にとったアンケートでは、1/3 程度の学習者に何らかの抵抗感または負担感と捉えられる意見がみられた。主な意見として、ウェブ上では相手に対してクリティカルな意見が言えない、回答にあたり時間無制限となり、どの程度取り組めばよいのか目標がつかめない、といった意見が複数あった。一方、オンデマンド形式による授業の利点として、発言（書き込み）の機会が増え、お互いの意見や考えについて対面授業時よりも深く理解できるようになって楽しい、と回答する者も半数以上にのぼった。精緻な分析はこれからであるが、学習者の英語検定試験（TOEFL ITP）の得点と抵抗感・負担感の訴えとの関連を調べたところ、検定試験のスコアが高いほど抵抗感・負担感は少なく、スコアが低いほど、抵抗感・負担感が上がる傾向もみられた。

5. 京都工芸繊維大学の Active English Writing における Peer Review

京都工芸繊維大学では 4 月は 1 回分の課題をオンラインで課し、5 月の連休明けから Moodle や Webex を用いて授業を実施することとなった。本セクションでは第 3 著者が京都工芸繊維大学で担当している Active English Writing について報告する。

これは 2 年生以上向けの英語の選択科目で、Moodle での課題提出を基本としたオンライン授業を実施している。マレーシア人 1 名、日本人 9 名、合計 10 名のクラスである。Writing ばかりの選択科目であったので、ドロップアウト率も高いかもしれないと予想していたが、学生が真面目だったためか、13 週目（執筆時現在）までほぼ 100%の提出率で推移しており、良い意味で予想が裏切られた。

「全人的な交流」を授業で実現するにあたり、自分とは異なる考えを持つ他者と意味のある意見交換をすることが大事であると考える。このためには自分の意見の表出や他者との交流に対する恐れや不安に加え、英語を話すこと／書くことに対する恐れや不安を軽減させることも大事であると考えられる。これらを実現するために、授業設計として、下記の項目について注意をした。以下でひとつずつ説明をしていく。

- アイスブレーク
- 課題設計（トピック選定）
- 相互評価

5.1. アイスブレーク（アンケート＆自己紹介）

Moodle にもなれない学生たちとの非対面での授業であったので、最初は自己紹介の動画作成と Google Form によるアンケートを行ない、次の週に集計結果を匿名で公開した。別の授業で 500 人規模の学生にも同様のアンケートを実施したので、それも共有した。アンケートは PC 環境調査と音楽・映画等の好みについてである。

例年、対面の授業で音楽や映画の好みについてペアワークでスピーチさせ、次の週でまとめたものを共有

するということを行っていた。他の授業では学生同士で話すことも少ないようであるが、英語の授業では普段あまり話さないようなクラスメートとも話す機会があり、なかよくなるということがこれまでによく観察された。留学生であっても英語でのコミュニケーションを行っているために、ちょうどよい機会となるようである。例年、学生がほとんど LMS を利用しておらず、授業で使用すると質問対応が煩雑であったため使用をためらっていたが、今年度はほぼすべての授業で利用しているため、スムーズな導入ができた。また、例年は手書きの文書が多かったが、今年は Word の利用のハードルも下がり、授業がやりやすかった。定期的に必ずチェックされるため、そういう意味でも使いやすい状況であったと考えている。

5.2. トピックの選定

TOEFL や IELTS の過去問を利用した作文指導を行っている。トピックの選定には、コロナ禍で在宅学習をしていることを念頭におき、実感がわきやすいということを基準の１つとして選出した。下記にトピックの例を示す。

1. Do you agree or disagree with the following statement? Attending a live performance (for example, a play, concert, or sporting event) is more enjoyable than watching the same event on television.
2. Some people prefer to spend their free time outdoors. Other people prefer to spend their leisure time indoors. Would you prefer to be outside or would you prefer to be inside for your leisure activities?
3. Some people believe that students should be given one long vacation each year. Others believe that students should have several short vacations throughout the year.

5.3. 課題の評価

提出された課題はまず教員がチェックを行い、返却した後、改訂版を提出させる。教員のチェックは主に、英文の意味が取れない部分の指摘、語彙・文法の誤りの指摘、内容に関する簡単なコメントである。改訂版は教員が Moodle の Forum に投稿し、学生には相互評価も課題であり、3名以上に実施するように指示した。なかなか活発にならない相互評価であるが、Dorothy et al. での Peer Editing の概念について紹介したことで、スムーズな導入ができたのではと考えている。該当部分を下記に引用する。

> Showing your work to another student is a very useful way to improve your writing. This is called peer editing. You read your partner's writing and your partner comments on yours. You might talk together, write comments on a sheet that your instructor gives you, or write directly on your partner's paper. (pp. 21- 22)
>
> There are two reasons for peer editing. The first is to get a reader's opinion about your writing.
>
> · A reader can tell you that …
> – You should add more details or explanation.
> – Something is not organized clearly.
> – You have some information that is not relevant.
> – There is something that is hard to understand.
>
> These comments will help you write your next draft. Remember that suggestions from a peer editor are just suggestions. You don't have to make every change that is suggested. However, you should think about all of the comments you receive. The second reason to share writing with others is for you to read more examples of writing. Other people will have had experiences that you haven't. They may show your fresh ways of writing about experiences. Reading their paragraphs and essays can give you good ideas to use yourself in the future.

コメントの際には、必ず下記の 5 点を含めることとし、3 名以上のコメントをするように指示した。

1. よいと思った点は、内容面で共感した点、面白かった点、真似しようと思った点などがあればそれも書いて下さい。2. 改善した方がよい点には、もうちょっと説明を聞きたい点があればそれも書いて下さい。

1. よいと思った点（記述式）

2. 改善した方が良いと思った点（記述式）

3. 主張をサポートする具体例や詳細の説明が的確か（選択式）

3. できている　2. ほどほどにできている　1. できていない

4.一貫性のある主張を構成できているか(選択式)
3. できている　2. ほどほどにできている　1. できていない

5. 様々な英語表現の運用と適切な語彙を使用できているか(選択式)
3. できている　2. ほどほどにできている　1. できていない

6.　東海大学情報通信学部の Writing 授業

東海大学情報通信学部では、5 月の連休明けから対面授業の代わりにオンライン授業を実施することになり、第 4 著者は担当する全ての授業で Zoom を使った双方向授業を実施している。本セクションでは、第 4 著者が Zoom 授業を実施した 1 年生向けの英語の必修授業について報告する。

春セメスタでは主に Writing の向上を目的とする内容を指導し、更に Critical Thinking の手法を学びトピックについてより深く議論することを目指した。

1 年生の授業では、主に GTEC のスコアを基に習熟度別に学年全体を 8 レベルに分けたクラスのうち、最上位クラス 2 クラス（1 クラス 25 人程度）と、上位から 4 ランク目の実力に相当するクラス 2 クラスを担当した。全 14 回の授業のうち 8 回で Zoom による双方向授業を 60 分程度実施した。Zoom 授業ではクラス全体での対話に加え、「ブレークアウトセッション」と呼ばれる、数人ずつの参加者を別々の小部屋に振り分けられる機能を使い、2〜3 人の少人数でのディスカッションと Paragraph Writing の Peer Review を主に行った。

6.1.　少人数でのディスカッション

今年度に入学した 1 年生は、一度も登校することなくオンライン授業が始まってしまったため Zoom 授業で初めてクラスメートと（スクリーン上で）顔を合わせることとなった。このため、既に第 1 著者が述べているように、授業が開始して数週間は雰囲気が硬く、お互いの様子を探りながらの発言が続いていた。第 4 著者はディスカッションのタスク中にはブレークアウトセッションの最中に各小部屋を訪れていたが、中には誰もカメラをオンにせず（ブレークアウトセッション中は可能な学生にはカメラをオンにするように指示）、画面が真っ暗なか沈黙が続いていたグループもあった。しかし、教員（第 4 著者）が適宜質問や説明を繰り返すにつれ、第 4・5 回目のセッション以降は次第に学生同士が積極的に話す光景が見られた。また、教室では人と話すのが苦手な、対人赤面症のような問題を抱えている学生には、少人数で、顔を出さない形でのディスカッション（この学生はカメラをオフにしていた）で自分の意見を述べやすかったとの声もあった。通信環境が良ければ、コミュニケーションを取りやすくするためにカメラはオンにする方が望ましいが、このように自分の顔を出さない形でなら積極的に議論に加われる学生がいることも考慮し、今後のオンライン授業のルールを策定する必要も考えられる。

6.2.　Paragraph Writing の Peer Review

Topic sentence, Supporting sentence, Concluding sentence を意識して下記の 2 つの話題についてパラグラフを書いた。

1. Describe the place where you live. Write about the positives and the negatives.

2. Describe a graph (of one bar graph and line graph)

Paragraph Writing の Peer Review ではブレークアウトセッションの各小部屋で、「画面共有」し、WORD の「変更履歴の記録」機能を使い修正箇所を記録に残しながらお互いの原稿を推敲していった。この方法は学生に好評で、アンケートでも「印刷された Writing を見せ合うよりも、多くの改善点を見つけられたしもっと良いものが書けた」との声が聞かれた。学生同士で推敲した原稿に、教員が新たに改善点や評価を「変更履歴」として記録してフィードバックすることで、原稿の改善点のコツをつかめた学生もいたようで、2 度目の Peer Review では 1 度目の時よりもより多くの改善点へのアドバイスがされていた。紙ベースの原稿よりも、なぜ WORD を使った Peer Review の方が学生のやる気を促したのか、今後アンケートの詳細な分析を予定している。

7.　神戸学院大学の専攻演習（ゼミ）

神戸学院大学では、2020 年度前期は対面授業の代わりに遠隔授業を実施することになり、第 5 著者は、すべての担当科目で Zoom によるリアルタイム授業を行うことにした。本セクションでは、第 5 著者が Zoom で実施した専攻演習（ゼミ）の活動内容について報告する。

社会連携・ホスピタリティ教育をテーマとする第 5 著者のゼミには、現在 2〜4 年生まで計 42 名の学生が所属している。これまでに、神戸市、兵庫区、西区、淡路市などの自治体や大丸神戸店などの地元企業とコラボを行い、さまざまなプロジェクトやイベントを企

画・運営してきた。

2020 年度前期は、コロナ禍により遠隔授業を余儀なくされ、主にフィールドワークによって学生の成長を促すという本来の目的が果たしにくい状況に置かれている。そこで前期の授業では、後期に対面授業が再開されることを前提とし、そのための準備や今できることに集中してそれぞれの作業を進めるように促した。特に 4 年生は、「卒業プロジェクト」と称し、これまでゼミで得た知識や経験を生かして何らかの作品を完成させることが卒業要件となっているため、万が一後期に対面授業が再開しない場合でも成立するプロジェクトを実施しなくてはならない。

そのような中、2020 年 7 月 17 日に「コロナ禍における学び」というテーマで、早稲田大学情報教育研究所主催思考と言語研究会が開催された。2020 年度前期にゼミで行ってきた活動について報告する場として、2 年生の有志が参加し、「オンラインでゼミ」というタイトルで発表を行った。発表内容は以下の通りであった。

1. 神戸&淡路マップ
2. 在留外国人の調査
3. 有馬温泉の言語景観
4. 空き家プロジェクト
5. 遠隔ワークショップの提案：ハーバリウム編

神戸学院大学と淡路市は、学生の柔軟な発想と教員の専門的な知見により、淡路市を盛り上げ、地域活性化を図ることを目的とした包括連携協定を結んでいる。その一環として、第 5 著者のゼミでは、2018 年度より「淡路市学まちコラボ補助金事業」に継続的に参加している。そのうち 1 は、神戸市から淡路市へと観光客を誘導するためのガイドマップ作りのプロジェクトである。2 と 3 はいずれも、第 5 著者の研究分野の 1 つである言語景観調査と関連があり、主に神戸市の観光開発ならびに言語教育を目的としている。言語景観とは、街頭、公共施設、店舗などに見られる言語表記のことで、その調査は基本的に現地で行うものであるが、今回はインターネット上で Google ストリートビューを使用し、何がどこまでできるのかを調べてみた。その結果、特定の場所について予想以上に細部まで確認することができ、過去の撮影履歴が残っているため、看板などの変化の様子を定点観測することも可能であることが分かった。4 は淡路市の空き家問題を解決するための政策立案プロジェクトである。昨今、地方への移住を検討するにあたり、空き家を活用したいという需要が高まっており、淡路市でも空き家バンクを開設しているものの、空き家の需要に対して供給が追いついていない。そのため、どのような施策を展開すれば移住者が空き家を活用できるかについて、市の職員と学生が共にアイデアを出し合うことを目的としている。現状ではプロジェクトそのものが延期となり、実際に現地に足を運ぶことができないため、学生はインターネットなどで情報収集し、空き家問題についての理解を深め、後期に実施することになった場合、すぐに着手できるように準備を進めている。また、第 5 著者のゼミでは、これまでさまざまなイベントにおいてワークショップを開催してきたが、それらを Zoom 上で開催することを検討している。5 ではその一例として、これまでに対面で何度も行ってきたハーバリウムの手作りワークショップについて、Zoom での実施方法を説明した。

このように各ゼミ生は、今できることを優先させて前期の授業に取り組んできたが、計画通りに進まない物足りなさも感じていたと思われる。前期を通じて Zoom によるゼミの授業を受けて学んだことや気づいたことについて、今後アンケート調査を実施する予定である。

8. 学生の意識と現実の制約

大学全体・学部全体の公式・非公式のアンケートはさまざまに公開されつつあるが、ここでは第 1 著者がクラス担任担当学生・担当授業受講生などから集めたアンケート結果やメールで流れてきた授業に対する感想などについて簡単に紹介する。コメントについては個人の特定を避けるため、大幅な編集を加えている。

8.1. システムの制約

教員の目的意識と現実的な制約には大きなずれがあり、大学・学部・科目によっては特定の LMS の使用が必須とされ、このため授業で実現できることに制約が生じている。伝え聞くところによると、1 授業あたりのトラフィックで総量規制の目安としている教育機関もあるようで、そうなるとオンラインでの対面でのインタラクションを授業の中で実現することにはかなりの制約が生じる可能性が高い。一方で、大学に入学したものの、大学に集まることもできず、クラスメートの顔を見たことがない学生の不満は大きい。

受講生のコメント：授業を受けるために集まった学生にも期待をしていました。授業というのは…同じ興味

を持った仲間が集まる広場です。そういった意味では、学生間の交流ができなかったのは残念でした。

8.2. 組織からの要請に押しつぶされる教員の意識

早稲田大学では、2020 年春学期の授業をオンラインで実施する方針を決定した際に、全教員に向けて単位認定の前提として「12 回の授業実施に加えて 3 回の補講を行うか、当初予定した 15 回の授業内容を 12 回の授業で提供することが前提となる」という趣旨を繰り返し伝えた。このため、大部分の授業において、15 回の授業内容を予定通り学生に伝えることに大部分の教員の努力が集中し、過剰ともいえる課題が学生に対して課されることとなった側面がある。

早稲田大学では LMS へのアクセスの集中を避けるため、受講時間にある程度の幅を持たせられるオンデマンド形式の授業を推奨している。これまでオンデマンド授業を経験したことのない大部分の教員にとって、動画の作成とアップロードとコンバートなど、多大の時間と努力を要する慣れない作業となっている。特に、春学期の授業のオンライン対応を公表した直後にキャンパスを閉鎖する決定を行ったため、設備の整った環境での収録もできず、機材を研究室から引き揚げることもままならない状況の自宅作業となったため、教員の負荷はきわめて大きかった。ところが、学生の正直な感想は以下のようなものである。

受講生のコメント：毎週オンラインで授業をしてくれて本当にありがとうございます！他の先生方はほとんど音声付きの動画や資料をアップしてくれただけで、なかなか授業を受けた感じがしませんでした。

受講生のこのような正直なコメントからすると、教員の必死の努力がどこまで報われたのかわからない。オンライン・オフライン作業を取り交ぜて進めた第 1 著者の授業へのコメントとしては以下の観想があった。

受講生のコメント：オンラインでもわりかしきちんと授業できて感動です、昨年は応答練習が好きじゃなかったけど、今年は少なかったからかもっとやりたいなあとかんじました、成長ですね。

8.3. 確定した未来と流動的な現在

教員と学生の世界認識と常識には大きな相違があるが、そのほかにも世界観・時間感覚などにも相違があり、このことが教員と学生のコミュニケーションを難しくしている側面があるかもしれない。

定年退職まで片手で指折り数える状況となった第 1 著者にとって、未来はかなり確定的であり、毎週の授業や会議、学会参加や学会発表などの予定は既定である部分が多い。国内出張・海外出張でも、何度も出かけたところを訪問する場合が圧倒的に多く、飛行機・鉄道などの予定を決めると、到着後にどれくらいの時間で宿に到着し、何時ごろにどこの飲食店で何を食べているかまでおおむね決まっている。人と会う時も、スマホなど持たずに済ませるため、バックアッププランは別途定めるとしても、時間・場所を決めてピンポイントで会うことが一般的である。それに対して、「若い人」の合流は大体の場所と時間だけなんとなく合意して、あとは現地で相互に調整しながら、最後はスマホで「こっちこっち」と呼びかけながら接近していくスタイルが一般的であるように思われる。教室で授業日程に沿って授業が行われるときには通学の予定を組んで大学に出てくるために、大きな時間枠に制約があり、その日の授業日程に即して持ち歩く教科書も変わり、そのために宿題などを思い出すきっかけとなる模様であるが、授業がオンラインとなった途端にこうした日常の予定が崩れてしまう学生も見受けられる。最近の学生とのやり取りの一例を示す。

2020 年 7 月 30 日(木) 12:17:
次の時限がテストということもあり… 忘れてしまっていました。

2020 年 7 月 30 日(木) 2:07：
ほんとにすみません。一生ついていきます。
2020 年 7 月 30 日(木) 1:35：
スケジュール管理しなさい。
2020 年 7 月 30 日(木) 1:13：
送るの忘れてました。毎度申し訳ないです。
2020 年 7 月 30 日(木) 1:08:
宿題提出した？

教材や授業用 web page などの URL を手元に控えることなく、その都度 LMS で確認しようとするために、わざわざ LMS に依存しないで授業を継続できる体制をとっていても、LMS のアクセスに手間取って授業に参加できないという事態が生じている。LMS も検索で探そうとしていて、「検索で探しているのに見つかりません。」という悲鳴が時々たどり着く。これとは別に、通例であれば授業に適当に出席し、あるいはそれなりにさぼっていても、期末試験で対策を整えれば単位を取得することができていた学生にとって、毎回の授業で出席状況を確認され、授業内容の理解を測る

何らかの課題が示されることから、従来に比べて履修そのものの難易度が高くなっていた側面もある。

受講生のコメント：授業課題についてご相談があります。本日の課題に取り組んでいたとき、課題が多すぎる！という話になりました。…他の授業もオンラインになり課題が増えているので今の先生の課題量だとキャパオーバーで死んでしまいます。

8.4. 機会を活用できない学生

以下の簡単なアンケート結果は、早稲田大学法学部で第1著者がクラス担任を担当する2クラス（そのうち1クラスは英語の授業も担当）50名強と第1著者が英語の授業を担当する2クラス（上記とは別）50名弱からの回答を集計したものである。上記のうち3クラスでは週に1度応答練習を行っており、その時間を「活用」してまったりと座談を楽しんでいる受講生もいる。

表1：クラス担任の学生の回答（1）

クラスの他のメンバーとは外国語の授業などで顔見知りになりましたか？	回答 38件
全員の名前と顔を把握している。	0.0%
大部分と顔見知りになった。	7.9%
新しい顔見知りが少しできた。	36.8%
新しい顔見知りがほとんどいない。	39.5 %
顔見知りが全然いない。	15.8 %

表2：クラス担任の学生の回答（2）

授業でクラスのメンバーと話をする機会はありますか？	回答 38件
毎週複数の授業で機会がある。	5.3%
毎週ひとつの授業で機会がある。	55.3%
ときどき機会がある。	7.9%
ほとんど機会がない。	15.8%
全然機会がない。	15.8%

表3：授業担当の学生の回答（1）

クラスの他のメンバーとは外国語の授業などで顔見知りになりましたか？	回答 42件
全員の名前と顔を把握している。	11.9%
大部分と顔見知りになった。	16.7%
新しい顔見知りが少しできた。	51.4%
新しい顔見知りがほとんどいない。	7.1 %
顔見知りが全然いない。	11.9 %

表4：授業担当の学生の回答（2）

授業でクラスのメンバーと話をする機会はありますか？	回答 42件
毎週複数の授業で機会がある。	14.3%
毎週ひとつの授業で機会がある。	38.1%
ときどき機会がある。	21.4%
ほとんど機会がない。	23.8%
全然機会がない。	2.4%

アンケート結果を見ると、クラスの中で他の受講生と言葉を交わす機会を得られていると回答する学生とそうでないと回答する学生いるが、同じクラスにいて同じような授業を受講していても、他の受講生と積極的に知り合う機会を活用している学生と、そうでない学生がいる様子もまた見えてくる。

参考文献

[1] 赤塚祐哉, 「オンライン授業における高次思考訓練の難しさ」, 教育の国際化研究会(IE-2020/07)・第 169 回次世代大学教育研究会(NextEdu-169), オンライン, 2020 年 7 月 31 日.

[2] 赤塚祐哉, 「オンラインで高次思考スキル訓練」, 第 168 回次世代大学教育研究会(NextEdu-168)・早稲田大学情報教育研究所主催思考と言語研究会(TL-2020/07)・電子情報通信学会思考と言語研究会, オンライン, 2020 年 7 月 17 日.

[3] 上平崇仁, 「Discord で構築する（ネトゲより楽しい）オンライン協調学習環境のデザイン」, Kamihira_log at 10636, みえないものを、みる視点, 2020 年 5 月 13 日。https://kmhr.hatenablog.com/entry/2020/05/13/145203

[4] 原田織子, 「オンラインで研究室（と自分）維持」, 第 168 回次世代大学教育研究会(NextEdu-168)・早稲田大学情報教育研究所主催思考と言語研究会(TL-2020/07)・電子情報通信学会思考と言語研究会, オンライン, 2020 年 7 月 17 日.

[5] 原田織子, 加藤浩, 「遠隔教育における独習を支援するバーチャル自習室の開発と評価」, 日本教育工学会論文誌, 2019, 43 巻, Suppl. 号, p. 53-56, 公開日 2020/03/23, [早期公開] 公開日 2019/11/25.

[6] 原田康也, 「オンライン授業における学生間のインタラクション」, 次世代大学教育研究会：オンラインアドホックバージョン, Zoom meeting, 2020 年 5 月 29 日.

[7] 原田康也, 「外国語の言語処理の難しさを乗り越える：インタラクションの楽しさの気づき」, PROCEEDING シンポジウム「外国語学習者の言語情報処理の自動化プロセスをさぐる」／個別研究紹介「外国語学習者の外国語運用能力はいかに熟達化するか」, pp.14-17, 2019 年 3 月 17 日.

[8] 原田康也, 「オーディエンス（聞き手・読み手）としての立場を重視した英語の自律的相互学習」, 第 16 回大学教育研究フォーラム発表論文集, pp 126-127, 京都大学教育研究開発センター, 2010 年 3 月 18 日.

[9] 原田康也, 「自己表現能力向上のためのカードを使用し

た応答練習：「総合英語」における授業実践とその認知科学的考察」，日本認知科学会第 20 回大会論文集，pp. 352-353，日本認知科学会, 2003 年 6 月 6 日.
[10]原田康也・前坊香菜子，「学びあいをデザインする：自律的相互学習のための英語授業のデザイン」，情報コミュニケーション学会第 4 回研究会資料集，pp. 10-13, 2008 年 11 月 8 日.
[11]原田康也・森下美和，「日本人英語学習者のインタラクション（相互行為）を通じた自律的相互学習プロセス解明に向けて」，日本認知科学会第 32 回大会発表論文集, pp. 952-960, 2015 年 9 月 18 日.
[12]原田康也・森下美和，「大学英語教育における知識と運用の統合：文法知識の運用課題と実体的コミュニケーションの場の提供」，信学技報, vol. 114, No. 385, pp. 19-24, 2014 年 12 月 13 日.
[13]原田康也・森下美和・鈴木正紀，「多様な英語力の測定」，日本認知科学会第 34 回大会発表論文集，pp. 1124-1131, 2017 年 9 月 13 日.
[14]森下美和・ほか，「オンラインでゼミ」，第 168 回次世代大学教育研究会(NextEdu-168)・早稲田大学情報教育研究所主催思考と言語研究会(TL-2020/07)・電子情報通信学会思考と言語研究会，オンライン, 2020 年 7 月 17 日.
[15]水本武志・坪田康・森下美和・原田康也，「オンラインで話し合いを定量化し可視化する」，第 168 回次世代大学教育研究会(NextEdu-168)・早稲田大学情報教育研究所主催思考と言語研究会(TL-2020/07)・電子情報通信学会思考と言語研究会，オンライン, 2020 年 7 月 17 日.
[16] Akatsuka, Y. (2019) Awareness of Critical Thinking Attitudes and English Language Skills: The Effects of Questions Involving Higher-order Thinking. Journal of Pan-Pacific Association of Applied Linguistics, 23 (2), 59-84
[17] Anderson, L., & Krathwohl, D. A. (2001). Taxonomy for learning, Teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.
[18] Croft, N., Dalton, A., and Grant, M. (2010) Overcoming isolation in distance learning: Building a learning community through time and space. Journal for Education in the Built Environment, 5(1) : 27-64
[19] Dow, M. (2008) Implications of Social Presence for Online Learning: A Case Study of MLS Students. Journal of Education for Library and Information Science, 49(4) : 231-242
[20] Dorothy E. Zemach and Lisa A. Ghulldu, Writing Essays: From Paragraph to Essay. Macmillan. ISBN 978-0-230-4592-8
[21] Kawano, M. (2016). A comparison of English textbooks from the perspectives of reading: IB Diploma programs and Japanese senior high school. The Asian Conference of Language Learning 2016. Official Conference Proceedings. Retrieved from http://papers.iafor.org/papers/acll2016/ACLL2016_29495.pdf.
[22] King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom – effects of teaching-children how to question and how to explain. American Educational Research Journal, 31(2), 338–368.
[23] Lapointe, L. and Reisetter, M. (2008) Belonging online: Students' perceptions of the value and efficacy of an online learning community. International Journal on E-learning, 7(4) : 641-665

全身協調バランス・スポーツ“スラックライン”における片脚立ちの熟達：初級者と上級者の比較
Fundamental skills in slacklining: A comparison of novice and expert

児玉　謙太郎†，山際 英男‡，安田 和弘*
Kentaro Kodama, Hideo Yamagiwa, Kazuhiro Yasuda
†東京都立大学，‡東京都立東部療育センター，*早稲田大学
Tokyo Metropolitan University, Tokyo Metropolitan Tobu Medical Center, Waseda University
kodama_k@tmu.ac.jp

概要
本研究はスラックラインの基本技能について，初級者と上級者を比較し明らかにすることを目的とする．スラックラインとは，ベルト状の綱の上で全身を協調させてバランスをとるスポーツであり，近年，バランス・トレーニングとしても注目されている．本発表では，その基本技能である片脚立ちのコツとして，両手の協調性に着目した．両群を比較した結果，上級者の方が片脚立ちをしている最中の両手が協調していることが示唆された．今後，熟達のコツや知覚・認知との関係を定量的に調べることで，リハビリテーションなどへの応用に繋げたい．

キーワード: スラックライン，身体性認知, 動的安定性, 両手協調，全身運動

1. はじめに

近年，スポーツやリハビリテーションなどの分野で全身を協調させ動的にバランスをとるスラックラインが注目されている．スラックラインとは，ベルト状の綱（ライン）の上で，バランスをとるスポーツの 1 種で，ラインの上に乗るとラインがたわみ，上下・左右方向の揺れや回転が生じるため支持面は極めて不安定となる[1]．この不安定なラインの上でバランスをとるには，手足を含む全身の協調が必要となる．スラックラインは 2007 年ごろスポーツとして確立され，以降その身体技能を競う世界大会も開かれている[1].

スラックラインの身体技能やパフォーマンスの先行研究として，例えば，Mildren らはスラックライン経験のない初級者が 1 週間のトレーニングでパフォーマンスがどのように変化するかを調べている[2]．その結果，とくに上体の協調的な運動（両手の肘関節の協調など）によりスラックライン上での片脚立ちが熟達することを示している[2]．また，Stein らは，初級者と上級者のパフォーマンスを比較し，上級者の特徴として，全身の重心（Center of Mass）と角運動量を正確に制御していることを挙げている[3]．そして，これらを支える要素として両手の協調関係を視覚的に表し，初級者と比較し考察している[3].

著者らの事例研究でも，スラックラインの基本技能として片脚立ちに着目し，初級者と経験者の比較[4], [5]や初級者の熟達過程[6]において，両手の協調性が熟達の鍵となる可能性が示唆されている．本研究では，これらの先行研究の知見を踏まえ，初級者と上級者（インストラクターや日本女子チャンピオンを含む）のパフォーマンスを比較した．とくに両手の協調性に着目して，その協調パターンを視覚化，定量化できる非線形解析を適用し，スラックラインの熟達のコツを検討した．

2. 方法

実験参加者
本実験にはスラックラインの経験がない初級者 5 名（うち女性 3 名，平均± SD 22.6 ± 3.4 歳）と，スラックラインのインストラクター，日本女子チャンピオンを含む上級者 5 名（うち女性 3 名，平均± SD 28.4 ± 11.1 歳）が参加した．実験手続きは，神奈川大学における人を対象とする研究に関する倫理審査委員会で承認され，参加者には同意のもと実験に参加してもらった.

実験装置
実験では屋内用器具（SLACKRACK300，GIBBON，長さ 3m，高さ 30 cm）が用いられた．身体運動は光学式モーションキャプチャーシステム OptiTrack Flex 13（カメラ計 12 台，Natural Point）でサンプリング周波数 100Hz で計測され，分析には MATLAB（R2014a, MathWorks），R（3.1.2）が使用された.

実験課題
本研究では，スラックラインの基本技能と考えられている片脚立ち課題[4], [5]を採用し，その最中の全身の動きをモーションキャプチャーで計測した．本発表では，とくに先行研究で片脚立ちのコツで，熟達の指標と示唆されている「両手の協調性」に着目して以下に示す時系列解析を行った.

データ分析

両手の協調性は，左右の手首に装着したマーカーの水平方向の時系列に対し，相互再帰定量化分析（*Cross Recurrence Quantification Analysis*: CRQA）を行い定量的に評価した．再帰定量化分析（RQA）は，力学系の再帰パターンを定量化する手法であり，時系列を高次元の位相空間に再構成し，その軌道の再帰状態を調べることでシステムのダイナミクスを定量評価する[7]. CRQA は同時に生起し相互作用する 2 つの時系列データ間で RQA を実行し，2 つの時系列データを一定時間ずつ遅延させた時系列を用い，高次元位相空間にアトラクターを再構成し, 2 つの軌道の間の再帰構造を分析する[8]．“再帰”の定義は，位相空間内において，入力変数（閾値）として設定した半径内に一定時間後に軌道が再び訪れた場合を軌道が再帰したと定義する．CRQA では，2 つの時系列がこの半径内に収まる場合を再帰（協調）とみなす[9].

本研究では，運動の協調性を CRQA で算出される再帰率（*%Recurrence*）と最大線長（*MaxLine*）という指標で評価する. 再帰率は, 位相空間内全体の潜在的な再帰点（再帰しうる点の数）に対する実際の再帰点の割合で, 確率的ノイズと反比例する指標であり, 協調の安定性と解釈される[10]. 最大線長は，位相空間（または後述するリカレンスプロット上）で連続して再帰した際に生じる線状の再帰点の最大値であり，再帰状態の持続性を意味し，協調の結合の強さと解釈される[10].

また，RQA と CRQA では，再帰パターンを視覚化できるリカレンスプロット（RP）という 2 次元平面図を用いることができる[11]. RP とは，時間軸からなる 2 次元平面に時系列データの再帰状態をプロットし，パターンを視覚的に表現したものである[11]. 本研究では, 参加者の左右の手の水平方向の位置データに基づくクロスリカレンスプロット（CRP）[12]を作成する．すなわち，位相空間内で 2 つの時系列が再帰した場合，平面上にプロットを打つ. CRP の対角線上のプロットは, 位相空間で 2 つの時系列が同時刻に再帰したことを意味する.

CRQA の実行，CRP の作成には *Cross Recurrence Plot Toolbox for MATLAB®* [13]， R *‘crqa’package* [14]を用いた．CRQA の計算に必要な変数は，標準的な最適化手法[7], [15], [16]を用いて遅延時間 40，埋込次元 3，半径 50 であった（各時系列を Z スコアで標準化，平均値により距離行列をリスケール）.

3. 結果・考察

図 1 は，片脚立ちをしている最中（15 秒間）の両手の CRP を初級者と上級者それぞれのサンプルデータで作成したものである. 縦軸が左手, 横軸が右手を示し, 対角線と平行な線状のプロットは持続して左右の手が協調していたことを表し，とくに同期していた場合は, 図の中央の赤線上に黒い点がプロットされる.

両者の CRP を比較すると，上級者の方（下）が対角線と平行な線，とくに中央の赤線上に多くのプロットが観察される．これは左右の手が同期して水平方向に動いていたことを意味する. この結果は, 先行研究の知見とも一致し，全身のバランスを維持するために重心の水平方向の位置[5]や加速度[3] の調整に両手が寄与している可能性を示唆する. これらの点を踏まえ, 次に CRP を定量的に数値化した CRQA の結果をみてみる.

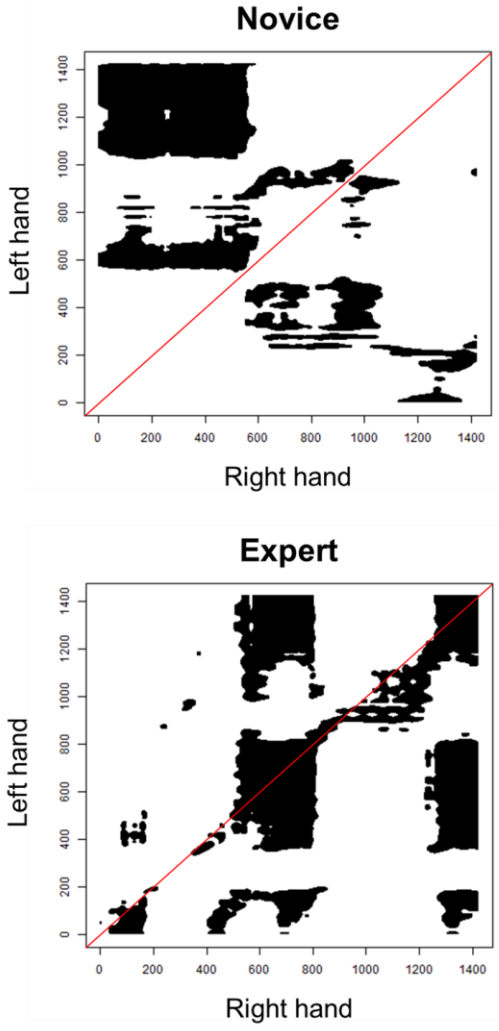


図 1　初級者と上級者のサンプルデータの両手のクロスリカレンスプロット（上：初級者，下：上級者）

図 2 は，初級者と上級者それぞれの CRQA の結果であり，上が再帰率，下が最大線長を示している．再帰率は，初級者群で平均 10.50 (SD=0.82)%，上級者群で平均 13.02 (SD=2.84)%であった．最大線長は，初級者群で平均 99.50 (SD=4.90)%，上級者群で平均 149.63 (SD=49.21)%であった．

CRQA の指標の平均値を比較すると，両手の協調の安定性を示す再帰率も，両手の結合の強度を示す最大線長も初級者群より上級者群の方が高く，両手が協調していたことが示された．このことは，本研究の仮説と一致するが，本データは参加者 5 名ずつのため統計的な検定は行っていない．そのため，今後この傾向を統計的に示すために，より多くのデータを集めて検証する必要がある．

また，CRQA の指標の標準偏差（SD）を比較したところ，再帰率，最大線長いずれにおいても初級者群より上級者群の方が大きかった．これについては，上級者は常に両手の結合を強くし，協調させているのではなく，全身のバランスを動的に安定化させながら要所要所で，すなわち，バランスが崩れそうになったら両手や他の身体部位の結合を弱め，柔軟に全身を協調させている可能性がある．そのため，CRQA の指標も一定の値をとるというよりも，ダイナミックに変化していたためばらつきも大きくなったのではないかと考えられる．

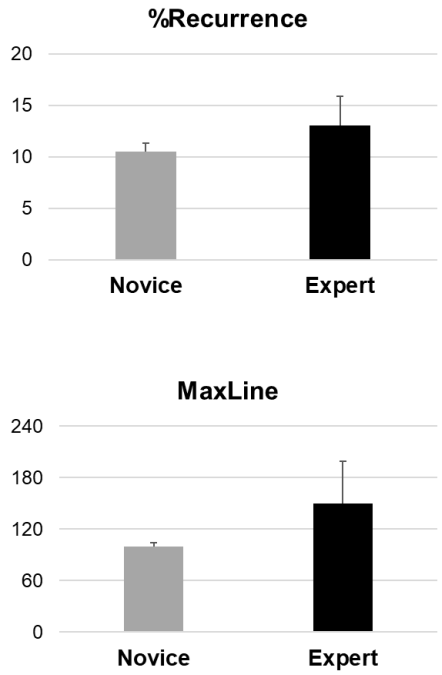


図 2　初級者と上級者の両手の協調性（上：再帰率，下：最大線長）

4.　今後の展望

本研究では，全身協調バランス・スポーツ“スラックライン”の基本技能である片脚立ち課題において，両手の協調性という観点から，初級者と上級者のパフォーマンスを比較した．その結果，上級者の方が初級者より両手の協調性が高い傾向が示唆された．しかし，今回の実験参加者は両群 5 名ずつであったため，統計検定は行っていない．今後，データ数を増やし，本研究の仮説を検証する必要がある．

また，本研究のデータや先行研究で示唆されているように，上級者も常に両手を協調させているとは限らない[4], [17]．よって，どういった場面で両手の協調性が増加，あるいは低下するのかを調べ，全身のバランス調整と両手や各部位の関係性を明らかにしていきたい．

近年，スラックラインは，バランス・トレーニングとしても注目されている[18]．スラックラインは，感覚運動能力のトレーニングとして期待され[19]，脳卒中患者のバランスや筋力のトレーニング[20]，パーキンソン病患者の歩行改善のためのトレーニング[21]などへ応用されている．今後，身体運動科学・認知科学の立場からスラックラインの基本技能にアプローチすることで，安全で効果的な練習方法や熟達のコツを解明し，リハビリテーションなどへ応用していきたい．さらに，不安定な環境に適応するための全身による動的な安定化の原理を解明できれば，身体性認知の理解[22]を深めることにも繋がると期待される．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 17K18191 の助成を受け実施された．尚，スラックラインの上級者の実験参加にあたり，一般社団法人日本スラックライン連盟，及び，ギボンスラックラインに協力をしていただきました．ここに感謝の意を表します．

文献

[1] H. Ashburn, (2013) *How to Slackline!: A Comprehensive Guide to Rigging and Walking Techniques for Tricklines, Longlines, and Highlines*. Falcon Pr Pub Co.
[2] R. L. Mildren, M. Zaback, A. L. Adkin, L. R. Bent, and J. S. Frank, (2018) “Learning to balance on a slackline: Development of coordinated multi-joint synergies,” *Scand. J. Med. Sci. Sports*.
[3] K. Stein and K. Mombaur, (2019) “Performance indicators for stability of slackline balancing,” *IEEE-RAS 19th International*

Conference on Humanoid Robots (Humanoids), pp. 469–476.
[4] K. Kodama, Y. Kikuchi, and H. Yamagiwa, (2016) "Relation between bimanual coordination and whole-body balancing on a slackline," *Proceedings of the 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 794–799.
[5] K. Kodama, Y. Kikuchi, and H. Yamagiwa, (2017) "Whole-body coordination skill for dynamic balancing on a slackline," *New Frontiers in Artificial Intelligence*, Springer, pp. 528–546.
[6] 児玉謙太郎・山際英男, (2018) "スラックラインの熟達過程に関する事例研究," *日本認知科学会第 35 回大会発表論文集*, pp. 628‐631.
[7] C. L. Webber and J. P. Zbilut, (2005) "Recurrence quantification analysis of nonlinear dynamical systems," *Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences*, M. Riley and G. Van Orden, Eds., pp. 26–94.
[8] J. P. Zbilut, A. Giuliani, and C. L. Webber, (1998) "Detecting deterministic signals in exceptionally noisy environments using cross-recurrence quantification," *Phys. Lett. A*, vol. 246, no. 1–2, pp. 122–128.
[9] K. D. Shockley, (2005) "Cross recurrence quantification of interpersonal postural activity," *Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences*, M. Riley and G. Van Orden, Eds., pp. 142–177.
[10] G. L. Pellecchia, K. D. Shockley, and M. T. Turvey, (2005) "Concurrent cognitive task modulates coordination dynamics," *Cogn. Sci*., vol. 29, no. 4, pp. 531–557.
[11] J. P. Eckmann, O. Oliffson Kamphorst, and D. Ruelle, (1987) "Recurrence plots of dynamical systems," *Epl*, vol. 4, no. 9, pp. 973–977.
[12] N. Marwan, M. Carmen Romano, M. Thiel, and J. Kurths, (2007) "Recurrence plots for the analysis of complex systems," *Phys. Rep*., vol. 438, no. 5–6, pp. 237–329.
[13] N. Marwan, (2017) "Cross Recurrence Plot Toolbox for MATLAB®.
[14] M. I. Coco and R. Dale, (2014) "Cross-recurrence quantification analysis of categorical and continuous time series: an R package.," *Front. Psychol*., vol. 5, p. 510.
[15] A. M. Fraser and H. L. Swinney, (1986) "Independent coordinates for strange attractors from mutual information," *Physical Review A*, vol. 33, no. 2. pp. 1134–1140.
[16] M. B. Kennel, R. Brown, and H. D. I. Abarbanel, (1992) "Determining embedding dimension for phase-space reconstruction using a geometrical construction," *Phys. Rev. A*, vol. 45, no. 6, pp. 3403–3411.
[17] 児玉謙太郎・菊池雄介・山際英男, (2016) "全身協調バランス・スポーツ'スラックライン'の身体技能," *人工知能学会全国大会論文集 第 30 回全国大会*, p. 1M31.
[18] L. Donath, R. Roth, L. Zahner, and O. Faude, (2016) "Slackline Training (Balancing Over Narrow Nylon Ribbons) and Balance Performance: A Meta-Analytical Review," *Sport. Med*., pp. 1–12.
[19] S. Volery et al., (2017) "Traditional balance and slackline training are associated with task-specific adaptations as assessed with sensorimotor tests," *Eur. J. Sport Sci*., vol. 17, no. 7, pp. 838–846.
[20] C. P. Gabel, J. Osborne, and B. Burkett, (2015) "The influence of 'Slacklining' on quadriceps rehabilitation, activation and intensity," *J. Sci. Med. Sport*, vol. 18, no. 1, pp. 62–66.
[21] D. G. Rutz and D. H. Benninger, (2020) "Physical Therapy for Freezing of Gait and Gait Impairments in Parkinson Disease: A Systematic Review," *PM&R*, pp. 1–17.
[22] L. Montull, P. Vázquez, L. Rocas, R. Hristovski, and N. Balagué, (2020) "Flow as an Embodied State. Informed Awareness of Slackline Walking," *Front. Psychol*., vol. 10, no. January, pp. 1–11.

アクセント規則の処理に関する一症例

A case report on the application of the accent rule in Japanese

松井 理直
Michinao F. Matsui

大阪保健医療大学
Osaka Health Science University
michinao.matsui@ohsu.ac.jp

Abstract

Tokyo Japanese has the pitch accent system that distinguishes words by accenting particular morae. For instance, the word "*chopsticks*-SUBJ" is pronounced as [hä꜒çi-gä] while the word for "*bridge*-SUBJ" is [hä꜒çi-gä]. However, some words such as [hä꜒çi-gä] whose meaning "*edge*-SUBJ" in Tokyo Japanese have no falling melody. This paper discussed whether the last case is based on the rigid accent information or on the vacuous information of the pitch accent.

Keywords — Japanese, pitch accent, flat melody, accent rules, foreign accent syndrome

1. 研究の目的

一般に，ことばの音調はアクセントとイントネーションに分類される．アクセントは語に付随し，語の意味を区別することに貢献する音楽的な性質 (メロディックな性質かリズミックな性質) を指す．一方のイントネーションは，語ではなく，句や文に付随するメロディックな性質のことをいう (Vance, 2008).

さらに，アクセントは位置アクセントとトーンに分類できる．位置アクセントはアクセントの情報が「どこ」に置かれるかという点が重要であるのに対し，トーンはいくつか用意されているメロディの中で「どれ」を使うかによって語のアクセント情報が決まっていく．例えば，英語では present の第 1 音節目にアクセントが置かれると「贈り物」の意味に理解され，第 2 音節にアクセントが置かれると「提供する」という意味を持つ語を表す．すなわち，英語は位置アクセントの性質を持つ言語であるといって良い．一方，中国語はトーンシステムを持つ言語であり，4 つのメロディが用意され，各々の語はそのメロディの中でどれを使って発音されるかが決まっている．用意されるメロディの数は言語や方言によって異なり，中国語であれば 4 つのトーン，長崎方言であれば 2 つのトーンを持つ．日本語のトーン方言の場合は，トーンの数によって「n型アクセント」という形で分類されることが多い．なお，位置アクセントもさらに細かい分類が可能であり，「どこを強く」発音するかという形でアクセントを表すストレスアクセントと，「どこに高さの変化を付けて」発音するかというピッチアクセントに分けられる．

日本語の各種方言アクセントは，位置アクセントの一種であるピッチアクセントの性質，もしくはトーンの性質を持つ．例えば，東京方言のアクセントは位置アクセントの一種であるピッチアクセントの性質を持つのに対し，鹿児島方言のアクセントはトーンに属する．例えば，東京方言では「はし-が」(「が」は主格を表す格助詞) というアクセントは「箸」の意味を表し，「はし-が」であれば「橋」，「はし-が」であれば「端」の意味を表す．一方，鹿児島方言は A 型 (句末 2 音節が高低メロディ) かあるいは B 型 (句末 2 音節が低高メロディ) かという 2 種類のメロディのみを持つトーン方言であり，「はな」を A 型のメロディで発音すると「鼻」の意味に，B 型のメロディで発音すると「花」の意味として理解される．大阪方言になると，トーンの性質 (高起式／低起式) と位置アクセントの性質のいずれをも持つ．そのため，可能なアクセントパターンの数が東京方言や鹿児島方言よりもかなり多い．

本稿で取り上げる問題は，前述した「はし-が」「はし-が」「はし-が」のうち，「はし-が」のようなメロディの変化を持たないアクセントの音韻情報に関するものである．「はし-が」「はし-が」のようにメロディの変化を持つ起伏式と呼ばれるアクセントパターンは，レキシコンにおける音韻情報として何らかのアクセント情報を持っていることは疑い得ない．一方，「はし-が」のようなメロディの変化を持たない平板式と呼ばれるアクセントパターンは，レキシコンに「メロディが平板である」という情報が何らかの形で記述されているのか，それともそもそも「アクセントに関する情報が完全に空虚であり，アクセント情報が存在しない」のかのかという点について，未だに議論の余地を残す．

本稿では，外国語様アクセント症候群 (foreign accent syndrome, FAS) と呼ばれる言語障害の症例を取り上げながら，東京方言のレキシコンにおける音韻情報として，平板式アクセントで発音される語にはアクセントに関する情報が記述されてい

ないという可能性について検討を行う．

2. 東京方言アクセントの性質

2.1 東京方言名詞アクセントの性質

本節では，まず東京方言のアクセントが持っている性質について概観する．東京方言アクセントの性質は，位置アクセントという点で一貫しているが，品詞の性質が強く影響し，名詞と動詞・形容詞では異なった振る舞いを示す．

まず名詞においては，全てのモーラにおいてアクセントが置かれる可能性がある．また東京方言における音調は，(2.1), (2.1) から分かる通り，高音から低音への変化部が普遍的な性質であり，この高音から低音への変化部が語の意味を区別するアクセントを示す．それに対し，低音から高音への変化部は一貫した振る舞いをしておらず，アクセントとして機能していないことが分かる．(2.1), (2.1) に見られる最初の部分における低音から高音への変化は，句の開始を表す「句頭イントネーション」であって，語の意味を区別するアクセントとしての機能は持っていない．

(1) a. 箸：はし-を 見る
b. 橋：はし-を 見る．
c. 端：はし-を 見る．

(2) a. 箸：あかいはし-を 見る
b. 橋：あかいはし-を 見る．
c. 端：あかいはし-を 見る．

この結果，東京方言における x モーラの名詞では，起伏式が x パターン，平板式が 1 パターンという計 $x+1$ 通りのアクセントパターンが生じうる．その例を，表 1 に示す．なお，表 1 で最初の音の高さが示されていないものは，その語が句頭にあれば句頭イントネーションによって低音で実現され，句頭になければ高音で実現される．

2.2 東京方言における動詞・形容詞のアクセント

アクセントパターンの豊富な名詞に対し，東京方言の動詞や形容詞はそのアクセントパターンが極めて制限される．アクセントのパターンに起伏式と平板式があるという点では名詞と同じであるが，名詞の起伏式が x パターンの可能性があるのに対し，動詞や形容詞では起伏式が 1 パターンしか生じない．例えば非過去の形態素が後続した場合 (学校文法でいう終止形) についていえば，動詞・形容詞の起伏式は必ず最後から 2 モーラ目で高音から低音の変化を起こす．

非過去表現における起伏／平板の性質は，他の形態素が後続した表現 (学校文法でいう活用形) にも強い影響を与える．例えば動詞の否定表現であれば，「買う→買わない」のように非過去表現におけるが平板式であれば否定表現も平板式，「飼う→飼わない」のように非過去表現におけるが起伏式であれば否定表現も起伏式といったように，語幹形態素のアクセント情報を引き継ぐ．ここで，「飼う」の否定表現が「飼わない」というアクセントパターンにならず，「飼わない」というパターンになる点にも注意されたい．このことは，語幹に「飼w」という形でアクセントが張り付いているのではなく，ある形態素が動詞に後続した場合に，語末からの位置という形でアクセントパターンが計算されていることを示す．

なお，語末からアクセントパターンを計算するという性質は全ての動詞後続形態素に共通する性質であるが，どの位置に高音から低音への変化を生じさせるかという点は形態素ごとに違う，例えば，仮定を表す形態素「れば (reba/eba)」が後続する場合，非過去表現におけるが平板式であれば，「買う→買えば」のように仮定表現は語末から 2 モーラ目に高音から低音への変化が生じる．一方，非過去表現におけるが起伏式であれば，「飼う→飼えば」のように仮定表現は語末から 3 モーラ目に高音から低音への変化を起こす．

2.3 アクセント核

こうして見ると，日本語におけるアクセントパターンは，そのパターン全体がレキシコンに記述されているとは考えにくい．レキシコンに記述されているアクセントの音韻情報は，実際のアクセントパターンよりも抽象化されているであろう．

ことばは記号の一種であり，記号とは記号表現 (シニフィアン) と記号内容 (シニフィエ) が結びついたものである．音韻とは，こうした記号体系の中で音声が持っている記号表現 (シニフィアン) としての機能を指す．それ故，音韻のことを機能的音声ともいう．分節音レベルの音韻情報として音素を，形態素レベルの音韻情報として形態音素を考えることができる．同様に，服部 (1954) や McCawley (1968)，窪薗 (1998) らによりアクセントパターンの音韻情報として「アクセント核」という概念が提案されてきた．

アクセント核は，アクセントパターンの中で「位置アクセントとして最も重要な音程の変化がどこにあるか」を示す．東京おけるアクセント核は，「高音から低音に変化する部分」と考えて良い．東京方言は位置アクセントの言語なので，このアクセント核が何モーラ目にあるかが重要な役割を担う．例えば 3 モーラの単語を取り上げると，東京方言では「か*ぶと」は 1 モーラ目にアクセント核

表1．モーラ数と名詞アクセント

1拍語	2拍語	3拍語	4拍語	5拍語
○が 柄，名	○○が 飴，端	○○○が 煙，子供	○○○○が 暁，友達	○○○○○が アーク灯
○が 絵，菜	○○が 雨，箸	○○○が 姿，緑	○○○○が 狼，現代	○○○○○が アーチェリー
	○○が 山，盾	○○○が 心，一時	○○○○が 色紙，手袋	○○○○○が あほうどり
		○○○が 峠，鏡	○○○○が 湖，先生	○○○○○が 合気道
			○○○○が 弟，妹	○○○○○が 色事師
				○○○○○が 茜山

表2．東京方言の動詞・形容詞アクセント

平板式	起伏式
買う 上がる はじめる	飼う 食べる しんじる
あかい かなしい	しろい たのしい

(核の位置を*で示す) を持ち，「ここ*ろ」は2モーラ目に，「おんな*」は3モーラ目にアクセント核を持つ．これに対し，「うさぎ」はアクセント核を持たない．この結果，東京方言においてこれらの語が発音される場合，「かぶと-が」「こころ-が」「おんな-が」「うさぎが」というアクセントパターンになる．なお，「心・女・兎」における1モーラ目の高さは，これらの語が句頭にある場合は句頭イントネーションによって低くなり，句頭でない場合はイントネーションが掛からないので高い音高を持つ．

一方，山梨県の奈良田方言では，「兜・心・女・兎」を「かぶと-が」「こころ-が」「おんな-が」「うさぎ-が」という，東京方言と全く異なるアクセントパターンで発音する．

しかし実は，アクセント核という抽象的な音韻情報は東京方言と奈良田方言で違いは全くない．ここで，松井 (2020) に従って，両方言のアクセント符号化仮定を見てみよう．まず，日本語の各方言はアクセントに関する固有のメロディ (基本メロディ, basic melody) を持つ．東京方言の基本メロディは H*L, 奈良田方言の基本メロディは L*HL である．この基本メロディをそれぞれの単語に割り当てるわけだが，その際，次のような規則に従ってメロディのマッピングを行うとしよう．なお，こうした異なる情報同士をマッピングによって結びつけていく理論を，自律分節理論 (autosegmental theory) という．

(3) a. まず基本メロディにおける “*” とアクセント核 “*” を対応づける．
b. 句頭であれば，東京方言では句頭イントネーション %L を，奈良田方言では句頭イントネーション %H を割り当てる．ただし，句頭でない時や，既に1モーラ目に (2.3a) が割り当てられている時には，句頭イントネーションを付与しない．
c. トーンが付与されていないモーラに，残りのトーンを拡張して割り当てる．

この結果，東京方言と奈良田方言は抽象的なアクセント核の情報は全く同一であるにも関わらず，発音上のアクセントパターンは大きく異なっていく．その様子を，図2に示す．

東京方言と奈良田方言の例から分かる通り，アクセント核は「高音から低音の下がり目」であるとは限らず，句の始まりを表す句頭イントネーションも低音であるとは限らない．これは，あくまで東京方言の持つ性質であり，奈良田方言では「低音から高音の上がり目」がアクセント核の位置が表され，高音によって句頭イントネーションが示される．そのため，東京方言のアクセント核を下げ核，奈良田方言のアクセント核を上げ核と呼ぶ．「か*ぶと」「ここ*ろ」「おんな*」でアクセント核

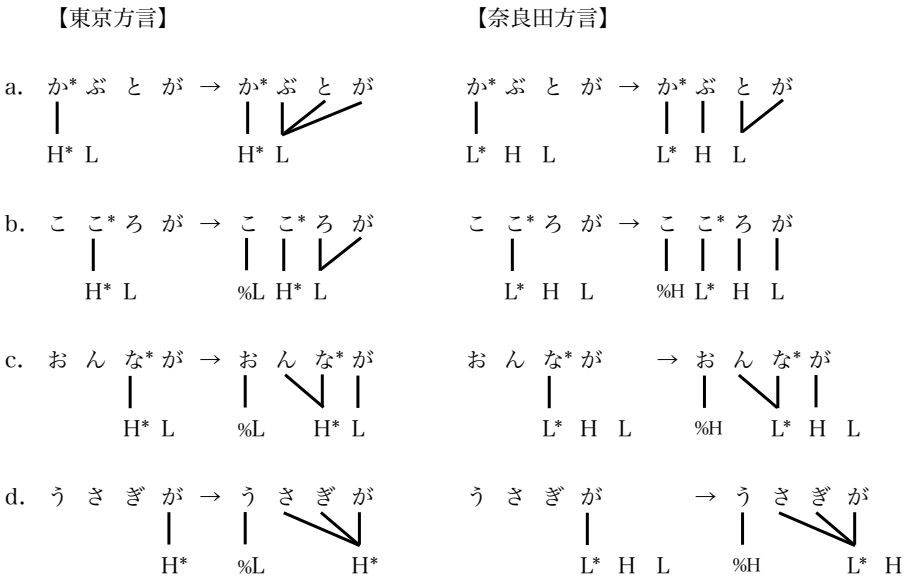


図 1．基本メロディに基づくアクセントパターン生成

表 3．方言によるアクセント核の違いと対応関係の例 (金田一 1974)

類　別	古代京都	現代近畿	東　京	鹿児島	用　例
第 1 類	○̄○̄ ○̄○̄が	○̄○̄ ○̄○̄が	○○̄ ○○̄が	○̄○	飴鼻梅魚風箱釘 水口顎鳥森牛顔
第 2 類	○̄○ ○̄○が	○̄○	○○̄	○○̄が	石歌音川牙次橋 昼文町冬村雪下
第 3 類	○○ ○○が	○̄○が	○○̄が	○○̄	足犬馬色鼻土豆 孫年時月山草足
第 4 類	○○̄ ○○̄が	○○̄ ○○○̄	○○	○○が	息箸肩板海肌針 空数舟稲糸種傘
第 5 類	○＼ ○○̄が	○＼ ○○̄が	○○̄が		雨声鯉鍋白黒青 窓鶴春朝鮒兄汁

“*” の位置が異なるのは，東京方言や奈良田方言が位置アクセントの言語であることの反映である．また，東京方言の H*L，奈良田方言の L*HL という基本メロディは，下げ核・上げ核というアクセント核の違いを表す．

なお，全ての方言でアクセント核の位置が同一というわけではない (金田一 1974)．例えば関西方言の場合，平板式については東京方言とほぼ同じ語彙で成立するが，起伏式におけるアクセント核の位置は基本的に東京方言とはずれてしまう．また，関西方言は位置アクセントと共にトーンの性質も兼ね備えているため，基本メロディも関西方言は H*L と LH*L の 2 種類が存在し，どちらの基本メロディを持つかも語彙ごとに指定されていなければならない．

残る問題は，「うさぎ」のようなアクセント核を持たない平板型の語に関する解釈である．こうした語は，アクセントに関する情報自体を持っていないのか，それとも「アクセント核がない」という情報が何らかの形で明示的に示されているのか，理論的には判断がつかない．この点を議論するために，言語障害の一種である外国語様アクセント症候群に関する一症例を取り上げることにしよう．

3. 外国語様アクセント症候群について

3.1 外国語様アクセント症候群 (FAS)

外国語様アクセント症候群 (Foreign Accent Syndrome, FAS) は，母語の音調が変異し，あたかも外国語を話しているかのような症状を呈する言語障害であり，主に脳損傷後の後遺症として現れる．発話のリズムやスピード，アクセントといったプ

ロソディの変異と共に，母音・子音の変異や失文法など言語学的な問題なども包含することが少なくない．このため，FASは運動障害性構音障害や発語失行，失語症などと併存して記載されたものが多く，病巣は，左右半球のいずれを問わず，前頭葉，頭頂葉，側頭葉，内包，基底核，小脳など，多岐に渡る病変で報告されている．

ただし，日本語母語話者における FAS の症例報告は，決して多くない．日本語母語話者の FAS はじめて報告したのは市川ら (1976) で，その後，紺野ら (1990)，中野ら (1996)，紺野 (2001)，谷ら (2002)，西田ら (2011) といった症例報告が続く．これらの研究は，いずれも前頭葉高位外側部から中心前回にかけて病巣を持つものが多く，プロソディ産出には障害を持つが，ピッチアクセントの異同弁別に関しては良好な成績であるものが多い．一方，角南ら (2015) の報告は，両側の島皮質後部，Heschl 回，上側頭回後部，下頭頂小葉と右中側頭回の脳梗塞で発症した患者のもので，ピッチアクセントの表出障害と共に，ピッチの弁別やリズムの異同弁別の困難さも観察され，受容・表出の両面において障害が認められている．

こうして見ると，これまでFASと一括りにされていた発話病態は，脳の損傷部位によって異なる発現機序を想定する必要があるといってよいだろう．例えば，中心前回より前方に病巣を持つ「前方病変型FAS」は，当然のことながら発声/構音器官の運動プログラムやプランニングの障害など，運動学的な要素を基盤として出現すると解釈できそうである．一方，より後方に病巣を持つ「後方病変型FAS」は，内言語の処理過程である音韻符号化障害との関連が示唆されるが，症例報告数が少なく，そのプロソディー障害の詳細な性質も不明な点が多い．そこで以下の節では，内山・水田・松井 (印刷中) に従い，後方病変型FASのプロソディ障害の一例について紹介しよう．

3.2 対象者

対象者 A は右利きの 60 代女性で，標準語使用地域の出身者である．神経学的所見として，意識は清明であり，明らかな運動障害や感覚障害は認められなかった．また神経心理学的所見としては，来院時に音韻性失名詞の傾向が認められ，家族からも「英語なまりのような日本語」のようだという指摘があった，この指摘は，対象者の障害に対する診断として FAS の可能性を示す．なお，病初期には言動の性急さが観察されたが，その点は速やかに消失している．また，レーブン色彩マトリシス検査は 36/36 と良好で，院内生活で判断力や記憶力の低下をうかがわせる行動も認められなかった．

言語所見としては，話量が通常とほぼ同等であり，当初から構音障害も観察されていないが，．喚語困難や音韻性錯語，音断片を伴うと判断されている．大まかな意思伝達は可能であり，意味性錯語も稀である一方，発話速度はやや速く，特にピッチアクセントの変異や音の伸長といったプロソディー障害がリハビリテーション開始後もしばらくの間残存していた．本稿では，特にこのピッチアクセントの変異について取り扱う．

呼称能力に関しては，標準失語症検査である SLTA で 8/20，TLPA意味カテゴリー別名詞検査で115/200（高親密語：81/100，低親密語：34/100）の正答であり，親密度効果が認められた．反応過程でひとたび正答すれば，音韻性錯語を生じずに繰り返すことも可能である．復唱の能力については，SLTAの単語で8/10，文で1/5正答した．音読は，漢字単語がSALA失語症検査（OR34：心像性×頻度）で31/48，仮名単語はSLTAで8/10の正答率である．呼称，復唱，音読のいずれにも，音の誤り（音韻性錯語や音韻性錯読，音断片）のほか，やはりピッチアクセントの変異や音の伸長などが生起していた．また，書字でも，漢字の想起困難と形態性錯書，仮名の音韻性錯書が生じると判断されている．言語理解は，単語の聴覚的理解がTLPAの意味カテゴリー別名詞検査で 191/200 の正答であった．文の理解では，SLTA口頭命令に従うものが4/10，書字命令に従うものが8/10の正答率で，読解の成績が良好といえるだろう．

病症の経過としては，加療が終了した第21病日に回復期病院へ転院し，発症2年後に症例が消失したため，原職復帰を果している．頭部MRIで病初期に認められた左上側頭回の出血巣は吸収されており，一部に異常信号域を認めるのみとなっていた．自発話では，まれに喚語困難や音韻性錯語を生じることがあったが，意思伝達は極めて良好であった．SLTAでの失点もなく，TLPA意味カテゴリー別名詞検査の呼称も198/200の正答率まで回復したと判断されている．さらにプロソディー障害についても，ピッチアクセントの変異や音の伸長が目立たなくなり，FAS は融解したといってよい．ただし，対象者本人はピッチアクセントの表出に違和感があると内省していた．

3.3 データの分析

本節では，対象者のプロソディ障害に関するデータ紹介を行う．まず，対象者における発症時のピッチアクセントの正答率は，約 43.7％ (62語/142語) であった．ピッチアクセントの型別では，平板式アクセント語が14.3％ (11語/77語)，起伏式アクセ

ント語が 78.5％ (51語/65語) の正答率となっている．2群間のピッチアクセントの正答率を χ^2 検定にかけると，$p < 0.01$ の有意差が認められた．すなわち，発症時における対象者のデータは，平板式アクセント語を誤りやすい傾向を示す．

一方，発症2年時のピッチアクセントの正答率は，97.0％ (260語/268語) であった．ピッチアクセントの型別では，平板式アクセント語が 98.6％ (136語/138語)，起伏式アクセント語が95.4％ (124語/130語) であり，2群間の χ^2 検定では両群間に有意差が認められない．

次に，アクセントの誤用パターンを見てみよう．3 モーラ語においては，平板式の誤りが非常に多く，「せなか (背中)」を「せなか」，「おさけ (お酒)」を「おさけ」とするような，語末から 2 モーラ目にアクセント核を置くタイプが頻繁に観察された．一方，起伏式の語については誤り自体が少なく，誤用があった場合には，語末にアクセント核のある「はたき(叩き)」が「はたき」，「くすり (薬)」「けむし (毛虫)」のような中高型のものが「くすり」「けむし」，頭高の「じじつ (事実)」が「じじつ」のように，アクセント核の位置がおかしくなるタイプがほとんどである．重要なこととして，起伏式の語に対し，「はたき」「けむし」のように平板式で表出されることがほとんどない点に注目すべきであろう．

同様のことは 4 モーラ語に対しても成立していた．起伏式の語が平板式で表出された例は，「ひまわり (向日葵)」が「ひまわり」になった 1 例のみで，他の起伏式は「げんかん (玄関)」が「げんかん」，「タクシー (taxi)」が「タクシー」のように，アクセント核の位置がおかしくなるタイプがほとんどである．一方，平板式の語は，「おしいれ (押し入れ)」「ぎんこー (銀行)」のように 3 モーラ目にアクセント核が置かれるものが多い．他に「おんせん (温泉)」「ざいせい (財政)」のように語末から 2 モーラ目にアクセント核が置かれるもの，「えんぴつ (鉛筆)」のように語頭にアクセント核が置かれる例も散見されるが，頻出するものではなかった．後者のパターンは，第 2 モーラ目が特殊モーラであり，アクセント核を置きにくいという理由が考えられる．「えんぴつ (鉛筆)」のように特殊モーラの上にアクセント核が置かれる発話も存在するが，こうしたパターンは句頭イントネーションがかかっていないことからも分かる通り，最初の重音節全体にアクセントを置いたと見なすべきであろう．

4. 総合論議

4.1 東京方言のアクセント規則

最初に述べたように，東京方言の名詞におけるピッチアクセントの型は，単語のモーラ数が n である場合に，起伏式が n パターン，平板式が 1 パターン存在し，計 $n+1$ パターンの型が存在するいわゆる多型アクセント体系といってよい．しかし，窪薗 (2006) によれば，これらの名詞アクセント型は生起頻度に差があるという「日本語発音アクセント辞典 (NHK編)」に基づいて 3 モーラ語名詞のアクセント型と生起頻度を調査した結果，頭高型が42％，中高型が4％，尾高型が2％，平板型が52％であった．4 モーラ語になると，平板式が優位になるが，そのほとんどは「勉強」のように 2 つの漢語形態素から成る漢語複合語か，「アメリカ」のように軽音節が連続するパターンである．一方，4 モーラ語の固有語名詞については，「むらさき (紫)」「うぐいす (鶯)」のように語末から 3 モーラ目にアクセント核が置かれるものが多い．5 モーラを超える名詞になると，単純語では「ほととぎす (不如帰)」のような語末から 3 モーラ目にアクセント核が置かれるものが優位となる．これ以外のパターンになるものは，原語のアクセント位置の影響を受けた借用語か，あるいは複合語形態素の性質によってアクセント核の位置が決まってくるもので，そのアクセント核の位置は何らかの形で説明が付く．なお，動詞や形容詞についていえば，前述したように，平板式か，あるいは起伏式であれば語末から 2 モーラ目にアクセント核が置かれるパターンしか存在しない．

窪薗 (2006) は，現在の東京方言の名詞は，多型アクセント体系というより，語末から3番目のモーラにアクセント核を置くか，もしくは (平板式アクセント) しか許容しない 2 系アクセント体系に近づいているという．言い換えるなら，多型アクセント体系であった東京方言は，徐々にアクセント核があるかないかという二項対立の体系に近づいており，アクセント核のある起伏式であれば，品詞によって語末から 3 モーラ目か 2 モーラ目にアクセント核を置くのが default というアクセント規則を想定しうる体系ということになろう．こうしたパターンは，「ドローン (ドローン)」「インターネット (インターネット)」といった新規語や，あるいは無意味語などにも強く反映されている．

4.2 対象者の誤用再考

前節で紹介した対象者についていえば，まず起伏型の語と平板型の語で誤用率に有意差があり，起伏型の語については誤用が少なく，誤用は平板

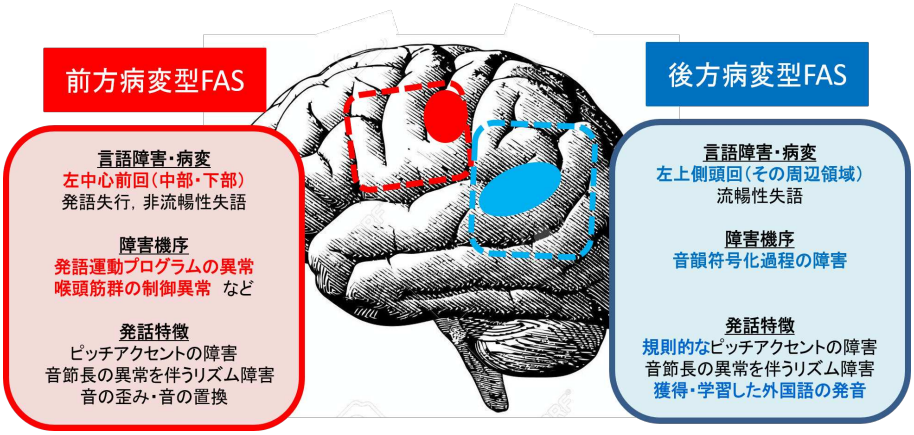


図 2 前方病変型FASと後方病変型FAS

型の語に強く偏るという傾向が見られた．このことは，起伏式の語についてはアクセント核に関する「強い」情報が残存しているのに対し，平板型の語に関しては，アクセント核に関する情報が弱いことを示唆していると考えてよいだろう．また，起伏式の語における誤用パターンから，アクセント核に関する情報をスキャンし損ねた時には，基本的に default のアクセント規則を適用する傾向があると考えられる．平板型の語に誤用が強く見られるのは，平板型の語ではアクセント核に関する情報自体が存在しないため，アクセント情報スキャンし損ね，結果的に default のアクセント規則を適用してしまった結果と解釈できよう．

これは，窪薗が主張する「現在の東京方言が多型アクセント体系から，アクセント核があるかないかという 2 系アクセント体系に近づいている」という主張とも矛盾しない．すなわち，近年までの東京方言は，アクセント核 “*” の位置までもが明確に記述されている位置アクセントの言語と捉えうるのに対し，現在の東京方言はアクセント核 “*” の情報が存在するか否かという体系に移行しつつある，ということと解釈できる．健常者では，この違いが H*L のメロディ全体を割り当てるか，H tone だけを割り当てるかという違いに反映されるが，後方型 FAS の対象者では，アクセント核 “*” の情報が「ない」ということを解釈し損ない，基本メロディ H*L を常に割り当てる傾向が強いのであろう．

4.3 FAS の分類について

次に，FASの成立機序を大脳の神経基盤や脳機能局在についても簡単に触れておく．前方病変型FASの先行報告において，左中心前回領域に脳損傷を有する症例が多い．左中心前回が担う脳機能としては，構音やプロソディーに関する発話運動プログラムの調整や実行に関与していることが知られる．東山ら (2018) は，失語症を伴わない FAS 既報告例の病巣を用いた lesion network mapping 解析を行った結果，喉頭の運動野 (Larynx/Phonation area) として報告されている中心前回中部が FAS の神経基盤として重要である可能性を指摘した．

このように左中心前回は，その損傷に伴う言語障害からみて，構音や発声，プロソディーを生成するための発話に関する神経機構を担っていることは明らかであろう．この脳領域の損傷では，出現する要素的な言語症状の軽重によって，構音の歪みが強ければ構音障害として，構音の誤りが軽症でにアクセントの異常のみが目立てば FAS と評価されうる可能性がある．いくつかの先行研究において，非流暢性失語や発語失行の回復過程で，FAS が観察されたとする報告が散見されるのは，こうした可能性を裏付けるものであろう．いずれにせよ，前方病変型FASは，左中心前回損傷による発声や発話運動面の障害と強く関連していると見なしてよい．

一方，大脳の後方病変でも，ピッチアクセントの障害や音の引き伸ばしなどのプロソディー障害を呈することが知られる．水田ら (2005) は，大脳の後方病変で音韻性失名詞を呈した複数症例に，ピッチアクセントの異常が観察されたことを報告した．高野ら (2015) の研究でも，左側頭・頭頂葉皮質下出血で発症した感覚性失語例にピッチアクセントの異常を伴うプロソディー障害が観察され，角南ら (2015) も両側の島皮質後部・Heschl回・上側頭回後部・下頭頂小葉と右中側頭回の脳梗塞で発症したWernicke 失語例にピッチアクセントの表出障害が認めている．左側頭葉，特に上側頭回は語音認知の処理に重要な領域であり，同部位やその周辺領域が語のピッチアクセントパターンを記銘し，保持し，発話過程におけるアクセント核情報の呼び出しに関与している可能性が考えられよう．このように，大脳の後方病変損傷では，ピッ

チアクセントの想起障害を呈する可能性があり，本稿で述べた症例のように，アクセント核の情報をスキャンできなかった平板型の語について誤りが多く見られた理由も，こうした点から説明が付く．すなわち，後方病変型FASは前方病変型FASで想定される発話運動面の障害とは違い，脳内に記憶された語のアクセント型の記銘や呼び出しに関わる神経機構が，これらの部位に存在していることを示唆するものである．

このことは，従来「外国語様アクセント症候群」として大雑把に扱われてきた症例を，細分化する必要があることを示す．また，こうした分類を行うためには，日本の言語聴覚士が用いている語彙検査のみでは不十分であり，さらに精密な検査法が必要となるであろう．

5. 今後の課題

5.1 症例数の確保

本稿で紹介した FAS の例はシングルケースであり，今後，特に後方病変型 FAS について多くの症例を集める必要がある．現時点での仮説であるが，前方病変型 FAS は主に喉頭制御を含めた構音運動に起因する FAS であるのに対し，後方病変型 FAS はことばの基底情報に基づく符号化過程に起因する FAS であり，言語における記号面での障害が強い．この点に注目して，語彙検査も精緻化する必要がある．

5.2 語彙検査について

これまで日本における言語聴覚士の臨床現場では，各語彙項目の意味および音素に重点を置いた語彙検査が用いられてきた．しかしこの検査法では，音調や韻律の検査を十分に行えない．まず，アクセントの情報を検査するために，語彙層は和語か漢語か借用語か，品詞は名詞かあるいは動詞・形容詞か，モーラ数は何モーラであるか，そのモーラ列において軽音節と重音節はどのように配置されているか，特に語末が重音節であるか軽音節であるかといった違いに注目する必要がある．現在の語彙検査は，この点でカウンターバランスが取れておらず，妥当性を欠く．さらに，検査語が単純語であるか合成語であるかという点も注目しなければならない，特に合成語においては，全体を平板化する「〜的」「〜性」のような形態素が関わっているか否か，また「複合語アクセント規則」が掛かる合成語であるか，その場合に後部形態素が２モーラ以内の短い形態素であるか，あるいは３モーラ以上の長い形態素であるかという点についても，カウンターバランスを取る必要があるだろう．

さらに，音素配列にも注意してしなければならない．例えば，東京方言では母音が無声化を起こす場合，アクセント核の位置が基本的に移動する．これは規則的に起こるもので，音韻的なエラーではない．しかし，現在の語彙検査で主に用いられる単語群はこうした点をほぼ全く配慮しておらず，問題を残す．

現在，こうした点に配慮した語彙検査表を作成中であり，日常コミュニケーションの検査と共に，その妥当性を検証していく予定である．

5.3 句や文の検査

また，アクセントの検査は語のみでは不十分であり，句や文の発話も検討しなければならない．特に，現在の語彙検査では尾高型と平板型を区別することが難しい．両者は助詞をつけてはじめて明確になる情報であるため，句や文の発話に関する検査表の充実も必要となる．

現在，日本語の言語聴覚士が文発話の構音を調べる際にしばしば用いているものとして，「北風と太陽」の文章を挙げることができるであろう．これは長らく使われてきた検査文であるため，十分なデータが蓄積され，信頼性という点では一定の水準を満たす．しかし，この文章は非常に「きた」「ちから」など母音の無声化が頻出するものであり，アクセントの正確さを調べる上で妥当性を欠く．また，音素レベルで見ても，拗音が全く出現しない文章であり，撥音・促音・長音という特殊モーラの出現頻度に関しても，カウンターバランスが取れていない．さらに，「外套」のような日常的に使われなくなりつつある語を含んでおり，言語障害の検査文としても妥当性に問題を残す．

無声化については，語彙を入れ替えた文章が考案されており，解決の筋道が立っている．しかし，音素バランスや語彙層 (和語・漢語・借用語)，モーラ数やアクセントパターンについては，未だに十分な検討がなされていない．こうした文検査についても，より妥当性の高い検査文を検討する予定にしている．

5.4 音調の理論について

本稿では，アクセントパターンの生成モデルとして自律分節理論を採用した．これは既に述べたとおり，基本メロディがアクセント核に割り当てられ，その後，他のモーラに音高が拡張されることを前提としている．言い換えるなら，自律分節理論に基づくアクセント生成は，最終的に全てのモーラに音高が割り当てられず「全指定 (full-specification)」のモデルであるといってよい．自律分節理論は，アクセントのみならず，例えば日本

語の長音・促音における完全逆行同化，あるいは撥音における調音位置の逆行同化の説明などにも用いられており，理論としての汎用性が高い．

これに対し，Pierrehunbert and Beckman (1986) による “PB model” や，Fujimura (1992, 2002)，藤村 (2007)，Matsui (2017) による “C/D モデル” では，音高の指定が散在的に行われる (underspecification, sparse specification) 枠組みが採用されている．これらのモデルでも，アクセント核の情報は語彙情報として必要になるが，音高を拡張する spreading のプロセスは必要でない．音高が指定されなかったモーラや音節のピッチは，指定された音高を音声的に接続することによって自然と得られていく．こうした散在的指定のモデルは，ToBI (英語用の E-ToBI, 韓国語用の K-ToBI, 日本語用の J-ToBI, XJToBI といったバリエーションも含む) システムという音調記述システムに応用され，大規模な音調データベースを構築できるなど，工学的な応用度も高い．

現在のところ，理論として全指定モデルが妥当なのか，散在的指定モデルが妥当なのか，明確ではない．しかし，こうしたモデルの相違は，音韻符号化過程を考える上で重要な違いを生み出す．音高が全指定される枠組みでは，全てのモーラの音高が音韻符号化過程で計算されることを示唆する．一方，散在的指定に基づくモデルでは，一部の音高のみが音韻符号化過程で計算され，その他のピッチ変動は全て音声レベル—すなわち喉頭制御の運動レベル—で実現されていく．また，C/D モデルなどでは，音素—分節音における喉頭制御の符号化と音調の符号化との間に生じるであろう相互作用も扱えるような枠組みとなっている．

こうした点を踏まえると，音韻符号化過程の精密な検査を行うためには，発音記号やアクセント記号だけで検査結果を表す現在の定性的な検査だけでは十分でない．音響分析による基本周波数変動の精密な測定といった定量的なデータも必要となり，さらにその基本周波数の変動を自律分節理論＋藤崎モデルといった枠組みで分析したり，あるいは PB model や C/D model で分析していく科学的手法も必要となってくるであろう．なお，C/D モデルについては，インパルス応答に関係するいくつかの変数を固定値としたプロトタイプのプログラムを公開する予定である．

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (C) 「日本語音声の調音協調運動に関する総合的研究」(2018年度〜2021年度，研究代表者：松井理直，課題番号：18K00597)，基盤研究 (B)「自閉症を中心とした発達障害児の音韻体系の言語学・音声学的研究」(2018年度〜2023年度，研究代表者：上田功，課題番号：18H00666)，基盤研究 (C) 「失語症者のコミュニケーション能力評価尺度の作成」(2018年度〜2022年度，研究代表者：森岡悦子，課題番号：18K10729)，および国立国語研究所プロジェクト「語のプロソディーと文のプロソディー」 (プロジェクトリーダー：窪薗晴夫教授) による援助を受けました。また本研究の症例報告に関する倫理審査は，「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に基づき，大阪保健医療大学研究倫理委員会での承認（承認番号：大保大研倫1803）を得ています．

参考文献

Fujimura, Osamu (1992) Phonology and phonetics — a syllable-based model of articulatory organization. *The Acoustical Society of Japan (E)* 13(1): 39–48.

Fujimura, Osamu (2002) Temporal organization of speech utterance: A C/D model perspective. *Cadernos de Estudos Linguisticos, Instituto de Estudos da Linguagem, Campinas* 43: 9–36.

藤村靖 (2007)『音声科学原論—言語の本質を考える』 岩波書店，東京．

服部四郎 (1954)『音韻論と正書法』，研究社, 東京．

市川桂二・山鳥 重 (1976) Dysprosodyを主徴とした言語障害の1例．『臨床神経学』，16：144–148.

角南陽子・坂東充秋・神足かおり (2016) Wernicke失語，中枢性聴覚障害，motor dysprosodia を呈した両側側頭葉梗塞例．『高次脳機能研究』，36：106–107.

金田一春彦 (1974)『国語アクセントの史的研究—原理と方法』 塙書房，東京．

紺野加奈江・後藤真志子・服部文忠 (1990) 前頭葉損傷により顕著なプロソディー障害を呈した一例．『第14回日本失語症学会総会抄録集』：62.

紺野加奈江 (2001)『失語症言語治療の基礎』．診断と治療社，東京.

窪薗晴夫 (1998)『音韻構造とアクセント』，研究社, 東京．

国立国語研究所 (1990)『日本語の母音，子音，音節—調音運動の実験音声学的研究—』，秀英出版, 東京．

Matsui, F. Michinao (2017) On the Input Information of the C/D Model for Vowel Devoicing in Japanese. *Journal of the Phonetic Society of Japan* 21 (1): 127–140.

McCawley, James (1968) *The Phonological Component of a Grammar of Japanese*, Mouton, Hague.

中野明子・塚原ユキ・横山絵里子 (1996) 失語を伴わないForeign Accent Syndrome 2例の検討. 『神経心理学』, 12：244–250.

西田香利・山本理恵・仲村美幸 (2011) 左前頭葉梗塞で foreign accent syndrome を呈した矯正右利きの一例. 『高次脳機能研究』, 31: 205–211.

Pierrehumbert, Janet & Beckman, Mary (1986) *Japanese Tone Structure*, The MIT Press, Cambridge.

谷 哲夫・天田 稔・清水倫子 (2002) Foreign Accent Syndrome (FAS) における非言語的構音器官運動の分析. 『失語症研究』, 22: 153–162.

内山良則・水田秀子・松井理直 (印刷中) この外国語様発話は何に由来するものか—左上側頭回損傷によるForeign Accent Syndromeの検討—. 『高次脳機能研究』(2020年9月号に掲載予定).

Vance, Timothy J. (2008) *The sound of Japanese*. New York: Cambridge University Press.

算数に苦手意識を持つ児童のための効果的なプログラミング使用方法の調査
An investigation of effective programming usage for children who have difficulty with math

向江 理奈†，菊地 寛‡，遠山紗矢香†
Rina Mukae, Hiroshi Kikuchi, Sayaka Tohyama
†静岡大学，‡浜松市立雄踏小学校
Shizuoka University, Hamamatsu City Yuto Elementary School
mukae. rina.17@shizuoka.ac.jp

概要
2020 年度から小学校でのプログラミング教育が必修化されたことを踏まえて，本研究では，小学校高学年の児童を対象に，算数の学習に対する児童の意識が，プログラミングにおけるどのような特徴によって影響を受けるのか調査することとした．公立小学校 5 年生 145 名 5 クラスを対象にプログラミングを用いて正多角形を描画しながらその性質を学ぶ授業を行い，56 問からなるアンケート調査及び会話分析を行った．授業では，図形描画の際に 1 辺ごとに色が変化するカラフル条件と辺の色が変化しない単色条件に分けて，学習活動の比較を行った．アンケートを分析した結果，カラフル条件では単色条件と比較して一部の女子の意識が変化したという結果が得られた．また，発話分析からは，カラフル条件のみで，プログラムの中でも高度と考えられる演算ブロックを用いる児童が表れただけでなく，主体的に問題解決を試みていたことが示された．これらの結果から，カラフル条件は，単色条件よりも児童が工夫してプログラミングに取り組む主体的な問題解決を促した可能性が示された．
キーワード : 小学校，アンケート調査，プログラミング教育，算数

1. 背景

2020 年度から小学校でのプログラミング学習が必修化された[1]．文部科学省は，算数や理科，総合的な学習の時間等で，児童がプログラミングを体験することを通じてコンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に着けることを狙いとしている[1]．

その一方で，児童生徒の「理数離れ」の課題が浮き彫りとなっている[2]．この一因には，学年が上がるにつれて学習者にとって難易度が高く感じられること，それによって児童生徒が苦手意識を持ちやすくなることが影響していると考えられる．

そこで本研究では，算数や理科といった理数科目に対する苦手意識を軽減させるような教育の在り方を検討するため，プログラミングのどのような使用方法が児童の苦手意識を軽減するのに効果的であるのかを検討した．

2. 目的

本研究では，小学校の高学年児童が，プログラミングによって図形描画過程を可視化することにより，算数授業への主体的な参加度合いが強まったり，算数の主観的な得意度が向上したりするかを検討することを目的とする．

3. 研究方法

3.1. 概要

浜松市内の公立小学校に在籍する小学 5 年生の児童 145 名(男子 66 名，女子 79 名，計 5 クラス．1 クラスは約 30 名)に対し算数の授業の正多角形の分野において 1 クラス 90 分の協調学習形式の授業を実施した本研究では，知識構成型ジグソー法[4]による協調学習形式の授業を実施した．協調学習を行う際，3 人 1 組のグループのメンバーはランダムとした．

プログラミングツールとしてブロックプログラミング環境「Scratch」を用いた．Scratch の特徴として，図形を描画する際に線の色を変化させることが可能である．本研究では，上記の特徴を活かした学習が児童の算数に対する苦手意識の軽減に繋がるのかを調査するために条件分けを行った．

本研究では，学習に対する苦手意識の軽減の

程度が色などといった見た目の変化によって影響を受けるのか調査するために，5 クラスを 2 つの条件（カラフル条件／単色条件）に分けた．カラフル条件では，児童が PC を使って Scratch で正□角形を書く方法を考える際に，正多角形の一辺を描画するたびに色が変化する機能を教師が例示した(図 1)．単色条件では，同描画の際に Scratch デフォルトの青色のみを用いる方法で例示した．

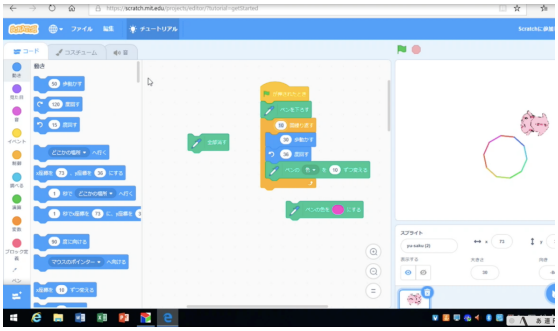


図 1　カラフル条件の Scratch 画面

3. 2.　授業の流れとアンケート調査

授業の学習課題は「Scratch で正□角形を書くためにはどうしたらよいのか」（□は「しかくの式」，つまり x を使った文字式を 5 年生の既習事項に合わせて表現したもの）とした．プログラミングを活用して，正三角形や正方形といった正多角形の一般的な性質について児童が考える機会を設けるためにこの課題を設定した．また，学習課題について考える手がかりとして，まず，正六角形を書くためにはどうすればよいのかを考えさせた．

知識構成型ジグソー法でのエキスパート資料には，正三角形を Scratch で書くための知識を掲載した．３つは，１つ目に正三角形描画で繰り返し行うことのパターンを発見すること，２つ目に反復ブロックの使い方，３つ目に外角と内角の大きさの関係の図示（外角という言葉は用いない）とした．これらの３つを組み合わせることで，Scratch で正六角形を書くためにはどのようなブロックを活用し，どのような値を設定すればよいのかを推測することが可能になる．

ジグソー活動においては，正六角形を書くためにはどうすればよいのかという課題に対し３つのエキスパート資料を組み合わせながら PC を使用せずに課題を解決するための話し合いの機会を設けた．PC を使用しなかったのは，PC 操作に先駆けて児童らに仮説を持たせるためである．その後でクロストークを行い，Scratch で正六角形を描くプログラムの共有とそのプログラムの意味を代表グループに発表させた．休憩ののち，学習課題である Scratch で正□角形を書くためにはどうしたらよいのかという課題を改めて提示し，グループで PC を用いて正□角形を書く方法を検討させ，再度クロストークを行った．

授業の開始前と終了後に，アンケート調査を行った．アンケートはマークシート式で，児童個人に対して行った．アンケートの質問数は，事前(28 問)・事後(28 問)の計 56 問とした．事前・事後のアンケートに共通する質問項目は，教科学習（科目の得意度や楽しさを尋ねる質問）及びプログラミング，自尊感情に関する質問であった．これら共通質問項目は，授業前と後で児童の主観的な評価にどのような変化が見られるのか分析するために設けた．また上記のほかに，事前アンケートでは児童の生活経験に関する質問を，事後アンケートでは本授業について振り返る質問を行った．

3．3．回収データ

児童から回答を得た事前事後のアンケート，児童が書き込んだ回答用紙（後述）を回収し電子的に保存した．また，授業の様子を 360° カメラ，PC 画面レコーダ，及び IC レコーダ(児童 3 名に対してそれぞれ各 1 台)で記録した．研究実施とデータ収集については学校長を通じて事前に許可を得た．

回答用紙は，学習課題に対する事前・中間・事後の回答(1 人 1 枚)エキスパー資料(1 人 1 枚)，ジグソー用のプリント（グループにつき 1 枚)について回答を得た．事前・中間・事後の回答は，発話データと照らし合わせながら授業が進行するにつれて児童の考えがどのように変化するかを分析するために回収をした．

4. 分析対象と仮説

5クラス調査を行ったうち，クラス2のみデータに不備が見られたためクラス 2 のデータは本研究では割愛することとした(表1).

表1 クラス分け

	カラフル	単色
クラス	クラス3，4	クラス1，5

アンケートの分析では，児童の授業前と授業後における意識の変化を調べるため事前と事後の共通質問事項を統計分析ソフト「R バージョン3.6.1」を用いて比較した．また，児童の思考の変化を調べるため自由記述形式の事前/中間/事後の回答内容の分析を行った．先行研究では，算数を得意と思っている児童は男子に多い傾向にあることが示された[5]ことから，算数の主観評価はジェンダー差の影響を受けている可能性がある．そのため，分析を行うにあたり男子と女子を分けた．また，グループの学習過程を調べるために会話分析を行った．グループは，自由記述形式の回答について，事前・事後で回答内容に大幅に変化が見られたグループを抽出した．

なお，意識の変化を引き起こすためには長期的な介入が必要となる場合もあるが，本研究ではプログラミングを通じて算数に触れるという多くの児童にとって初めてとなる介入を行ったため，短時間ではあるものの児童の算数の学習に対する印象変化を促す可能性がある．そのため，90 分単発の学習でも児童の算数に対する意識変化に影響を及ぼす可能性があると考えて調査を行った．

本研究では，プログラミングを用いた算数の授業において，多角形を描画する際に辺ごとに線の色が変化していく多色使いを採り入れることが児童の学習を促すという仮説の下で検討を進めた．

5. 結果と考察

5.1. 対象校の実態

各クラスの児童の学力は同等程度であることが，事前の当該小学校教諭へのインタビューで明らかになった．本研究で行ったアンケート調査によれば，「普段から授業で発言しますか」に対する回答に対しては，クラス4，クラス5の2クラスにおいて，事前よりも事後で有意に肯定的な回答が増加した（$t(30)=2.48$, $p<.01$; $t(29)=3.45$, $p<.01$）．この結果から，本研究のプログラミングの授業が一部クラスの児童の授業での主体的な発言を促した可能性が示された．

5.2. 算数に対する主観的な得意さの変化

本授業前後で算数に対する児童の主観的な得意さに変化が見られるのかを調べるために，アンケートの「算数は得意ですか」に対する回答について，事前・事後を比較する t 検定を行った結果，クラス4の女子の得意さが授業後に有意に向上していたことが示された（$t(14)=2.26$, $p<.05$）．この結果から，カラフル条件の一部のクラスの女子において意識変化が見られたといえるため，仮説の一部が支持された．

5.3. 会話分析

カラフル条件のクラス 4 では女子児童に意識の変化が見られたが，単色条件では意識の変化が見られなかった．そこで，カラフル条件と単色条件から，意識変化の見られた女子に注目して，女子のみのグループの発話を1グループずつ書き起こして会話の特徴を比較した．

カラフル条件のクラス4のグループ6では，演算のブロックを使用してプログラム改変を試みたり，x座標のパラメータを変えるために負の数を用いようとしたりしていたことから，プログラミングを通じて正多角形以外の算数の概念にも触れていたことが示された．一方で，単色条件であったクラス5のグループ2では，演算のブロックを使用せず，回る角度については自分たちで手計算した答えを確認する手段として Scratch を用いていたことが分かった．

授業前後で意識変化が見られなかった男子も含むグループについても会話分析を行い，カラフル条件のクラス 4 のグループ同士で比較した．クラス4のグループ8(男子2名，女子1

名)では線の色がカラフルに描画されてもリアクションがなかったのに対し，クラス 4 のグループ 9(女子 3 名)では，カラフルな正多角形が描写された瞬間，「おー」や「色きれい」のような反応が見られた．その後もグループ 9 では，演算ブロックの意味(除法を/，乗法を*で表すこと)についてグループメンバー同士で楽しそうに話し合うなどの行動が見られた．また，グループ 8，グループ 9 ともにグループ内で解決できなかった疑問を隣のグループの様子を伺ったり，隣のグループに質問をしたりすることで主体的に解決しようと試みていた．

上記の結果は，図形描画の過程をカラフルにすることで，女子児童の興味を惹いたことを示している．また，カラフル条件に限定されない，プログラミングそのものが上記のような児童の主体的な活動を引き出したことも否定できないが，カラフル条件で児童の興味を惹いたことが，児童が演算ブロックを活用することを促した可能性も考えられる．

6. 今後の展望

本研究では，90 分間の限られた時間での実践の前後でも，図形描画の過程をカラフルにすることが児童の中でも女子の算数に対する主観的な評価を変化させた可能性が示された．今後は，今回観察された算数に対する意識の変化が一時的なものではなく，どの程度継続するのかを検討する必要がある．また，カラフル条件の一部のグループにおいては，プログラミングができる機会を提供したにもかかわらず，プログラミングを使って自分達の仮説を検証するのではなく，数字を既知の公式に当てはめて都合の良い結果を得ようとしていると考えられる活動が観察された．今回はこのような限界も見られたので，今後引き続き検討していきたい．

また，カラフル条件は，プログラムの辺を描画する処理が辺のどの部分を描くのかを可視化する効果もある．今回の発話分析では，児童は繰り返しを用いて正多角形を描いていた．繰り返しを用いて正多角形を描く場合，1 回の処理では 1 辺が描かれ，カラフル条件では 1 辺を描くたびに辺の色が変化する．この特徴は児童自身がプログラムを使って正多角形を描く際に，プログラムと描画された正多角形との対応を見出すことを支援する可能性がある．こうした可能性にも注目して今後検討を進めたい．

7. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 (17K17786; 研究代表者：遠山紗矢香) の支援を受けて実施された．また，本研究は静岡大学が実施する「人を対象とする研究に関する倫理審査」の承認を受けたものである．本研究に協力いただいた先生方や児童に記して感謝する．

8. 参照文献

[1] 文部科学省 (2017)．小学校学習指導要領 解説 総則編(平成 29 年告知)．https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_001.pdf (2020/04/22 参照)

[2] 内閣府 (2014)．第 3 章 成育環境｜平成 26 年版子ども・若者白書(概要版)．https://www8.cao.go.jp/youth/whitepaper/h26gaiyou/b1_03.html (2020/04/20 参照)

[3] diSessa, A. A. (2018). Computational Literacy and “The Big Picture” Concerning Computers in Mathematics Education, *Mathematical Thinking and Leaning*, 20(1), pp.18.

[4] 東京大学 CoREF 自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト (2017)．『協調学習 授業デザインハンドブック第 2 版―知的構成型ジグソー法を用いた授業づくり―』https://coref.u-tokyo.ac.jp/newcoref/wp-content/uploads/2017/05/handbook2_all.pdf (2020/04/20 参照)

[5] 向江理奈・遠山紗矢香・菊地寛 (2019)．小学生同士の協調的なプログラミング学習場面設計を目指した児童の多様性の調査．『第 44 回教育システム情報学会全国大会予稿集』，p.268

なぞかけにおける印象変化がユーモアに与える影響の日本語評価極性辞書に基づく検討

Examination of relationships between impression change and humor in Nazokake based on Japanese Sentiment Dictionary

関根壮汰，寺井あすか
Sota Sekine， Asuka Terai
公立はこだて未来大学
Future University Hakodate
aterai@fun.ac.jp

概要

2 つの概念の組合せによりユーモアが生起される「なぞかけ」を取りあげ，印象変化とユーモアの関連について検討した．本研究では，日本語評価極性辞書を用いることで単語印象を考慮したなぞかけ生成モデルを構築し，シミュレーション結果を用いた心理実験により，オチの提示による先行単語の印象変化と変化とユーモアの関連について明らかにした．その結果，先行単語そのものの印象とオチの提示による変化がユーモアに寄与している可能性が示唆された．

キーワード：なぞかけ，ユーモア，概念融合，単語評価極性

1. はじめに

ユーモアとは「おかしさ」「面白さ」という心的現象を表すものであり，人間関係やコミュニケーションを円滑にする等生活において欠かせないものである．そのため，人間らしい自然なインタラクションが可能なシステムの設計にはユーモアを扱うことができるシステムの構築が不可欠であり，ユーモアのメカニズムを明らかにすることは重要な課題であると考えられる．ユーモアには数多くの定義が存在するが，本研究では「おかしさ」「面白さ」を想起させるものと定義し，おかしさや面白さを想起させる言語表現を対象としたユーモア生起メカニズムの解明を目指す．

ユーモアを生起させる刺激の種類は画像，音楽や状況に対する不適切さに起因するもの等非常に多岐にわたるが，言語は多くのユーモアの伝達手段として使われている．言語自体がユーモア刺激となる事象は「言葉遊び」「駄洒落」「なぞかけ」など多数存在し，音韻的特徴を利用したものが多く，同音異義語が多い日本語はユーモアを含む言語表現に適した言語となっている．本研究ではユーモアを含む言語表現として 2 つの概念の組み合わせによりユーモアが生起される「なぞかけ」を取りあげ，意味表象変化とユーモアの関連について検討する．

なぞかけは与えられたお題 A に対し，B，C，C’ の 3 つの言葉を用いて「A とかけて B ととくその心は C/C’」という形式の文を考える遊びであり，意味的関連のない A，B に対し，各 A/B と関連を持つオチ C/C ’ の音韻的共通性により成立する (図 1)．ユーモア生起に関する不適合-解消理論では，「A とかけて B ととくその心は C/C ’」というなぞかけにおける A と B の不適合がオチ C/C ’ の音韻的共通性の提示により解消されることでユーモアが生起する説明され，不適合と解消と面白さの関係が心理実験により示されている（中村 2017）．さらに，なぞかけの意味構造を単語類似度として表現したなぞかけ生成システムを用いた実験では，C-C ’ の類似度が低く，C-A， C ’ -B の類似度が高いなぞかけにおいてよりユーモアが生起されることが示された (Terai， Yamashita 2018)．

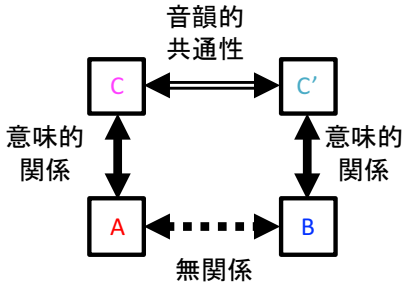


図 1 なぞかけ「A とかけて B ととくその心は C/C’」の意味構造

一方，オチ C/C ’ の提示により B のネガティブな印象へと変化する見劣り効果が，ユーモア生起に重要な役割を果たすことがアンケート調査に基づく実験によ

表 1　ユーモアに関する平均評定値と印象変化の相関係数（太字は 5%水準で有意な相関係数）

	ユーモア平均評定値との相関係数			
A/B の極性値	A の極性値	B の極性値	A ＋ C の極性値	B ＋ C ’ の極性値
全体	0.02	-0.05	-0.02	-0.02
A-高/B-高	-0.13	0.02	**0.18**	-0.10
A-高/B-低	**-0.24**	-0.10	-0.05	0.09
A-低/B-高	**0.20**	-0.15	-0.14	**-0.17**
A-低/B-低	**-0.18**	**0.32**	-0.12	**0.21**

り示唆されている（中村他 2015）．そこで，本研究では日本語評価極性辞書 (東山他 2008) を用いることで単語印象を考慮したなぞかけ生成モデルを構築し，シミュレーション結果を用いた心理実験を実施することで，オチの提示による先行単語である A，B の意味表象の変化の推定を行い，意味表象の変化とユーモアの関連について明らかにする．

2. 単語印象を考慮したなぞかけなぞかけ生成モデル

なぞかけの意味構造 (単語間類似度) を考慮した先行システム (Terai， Yamashita 2018) に対し，日本語評価極性辞書 (東山他 2008) を用いることで，単語印象を考慮したなぞかけ生成モデルを構築した．日本語評価極性辞書では，単語に対し－ 1 から＋ 1 までの実数値が極性値として付与されており，値が－ 1 に近いほどネガティブ，＋ 1 に近いほどポジティブな印象を与える単語であると判断できる．単語印象を考慮したなぞかけ生成モデルは以下のステップにより，入力されたお題 A から「A とかけて B ととくその心は C/C ’」というなぞかけにおける，B， C，C ’としての名詞を出力することでなぞかけの生成を行う．なぞかけの生成手順は以下の通りである．

- 入力されたお題 A を Wikipedia の見出し語から検索し，A の本文かつ極性辞書に含まれる名詞を C 候補とする．
- Wikipedia の見出し語から C の候補と同音語でかつ極性辞書に含まれる名詞を C ’ 候補とする．
- C，C ’の候補に対し，A-C， C-C ’の類似度と各単語の極性値に基づき C，C ’としての名詞を選定する．
- C’ を Wikipedia の見出し語から検索し，C’の本文かつ極性辞書に含まれる名詞を B 候補とする．
- A-B， B-C ’の類似度と B の極性値に基づき B としての名詞を選定．

各名詞間の類似度として，Wikipedia コーパスに対し word2vec (Mikolov et al. 2013) を用いて推定された（ベクトルの次元数 50，文脈の最大単語数 10，5 回未満登場する単語を破棄）名詞ベクトル間のコサイン類似度を用いた．構築したシステムを用い，A，B の極性値を高/低，C， C ’の極性値を高/中/低と変化させ，先行研究 (Terai， Yamashita 2018) において最もユーモアが生起されることが示された C/C ’の類似度が低く，C/A， C ’/B が高いなぞかけに限定し，なぞかけの生成を行なった．

3. 評価実験

評価実験を被験者 20 名にて実施し，システムにより生成された 180 種類（A，B の極性値 : 高・低，C，C’ の極性値 : 高・中・低の 36 パターン，各 5 種類）のなぞかけに対し面白いか否か (ユーモア) について 7 件法にて評定させた．先行単語である A， B の印象変化として，オチが提示された後の各単語の印象を A/B の極性値と C/C ’の極性値の和により推定し，ユーモアに関する平均評定値と印象変化の相関を求めた（表 1）．その結果，A の極性値が低く，B が高い場合，B と C ’の極性値の合計とユーモアの間に有意な負の相関，B の極性値とユーモアの間にも負の相関が見られる．一方，A と B の極性値がともに低い場合，B と関連するオチ C ’の極性値の和とユーモアの間に正の相関が見られたが，B の極性値とユーモアの間に強い正の相関が見られる．しかし，A と B の極性値がともに高い場合，A の極性値とユーモアの間に負の相関が見られるにも関わらず，A と関連するオチ C の極性値の和とユーモアの間に正の相関が見られた．

4. 考察

オチの提示による「見劣り効果」(中村 他 2015) は A の印象が悪く（極性値が低く），B の印象が良い（極性値が高い）時にのみ確認された．一方，先行単語の印象がどちらも悪い場合，オチの提示による印象の向上がユーモアに寄与している可能性が寄与されたが，どちらも先行単語自体の印象がユーモアに影響し

ていることが示唆される．しかし，先行単語の印象がどちらも良い場合，先行単語の印象に関わらず，オチの提示による印象の向上がユーモアに寄与していることが示された．以上より，先行単語の印象によりなぞかけを構成する単語の印象，オチの提示による印象変化がユーモアに与える影響は異なり，特に先行単語の印象がともに良い場合，オチの提示による印象の向上とユーモアの関係が示唆された．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 16H02835, 19K12121 の助成を受けたものです．

文献

[1] 東山昌彦， 乾健太郎， 松本裕治．（2005）述語の選択選好性に着目した名詞評価極性の獲得， 言語処理学会第 14 回年次大会論文集. 12(3)， pp. 203-222.
[2] Asuka Terai， Kento Yamashita. (2018) Cognitive Mechanism of Humor in Riddles: Examination of Relationship between Humor and Semantic Structure of Riddles. Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS). pp. 1421-1426.
[3] 中村太戯留. (2017) 隠喩的表現における面白さと三大理論の関係の検討. 日本認知科学会第 34 回大会. P2-29.
[4] 中村太戯留， 松井智子，内海彰. (2015) 隠喩的表現における面白さと見劣り効果の関係の検討. 日本認知科学会第 32 回大会. P3-20.
[5] Tomas Mikolov， Ilya Sutskever， Kai Chen， Greg S Corrado， Jeff Dean. (2013) Distributed representations of words and phrases and their compositionality. Advances in Neural Information Processing Systems 26， pp. 3111-3119.

木工作品の制作プロセスの分析：個性的な作品はどのようにつくられるのか？
Analysis of the production process of woodwork: How are the unique works made?

山本 尚樹
Naoki Yamamoto

立教大学・武蔵野美術大学
Rikkyo University/ Musashino Art University
gk270259-3632@tbe.t-com.ne.jp

概要

本研究では，ろくろ挽きという同じ木の加工技術を用いつつも，異なる作風をもつ木工作家２名の制作過程について，道具に着目しながら制作の様子を分析した。その結果，制作物に応じて，作家が道具を設えていること，また制作プロセスに質的に異なる変動が見られた.

キーワード：木工，道具，身体

1. はじめに

作品を制作するということ，特に自らの名前を出して活動を行う作家が，他と差別化された独自の作品を作り続けるというプロセスには，どのようなことが関わるのであろうか.

岡田・横地・難波・石橋・植田（2007）は，現代美術領域を対象にした研究で，作家が独自の作品作りを続けていくためには，その作家の一貫した創作活動のフレームワークとして働く創作ビジョンや，一連の作品シリーズの制作のための個々の表現技法などが制作プロセスに強く関わることを示している．これらの創作ビジョンや表現技法は作家のアイデア，つまり作家の内的，かつ認知的なプロセスに関わるものと考えられる.

その一方で，作品を制作するにあたっては，身体行為を通して作品の素材やモチーフなどに関わる必要がある．これに関して，野中・西崎・佐々木（2010）は一枚のデッサンを仕上げるという短期的な時間スケールにおいて，画面，モチーフへの向き合い方のストラテジーが，制作プロセスが進むにつれ変化していくことを示している．この研究は，作家間の違いなどには焦点が当てられていないもの，個々の作品制作において環境と関わる身体の具体的な振る舞いの一端が示されていると言える.

このように，独自の作品作り，もしくは作品制作における，創作ビジョンなどのアイデア，作家の身体の振る舞いについて，研究がなされてきている．本研究は，野中・西崎・佐々木らの研究同様，身体性に着目しつつも，この研究で着目されていなかった，身体と道具の関りに着目した研究を行う．特に，個々の作家の作品制作プロセスに，道具やそれを用いる身体行為がどのように関わるのか，分析していく．こうした目的のもと，ろくろ挽きという同じ木の加工技術（木材を旋盤に固定し刃を当てて加工する技術）を用いつつも，異なる作風をもつ木工作家 2 名の作品制作プロセスについて，特に道具に着目しながら分析を行った.

2. 方法

2.1 分析データ

2016 年 4 月から，2019 年 8 月まで，同じろくろ挽きという技法を用い，木工作品を制作する地方在住の作家，K（男性４０代男性），T（３０代男性）の工房を複数回訪れた（年齢は撮影当時）．なお，2 名はともに同じろくろ挽きの研修所で基礎コース 2 年，専門コース 2 年の修業カリキュラムを納めており，修業時期も重なっているため互いに面識がある.

訪問回数は K：4 回， T：3 回である．2016 年に K を 2 回訪問した以外は，基本的には 1 年に 1 回訪問した．それぞれの訪問における撮影日数，時間は作家と相談しながらその都度調整した．撮影の際には，木工の制作プロセスについて研究したいとの旨を伝え，口頭にて了承を得た．また，本発表に際して，写真や映像資料の使用，作業工程などの情報の公開について，改めて了承を得た.

工房では，主に普段の制作の様子を撮影したが，制作方法や道具についての関する聞き取り調査も行い，その一部始終も撮影した. 制作の様子を撮影する際に，樹種や道具など，その時に確認が必要なことがある場

合は作業の邪魔にならないように配慮しつつ研究者から質問することがあった，他にも，作家から積極的に説明してくれることもあったが，そのまま応答した．撮影は 1 日のこともあれば，2 日に渡ることもあり，撮影時間は大きく異なっている．また，工房やその場の状況に応じてカメラも固定 1 台，手持ち 1 台で，同時に 2 台で撮影することもあれば，どちらか 1 台で撮影することがあった．撮影時間はのべ K：約 21 時間，T：約 16 .75 時間であった．

数年にわたる撮影のなかで，作家はサイズなど異なる複数の種類の木工作品が制作していた．実際，取材した作家は，出展の際にはいくつかの異なる種類のアイテムを並べる．本研究においては，K と T，互いが制作しておらず，各作家を特徴づけていると思われる以下の作品の制作プロセスを分析することにした．

K：非常に多くの樹種の木材からつくられる直径 5 ㎝に満たない蓋つきの小箱（図１）．

T：日常的に用いることの出来る，形の揃った漆塗りの器の木地の制作工程（図２）．

これらを制作している様子が撮影された映像資料のうち，撮影の条件が整っている以下の映像資料を分析の対象とした．今回は以下の制作プロセスの映像を分析した（図３）．

K：2017 年 8 月 1 日　小箱 9 個の完成まで（2 時間 55 分）

T： 2017 年 8 月 21 日　椀の内側の成形 26 個（2 時間 40 分）

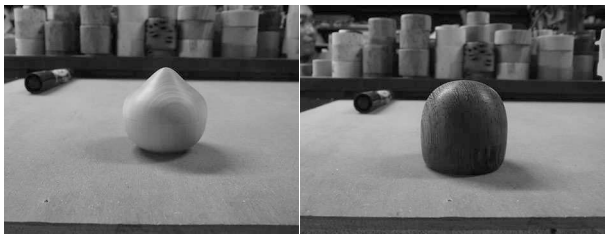


図１　撮影中 K が作成した小箱

図２　撮影中 T が作成した椀の木地（左）と T の漆塗り椀（右，研究者所有）

図３　K の制作の様子（上）と T の制作の様子（下）

他，制作過程について，どのような工程を踏んでいるのか，どのような道具を使用しているのかなどの情報については，別の日に撮影された映像資料も適宜参照した．

2.2　分析方法

K，T の制作プロセスについては，1 個の加工に要した時間を計測した．計測にあたっては次の方法を用いた．それぞれの材に最初に鉋が触れて削り始めた時点を開始点，ヤスリがけなどの仕上げにあたる作業でヤスリなどが材から離れ加工が終わった時点を終了点とし，コマ送りなども用いながらそれぞれの時点を秒単位で特定し，その間を所要時間とした．また，ヤスリがけなどの仕上げ作業を行い，一度ろくろから材を外した後で，確認作業などでしばらく時間が空いた後，作業を再開することがあった．その際には，一度目のろくろ作業の削り終わり時点から，2 度目のろくろ作業の削り初めの時点の間は所要時間としてはカウントしなかった．

制作プロセスの大まかな流れについて，便宜的に作業内容の大きな区分けを行い，これを「大工程」とした.「大工程」は研究者が任意に区切ったものであるが，今回分析した個々の作家の制作プロセスについて，一部例外はあるもの（結果において詳述する）複数個にわたる制作プロセスにおいて一貫して確認されたものである．恣意的な区切りであるが，このように区切ることは作家の制作プロセスの大まかな流れ，作業内容を理解するにあたっては有用だと考えた.

その上で，大工程において具体的にどのように細かい制作工程が踏まれていたか，K，T の複数の制作プロセスの中から所要時間を基準にいくつか抜き出し，分析を行った．抜き出しを行った基準については，「結果と考察」にて示している.

制作の様子を分析するにあたっては，ろくろ挽きに大きく関わる，以下の道具に焦点を当てた.

鉋：棒状で先が刃になっており，いくつかの種類がある．分析，表記の都合上，小刀や紙ヤスリなどのその他の切削，研磨道具もここに含めている.

馬：挽くときに鉋の柄を置き，支点となるもの．馬は鉋を砥ぐ時にも用いられるが，これについて今回は分析しない.

ハメ：旋盤に取り付け材を固定するためのもの.

また，ろくろについては，回転方向を変えることができるため，これについても記録した．具体的には，以下の通りである.

正回転：ろくろを正面から見たときに反時計回りになる回転，制作者から見ると上から下に向かって材が回転する.

逆回転：ろくろを正面から見たときに時計周りになる回転，制作者から見ると下から上に向かって材が回転する.

なお，今回分析した映像資料では後にどの鉋を使用したか特定しやすいように，作家の邪魔にならない場所に色付きテープを貼った.

映像中の制作過程について，鉋（ヤスリなど含む）を材にあてて挽き始めてから，鉋などを，体を引くなどの動きを伴い，材から大きく離すまでを秒単位で特定し，これを 1 つの「作業単位」として特定した．1 つの作業単位は，例えば撮影者から見て左から右へ鉋を動かすなどの複数のストロークからなる．ただ，ストローク単位で記録すると分析や表記が煩雑になるため，今回の研究ではこのような「作業単位」を最小の分析単位にすることとした．その上で，各「作業単位」について，以上の 4 項目，つまり使用した鉋，馬，ハメ，回転方向ついて記録を行った.

「作業単位」について，同じ「鉋」「馬」「ハメ木」の使用が続いている場合は，それらを「小工程」としてまとめ，切削・研磨部位などの作業内容を記録した．逆に，「鉋」「馬」「ハメ木」のどれかが異なる場合は，基本的に別の「小工程」とみなした．また，「小工程」内で，材を見る，触るなどの作業単位間での確認作業が行われていることがあり，これも記録した．表記の仕方と定義は以下である.

見：体全体を引く，覗き込むなどの身体動作を伴いながら，削っている材を見るが，後に述べる材を触る動作は行っていない.

触：削っていた部分に手を伸ばし，触る．そのため，身体動作としては材を見ることが伴うことがある.

その他：他，特定の器具などを用いた，各制作プロセスに応じた確認作業がある．これらもどのような確認作業を行っていたか分かるよう記録した.

ここまでに述べてきた大小さまざまな分析単位について整理すると，「大工程」は複数の「小工程」で構成され，「小工程」は「作業単位」から構成されている，という関係になる.

3. 結果と考察

3.1 制作工程の大まかな流れ

まず，作業に要した時間や，制作プロセスの大まかな流れや大工程にそって確認する.

3.1.1 K の制作工程の流れ

今回の分析したのは，円柱状に加工した木材を，二つの対になるように適当な長さに切断したうえで中をくった「粗挽き」がなされた材，9 つを，最終的な形にまで成形する工程である．材木はすべて縦木取りで，ウェンジ，ハワイアンコア，ネープルなど，すべて異なる樹種であった．この制作プロセスについて，大工程としては以下の 5 つに分けられると考えられた．この大きな工程は一部の例外を除いて，工程の入れ替えなどは見られなかった.

１．上蓋の内側を挽く　２．下の立ち上がりを作る
３．上蓋と下を同時に作る
４．立ち上がりを調整する　５．下の内側を挽く

（図４）

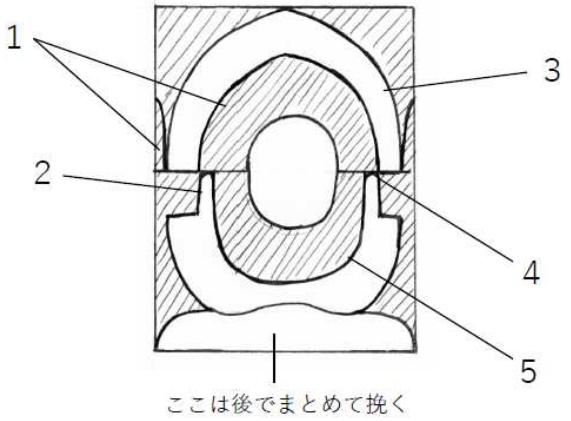


図４　K の大工程ごとの切削，研磨部位

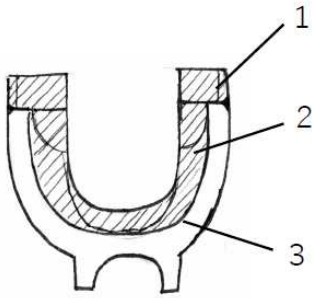


図５　T の大工程ごとの切削，研磨部位

１～５の工程を続けて行い，9 つ全て成形したうえで，底の部分をまとめて順番に削っていくという手順を踏んでいた．この１～５の工程について，中断なく撮影されたのは 9 個中 7 個であり，この 7 個について作業に要した時間は，平均 744 秒（*SD* =114.1）であった．

3.1.2　K の制作工程の流れ

今回分析したのは，お椀の形状の内側の部分の成形過程である．外側の部分はすでに成形済みであり，T は連続して内側だけを挽いていた．材木はすべてケヤキ，縦木取りであった．この内側を挽く制作プロセスについて，大工程としては以下の 3 つに分けられると考えられた．

１．予めつけておいた目印に高さを合わせ削る
２．内側の形を決める
３．内側を均す　（図 5）

以上の工程について，映像の中断なく撮影されたのは 21 個であり，この 21 個についての作業時間の平均は 263 秒（*SD* ＝50.4）であった．

図６　撮影中 K が用いていた鉋

図７　撮影中 T が用いていた鉋

3.2　使用されていた道具

以上の制作プロセスについて分析を行う前に，用いられていた鉋，馬，ハメのそれぞれの主要な道具について，特徴などを述べていく．

鉋は用途に応じて幾つか決まった種類の刃の形状がある（なお，鉋は同一の名称でも作家が自身でつくるため，形状は微妙に異なるはずである）．以下，鉋の種類のみを挙げる．今回分析した映像では，以下の鉋が用いられていた．

K：うら挽き，えぐり，丸ガンナ，丸シャカ，平シャカ（平シャカのみ異なるものを 3 本使用）（図６）
T：くり出し（うら挽きを兼用），えぐり，丸シャカ，平シャカ（図７）

他，木を切削，研磨する道具として，２名とも小刀，紙ヤスリを用いていた．ここで，それぞれの鉋について，用途などを説明しておく．

シャカ：薄く材を削り取る刃で，仕上げなどの作業に関わる鉋である．大きく形を削りだした後，小刀，

ヤスリで表面を仕上げる前に，シャカを用いて残った削りの跡を削って均して整える，厚さを微妙に薄くするなどの用いられ方をしていた．「平シャカ」は刃が直線であり，「丸シャカ」は刃にアールがつけられている．

シャカ以外の鉋は，材木を大きく削り成形するために用いられる．作家の説明などを踏まえ，各カンナの特徴などを示しておく．

えぐり：主にお椀などの内側を垂直方向に掘りだし，深さを出すために用いられる．

うら挽き：お椀の外側や内側をくる際に用いることができるなど，形を作る際のオールマイティな刃とされる．材木を挽く際には，材木の中心から外側へと刃を滑らせていく．

くり出し：刃の形状や向きはうら挽きとほぼ同じであるが，くり出しは角度などが浅く，お椀の内側などをくり出すのに適しているとされる．ただ，形状がほぼ同じということもあり，くり出しを用いていた T は，うら挽きと特に区別して使い分けなどしていないとのことだった．

丸ガンナ：他の鉋と違い，両方に刃がついている．うら挽きのように刃のアールの部分を木材に当てて削っていくが，K はえぐりのように刃先から材に当てて木を削ることもあるとのことであった．

馬については２人とも，高いものと低いものの両方を所有しており，各作家が所有していた低い馬，高い馬の各部位を計測した．各部位の長さなどはまちまちであったが，鉋の柄をのせる部分について，低い馬の場合は 2 名の作家で高さがおおよそ 130 ㎜と共通していた．一方，高い馬について，柄をのせる部分の高さは，それぞれおおよそK：160 ㎜，T：155 ㎜と異なっていた．このように，低い馬の高さは 2 名で共通しているが，K によると旋盤の回転軸の高さと合わせられているとのことであった．

今回分析した映像資料において，K は先に挙げた大工程の１．と５．つまり内側を挽く際には低い馬を，２．３．４，つまり外側を挽く際には高いものを一貫して用いていた．T は高い馬のみ用いていた．内側と外側，両方の成形を同時に挽いていく K は馬の入れ替えが必要であったが，内側のみをまとめて挽いていく T はそうした入れ替えが必要ない．

ハメにはいくつかの種類がある．取材中に確認されたものとして，釘打式，バキューム式，ハメのくぼみに直接材をはめこむもの（ここでは仮に直接式と呼ぶ）がある．このハメについても，作家自身が作るため，様々な形状がある．このハメについても，作家は複数種類をもっているが，今回分析した映像資料では以下のハメが用いられていた．

K：小箱を作る際には，直接式のハメに，木製のバットを作る際に出てくる円柱状の端材をとりつけ，このバットの刃材の部分を，加工する材の直径に合わせて内径を適宜調整しながら用いていた．そのため，ハメを削って調整，使用していくため，直径の小さな木材からより大きな木材と，順番に作っていくという工程を踏んでいた．こうした手順を踏む方が最も効率よく，無駄がないからである．なお，同年には K が皿を作る様子も撮影したが，その際にはバキューム式を用いていた．

T：撮影時，椀の内側を挽く際には直接式のハメを用いハメの内径を調整することはなかった．なお，椀の外側を挽く際には釘打式を用いるとのことであった．また，2018 年 8 月撮影時，皿を挽く際に T はバキューム式を用いていた．ただ，この時にもハメを挽いて形を調整することはなかった．T の場合，連続して同じ部位を同じ形状に引いていくためハメの付け替えや，加工中の調整は必要ないのだろう．

以上，特にハメや馬などを見ると，K，T が現在制作しているもの，もしくは工程に合わせて自分の制作物に合わせて道具をそろえていることが分かる．道具を入れ替えることは，単純にその分時間のロスとなり，多くのものを効率よく制作するのに妨げになる．そのためには，例えば T のようにハメや馬を入れ替えず同一の工程を連続して行うなど，ある程度同一の作業をまとめて行うことが重要なのであろう．その一方で，K は小箱を作る際に，馬の入れ替えを行い，一つの小箱について内側と外側の成形をまとめて行っている．これは，それぞれ微妙に直径が異なる木材を加工し，その都度ハメのほうを調整する必要があるということから，内側と外側の成形を続けて行い，１つの小箱全体の形を作っていったほうが，効率よいという事情があると考えられる．

K, T ともに比較的小さな作品は数を多く作るという要請がある一方で，K はサイズ感は同じだが微妙に大きさの異なる材で小箱という蓋物をつくる，T はほぼ同一の形状のものをつくる，という制作物に応じたそれぞれ異なる要請があり，それらに即して工程や道具立ての工夫をしていると言える．

			5ウェンジ（短）					6ハワイアンコア（短）					9ネープル（平均　727秒）					3アマレロ（長）			
大工程	番号	小工程	単位	鉋		回転	馬	作業秒数と確認作業	単位	鉋		回転	馬	作業秒数と確認作業	単位	鉋		回転	馬	作業秒数と確認作業	単位	鉋		回転	馬
1上蓋の内側を挽く	1		＊鉄棒で上蓋の深さを決める						＊鉄棒で上蓋の深さを決める						＊鉄棒で上蓋の深さを決める						＊鉄棒で上蓋の深さを決める				
	2	蓋外側の下を挽く	1	うら挽き		正	低	5	1	うら挽き		正	低	7	1	うら挽き		正	低	6	1	うら挽き		正	低
	3	内側の穴を広げる	1	うら挽き		逆	低	7	1	うら挽き		逆	低	6	1	うら挽き		逆	低	見触4	1	うら挽き		逆	低
	4	内側の穴を深く挽く	2	えぐり		逆	低	1●10	3	えぐり		逆	低	●6●9●2	1	えぐり		逆	低	●7	1	えぐり		逆	低
	5	〃													1	**まるガンナ**		逆	低	●17					
	6	内側をシャカで均す	1	むかいシャカ		逆	低	●13	**2**	むかいシャカ		逆	低	●研17触7	1	むかいシャカ		逆	低	触研14	**2**	**丸シャカ**		逆	低
	7	エッジを取る	1	平シャカ１		正	低	触5	1	平シャカ１		正	低	6	1	平シャカ１		正	低	11	1	平シャカ2		正	低
	8	内側を小刀で均す	1	小刀		正	低	研6	1	小刀		正	低	5	1	小刀		正	低	研14	1	小刀		正	低
	9	内側をヤスリがけ	**2**	紙ヤスリ		正/逆	無	2 3触	1	紙ヤスリ		正	無	5触見	1	紙ヤスリ		正	無	10触見	**2**	紙ヤスリ		正/逆	無
	10	再:内側をシャカで均す																							
	11	再:エッジを取る																							
	12	再:内側を小刀で均す																							
	13	再:内側をヤスリがけ																							
2下の立ち上がりを作る	14		＊鉄棒で下側の深さを決める						＊鉄棒で下側の深さを決める						＊鉄棒で下側の深さを決める						＊鉄棒で下側の深さを決める				
	15	立ち上がりの形を挽く	1	うら挽き		正	高	7	1	うら挽き		正	高	7	1	うら挽き		正	高	6	1	うら挽き		正	高
	16	立ち上がりの調整	5	平シャカ１・２		正	高	◆研9◆研8◆2◆3◆3◆	5	平シャカ１ 2		正	高	◆研6◆7◆2◆2◆2	5	平シャカ１		正	高	5◆3◆4◆5◆2	**4**	平シャカ		正	高
3上蓋と下を同時に挽く	17		＊ティッシュをかませて上蓋をはめる						＊上蓋をはめる						＊上蓋をはめる						＊ティッシュをかませて上蓋をはめ				
	18	全体を挽いて形を作る	1	うら挽き		正	高	研62	1	うら挽き		正	高	37	1	うら挽き		正	高	研50	1	うら挽き		正	高
	19	再:立ち上がりの調整																							
	20																								
	21	再:全体を挽いて形を作る																							
	22	シャカで全体を均す	2	平シャカ１		正	高	研32触14	2	平シャカ１		正	高	研23見触15	2	平シャカ１		正	高	研32見触研33	**4**	平シャカ１/3		正	高
	23																				＊一度小刀で均した後平シャカの触				
	24	全体を小刀で均す	2	小刀		逆/正	無/高	研11　10	2	小刀		逆/正	無/高	研12　15	2	小刀		逆/正	高/高	研17　12	2	小刀		逆/正	高/高
	25	全体をヤスリがけ	1	紙ヤスリ		正	無	6	1	紙ヤスリ		正	無	13	1	紙ヤスリ		正	無	16	1	紙ヤスリ		正	無
	26	再:全体を小刀で均す																							
	27	再:全体をヤスリがけ																							
4立ち上がりを調整する	28		＊上蓋をとる						＊上蓋をとる						＊上蓋をとる										
	29	立ち上がりを調整する	**1**	平シャカ２		正	高	◆研3◆	2	平シャカ１		正	高	4◆5◆	2	平シャカ		正	高	4◆研2◆					
	30	立ち上がりを均す	1	小刀		正	高	4	1	小刀		正	高	4	1	小刀		正	高	研4					
	31	立ち上がりをヤスる	1	紙ヤスリ		正	無	2	1	紙ヤスリ		正	無	3	1	紙ヤスリ		正	無	6					
	32	上蓋と下をヤスリがけ	1	板ヤスリ		正	無	6	1	板ヤスリ○		正	高	9	1	板ヤスリ○		正	無	8 2					
5下の内側を挽く	33	下の穴の内側を広げる	1	うら挽き		逆	低	▲3	1	うら挽き		逆	低	▲2	1	うら挽き		逆	低	▲6	**2**	うら挽き		逆	低
	34	下の内側を深く挽く	1	まるガンナ		逆	低	12	2	**えぐり**		逆	低	12▲5	3	まるガンナ		逆	低	14▲5▲触7	2	**えぐり**		逆	低
	35	〃							1	**まるガンナ**		逆	低	▲13							2	**まるガンナ**		逆	低
	36	内側をシャカで均す	**2**	むかいシャカ		逆	低	触1研15	1	むかいシャカ		逆	低	23	1	むかいシャカ		逆	低	研29	1	むかいシャカ		逆	低
	37	**内側を小刀で均す**	1	小刀		正	無	研7																	
	38	**内側をヤスリがけ**	1	紙ヤスリ		正	無	6																	
	39	立ち上がりエッジを取る	1	平シャカ2		正	低	3	1	平シャカ1		正	低	3	1	平シャカ1		正	低	6	1	平シャカ2		正	低
	40	内側を小刀で均す							1	小刀		正	無	研12	1	小刀		正	低	研11					
	41	内側,立ち上がりをやする	1	紙ヤスリ		正	無	2	1	紙ヤスリ		正	無	10	1	紙ヤスリ		正	無	10					
4立ち上がりを調整する	42	**立ち上がりを調整する**																			1	平シャカ１		正	高
	43	**立ち上がりを均す**																			1	小刀		正	低
	44	**立ち上がりをヤスる**																			1	紙ヤスリ		正	無
	45	**上蓋と下をヤスリがけ**																			1	板ヤスリ		正	無
5下の内側を挽く	46	**内側を小刀で均す**																			1	小刀		正	低
	47	**内側立ち上がりをやする**																			1	紙ヤスリ		正	無
		その他の確認などの作業とその記号表記																							
		●鉄棒で上蓋の深さを見る	◆上蓋をはめて見る					○削る際に上蓋を左手指で押さえる						▲下側の深さを鉄棒で見る	＊個別に異なる作業内容										

図 8　K の制作プロセスの詳細

「作業秒数と確認作業」の欄の示されている数字は鉋などを材にあてていた秒数を示
い場合は 1 と表示した．また例えば「17 触 7」との表記は，17 秒鉋をあてた後，一
し，再度 7 秒鉋をあてる，ということを示している．なお秒数を示す数字の個数は，
位」数と一致する．

「番号」は本文中で言及する際に明確に指定できるよう割り当てた行の通し番号であ

3.3 制作プロセスと変動の分析

3.3.1 Kの制作プロセスの分析

作業時間が計測された 7 個のうち，作業時間が平均値に最も近かった「9. ネープル（727 秒)」作業時間が最も短かったものと次に短かったもの「5. ウェンジ（519 秒)」「6. ハアイアンコナ（609 秒)」，作業時間が最も長かったものと次に長かったもの「7, ワビャクダン（920 秒)」「3. アマレロ（869 秒)」の 5 つについて，制作工程を小工程，作業単位にわけて分析した．図 8 は分析の結果をまとめたものである．

ここでは，特に各材の加工プロセス間で，どこに違いが見られたのか，変動の数と質に着目して分析していく．

同一の小工程内において，作業単位数に違いが見られたものについては，その行にグレーをかけて示した．また，基本的に同一の小工程内において，３つ以上作業単位数が同じであるのたいして，単位数が異なる場合，その単位数は太字にした．なお，番号 4，5 の行，番号 34，35 の行に関しては，同一の作業内容を 2 つの異なる鉋を用いて行っている．これらについては作業単位数を合計し，同一の小工程とみなした．作業単に数の変動が見られた小工程は 13 であった．小工程の数の平均は 25.4 であったため，半数近い工程で作業単位の変動が見られたことになる．こうした作業単位の変動が見られた．こうした作業単位の変動が見られた小工程を見てみると，その多くは複数の作業単位からなっており，作業単位の合間に，触る，深さを確認するなどの確認作業が行われていることが多かった．

同一の小工程において，鉋の種類が異なることもあった．これについても，同一の小工程内において，３つ以上鉋が同じであるのたいして，鉋が異なる場合はその「鉋」の欄をマークした．先述べたように，番号 4，5，番号 34，35 の行に関しては，同一の作業内容を 2 つの異なる鉋を用いて行っているため，これについては 1 つ鉋の変動としてカウントした．結果，鉋の変動の全マーク数は 4 つ，鉋の変動が見られた小工程の数としては 3 つであった．

また，同一の小工程の繰り返しも見られた．これは「7. ワビャクダン」のみに見られた．該当する小工程の欄をグレーでマークしている．番号 10～13 で「内側をシャカで均す」から「内側をヤスリがけ」の工程，番号 19～21 で「立ち上がりの調整」から「全体の形を挽く」の工程，番号 26～27 で「全体を小刀で均す」「全体をヤスリがけ」の工程が，それぞれ繰り返されていた．

また，工程の入れ替えも見られた．工程の入れ替えの部分は，小工程の欄を黒でマークしている．具体的には，「5. ウェンジ」の番号 37～38 である．他の材では「立ち上がりのエッジを取る」のあとに，「内側を小刀で均す」「内側をやする」作業が続いていたのに対して，「内側を小刀で均す」「内側をやする」の作業を先に行い，その後に「立ち上がりのエッジを取る」の作業が行われていた．このようにここでは大工程内での小工程の順序の入れ替えが見られた．

他にも，「3. アマレロ」では大工程の入れ替えが見られた．他の材では，「3 上蓋と下を同時に挽く」の大工程のあとに，「4 立ち上がりを調整する」の大工程が続いていたが，「３」の大工程の後に「5 下の内側を挽く」大工程に進んでいた．番号 36 の「内側をシャカで均す」小工程まで進めた後で，「４」の大工程に含まれる 4 つの小工程を行い，「5」の大工程の残りの小工程を済ませていた．

3.3.2 Tの制作プロセスの分析

中断なく制作プロセスが撮影された 21 個から，作業時間の最も短いものと次に短かったもの，平均秒数に近いもの 2 つ，作業時間が最も長いものと次に長かったもの，計 6 つを抜き出し，制作工程を小工程，作業単位にわけて分析した．図 9 は分析の結果をまとめたものである．K と同様，各木材の加工プロセス間で，どこに違いが見られたのか，変動に着目して分析していく．

同一の小工程内において，作業単位数に違いが見られたものについては，その行にグレーをかけて示した．また，基本的に同一の小工程内において，３つ以上作業単位数が同じであるのたいして，単位数が異なる場合，その単位数は太字にした．作業単に数の変動が見られた小工程は 10 であった．小工程の数の平均は 14.8 であったため，K より多い割合で作業単位の変動が見られたことになる．作業単位の変動が見られなかった小工程も含めて，T は全般的にどの工程においても触る，見る，鉄棒で深さを測るなどの確認作業を頻繁に行っていた．

			10　短い　208秒					17　短い　222秒					04　平均　259秒					12　平均　262秒					06　長い
大工程	番号	小工程	手数	鉋		回転	馬	手数	鉋		回転	馬	手数	鉋		回転	馬	手数	鉋		回転	馬		手数
1高さを合わせる	1	線に合わせ上を少し削る	1	平シャカ		正	高	1	平シャカ		正	高	1	平シャカ		正	高	1	平シャカ		正	高	10	**2**
	2	さらに上を取っていく	1	うら挽き		正	高	1	うら挽き		正	高	1	うら挽き		正	高	1	うら挽き		正	高	6	1
	3		コンパスで厚さを決める線を引く					コンパスで厚さを決める線を引く					コンパスで厚さを決める線を引く					コンパスで厚さを決める線を引く					コンパスで
2内側の形をきめる	4	内側上部分を広げる	1	うら挽き		逆	高	1	うら挽き		逆	高	2	うら挽き		逆	高	1	うら挽き		逆	高	11触	2
	5	内側の深さを決める	4	えぐり		逆	高	**3**	えぐり		逆	高	4	えぐり		逆	高	**5**	えぐり		逆	高	●1●1●2●1●1●	4
	6	内側を挽き厚みを決める	3	うら挽き		逆	高	3	うら挽き		逆	高	4	うら挽き		逆	高	4	うら挽き		逆	高	触3触10触2触2触	2
3内側を均す	7	シャカで内側を均す	1	丸シャカ		正	高	1	丸シャカ		正	高	**2**	丸シャカ		正	高	1	丸シャカ		正	高	33	1
	8	口縁をエッジを取る	1	平シャカ		正	高	1	平シャカ		正	高	1	平シャカ		正	高	1	平シャカ		正	高	触13	**2**
	9	底を小刀で均す	1	小刀１		正	高	1	小刀１		正	高	1	小刀１		正	高	1	小刀１		正	高	触研8	1
	10	底を小刀で押し均す	2	小刀１		手回し	無	1	小刀１		手回し	無	1	小刀１		手回し	無	1	小刀１		手回し	無	5触	1
	11	再:底を小刀で均す																						
	12	再:底を小刀で押し均す																						
	13	内側底から側面を均す	1	小刀２		正	無	1	小刀２		正	無	1	小刀２		正	無	1	小刀２		正	無	研14	1
	14	口縁を均す	2	小刀２		正	無	**3**	小刀２		正	無/高	2	小刀２		正	無	2	小刀２		正	無	2　2触	2
	15	内側、縁の外までやする	1	紙ヤスリ		逆	無	**3**	紙ヤスリ		逆	無	1	紙ヤスリ		逆	無	1	紙ヤスリ		逆	無	10	**2**
	16	再:縁をやする						1	紙ヤスリ＊		手回し	無	＊飛んだのを拾って触って確認する					＊外して触って確認					＊外して
	17	**高台の部分をやする**							＊ろくろから外している				1	紙ヤスリ		手持ち	無						＊見本と
	18	再:縁をやする											1	紙ヤスリ		逆	無						＊金具の
	19	再:シャカで内側を均す																						1
	20	再:底を小刀で均す																						1
	21	再:底を小刀で押し均す																						1
	22	再:内側底から側面を均す																						1
	23	再:口縁を均す																						1
	24	再:内側、縁の外までやする																						2
																								＊外して
		その他の確認などの作業とその記号表記																						
		●鉄棒で深さを見る	＊個別に異なる作業内容																					

図９　T の制作プロセスの詳細
表記法方法などは図 8 と同様である。

まだ，既に行った小工程の繰り返しが，「17　短い」「06 長い」「21　長い」において見られた．これについては，小工程の欄をグレーにかけて表記している．「17　短い」では，一度ヤスリがけをした縁の部分を再度ヤスリがけしていた（番号 16）．また，「24　長い」では，番号 11，12 において，1 つ前の小工程「底を小刀で均す」「底を小刀で押し均す」の工程を再度行っていた．また，「06 長い」「21　長い」では，「シャカで内側を均す」から「内側，縁の外までやする」の小工程について，「口縁のエッジを取る」以外を繰り返しおこなっていた．この小工程の繰り返しを行う前に，T は一度ろくろから材を外し作業を終えたかのようであったが，全体を触りながら確認作業を行い，厚みが気になるとの趣旨の発言をして，再度ろくろに材をはめ，器の厚みをとり，再度均すなどの作業を行っていた．

また，「04　平均」ではろくろ作業がほぼ終わった後，ろくろから材が飛んでしまっていた．T はキズが付いていないか確認したのち，この工程では加工をしていない高台の部分をヤスリがけし（番号 17，小工程の欄を黒にした），縁の部分を，再度ヤスリがけしていた（番号 18，小工程の欄はグレーをかけた）．

一方で，K に見られた同一小工程での異なる鉋の使用，大工程内の小工程の入れ替え，大工程の入れ替え，といった変動は見られなかった．

4.　議論

まず，制作に使用されていた道具についてまとめる．K と T は同じろくろ挽きという技法を用いていたが，鉋，馬，ハメ，それぞれについて使用していた道具が異なっていた．これについて，高低の馬の入れ替えの有無や，K に見られたバットの端材を用いたハメの工夫などは，例えば内側だけを連続して挽く，直径の異なる木材を複数個効率的に挽くなどの，各制作物の要請に応じた工程の進め方に対応した道具の設えと言える．また，鉋の種類も異なっていた．鉋の種類と制作物の関係性は今回十分に考察できなかったが，刃の形状が加工面と直接的な関係があることは作家の発言からうかがえることであった．今後は制作プロセスを事例的に分析することで，この点について明らかにしていきたい．他にも，今回は触れていないが，道具や材については他にも多くの工夫があるだろうことも，作家の発言からうかがえることであった．これについても，制作プロセスから具体的に示していきたい．

このように，制作物や工程によって用いられる道具が異なるという，ある意味では当然ともいえる結果が示されたが，本研究ではさらにそれらの道具を用いてどのように制作を行っていたのか，分析を行った．特に，各作家の複数の制作プロセス間に見られた変動を着目することで，以下のことが示された．

K：同一の小工程における作業単位数の変動，同一行程の繰り返しだけでなく，同一の小工程で用いる鉋の変動と，大工程，小工程の入れ替えが観察された．

T：同一の小工程における作業単位数の変動，同一行程の繰り返しのみ観察された．

T は同じ形のものを数多く挽くために，確認作業を幾度もはさみながら作業を進めていた．そのためか，同一の小工程内に多く発生していたと思われる作業単位数の変動や，同一の工程の繰り返しなど，形状の同一性や品質を担保するための作業の変動のみが見られ，また K と比べても多く発生していたと考えられる．

K は多くの小箱を効率よく挽くため，作業工程はほぼ固定されており，T と同様に品質を担保するための，作業単に数の変動や，同一の工程の繰り返しが見られた．一方，小箱の形や直径はその都度異なり，鉋の種類や工程を入れ替えるという変動も見られた．

一般に，変動性は身体スキルの巧拙を分析，図る際の指標とされる．例えば，熟練したスキルほど制作物が安定している，逆に，そうした熟達したスキルを支える身体の振る舞いは変動性が高い，といった具体である．これたいして，本研究では，先に見てきたように作家が制作物にたいして異なる道具を設えていることにくわえ，制作物に応じ，作家間で質の異なる変動が制作プロセスに見られるということが示唆される結果が得られた．

K と T の作品は見た目も用途も全く異なり，そこに優劣をつけることはできない．それと同じように，その作品をつくりだす制作プロセスは，K と T は質的に異なる変動を持った，つまり巧拙では比較しようのないものであったと考えられる．

文献

[1] 岡田猛・横地早和子・難波久美子・石橋健太郎・植田一博 (2007). 現代美術の創作における「ずらし」のプロセスと創作ビジョン　認知科学, 14, 303-321.

[2] 野中哲士・西崎実穂・佐々木正人(2010). デッサンのダイナミクス　認知科学, 17, 691-712.

読解力に及ぼす音読の効果

― 黙読との比較 ―

Are general reading skills enhanced by reading aloud or just reading textbooks before taking RST(reading skill tests)?

佐山公一
小樽商科大学
Kohichi Sayama (sayama@res.otaru-uc.ac.jp)
Otaru University of Commerce

本研究の目的は，日本語を使って社会生活を行う上での基礎的な能力として認知されてきている読解力が，事前の音読や黙読で改善されるかどうか，また，テスト時の音読で成績が変わるか否かを実験的に検討することである．

読解力を測るテストとしてリーディングスキルテスト（以下，RST と呼ぶ）が開発され，小学校から一般企業に至るまで幅広く利用されている．本研究では RST そのものをテスト課題とした．RST は，妥当性，信頼性が実験的に検討され，確認されてきている（新井，2019； Arai, Bunji，Todo，Arai，& Matsuzaki, 2018）．RSTの問題は，開発者自身によって作られ，7 つに分類されている．問題の中には，学習しさえすれば誰でも（AI でも）解ける問題から，大人でも間違え，AI には解決できない問題まである（新井, 2019）．前者には，文の係り受け関係を正しく認識できるか（係り受け解析），指示対象を正しく判別できるか（照応解決），あるいは，単語や文型の違いから 2 つの文の意味が同じかどうかを判定できるか（同義文判定），といった問題がある．後者には，表現を読んで新しい知識を獲得できるかどうか（推論），表現からイメージを想起できるかどうか（イメージ同定），表現が表す具体的な状況を想起できるか（具体例同定［辞書］，具体例同定［理数］），といった問題がある．

本研究では，RST と同じ難易度[1]と考えられる中学 3 年の教科書ガイドを事前に音読または黙読することによって，また，RST の問題文そのものをテスト時に音読または黙読することによって，上記の能力からなる読解力が向上するかどうかを実験的に検討した．その際，音読と黙読を比較することで，これまで認知心理学や脳科学で蓄積されてきた音読，黙読に関する知見を援用しながら，RST の問題の解決時に，音読や黙読がどのような効果を持つか，RST が測っているとされる能力が音読や黙読によってどのように変わるか，などを調べる．

方法

参加者　大学生 103 名が参加した．

手続き　実験はすべて LL 教室で，集団で行われた．参加者は 6 つの群に分けられた．学習課題では，音読を行う群と黙読を行う群，事前には何も行わない“学習なし”群の 3 つに分けられた．次に，テスト課題である RST の受検時では，問題を音読しながら解く群と通常通り黙読で解く群の 2 つに分けられた．学習課題 3 群（音読，黙読，なし），（RSTの）テスト課題 2 群（音読，黙読），合わせて 6 群のいずれかの群に参加者は分けられた．

学習課題において音読を行う参加者は，RST 受検 10 日前，7 日前に 40 分ずつ，音読を行った．参加者は，LL 教室で，中学 3 年生の国語（日本教材システム, 2018a），数学（日本教材システム, 2018b），理科（文理, 2018），社会の教科書ガイドをそれぞれ 10 分ずつ（社会は，歴史[新興

[1] RST の能力値は中学 3 年生の学力テストの成績と中程度（.4 から.6）の相関がある（新井，2019）．

出版社, 2018a]，地理[新興出版社, 2018b]，公民[新興出版社, 2018c]の教科書ガイドを3分33秒ずつ）声に出して読んだ．参加者はできるだけ注意深く正確に音読するよう教示された．参加者はヘッドフォンを装着し，音読を行っている間，マイクを通して自分の音読した声を聴いた．また，黙読を行う参加者は，音読の代わりにすべて黙読で，音読の参加者と同じ教科書ガイドを読んだ．学習なしの参加者は事前には何も課されなかった．

テスト課題 RST で音読を行う参加者は，ヘッドフォンを装着し，音読を行っている間，マイクを通して自分の音読した声を聴いた．黙読を行う参加者は，通常通り RST を受検した．テスト課題のいずれの参加者も自分のペースで行った．

テスト課題を始める前にまず，RST が，一般に公開されているもので，小学生から社会人まで幅広い年代の人が受検していることが説明された．また，RST を，人が文章をどのように理解するかを調べる目的で行う旨，教示された．

テストの最後に，個人的な評価が示されるが，最後に画面に表示される個人的な情報は，分析では一切使用せず，また，個人が特定されるような分析も行わないこともあわせて説明された．

中学校で習ったいろいろな科目の問題が，順不同で出てくるが，参加者は，問題や注意書きをよく読み，一つ一つ丁寧に解答するよう言われた．その際，早く解こうとするのではなく正確に解くこと，また，解答時間が極端に長いと，解答中でも次の問題に移ることがある旨強調された．

問題文の中に，習ったことのない言葉が現れることもあるが，注意深く読めば必ず答えを出すことができるようになっていること，また，知識を問うテストではないことも説明された．

参加者は，各自自分のペースで RST を行うよう言われた．解答は，マウスのクリックで行い，解答以外の操作は行わないよう教示された．

すべての問題の回答に要する時間は，およそ40分程度であると知らされた．

実験計画　事前の課題（音読，黙読，学習なし），テスト時の課題（音読，黙読）の2つを参加者間要因とした．また，参加者をランダム要因とした．

結果と考察

参加者のパフォーマンスが相対的かつ客観的に数値化されている偏差値（全体）を分析した．偏差値（全体）を，RSTの7つの下位項目，係り受け解析，照応解決，同義文判定，推論，イメージ同定，具体例同定（辞書），具体例同定（理数）それぞれについて分散分析した．

学習課題では，推論の主効果（$F(2, 97) = 2.52$, $p < .09$），具体例同定（理数）の主効果（$F(2, 97) = 2.84$, $p < .06$）に有意な傾向が認められた．実験に参加した大学生は，大学生と社会人の過去の RST 受検者の集団の中で平均を少し上回る偏差値 55 前後であったが，全員が熟達した学習者と考えられる．参加者は，教科書ガイドを事前に黙読，または音読することによって，問題の解き方を思い出すことができた．ただし，黙読すれば十分で，音読との差は認められなかった．偏差値（全体）は，推論では，音読 62.9，黙読 61.0，学習なし 59.6 であった．また，具体例同定［理数］では，音読 62.1，黙読 62.7，学習なし 60.0 であった．

テスト課題（RST）では，係り受け解析（$F(1, 97) = 9.90$, $p < .002$），照応解決（$F(1, 97) = 8.53$, $p < .004$），同義文判定（$F(1, 97) = 5.89$, $p < .02$），イメージ同定（$F(1, 97) = 4.39$, $p < .04$）で有意な主効果が認められた．いずれも音読よりも黙読の方が，偏差値（全体）が有意に高かった．学習しさえすれば誰にもできる簡単な問題が，音読をすることによって，逆に理解が阻害された様子がうかがえる．熟達した学習者は，黙読をすることで，重要な部分に注意を向け，そうでないところを読み飛ばすスキルを持っている（高橋，2013）．本実験の参加者は，音読することによって，このスキルを使うことができなくなったように見受けられる．

7 つの下位項目の中で，唯一，照応解決で，学習課題とテスト課題の交互作用が認められた（$F(2, 97) = 5.11$, $p < .008$）．

読解力の7つの項目に対して主成分分析を行ったところ，2 つの主成分が抽出された．第 1 主成分，第2主成分と各項目との相関係数を重みの係数とみなし，第 1，2 主成分に対する読解力を合成し，分散分析したところ，第1主成分では，学

習課題の主効果に有意な傾向（$F(2, 97) = 2.64$, $p < .08$），テスト課題の主効果に有意差（$F(1, 97) = 5.56$, $p < .02$）が認められた．一方，第2主成分では，学習課題の主効果にはまったく差がなく（$F(1, 97) = 0.00$, $p > .99$），テスト課題の主効果のみが有意（$F(1, 97) = 8.88$, $p < .004$）となった．

第1主成分は，推論や具体例同定（理数）に現れる，問題の解き方に関わる成分と考えられる（佐山，2019）．解き方をすでに獲得している人が，事前に再学習することによって，問題を再び解けるようになるため，もともと獲得していない人との間に，学習課題で差が生じた，と説明される．第1主成分は，新井（2019）の説明する，AI には学習できない読解力と考えらえる．

第2主成分は，係り受け解析，照応解決，同義文判定などといった，AI も学習でき，学習しさえすれば誰でも身につく能力を反映していると考えられる．本研究の参加者は，すでにこの能力を十分身につけていたので，テスト時の音読はかえって理解を阻害する結果になった．もしこの能力を学習していない（学習できない）人であれば，問題文を音読することによって注意力を高めることができ，音読の効果が認められたのかもしれない．

RST は，すでに読解力を身につけていると考えられる人が受検するのと，読解力を身につけないまま大学生や社会人になったと思われる人が受検するのとでは，意義が異なるかもしれない．後者のタイプの人であれば，社会で生きていくうえで欠けている能力を発見するのに役立つ．

前者のタイプの人でも，RST の受検は，すでに獲得している能力を顕在化させる意味がある．現在，大学では，対面授業だけでなく，リアルタイムの遠隔授業や，オンデマンド動画の授業がある．授業形態の多様化に伴い，学習者の注意力を持続させる方法論の開発が求められている．授業の間，集中力を途切れさせずに聞き続けるには，興味や学ぶ動機，それに，注意力の持続が必要である．興味や動機を高めることは難しいが，注意力の持続は，RST を行うことで，自己点検させることができる．

熟達した学習者も音読をすることがある．どのような場合に音読を使うかを考えることで，熟達した学習者も音読によってさらに読解力を上げることができるかもしれない．音読は，字面をそのまま覚えたり，問題の理解に必要な文や語句を，そのまま短期記憶にとどめたりする（高橋，2013）．また，音読は，複雑な文法構造の理解を促進する．RST の問題は，中学3年の教科書レベルで，複雑な文法構造の問題はない（新井，2019）．熟達した学習者にとって，RST の受検は，問題の解き方を長期的に維持するのに役に立つかもしれない．

総合的考察

本研究の学習時の結果とテスト時の結果がどのような意味を持っているかを，これまでの研究と関係づけて考えてみることにしたい．

本研究の学習時の結果から，教科書ガイドの音読も黙読も，解き方を思い出す効果があった．このことは，読解力が，認知技能や運動技能と同じで，一度身につければ損なわれない，ことを意味する．読解力は一種の認知技能であり，忘れかけていた領域固有の宣言的な知識をどのように使うかを思い出す必要がある．教科書ガイドを事前に読むことで，こうした知識を再活性化させる効果があったと考えられる．ただしこの効果は，音読が特別に持つ効果ではなかった．

一方，テスト時の音読は，読解力のパフォーマンスを下げる結果になった．これまで認知心理学の多くの研究が，音読は黙読と比べ，文章の理解度の向上に差をもたらすものではないことを指摘してきた（高橋，2013 を参照されたい）．本研究の結果は，こうした研究と一貫しているとも言える．

文の統語構造を示す助詞には注意を向けず，文の中からキーワードになりそうな単語を拾い，常識にあう文の意味を作る．こうした，新井(2019)の言う“AI 読み”を，問題文そのものの音読が促進させた可能性もある．

過去の認知心理学の音読の研究はまた，声に出して読むことによって，読んだ文章の表現そのものの記憶成績が上がる，とも指摘してきている．同様の指摘は，脳科学にもある．音読を繰り返し行うことによって，記憶の定着度が上がる（たとえば，川島，2003）．こうした音読の効果が AI 読みを促進させ，読解のパフォーマ

ンスを下げる結果になった可能性もある．

音読は，読解力のような認知技能を直接高める効果をもつのではなく，音読の直後に行う認知技能を高める，いわば“準備体操”のような効果を持つ（川島，2003）と考えると本研究のテスト時の結果は説明できるかもしれない．

処理負荷の大きな認知作業を行うための準備として，音読はとらえた方がよいのかもしれない．もしそうなら，音読は，比較的単純な計算作業と同じ働きを持つとも考えられる．分析結果の間の関係の詳細な検討を行うことが今のところ十全にできていないが，このように考えていくことで，本研究の一連の結果は整合的に説明できるかもしれない．

引用文献

新井紀子 (2019). AIに負けない子どもを育てる，東洋経済新報社.

Arai, T., Bunji, K., Todo, N., Arai, N. H., & Matsuzaki, T. (2018). Evaluating Reading Support System through Reading Skill Test, *Proceedings of the 40th annual meeting of the Cognitive Science Society (CogSci 2018)*, 100-105.

文理 (2018). 教科書ガイド. 大日本図書（新版 理科の世界 中学理科 3 年）版.

川島隆太 (2003).「音読」すれば頭がよくなる: 1 日 20 分！能力はここまでアップする．たちばな出版.

佐山公一 (2019). 音読すると読解力が高まるか？ 日本認知科学会第 36 回大会発表論文集，661 - 666.

新興出版社 (2018a). 教科書ガイド. 教育出版（未来をひらく 中学社会 歴史）版.

新興出版社 (2018b). 教科書ガイド. 教育出版（地域にまなぶ 中学社会 地理）版.

新興出版社 (2018c). .教科書ガイド. 教育出版（ともに生きる 中学社会 公民）版.

高橋麻衣子 (2013). 人はなぜ音読をするのか: 読み能力の発達における音読の役割. 教育心理学研究, **61**, 95-111.

日本教材システム (2018a). 教科書ガイド. 教育出版（伝え合う言葉 中学国語 3 年）版.

日本教材システム (2018b). 教科書ガイド. 教育出版（中学数学 3 年）版.

アブストラクト

本研究では読解力を測るテスト課題としてリーディングスキルテスト（RST）そのものを使用した．RSTと同じ難易度の中3の教科書ガイドを事前に，また，RST の問題文そのものをテスト時に音読または黙読することで，読解力が向上するかを調べた．参加者 103 名が 6 つの群に分けられた．学習課題では，音読群と黙読群，学習なし群の3つに分けられた．テスト課題では，問題を音読しながら解く群と通常通り黙読で解く群の 2 つに分けられた．

事前の学習課題（音読，黙読，学習なし），テスト課題 RST の受検の仕方（音読，黙読）の 2 つを参加者間要因とし，偏差値（全体）を分散分析した．

学習課題では，推論，具体例同定（理数）に有意な傾向が認められた．参加者は，教科書ガイドを事前に黙読，または音読することによって，問題の解き方を思い出すことができた．ただし，黙読すれば十分で，音読との差は認められなかった．

テスト課題（RST）では，係り受け解析，照応解決，同義文判定，イメージ同定で有意な主効果が認められた．いずれも音読よりも黙読の方が偏差値（全体）が有意に高かった．学習しさえすれば解ける問題が，音読によって理解が阻害された．熟達した学習者は，黙読をすることで，重要な部分に注意を向け，他を読み飛ばすスキルを持っている．音読すると，このスキルを使うことができなくなった．

主成分分析の結果，2 つの主成分が抽出された．第1主成分では，学習課題に有意な傾向，テスト課題に有意差が認められた．第2主成分では，学習課題には差がなく，テスト課題のみが有意となった．このことは，リーディングスキルテストが2つの能力を測定するテストであることをを

示している．

第1主成分は，推論や具体例同定（理数）に現れる，問題の解き方に関わる成分と考えられる．解き方を獲得している人が，事前に再学習することによって，問題を再び解けるようになるため，もともと獲得していない人との間に，学習課題で差が生じた，と説明される．第2主成分は，係り受け解析，照応解決，同義文判定などといった，学習しさえすれば身につく能力を反映している．参加者は，この能力を身につけていたので，音読はかえって理解を阻害する結果になった．

乳児の移動と行為の発達−身の回りにある物の運搬に着目して
Development of Infant Locomotion and Behavior in the Daily Environments

西尾 千尋†
Chihiro Nishio
†中京大学
Chukyo University
nishiochihiro@gmail.com

概要
1名の乳児の歩行開始前後の行為を縦断的に観察し，日常環境において物と関わる行為と，運搬行動の変化について検討した．歩行開始前に比べるとそれ以降では，複数の物の組み合わせと運搬が増加した．歩行を始めることで自ら物に触る機会が増え，複数の物の組み合わせも増加していくと考えられる．

キーワード：歩行の発達, 認知発達, 行為の発達, 生活環境

1. 問題と背景

近年，乳児の移動の発達，その中でも特に歩行の獲得が認知・言語・社会性の発達に関係していることが指摘されている（Clearfield, 2011; Karasik, Adolph, Tamis-LeMonda & Zuckerman, 2012; Walle & Campos, 2014）．それらの研究においては，歩行の獲得が背景となって，様々な行為の可能性が広がると考えられている．行為発達の中でも，特に物との関わりの変化に着目した研究が行われている．歩行が可能になった乳児は，ハイハイの頃よりもはるかに頻繁に物を養育者の元に運び，ハイハイの頃とは異なるコミュニケーションが生じるようになる（Karasik et al., 2012）．立位が可能になると頻繁に物を探索するが，その中でも重い物よりは軽い物を選んで運ぶ（Heiman, Cole, Lee, & Adolph, 2019）．部屋の中におもちゃがあるかどうかで移動による探索パターンは変化する (Hoch, Grady, & Adolph, 2019).

これまでの研究におけるプレイルーム等のラボでの観察では，乳児の移動方法の変化と物との関わりの変化を検討するために，乳幼児用のおもちゃやぬいぐるみ等を使用している．それらの研究は，周囲の物の数や種類を統制することで，移動モードの変化がもたらす影響を検証しようとするものである．一方で，実際の家庭等の生活環境では，乳児の周囲にある物は非常に多様である．乳児が触ることが好ましくない物は乳児の手に届かない場所に収納されているが，家庭の他のメンバーが使う物へ興味を示したり，実際に探索してみたりすることは頻繁に起こっていると考えられる．ラボにおける観察研究においても，乳児が運搬した物の種類の中には，研究者が用意した物の他に，養育者のスマートフォンなどが挙げられている(Hoch et al., 2019)．多様な物との乳児の探索的な関わりを捉えるには，日常環境でのより詳細な観察が有効であると考えられる．

本研究ではこれらを踏まえ，自然環境における歩行開始前後の乳児の物と関わる行為の縦断的観察を行い，移動モードの変化による行動の変化について以下の二つの観点から検討を行う．1 点目は物の種類である．乳児用に用意された物以外の物との関わりにも着目し，実際の生活環境の中で，乳児が関わる物の種類を明らかにする．2 点目は物の運搬行為である．乳児が物を持ち歩いた後にどのような行為を行うのかを分析することで，歩行を開始し，自ら物を持ち運んで配置を変えることがどのような行為の発達につながるのかについて検討を行う．

2. 方法

本研究では1名の乳児の10ヶ月間の行動の評定を行った．

対象児 女児1名（A）を対象とし，生後10ヶ月から生後19ヶ月までの間，週に30分から1時間の撮影を行った．Aの養育家庭はAと両親の3人家族であった．

撮影はA の家庭のリビングで行った．ビデオカメラはリビングの上方，カーテンレール付近に設置し，A の養育者に定期的なビデオ撮影を依頼した．A は生後13ヶ月目で歩行を開始した．

撮影された動画の総時間は約 35.5 時間で，生後 10ヶ月から生後13ヶ月までの4ヶ月の撮影時間が約15.5時間，歩行が主な移動方法になった生後 14 ヶ月から19ヶ月までの撮影時間が約20時間であった．

分析手続き Datavyu (http://datavyu.org/) を用いて，動画の総時間の 10%を対象に分析を行った．全動画を 30 秒ごとに区切り，10 分の 1 を分析対象とした．合計で 422 シーンを分析の対象とした．1 つの区切りを 30 秒に設定した根拠は，以下の通りである．観察期間の最終月である生後 20 ヶ月時の映像を対象に，歩行によって物を持って歩いている運搬シーンのみを切り出した．その結果，運搬シーンの平均が約 13 秒であったため，運搬後の行為も含めるために 30 秒を一つの区切りとして分析を行った．

各シーンについて，まず，乳児と物との関わりがあるかどうかコーディングを行った．乳児が物と何らかの接触をしている場合は，その物の種類と物と関わる行為の分類を行った．物と関わる行為は，触る・持つ・投げる・その物自体を探索する・他の物と組み合わせる・他の人に見せる・他の人に渡す・運搬する，の 7 種類に分類した．その上で，運搬した場合には，運搬後にどのような関わりがあるのかについて分類した．運搬後の物との関わりは，落とす・保持したまま・投げる・置く・その物自体を探索する・他の物と組み合わせる・他の人に見せる・他の人に渡す，の 8 種類に分類した．これの分類を用い，30 秒の中で最初に起こったエピソードを対象としてコーディングした．

3. 結果

表 1 に，月齢ごとの撮影時間と分析シーン数，物との関わりと運搬の回数を示した．

表 1 物との関わりと運搬の回数

第 1 期					合計
月齢	10	11	12	13	
撮影時間	4.4	3.9	4.3	2.8	15.5
シーン数	53	47	51	34	185
物との関わり	34(64%)	23(49%)	18(35%)	21(61%)	96(52%)
運搬				1(2%)	1(0.5%)

第 2 期				
月齢	14	15	16	17
撮影時間	3.4	2.8	3.7	2.6
シーン数	40	33	43	31
物との関わり	31(77%)	22(67%)	29(67%)	22(71%)
運搬	10(25%)	4(12%)	13(30%)	7(23%)

第 2 期			合計
月齢	18	19	
撮影時間	1.8	5.7	20.0
シーン数	21	69	237
物との関わり	12(57%)	34(49%)	150(63%)
運搬	3(17%)	12(11%)	49(21%)

ハイハイとつたい歩きが主な移動方法であった生後 13 ヶ月までを第 1 期（n = 185），生後 14 ヶ月から 19 ヶ月を第 2 期 (n = 237)として物との関わりの頻度に差があるかどうか調べたところ，有意な差が見られた($\chi^2(1, N = 422) = 5.06, p < .05$)．残差分析の結果，第 2 期の方が物との関わりは有意に多かった．

物の運搬は，第 1 期には生後 13 ヶ月のつたい歩きで物を運んだ 1 回のみで，ほぼ全てが歩行開始後の第 2 期に見られた．図 1 に物と関わる行為の分類を示した．他の人に見せると手渡すは一つにまとめて分析を行った．第 1 期でも全シーンの 52%に物との関わりが見られたが，第 2 期の物との関わりでは，第 1 期と比べ見せる・手渡すが減少し ($\chi^2(1, N = 422) = 4.79, p < .05$)，組み合わせ ($\chi^2(1, N = 422) = 10.36, p < .05$)と運搬 ($\chi^2(1, N = 422) = 38.42, p < .05$)が増加した．

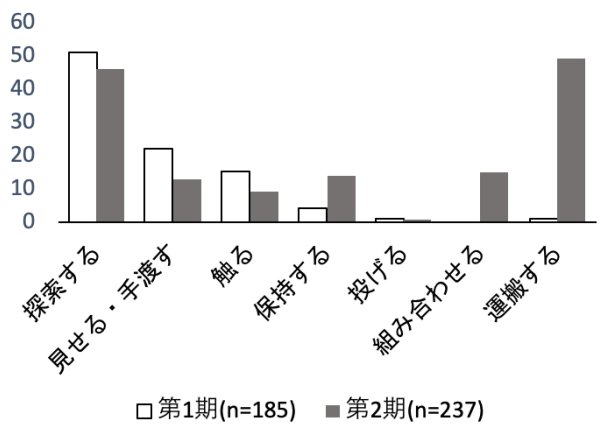


図 1 物と関わる行為の分類

図 2 に，第 2 期の運搬後の行為の分類を示した．見せる・手渡すが最も多く，静止しての物の関わりの中では見せる・手渡すは減ったが，運搬した後に他の人にその物を見せる・手渡すといった行為が起こっていた．

A が静止・運搬によらず，何らかの形で関わった物の種類は日用品，おもちゃを含め 80 種類であった．キッチン用品や野菜を模した子供用のおもちゃや，ぬいぐるみの個別の区別は行わなかった．日用

品の中には，洗濯用ハンガー，ティッシュ，リモコン，洋服，箱類，メガネ，メガネケース，掃除用具，液体のボトル，ノート，雑誌，本，レジ袋，ポーチ，スマートフォン，水筒，バッグ，マヨネーズのパック，食パンが入った袋などが含まれた．第 1 期に関わった物の種類は 37 種類，第 2 期に関わった物の種類は 60 種類だった．

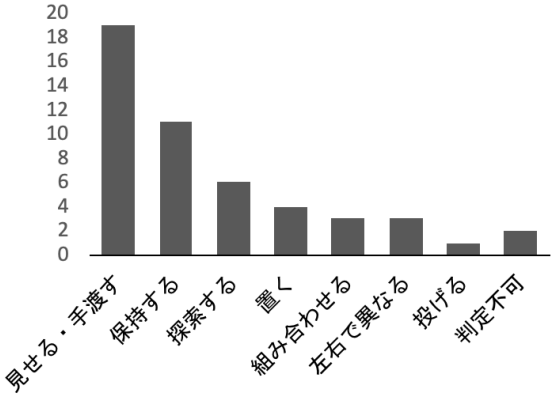


図 2　運搬後の行為の分類（n=49）

第 2 期の物との関わりの特徴として，組み合わせと運搬が多いことが挙げられる．第 2 期に両手を使って同時に関わっていた複数の物は，本数冊，洋服数枚，複数のハンガー，いくつかの異なる種類のおもちゃなどに加え，本・ぬいぐるみ・洋服・箱を一度に持って運んだり，粘土をボウルに入れて両手で慎重に運ぶといった，複数の物を組み合わせた運搬行為も見られるようになった．

4.　考察

本研究では，1 名の乳児の歩行開始前後の行為を縦断的に観察し，日常環境における物との関わりと運搬行動の変化について検討した．歩行開始前の第 1 期に比べると，それ以降の第 2 期では，特に物の組み合わせと運搬が増加した．第 1 期においても約半分のシーンで物との関わりが見られたが，歩行を始めることで自ら物に触る機会が増え，複数の物の組み合わせも増加していくと考えられる．第 2 期には，抱えるのが困難なほどの多くの物の運搬や，中身がこぼれないように歩くような慎重さが必要な運搬事例も観察された．

本研究の現段階では，物の種類と行為の関係の検討は不十分である．現状では 1 名について，コーディングの有効性を確かめるに留まっている．今後は分析対象者を増やし，共通する傾向や，それぞれの環境におけるユニークさを比較する必要がある．

文献

[1] Clearfield, M. W. (2011). “Learning to walk changes infants’ social interactions”. *Infant Behavior and Development*, **34**, 15-25.
[2] Heiman, C. M., Cole, W. G., Lee, D. K., & Adolph, K. E. (2019). “Object interaction and walking: Integration of old and new skills in infant development”. *Infancy*, **24**, 547-569.
[3] Hoch, J. E., O'Grady, S., & Adolph, K. E. (2019). “It's the journey, not the destination: Locomotor exploration in infants”. *Developmental Science*, e12740.
[4] Karasik, L. B., Adolph, K. E., Tamis-LeMonda, C. S., & Zuckerman, A. L. (2012). “Carry on: Spontaneous object carrying in 13-month-old crawling and walking infants”. *Developmental Psychology*, **48**, 389-397.
[5] Walle, E. A., & Campos, J. J. (2014). “Infant language development is related to the acquisition of walking”. *Developmental Psychology*, **50**, 336-348.

顔情報を用いた子どもの関心対象の推定 ～教室の認知科学に向けたセンシング手法の検討～

Estimation of Child's Interest Target Using Face Information ～Trial of Field Sensing Toward Cognitive Science in Classroom～

宮田 真宏[†]，森下 雄介[‡]，山田 徹志[†]，
高本 亮[‡]，今岡 仁[‡†]，大森 隆司[†]，
Masahiro Miyata, Yusuke Morishita, Tetsuji Yamada,
Makoto Takamoto, Hitoshi Imaoka, Takashi Omori

[†]玉川大学，[‡]日本電気株式会社 バイオメトリクス研究所，[‡†]日本電気株式会社
Tamagawa University, NEC Biometrics Research Laboratories, NEC Corporation
m.miyata@lab.tamagawa.ac.jp

概要

心の状態の一つである関心を推定することは，学習者達の理解状態の評価指標となりうるため教員の重要な技能である．これまでに我々は人手アノテーションを用いて子どもの関心推定を試み，人の位置・向きから子どもの関心が推定可能となる結果を得てきた．今回，遠隔から人の視線を計測できたので，視線と関心・位置・顔向きなどとの関係を示すとともに，教室という広い空間を対象とした人の行動計測の現状について示し，教育実践フィールドにおける認知科学の可能性について議論する．

キーワード：関心推定，視線検出，教室の認知科学

1. はじめに

現在，教育現場では授業の経過や子どもたちの心身の成長状況を口頭や文書を用いて教員間で共有している．しかし，授業が連続して行われる教育現場において，授業毎に起こった多様な事象を担当教員が記憶・記録することは困難である．その為，各教員個が授業内容をビデオに録画するなどし，授業研究に用いていることが少なくない．しかし，この方法では日常の授業の計測は困難であり，適用の場が限られるという問題がある．

この問題は教育学研究においても同様である．教育学研究では，教育の質の向上が重要であるとされ，これに関する行動研究が進められている[1]．一方で，その多くは，教育場面をビデオカメラなどにより観察し，その内容を人が記述し教育の質を評価している．つまり，ケーススタディ主体の質的研究が有用な手法として採用されている．質的研究は，子どもの育ちを深く議論できる利点があるが，その記述には多大な時間や労力を要し，日々の授業で各子どもに起こった事象すべての記述は不可能であり，事例数に限界があるという教育現場と同じ問題が生じる．また，子どもの観察による心の状態の読み取りは，教育者・研究者ごとに獲得してきた経験や感覚知に強く依存する．その為，読み取りの安定性・信頼性の担保は容易ではないことも課題である．

他方で近年，深層学習手法の確立にはじまりAI技術は日々進歩している．特に，AI技術を用いた画像認識は，人の能力に近い人物の情報推定を実現するものもある[2][3][4]．しかし，このようなAI技術を教育現場，または教育学研究に適用する方法は現時点で確立されていない[5][6]．

これらの状況を踏まえ，本研究ではこれまで，人の心の状態の一つである関心に着目し，関心を人の物理的行動量より推定する方法を検討してきた[7]．そこでは，教室のような広い空間でも関心は人の位置・向きを用いることで推定可能であることが示唆された．同時に関心推定の精度は身体（位置・向き）の情報よりも，頭の情報（顔，視線など）を用いることで，より高精度となることも報告した．しかし，従来の研究における人の位置・向き情報の取得は人手によるアノテーションに依存している．

物理量である人の位置・向き情報の取得については，AI技術と組み合わせることで，推定可能とする研究もある[8][9]．これらの研究では，人の視線の検出は現在のAI技術をもってしても容易ではないことから，人の身体または頭の向きに着目しており，人の視線を用いた分析はなされていない．

ところが，画像処理技術は日々飛躍的に進歩しており，遠隔からの視線検出もまた可能となってきた[10]．これにより，人の顔情報のうち画像中の顔の位置および顔・視線の向きの抽出が可能となった，この手法を従来から知られている人の頭の３次元的な位置を検出する方法と組み合わせるなら，これまでは人手によるア

ノテーションに頼っていた人の関心とその対象の推定が自動化され，精度や記述頻度が格段に向上することが期待できる．

以上より本研究では，実際の教育現場（教室）での授業中の子どもたちの関心推定を題材に，ステレオ画像処理と遠隔視線検出を組み合わせた人物の位置・向き・視線検出のシステムを提案し，それが可能とする子ども達の関心・集中・発散などの教室の場の状態推定について説明する．さらに，教室の場の計測が可能とする教員の技能の「見える化」の可能性について検討する．そしてこれらを通して，AI 技術による新しいセンシングが可能とする教室の認知科学に向けた本手法の在り方について議論する．

2. 位置・向きを用いた関心推定

我々は日々の生活において何かに関心を向ける際，その対象のある方向に身体や，顔，および視線を向け対象を確認する．さらに，その関心対象への関心の多寡に従い，対象物に向き続ける継続時間も変化すると考えられる．この仮説に基づき我々はこれまで，人の位置・向きを用いた関心推定手法を提案してきた[7] [11]．これらの研究ではまず，実際の幼稚園の教室にて撮像範囲の異なるカメラ 4 機を用いて子ども 18 名，大人 4 名が映る 18 分 53 秒の活動場面の映像を計測した．その後，この映像に対して保育経験が 5 年以上の保育経験者（アノテータ）3 名の合議により，1 秒ごとにそのフレームに写っているすべての子どもの位置と顔・体の向きを記述し，さらに，その子たちの関心対象とその位置を記述した．この結果より，対象とする子どもの位置と体あるいは顔の向きと関心対象への向きのなす角度が算出できる．この研究では，記録映像中のすべての事物・子どもを対象としてこの角度の確率分布を作成し，それに正規分布をフィッティングすることで，関心対象に関する確率分布を作成した（式 1，角度は degree）．

$$f(x) = \left(\frac{1}{22.62}\right) e^{-\left(\frac{x^2}{2*9.02^2}\right)} \qquad (式1)$$

式 1 に示す通り，子どもの顔の正面方向に対する関心対象の角度の標準偏差 σ は約9度であった．さらに，先に述べたように，人はある程度関心の強い対象は時間をかけて観察する．本研究ではこの関心の持続時間を考慮し，以下の式 2 で関心対象の尤度を計算した．

$$C_t = \underset{i}{\operatorname{argmax}}\left(\prod_{k=0}^{3} f(i, t-k)\right) \qquad (式2)$$

式 2 では，式 1 にて推定された時刻 t の関心対象の確率をもとに時刻 t-k から時刻 t までの間，対象 i に関心を向けている確率を計算し，その確率の最大となった対象の番号を算出している．

この式を用いて各子どもの関心を推定した結果を図 1 に示す．図 1 の横軸は映像中に登場する子どもの ID であり，縦軸はその関心対象の推定精度を示している．ここでいう正答とはアノテータにより記述された関心対象を指す．各個人の青色のバーはその瞬間（1 フレーム）のみを用いた際の推定精度を示し，同様に黄色，緑色，赤色のバーはそれぞれ 1 秒間連続から 3 秒間連続までの間の 1 秒ごとの関心推定の精度を示している．

また，図 1 の各バーの下側の色の薄い部分は，得られた関心対象の第一候補のみが正答と一致した場合の精度を示しており，上側のバーは関心対象の第三候補までに正答の関心対象が含まれていた場合の推定精度である．その結果，顔の向きを用いることで，第三候補までを用いることで瞬間的な推定精度は 48.8%であったのに対し，3 秒間連続で顔が関心対象に向いていた場合には推定精度が 67%となった．現状，この精度は決して高いとは言えないが，教室で行われている活動などの他の文脈要因を考慮に加え，フィルタをかけることができるならばより高い精度となることが期待できる．ここで対象を子どもと限定したのは，一般的な成人は社会的な理由により，かならずしも顔を関心対象に向けるとは限らず，その場合にはこの手法では推定が困難であると判断したためである．

以上より，子どもの位置・向きを用いた関心推定は可能であると示唆された．さらに，子どもの位置と向きを自動的に推定することができるなら，少ない労力で長時間にわたり子ども全員の関心推定が可能になると期待できる．

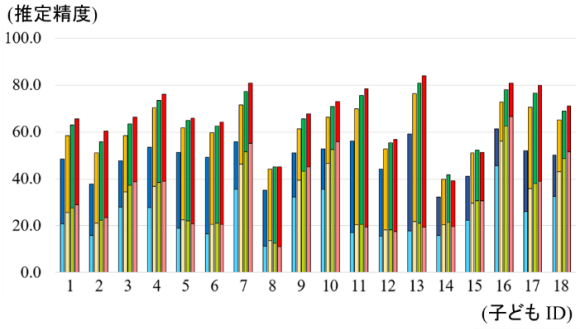


図 1　子どもごとの関心推定の推定結果

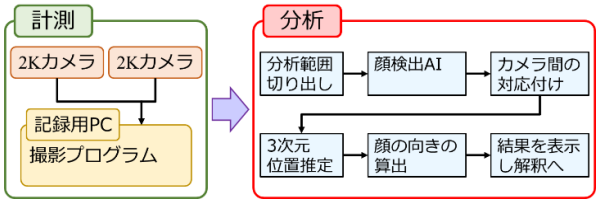


図 2　子どもの半自動的な関心推定に向けた分析フロー

3.　行動計測の自動化の試み

3.1. センシングシステムの開発

人の位置・向きを推定するための手法として本研究では，ステレオカメラによる三角法を用いた．Kinect V2 に代表されるレーザー投射型の RGBD カメラを使用しなかった理由は，小学校の教室など奥行きが 10m を超える広範囲の計測にはレーザー投射は安定しないためである．一方，最近の AI 技術により画像中の同一人物の同一特徴点の位置が複数のカメラ間で同じ対象として検出可能となれば，ステレオ画像を用いた三角法により，広範囲かつ多人数の位置などが推定できる．本研究ではこれまでにこの方式のセンサ装置を試作し，2K の解像度のカメラ 2 台を視軸が平行になるよう左右に設置し，15fps で両カメラを同期して記録した（図 2）．

本稿で分析に用いた映像は，2019 年 10 月 10 日に玉川学園小学部にて行われた 1 年生 16 名が参加した英語の授業（48 分 50 秒間）にて計測されたものである．教室内のカメラの設置位置は，教室正面にある黒板などの上部の授業時に教員の妨げにならない位置へ設置した．画角は着席時の子ども全員が正面方向から写る角度とした．なお，本計測データには個人情報が含まれるため，計測は事前に保護者に対して説明を行い，同意を得た上で実施している．

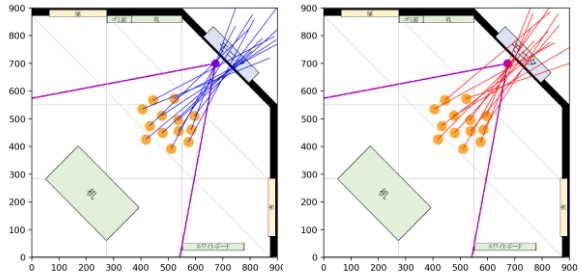
3.2. 子どもの位置・向きの推定

本研究ではこれまで，関心推定に用いる情報として，先行研究で身体の向きに比べ高い精度を示した顔の向きに着目し，分析に用いてきた[9]．その際，顔情報の認識には OpenFace[4]を用いてきた．OpenFace は人の顔の向き，および視線の向きを推定できることが特長である．一方，学習データが大人であるためか，対象を子どもにして視線の向きを推定した際に結果が不安定になる問題が生じており，分析に用いることはできなかった．この問題に対して本稿では，顔認識 AI として NEC の遠隔視線推定技術[10]を用いた．これを用いることで，これまでの顔情報に加えて子どもの視線を推定できるようになった（図 3）．図 3 中の青色，橙色の縦横に同色の線が交わる位置は，それぞれ右目，左目の黒目の位置の推定結果を可視化したものである．黄緑色の線は左右の目の間隔を示す．図 3 中には図示していないが，実際には顔の向きや視線の向きも推定されている．さらに図 3 の子どもは図 4 上段の教室の最後列の一番左の席であり，図 4 中のカメラと子どもとの間の距離は約 7m 程度であるが，そのような条件下においても検出は概ね成功しており，さらに顔・視線の向きについても推定できている．

図 3　子どもの顔認識の結果例

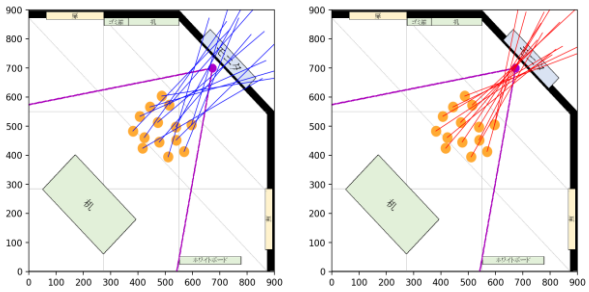
これらを踏まえ本研究の分析では，左右のカメラ映像の個々のフレームに対して本視線推定技術を用いて画像中の人物の顔を検出し，その特徴量を抽出した．しかし，左右のカメラ間の画角，誤認識などの影響により本視線推定技術より推定された人物は左右のカメラ間で異なる可能性がある．そのため，検出結果に対して左右のカメラ間で認識される位置のズレを考慮し，左右の画像間における人物の顔同士を対応付け，その後，三角法により対象の子どもの顔の 3 次元的な位置を算出

図 4　計測場面と顔認識 AI の結果一例
上段：計測場面の例
下段：顔認識 AI により検出された顔，
および目の位置の例



(a) (b)

図 5　子どもたちの頭，視線の向きが一致した場面の例
(a) 子どもたちの顔の向きが一点に集中
(b) 子どもたちの視線の向きが一点に集中



(a) (b)

図 6　子どもたちの頭，視線の向きが不一致であった場面の例
(a) 子どもたちの顔の向きが発散
(b) 子どもたちの視線の向きが一点に集中

した．そして，顔・視線の向きについては本視線推定技術にて抽出された顔・視線の角度を流用することで推定結果とした．本稿では，顔の向きに関しては 3 軸ある顔の向き検出情報の中でも対象人物の左右方向の回転角（yaw 角）をその画像中の顔の向きとした．そして，視線の向きに関しても水平方向と垂直方向の角度が検出されるが，本稿では水平方向の角度を視線の向きとした．さらに，左右で対応する顔ではそれぞれに顔の向きが求まるが，本稿では両者の平均を対象の子どもの顔，および視線の向きとした．次節では，そのようにして求めた人の位置，顔の向き，および視線の向きの解釈について述べる．

4.　顔情報を用いた分析結果とその解釈

4.1. 顔情報の向きとその集合点との関係

図 5 は図 4 と同様の場面における各子どもの位置・向きの推定結果の一例である．図 5 のオレンジ色の丸は子どもの位置を示しており，紫色の丸は設置したカメラの位置を，紫色の線はカメラの画角（yaw 角）をそれぞれ示している．そして，図 5(a)(b)は同じ瞬間の子どもの顔の向き(a)，および視線の向き(b)を示している．また，図 5(a)の青色の線は子どもの位置からの顔の向きを示しており，図 5(b)の赤色の線は視線の向きを示している．

図 4 と図 5(a)を比べると，推定された顔の位置は概ね正しく，相対的な位置関係は適切に示されている．図 4 中の左側の子ども達の図 5(a)での推定位置がずれているように見える．画像を確認したところ，これはレンズの歪みの影響と考えられ，その補正を行うことでさらに精度が高くなることが期待できる．

顔や視線の向きについては，この瞬間すべての子どもが映像中のやや左の方向を見ているが，それが図 5(b)でも検出できているなど，概ね正しく推定できていると考えられる．さらに，この顔の向きを示している青の線を伸ばした交点に着目すると，モニターの位置ではなく，その少し手前の位置に集中している．この場面は，教員が授業中に子ども達に次に行う活動を説明している瞬間であり，本分析では用いていないが，計測記録用の他のビデオカメラの映像を確認すると，この瞬間に教員はカメラのやや左にいた．これを考慮すると，子ども達はこの瞬間には教員の方を向いていると解釈できる．

また一方で，図 5 の場面から 10 秒程度時間が過ぎると顔と視線の向きが一致しない図 6 のような場面が現れた．図 6(b)では，図 5 の結果と同様に視線の向きが一点に収束している一方で，図 6(a)では図 5 の例とは異なり，顔の向きは概ね前正面を向いているが，何か特定の一点には収束せず，発散している．この瞬間は，教員から次の授業内容に関する説明が終わり，実際に説明された行動を行うまでの間の一瞬である．顔の向きの結果だけを確認すると多くの子どもたちはこの瞬間授業に集中していないという解釈となる．しかし，視線の結果では図 5 と同様に教員のいる方向に集中していた．この結果から，子どもたちが授業に参加しているかどうかの判断は顔の向きだけで判断することは難しいと言える．この結果より，同じ授業内においても集団活動において顔と視線の両方を教員の方向に向ける場面だけでなく，各自の作業内容に従った行動が必要になる場面も存在し，顔と視線の関係にもいくつかのパターンが存在すると考えられる．この点に関してはより多様な場面の分析が必要であり，本稿ではこれ以上議論できない．

以上より，子ども達の顔・視線の向きを用いること

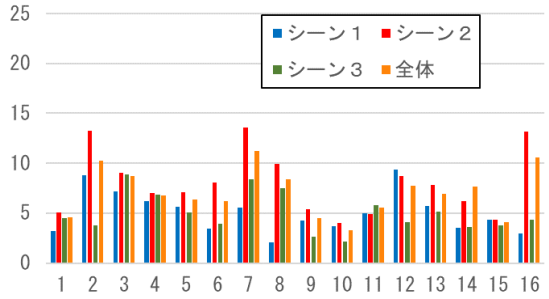


図 7　各子どもの授業内参加時における
活動毎の顔の向きの変化

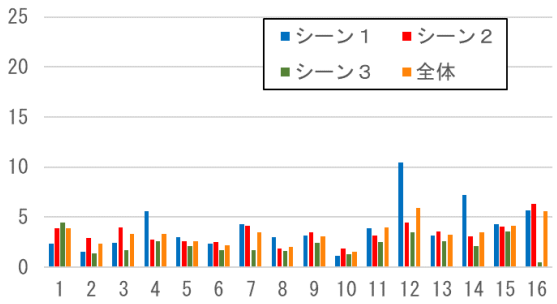


図 8　各子どもの授業内参加時における
活動毎の視線の向きの変化

で，集団活動における関心対象の推定ができる可能性がある．また本手法では，ある瞬間あるいは一定時間の間，教員を見てない子どもについても検出可能であり，その教育的な立場での解釈は今後の課題である．

4.2. 子ども達の顔・視線の向きのパターンと場面との関係

前節では集団の子どもの顔・視線の向きとその交点の収束・発散の情報を用いることで，授業の場で起こっている事象にはいくつかのパターンが存在することが示唆された．さらに一般的な座学の授業においてありうる授業中の子ども達の顔の向きとして，説明をしている先生や黒板などを見る，机に向かって各自の作業として教科書を読む，ノートを取る，何かを作成するなどといった，授業の活動として望まれる行動に対応した顔の向きのパターンが想定できる．そこで，これらの行動が授業内の活動とどのような関係にあるか，知る必要があると考えた．

そこで本稿ではまず，計測した英語の授業の内，子ども達の関心対象となり得る担当教員の移動が少なく，かつ複数の授業活動が含まれる 1 分 10 秒の対象場面を選定した．この場面には，(A) 教員が次に行う活動内容の説明をする場面，(B) 授業内の活動としてクイズをする場面，(C) クイズの内容を子ども達に思い出させる時間，の大きく 3 つの活動が含まれている．

分析に先立ち，この動画内の 1 秒ごとに，各子どもがその瞬間の活動に参加しているか否かを人手によりアノテーションした．また，分析には本分析場面において多くの場合，関心対象となり得る教員の位置を知り，そこからの差分の角度を用いて分析することが望まれる．しかし，今回の分析場面においてはステレオカメラを用いた計測では子どもたちを映すことを目的としていたため，教員の位置のステレオ計測を用いた推定は行わなかった．そこで，この場面においては多くの子どもが多くの時間，教員の方を向いていることから，各子どもの顔，および視線の方向の平均が関心対象（教員）となると仮定し，補正した．つまり，対象とする映像の時間区間中の各フレームで計測された個人の向き X_t に対して，子どもごとにその時間区間全体の平均を差し引き，さらに 1 秒ごとに人手でアノテーションしたフレームの時刻 F_T に頭の向きの計測値を対応させるため，$F_T \pm 0.5$ 秒の範囲に含まれる X_t の平均 X_T を求めた．結果，各子どもについて，1 秒ごとに個々の子どもが活動に参加／不参加を示すアノテーション Y_T＝｛参加，不参加｝と，その時刻に対応する頭の向き X_T が得られた．多くの子どもは活動内容に従い先生の方向を向いていると考えられるが，関心の対象や向き方によって X_T がゆらぐことが予想される．そこで，前述の映像区間中の各活動に対応する時間区間および映像区間全体についての X_T の標準偏差 σ_K（K=説明,クイズ,学習,全体）を頭・視線の向きに対してそれぞれ求めた．

図 7 に各活動区間 K の各子どもの顔の向き X_T の標準偏差 σ_K を示す．図 7 は横軸にこの英語クラスに参加していた子どもの ID を，縦軸に顔の向きの標準偏差（degree）を示す．子ども ID の 1 番や 10 番のように場面による顔の向きの変化が小さい子どもがいる一方，2 番，7 番，16 番のように授業のシーンごとに顔の向きの変化が大きく変わる子どももいた．さらにアノテーションによりすべての活動に参加していると記述された子ども 1 番，5 番，10 番について見ると，1 番，10 番の子どもはすべての活動において顔の向きの動きが小さく，じっと先生の方向を向きながら授業に参加している．それに対して 5 番の子どもは顔の向きの標準偏差は子ども達全体を通してもやや大きい傾向にある．このことから，授業に参加している子どもの行動パターンは必ずしも顔を教員や活動内容の方向に向けているわけではないことが判る．さらに，各活動への子ど

もの参加状況 Y_T と顔の向きの標準偏差の関係を見ることで，各子どもの活動参加に関わる行動パターンを知ることができる可能性もあろう．

また，図 8 に図 7 と同様の各活動区間 K の各子どもの視線の向き X_T の標準偏差 σ_K を示す．それぞれの軸は図 7 同様に横軸にこの英語クラスに参加していた子どもの ID を，縦軸に顔の向きの標準偏差を示す．視線を用いた結果は 12 番の子どものシーン 1 では，視線にばらつきがあるよう結果となった．この時，12 番の子どもは先生の話を聞きながら自分の机を動かしており，その際の視線の変化が影響したのではないかと解釈できる．しかし，このような例外も若干存在するが，ほとんどの場合において，顔の向きとは異なり，授業への参加時の子どもの視線の向け方にはほとんど差がない結果となった．

以上より，授業に参加している際の顔の向きは授業内の活動により変化がみられるが，視線については今回分析した場面においては概ね一定であり，場面間の差異はないことを示唆する結果を得た．なお，今回示した結果は分析対象範囲が限定されており，視線の向きについて統計的な解釈をするには至っていない．この点については計測対象場面を増やすなどで対応が可能となるが，現時点では今後の課題とする．

5. フィールドの認知科学に向けて

前節までに高解像度のステレオ画像を用いることで，教室のような広い空間における人の位置，および顔・視線の向きを機械的な手段で定量化できることを示した．さらに，授業中の子どもの注視対象，ひいては関心対象の推定ができることが示唆された．これらより，本計測技術を実際の教育現場へ実装することで，子どもたちの行動及び教員の行動も併せて計測することが可能となろう．

教員の行動と子どもの行動と合わせて計測できることの意義は大きい．授業運営の方法は教育の質につながる重要な変数であり，教員経験の長い教員と短い教員（新人，若手など）とで計測・比較することができたならば，教員技能の定量的な見える化にもなり，さらに教員養成/研修においての利用も期待できる．また，実験室レベルではマルチモーダルな情報の取得が可能であるが[12]，実際のフィールドの広い空間では使える機器も限られ，映像からの情報を中心とした評価になろう．従来，このような情報は人のアノテーションに依存していたが，本研究のようなセンサシステムを用いることでその収集が自動化でき，多くのデータが少ない手間で得られるようになる．これは，教室のようなフィールドの認知科学を大きく変える可能性がある．

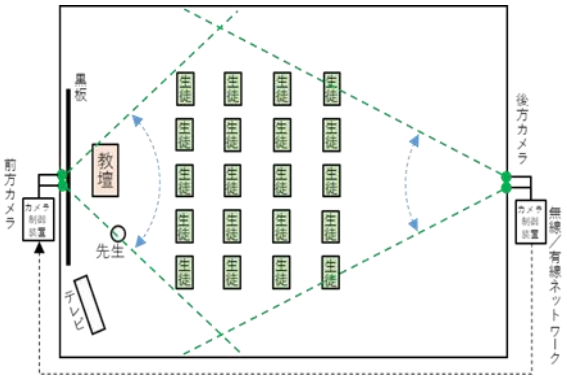


図 9　教室の認知科学に向けた構想案

図 9 に，本研究において現在構想中の教室の認知科学に向けた計測システム案を示す．ここではステレオカメラのセットを教室内の前方・後方に一つずつ設置することを想定している．さらに，このカメラのセットは前後で同期して撮像から分析までが行われ，その結果を必要に応じて実時間で教員に返す，または記録し，後から詳細に分析することが想定される．本システム案は決して不可能なことではなく，実際に本研究にて用いた遠隔視線推定技術はリアルタイムで複数人の人の視線を検出できるとしている．そのため，教室の活動・状況として何を計測し，何を残すことが重要であるかが認知科学として解明されることで，実際にこのようなシステムの開発が進んでいくと期待する．

6. まとめ

本稿では，顔情報を用いた人の関心推定に向けて以下の 3 点についての結果を示した．

① 集団活動中の子ども達の顔および視線の向きを用いると，その瞬間にその教室で関心を向けておくべき対象を推定できる可能性がある．
② 授業における顔の向き・視線の向きの現れ方は場面ごとに異なる．仮に顔の向きがゆらいでも，視線の分析より子どもの授業への参加を評価できる可能性がある．
③ 授業への参加と顔・視線の向きとの関係は，顔の向きに関しては子どもごとに個性のようなものがあり，いくつかのパターンがあることが予想される．一方で，視線の向きについては比較的一

定である傾向がある．

なお本研究にて示した結果のうち，子どもの授業内活動シーンにおける参加・不参加時と顔の向きの標準偏差との関係については著者が自身の経験を基に解釈したものであり，実際の教育者との間では解釈が異なる可能性がある．しかし結果の数値自体は，センシングシステムから得られた情報と人手アノテーションとを突き合せた際に得られた事実である．今後は，これらの結果を現場の教員にフィードバックして，教員からの評価を得る必要がある．さらに，これらの情報を日々の授業の振り返りの中に取り入れることで，授業中の子ども達の活動の変化を定量化できると期待される．

さらに本研究では教室の正面のカメラのみを用いて子どもを計測し，その行動について分析した．本手法では，子ども達の顔の向きから関心対象の位置を推定することはできるが，実際に何に関心を向けていたか，例えばそれが教員であった瞬間に教員が行っていた動作・活動との関係等は分析できない．そのため本稿では，教室の認知科学に向けた計測の一案として，教室後方にもカメラを設置し，教員の行動情報を子どもの行動情報とタイミングを合わせて計測するシステム案を示した．このような手法により教員の計測ができたならば，教員の位置だけでなく，例えば授業内で特定の子どもと向き合っている場面の分析など，実際に教員の取った教育活動の定量化もできよう．それができれば，例えば新人教員とベテランの教員，あるいは教員志望者の教育活動をそれぞれ計測し，それぞれの良い部分を定量化してフィードバックすることで教員研究や教員養成にも利用できると考える．

なお本研究では子どもの顔に関する情報のみに着目したが，身体の動きも人の心の状態を推定する有効な情報源であろう．これまで我々が身体の骨格情報の推定に用いていた OpenPose[2]は出力に揺らぎがあるため，人の 3 次元的な姿勢推定へ適用した際，その結果は不安定であった．しかし画像相関や信号処理手法を用いることでその安定化を可能にしようとする研究もある[13]．身体の向きについては顔の向きよりも関心推定の精度が低いとされている[7]が，これは人の身体の情報のうち向きのみを用いていることが原因であろう．人の身体の姿勢を安定的に推定できるならば，顔の向きのからの精度に相当する関心推定，さらには関心以外の多様な心の状態の推定が可能になると期待する．

また，センシングシステムについても課題は残る．本稿にて提案したステレオセンシングシステムでは解像度が 2K のカメラを用いており，最大 7m 程度の距離での子どもの視線を検出可能であることを示した．しかし，教室のような広い空間での計測の場合，本研究で用いた解像度 2K のカメラでは 7m 程度離れた子どもの顔のサイズは 30pixel 程度とかなり小さく，人が見ても視線を推定することは容易ではなく，視線検出の精度に影響すると考えられる．そのため，本研究にて提案したセンシングシステムの内，カメラについては 2K だけでなく，さらに高解像度となる 4K のカメラを用い，結果を比較することにより，その精度を確認することが必要になろう．今後は，そのようなセンシング技術の開発も必要である．

本研究は，産業技術総合研究所人工知能研究センターからの委託研究および科研費 19H01718 の支援を受けて実施された．支援に感謝する．また本研究は，玉川大学研究倫理委員会及び保護者の承認のもと実施された．

文献

[1] 秋田喜代美 他: 「保育プロセスの質」評価スケール，明石書店，2016.
[2] Z Cao et al.: OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields，IEEE Transactions on PAMI，2018.
[3] X. Zhou et al.: Monocap: Monocular human motion capture using a CNN coupled with a geometric prior.，IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (T-PAMI)，2018.
[4] Baltrušaitis T., Zadeh A. et al.: OpenFace 2.0: Facial Behavior Analysis Toolkit, IEEE International Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, 2018
[5] 本村，村田，大塚，大森，山田：保育施設への AI 導入プロジェクトの課題と展望, [4L2-J-13-03]人工知能学会大会, 2019
[6] 入倉由理子 :プロの技を次世代につなぐ, リクルートワークス研究所, 2019
[7] 山田徹志 他: AI により子どもの発達・教育研究を支援する分析手法の検討　ー子どもの位置・向き情報による関心の推定ー，日本教育工学会　第 34 回全国大会，2018．
[8] Miyata M., Yamada T., Asari Y. Aoyagi R., Omori T. : Mechanically Visualizing the Interest State of Children using AI, HICE2020, 2020
[9] 宮田 他: 顔情報を用いた子ども達の関心対象推定手法の提案，日本教育工学会 2020 春季全国大会，2020.
[10] Takamoto M., Morishita Y., Imaoka H, : An Efficient Method of Training Small Models for Regression Problems with Knowledge Distillation, arXiv:2002.12597v1, 2020
[11] Yamada T., Miyata M., Asari Y. Aoyagi R., Omori T. : Visualization of Child's “Mind Growth” from Educational Images : Interest Estimation Using Position / Direction Information, HICE2020, 2020

[12] 福田 他 : マルチモーダル特徴量を用いた教育志望者の授業スキル評価モデルの提案, G-1, HAI シンポジウム 2018,2018
[13] 浅利恭美 他: 子どもの動作からの関心推定に向けた行動計測と分析手法の提案, 日本教育工学会 2020 年春季全国大会, 2020.

現実的な金額設定を用いた risk-reward-heuristic の検討

中村　國則
Kuninori Nakamura
成城大学社会イノベーション学部
Faculty of Social Innovation, Seijo University
nakamura.kuninori@gmail.com

概要
現実の人間が“大きな見返りを得ることは稀である”，といった確率と効用の間に負の相関を見出して判断に結び付けている可能性がこれまで様々な研究によって明らかにされてきた。しかしながらそれらの先行研究には額でいえば最大で数千円程度，確率でいえば最小で 1%といった限定的な値のみを用いてきたという問題点があった。そこで本研究では現実の宝くじで想定されるような極端に低い確率・極端に高い金額を用いて，確率と効用の相関が成立するのかを検討し，そのような場合でも確率と効用の負の相関が見出されることを明らかにした。

キーワード：確率，効用，risk-reward heuristic，宝くじ

1. はじめに

期待効用理論, あるいはプロスペクト理論(Kahneman & Tversky, 1979)といった意思決定理論は，選択肢の望ましさを不確実さ(確率，確率加重)と結果の望ましさ(効用, 価値)の積で表し, その大小に従う選択を求める．そこでは不確実性と結果は互いに独立であり，“結果がこの程度なら確率はこの程度”といった片方からもう片方を予測できる関係は想定されていない．しかし現実には”金額の大きい宝くじは当たりにくい”，といった負の相関が確率と効用に成立することが多く(Pleskac & Hertwig, 2014)，実際の人間も“見返りが大きい結果は生じにくい”(Hoffart et al, 2019; Pleskac & Hertwig, 2014)とみなして決定している可能性が指摘されてきた．

典型的な研究として Pleskac & Herwtig (2014)がある．彼らは，参加者に当たった時に得る金額を提示してその金額を得る賭けに当たる確率の推定を求めたところ，得る金額が高くなるほどその金額が当たる確率が低く見積もられる傾向を見出した．この傾向は Hoffart et al. (2019)でも再現され，かつ Skylark & Prabhu-Naik (2018)では確率値が高いほど得られる金額が低く見積もられるという逆方向の相関も確認している．加えて Nakamura(2020)は同一参加者に対して金額から確率を推測させる課題と，確率から金額を推定させる課題の 2 種類を，利得場面と金額を失いうる損失場面のどちらかで回答させた結果，利得状況では個人内で双方の課題で確率と効用との間に負の相関を確認したが，損失状況では個人内でそのような対応関係は見出されなかった．

以上の先行研究の問題点は用いられた刺激の値が限定的だったことである．先行研究で提示された刺激の値は金額でいえば最大で数千円程度(Nakamura, 2020; Hoffart et al, 2019)，確率でいえば最小で 1%(中村, 2019)といった値であった．しかし現実の賭け，例えば宝くじでは一等の当選金額は最大で億単位におよび，当選確率は最小では 1000 万分の 1 程度, 最大でも 10%程度まであり，先行研究で扱ってきた金額・確率の値域は現実を踏まえれば限定された，あるいは現実離れしたものといえる．そこで本研究では，宝くじで想定されるような極端に低い確率・極端に高い金額を用いて，確率と効用の相関が成立するのかを検討する．

2. 方法

職歴は不問で金額部分の刺激を数字で記した質問フォームを 94 名、漢字で記した質問フォームを 47 名が回答した。刺激の提示や従属変数の記録は全て Google form を用いた. 回答者は"当たると x 円貰える宝くじがあるとします。この宝くじに当たる確率は何%だと思いますか？"という金額から確率を推測する課題、加えて"当たる確率が y %の宝くじがあるとします。この宝くじに当たるといくら貰えますか？"といった確率から金額を推測する課題の 2 つを回答した。金額の値として 240 円、300 円、400 円、470 円、1200 円、1600 円、2800 円、3000 円、10,000 円、100,000 円、1,000,000 円、10,000000 円、150,000,000 円、700,000,000 円の 14 種類を提示し、確率値としては 0.000005%、0.00001%、0.000015%、0.0005%、0.02%、0.1%、1%、10%、17%、33%、50%、67%、83%、99%の 14 種類を提示し，金額については数値の表現と漢字の表現のどちらかで提示した．課題内の刺激の提示順序は金額から確率を推定する場合も確率から金額を推定する場合も完全にランダムで行った．

3. 結果および考察

Figure 1 に金額から確率を推定する条件，Figure 2 に確率から金額を推定する条件の平均評定値を示す。これらの図が示すように，両条件で片方の値が大きくなるほどもう片方の値が小さくなる反比例関係が成立していることが分かる．金額から確率を推定する場合では金額を数値と漢字の双方で提示する条件があったが，どちらの場合で類似した半比例関係が成立していることも分かる。これらのデータに対しても金額・確率双方で 10 を低とした対数にデータを変換したうえで両者の相関を算出した結果，いずれも有意な負の相関を示した．

次に，両条件の平均評定値を実際の宝くじの値との比較でみてみると，金額から確率を推定する場合には 10 を底とした対数変換をした場合でも実際の当選確率よりも参加者の平均評定確率は高い値を示しているのに対し、確率から金額を推定する場合に 10 を底とした対数化をすると参加者の評定値は実際の金額に近い評定となっていることが分かる．金額から確率を推定する場合では数値・漢字条件ともに参加者の評定値の 95%信頼区間の中には現実の宝くじの当選確率は含まれていない．それに対して確率から金額を推定する場合には、数値・漢字条件ともに現実の宝くじの当選金額は参加者の評定値の 95%信頼区間に含まれている．このような結果は、相対的にみると当選確率の判断は現実よりも過大視される傾向があるのに対し、当選金額の評価にはそのような過大視が生じないことを示すものである．

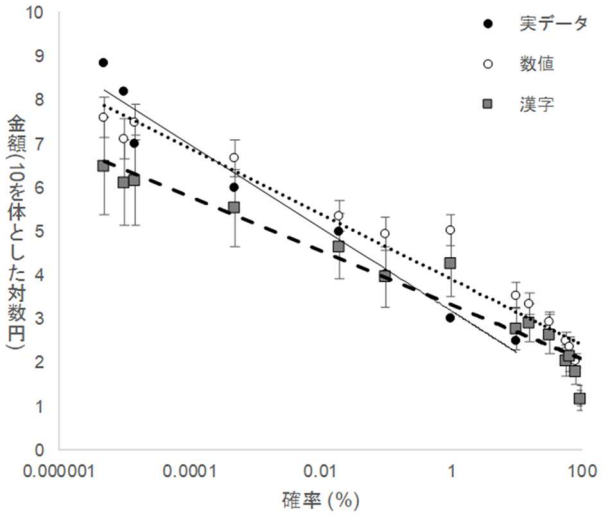


Figure1 確率から金額を推定させる条件の平均評定値：金額・確率ともに 10 を底とした対数に変換してある

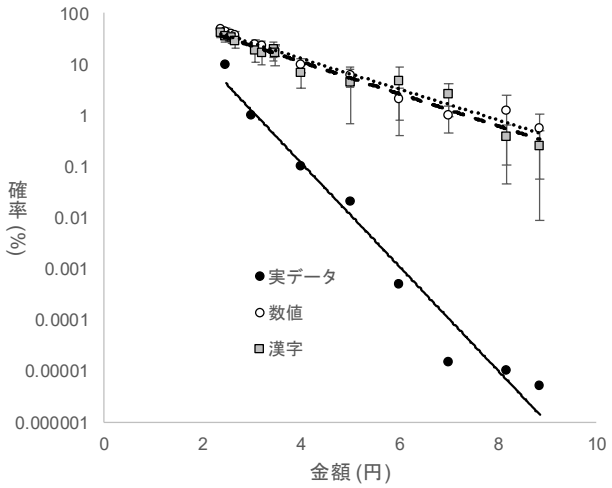


Figure2 金額から確率を推定させる条件の平均評定値：金額・確率ともに 10 を底とした対数に変換してある

4. 引用文献

[1]Hofart, J. C., Rieskamp, Y., & Dutli, G. (2019). How environmental regularities affect people's information search in probability judgments from experience. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 45, 219-232.

[2]Kahneman, D, & Tversky, A. (1979). Prospect theory: an analysis of decision under risk. Econometrica, 47, 263-291.

[3]Nakamura, K. (2020). Is probability utility correlation really correlation? An individual-level analysis of risk-reward heuristics. Proceedings of the Forty-first Annual Conference of the Cognitive Science Society,

[4]Pleskac, T. J., & Hertwig, R. (2014). Ecologically rational choice and the structure of the environment. Journal of Experimental Psychology: General, 143, 2000-2019.

[5]Skylark, W.J., & Prabhu-Naik, S. (2018). A new test of the risk-reward heuristic. Judgment and Decision Making, 13, 73-78.

正確さが必要とされる熟練伝統技能における視覚運動協調：扇子づくりの目もみ技能の検討

Visual movement coordination in accurate and expert traditional skills :Consideration of eye skills, MEMOMI, for Japanese fan making

木﨑 圭介[†]，野中 哲士[‡]
Keisuke Kizaki, Tetsushi Nonaka
[†]神戸大学大学院，[‡]神戸大学大学院
Graduate School of Human Development and Environment,
Kobe University
190d102d@stu.kobe-u.ac.jp

概要

匠の技において技能を継承することは非常に困難である.また，匠の技術がどこまで繊細であり，自然と身につけた技能はどこを意識しているのかを解明することは難しい.今回の研究では，扇子の骨組みを 30 年以上製作している匠の視線を計測した.この計測データから，匠と呼ばれる職人が見せる視線の動きと，特徴を分析する.

キーワード：伝統技能，熟練者，視線計測

1. はじめに

近年，技能継承の問題は，伝統技能の分野では後継者不足に加え少子高齢化の影響で拡大しており，消失が危惧される技能も多い.(図 1)

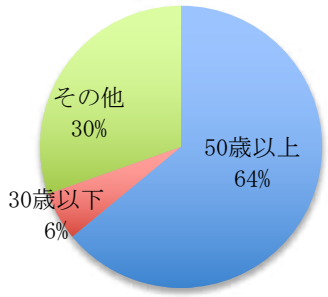


図 1. 伝統工芸における従事者の年齢別割合

伝統技能に関してこれまででは技能を持つ熟練者が弟子に口伝で機能を伝え、弟子は熟練者の見真似をして，鍛錬していくことにより技能が継承されてきた.[1] しかし，弟子を得ることすら難しい現状では、数少ない弟子に確実に短期間で技能を伝承する必要がある.技能の継承が円滑になされなければ，残されてきた文化遺産が消失していく可能性がある．技能を確実に個人のものにするには熟練者の動作の内側にある力の入れ方や視線の置き方などの内面的な技能を体得していく必要がある.

そこで本研究では，扇子の骨組みである扇骨づくりの職人を対象に，視線情報に注目し，視線の動きを計測した．また、作業において何に注目しながら行っているのか視線の動きを分析した.[2]

今回の実験では，実際作業が行われている工場に足を運び視線計測を行った.

2. 実験方法

実験場所は実際の工場である滋賀県安曇川町で行った．扇骨作成工程において，最も熟練者の技術が必要とされる「目もみ」という工程を，約 15 分間視線計測した.実験は以下の手順で行った.

1. 熟練者(歴 30 年以上)にヒヤリングを行い、最も経験の差が現れる作業を設定.
2. 被験者に目もみの作業場にて視線計測機の装着をしてもらった後に，実作業を 15 分間行ってもらった.(図 2)
3. 被験者の視線計測データから，器具への挿入開始から終了までの作業における分類をした.
   - 道具
   - 扇骨
   - その他

図 2 実際の目もみの作業図

2.1 扇骨

扇骨とは，扇子の骨のことであり、扇子の紙以外の部分のことを指す.
扇骨は両外側の 2 枚を「親骨」といい，内側を「仲骨」という. (図 3)

図 3 親骨と仲骨

工程は共に 15 をも超える作業となっており，職人から職人へ作業が移る分業体制になっている. 親骨，仲骨，いずれにも 3 年から 5 年育った良質の竹が使われる. 扇骨に使うのは皮と中身を削り取った，ほんの一部であり 9 割が廃材となる.
国産の扇骨の 90%以上が滋賀県安曇川町で作られている.

2.2 目もみ

目もみとはかなめの穴をあけるを作業である.(図 4)

図 4. 目もみの完成図

真ん中に穴をあけることが必要とされている.下手な人によっては完成品の半分も廃棄になってしまうこともある為，熟練者の技能が必要とされる.

3. 実験結果

実験対象者を表 1 に示す。

表 1.被験者情報

	被験者 A	被験者 B	被験者 C
年数	40 年以上	20 年弱	3 年未満
撮影時間	16 分 23 秒	6 分 11 秒	5 分 15 秒
作成本数	323 本	223 本	33 本

その際の 1 本あたりの時間構成を,

- Place(器具に扇骨がセットされた時)
- Step(穴を開けるために器具を踏んだ時)

に分け，各開始時間と終了時間の構成を図 5.図 6.図 7 に示す.

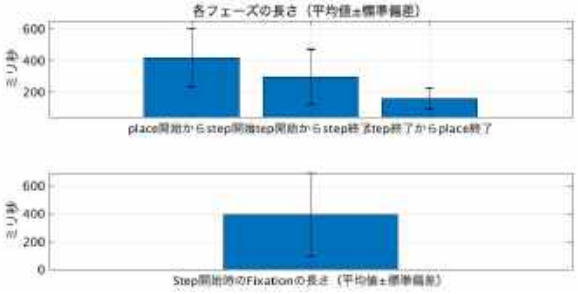


図 5　被験者 A のフェーズごとの
時間変化と固視の長さ

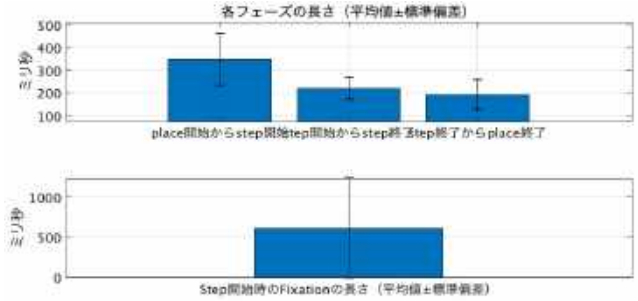


図 6　被験者 B のフェーズごとの
時間変化と固視の長さ

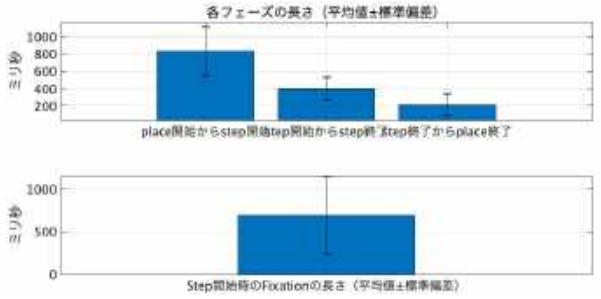


図 7　被験者 C のフェーズごとの
時間変化と固視の長さ

図 7 より、最も経験の浅い被験者 C がステップまでの時間は最もかかった。
また、図 6.7 より、step 開始時の固視時間は僅かながら、被験者 A より長い時間となった。
これは、熟練者の方が重要なポイントにおいて固視時間が長くなるという予想とは反する結果が得られた。

4 参考文献

1. 敦檜山, 和宏浅田, 秀俊並木, 正明宮廻 & 通孝廣瀬. Inheriting crafts work skill by augmented eye-tracking data on fixed cameras. *Trans. Hum. Interface Soc.* **12**, 249–258 (2010).
2. Harvey, A., Vickers, J. N., Snelgrove, R., Scott, M. F. & Morrison, S. Expert surgeon's quiet eye and slowing down: Expertise differences in performance and quiet eye duration during identification and dissection of the recurrent laryngeal nerve. *Am. J. Surg.* **207**, 187–193 (2014).

武術的立位が身体動揺に与える影響
Effects of Japanese Martial Standing Method on Body Sway

渡部 悠也†, 阪口 豊†
Yuya Watanabe, Yutaka Sakaguchi

†電気通信大学
University of Electro-Communication
yuya.watanabe@uec.ac.jp

概要

本研究では,「浮くように立つ」武術的立位である「垂直離陸」の機能的意味を理解することを目的として,重心動揺特性及び筋活動を解析した. 床反力計を用いて床反力中心 (COP) を計測し, Detrended Fluctuation Analysis(DFA)によりCOPの時系列解析を行った結果, 垂直離陸状態では通常の立位状態に比べ, 静的安定性が低下する一方, 動的安定性が向上していることが明らかになった. また, 筋活動解析の結果から, 膝関節の屈曲と伸展を行う筋の同時活性が実験的に確認できた. これらの結果は, 垂直離陸が前後方向の身体動揺を抑え左右方向の身体動揺を増やすことで静止立位時の身体動揺パタンを変化させることを示唆する.

キーワード : 武術的立位, 拮抗状態, 足底圧中心(Center of pressure), Detrended fluctuation analysis, 動的安定性

1. はじめに

1.1. 武術的立位「垂直離陸」について

武術では, 身体を素早く動かすことに加えて, 自分の運動意図を相手に伝えないことが重要である. 例えば,「ナンバ」と呼ばれる武術的な歩法では, 身体パーツ間の連鎖的な動きを抑えて身体を動かすため, 動き出しを相手に悟られにくくなることが指摘されている[1]. 武術では, このような相手に自分の動きの意図を悟られないための身体操作法が数多くみられる.

本研究では, さまざまな武術的な身体操作法のうちその基本である立位法に着目し, その特性を実験的に検討する. 具体的には,「垂直離陸」と呼ばれる武術研究家の甲野善紀氏が考案 (命名) した立位法を題材としてとりあげる. 甲野氏によると, これは「浮くように立つ」立位法であり, この立位法をとることにより「足裏に体重がかからず地面を蹴らない動きを実現できる」という (注:この表現はあくまで感覚的な表現である). 垂直離陸の状態は,「片足立ちを両足で同時に行うようにする」,「縄跳びを両足で踏んで縄ごと身体を持ち上げる感覚で立つ」,「脚を曲げる動作と伸ばす動作を同時に行おうとする」といったように, 現実には実現不可能な状況を仮想的にイメージしながら立位することによって実現される. このように, 二つの足を一緒に持ち上げるような感覚が「浮くように立つ」という主観的感覚につながると考えらえる一方で, その物理的, 生理的な実態は明らかではない. ただし, これらの教示内容を考えると, 少なくとも, 足を伸ばす方向の動作と足を曲げる方向の動作を同時に行おうとする一種の「拮抗状態」を作り出すことが重要であると推察できる. その点で, 垂直離陸は動筋と拮抗筋を同時に駆動して関節スティフネスを高める「同時活性化」の状態に類似しているように思われるが, 垂直離陸の状態における身体感覚は「力をいれて身体を固める」ものとは明確に異なることから, 一般的な同時活性化の状態とは異なる状態とも考えられる.

また, 武術研究家の中島章夫氏によると,「人には, 相手と接触していると無意識のうちに体重の一部を相手に預けて自身の身体の安定化を図ろうとする作用が働く」という. つまり,「相手と触れることにより, 相手とのあいだに「関係性」を作り出す生来的な性質がある」という. このことは, 相手と接触することにより自らの姿勢制御に関する情報を相手に伝えてしまうことを意味するが, これは冒頭で述べた「相手に自分の意図を伝えない」という武術の原則からすると望ましくない. そして, 垂直離陸は, 相手との接触によってもたらされる関係性を絶つ効果があると考えられている. 相手との関係性を絶つ効果には二つの側面がある. 一つは, 上で述べたように自分の状態を相手に伝えない効果である. もう一つは, 相手を自分に頼らせない効果である. 自分が垂直離陸の状態をとると, 相手は自分に対して通常のように体重を預けることができなくなるため, 体勢が崩れやすくなると考えられている.

本研究では, 以上の背景の下で, 自然に立位した状態と垂直離陸の状態で立位した状態において, それぞれ重心動揺, 筋活動を計測し, 垂直離陸の状態における身体動揺特性および筋活動特性を実験的に明らかにする. また, その結果に基づいて, 垂直離陸がもたらす機能的意味とそのメカニズムについて考察する.

2. 実験方法

2.1. 被験者

被験者は武術的動作の経験がない成人男性 4 名，武術的動作の指導者 1 名の計 5 名である．本実験は，電気通信大学における「ヒトを対象にする実験に関する倫理委員会」の承認を得て実施した．

2.2. 実験装置

測定に用いた床反力計はテック技販社製 TF4060 であり，サンプリング周波数は 200 Hz に設定した．

筋活動は皮膚表面電極を用いた双極誘導により測定した．生体アンプは TEAC 社製 polymateAP-1000 を用い，サンプリング周波数 2000 Hz で測定を行った．測定の前処理として，電極貼付位置には日本光電工業社製スキンピュアを用いて皮膚抵抗を低減させた．測定筋は足関節の底屈・背屈に関わる前脛骨筋(TA)，腓腹筋(GA)，膝の伸展・背屈に関わる大腿直筋(RF)，大腿二頭筋(BF)の 4 つである．

2.3. 手続き

被験者には，足は内側間で 15-20 cm 程度開いた状態で楽に立位するように指示した．実験は全て開眼で行い，目とほぼ同じ高さで正面 1.8 m 程度先に設けた指標を注視するように指示した．1 試行は 40 秒間である．試行数は，通常立位条件，垂直離陸条件各 5 回であり，二つの条件を交互に行った． 最初の試行における両足間位置を記録し，全試行においてその位置を保つようにして実験を行った

実験に先立ち，被験者は垂直離陸の実現方法について説明を受けた．1.1 節において垂直離陸の教示法について述べたが，本実験では主に，「脚を曲げる動作と伸ばす動作を同時に行う」という表現で教示した．その後，被験者の状況に応じて補足的に「縄跳びを両足で踏んでいる状態で縄ごと身体を持ち上げようとする」，「片足立ちを両足で行おうとする」といった比喩的表現を用いた．また，垂直離陸の状態では「浮くように立つ」感覚が得られると説明し，被験者がこれに近い感覚を得られたと回答した段階で垂直離陸の説明を終え，実験を開始した．

2.4. 分析

全ての解析は MathWorks 社のソフトウェア MATLAB を用いて行った．床反力計の測定データは，カットオフ周波数 5 Hz の 4 次バターワースフィルタで低域遮断した．また，筋活動電位の測定データはカットオフ周波数 50 Hz のハイパスフィルタで低域遮断したのち，カットオフ周波数 5 Hz のローパスフィルタで平滑化を行った．

床反力計，筋電位ともに 40 秒の測定時間のうち 5 秒から 35 秒までの 30 秒間のデータを解析対象とした．

安定した立位姿勢は，身体重心(COM: center of mass)の垂線が両足間の支持基底面内に収まっているときに維持される．COM は支持基底面内の圧中心(COP: center of pressure)に反映されることから[2]，身体動揺計測の指標として COP が用いられる．

本研究では，床反力計により計測した COP の時間変化に基づいて重心動揺を評価する．用いた指標は前後方向（AP: anterior vs. posterior）と左右方向(ML: medial vs. lateral)の移動速度 dCOP(derivative of COP)および，軌跡長 $\mathrm{COP}_{\mathrm{length}}$ であり，それぞれ次式で与えられる．

$$\mathrm{dCOP_{AP}}[n] = \frac{\mathrm{AP}[n+1] - \mathrm{AP}[n]}{\Delta t}$$

$$\mathrm{dCOP_{ML}}[n] = \frac{\mathrm{ML}[n+1] - \mathrm{ML}[n]}{\Delta t}$$

$$\mathrm{COP_{length}} = \sum_{n=1}^{N-1} \sqrt{(\mathrm{dCOP_{AP}}[n])^2 + (\mathrm{dCOP_{ML}}[n])^2}\,\Delta t$$

ここで，$\mathrm{AP}[n], \mathrm{ML}[n]$はそれぞれ計測時点$n$ における COP の前後方向，左右方向位置，Δtはサンプリング周期（= 5 ms）を表す．この式からわかるように，軌跡長は COP の移動の速さを時間的に積分したもので，COP 移動の平均的な速さを表すものである．また，COP の時系列の特性を分析するため，本研究では，DFA(detrended fluctuation analysis)の手法を用いる．この手法はスケーリング指数 α を用いて時系列データのフラクタル性を推定する手法である[3-6]．α は時系列データの複雑性に関する値であるとされ[7]，姿勢制御の研究においては，重心動揺の動的安定性を表す指標として用いられる[8]．

DFA の具体的な方法は以下の通りである．データ長Nである時系列データ$x(j)$からその平均$\bar{x}$を引いたうえ

で 1 番目からi番目までの総和をとったものをi番目の値とする新たな時系列$y(i)$を得る.

$$y(i) = \sum_{j=1}^{i} [x(j) - \bar{x}]$$

得られた時系列$y(i)$をデータn 個毎に分割し，それぞれの区間において線形回帰計算を行って，各データに対しその線形近似値$y_n(i)$を求める. 最後に, 時系列$y(i)$と近似値$y_n(i)$の二乗誤差平方根をとる.

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} [y(k) - y_n(k)]^2}$$

この計算を異なるnに対して行い，$\log_{10} n$を横軸, $\log_{10} F(n)$を縦軸としたときの近似直線の傾きがスケーリング指数αである.

3. 実験結果

3.1. 床反力中心の運動特性

通常立位条件および垂直離陸条件における COP の前後移動速度，左右移動速度を図 1，軌跡長を図 2 に示す. 条件間の違いを統計的に調べるため, 被験者ごとに二つの条件間で t 検定を行った. その結果，一部の被験者を除きほぼ共通して, 垂直離陸状態では前後・左右双方の移動速度，および軌跡長が統計的に有意に増加していた.

この結果より，垂直離陸により静止立位時の重心動揺が増加し，身体が不安定化していることが明らかになった.

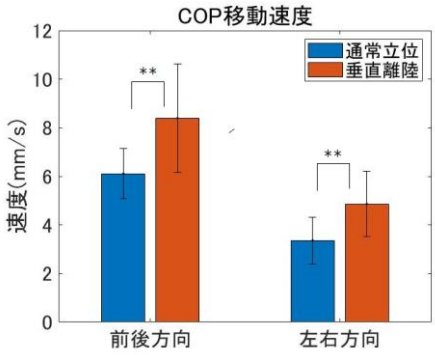


図 1 平均 COP 移動速度

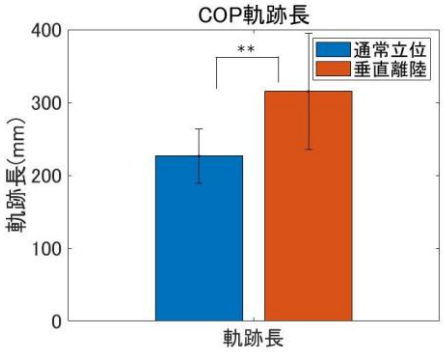
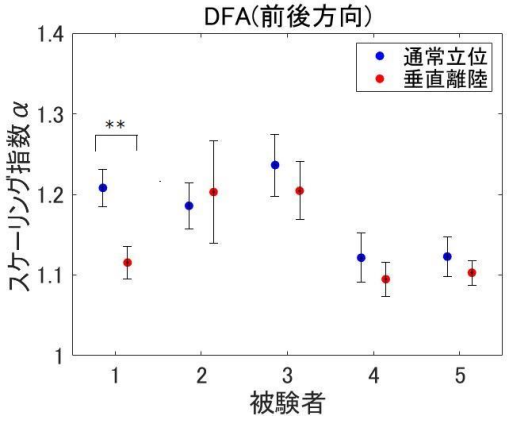


図 2 平均 COP 軌跡長

3.2. DFA を用いた重心動揺のゆらぎ解析

次に, DFA を用いて床反力中心の動きの時系列解析を行った. 各被験者の通常立位条件及び垂直離陸条件の前後方向，左右方向のスケーリング指数を図 3 に，全被験者の平均を図 4 に示す. DFA により得られたスケーリング指数αは前述の通り, 系の複雑性を表し, 動揺の動的安定性が上昇していることを表す意味する.

被験者ごとに比較した場合は，有意な減少を示したのは被験者 1 の前後方向，被験者 5 の左右方向のみであったが，図 4 に示すように，被験者全体でみると，垂直離陸条件では通常立位条件に比べてαが有意に減少した. また，すべての被験者において，通常立位条件と垂直離陸条件ともに，前後方向に比べ左右方向の方がαの値が高かった.



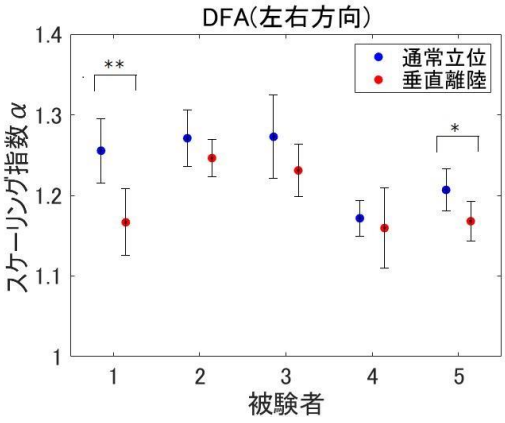


図 3　各被験者の平均スケーリング指数α

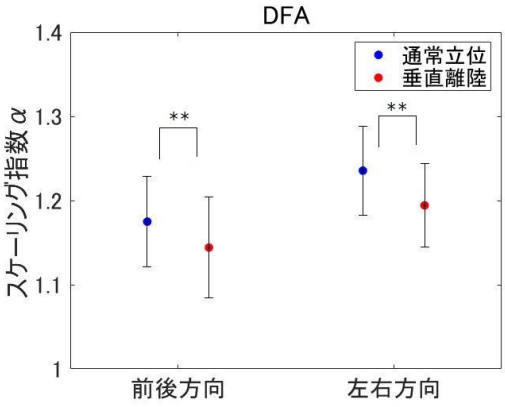
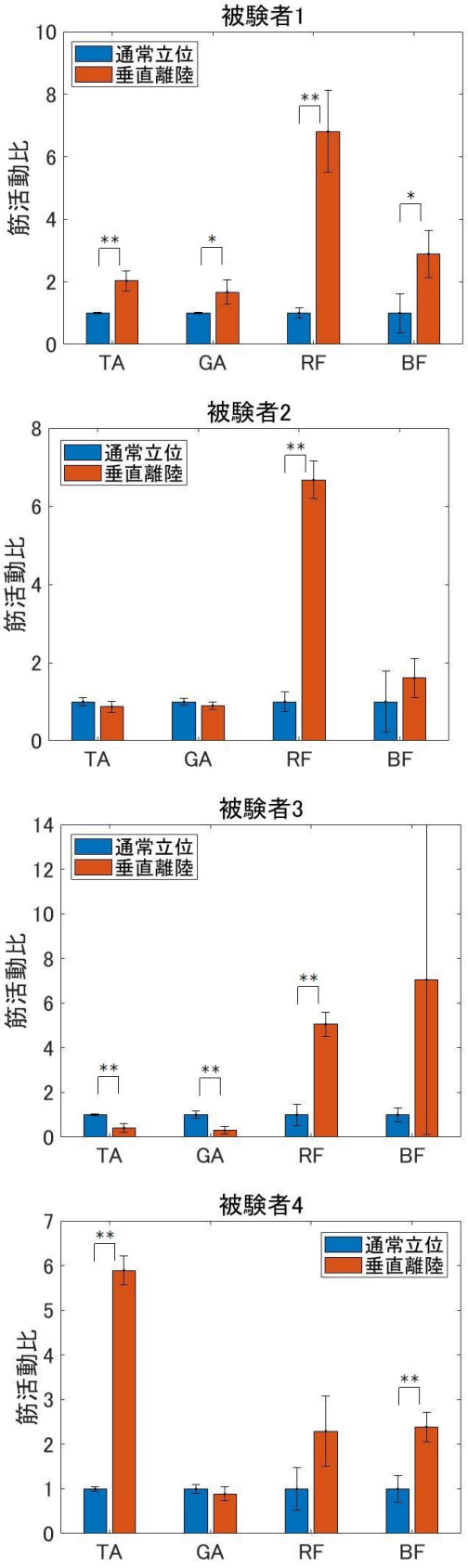


図 4　全被験者の平均スケーリング指数α

3.3.　筋活動量

前述の前処理をした筋電位の二乗平均平方根(RMS)をとることにより，各被験者の四つの筋活動量の平均値を算出した．被験者間および被験筋間の比較のため，各筋の通常立位時の平均筋活動を 1 としたときの垂直離陸時の平均筋活動を図 5 に示す．また，全被験者の平均筋活動比を図 6 に示す．すべての被験者が垂直離陸では大腿二頭筋(RF)の筋活動量が増加した．また，被験者 5 以外の 4 名が垂直離陸では大腿直筋(RF)の筋活動量が増加し，そのうちの 3 名は 4 倍以上の増加であった．



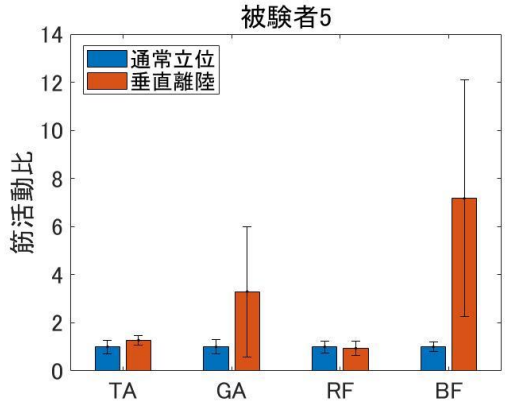


図 5　被験者毎の平均筋活動比

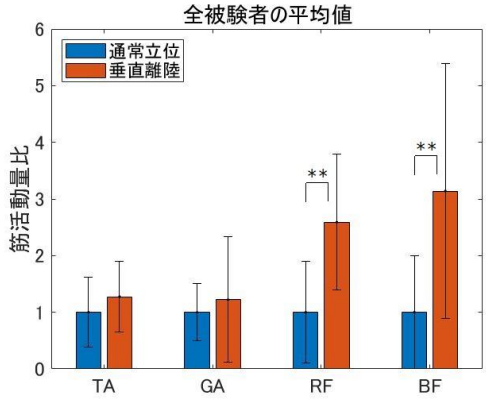


図 6　全被験者の平均筋活動量比

4.　考察

4.1.　垂直離陸の立位特性について

垂直離陸条件では，通常立位条件と比べて床反力中心の速度及び軌跡長が増加していたことから，垂直離陸の状態では，COP の動きが少ない（重心動揺が小さい）という意味での安定性（これを「静的安定性」と呼ぶ）が低下していると考えられる．これは，「垂直離陸では身体が不安定になる」という中島氏の説明と一致する．一方で，垂直離陸条件では DFA により得られたスケーリング指数 α が低下する傾向が見られたことから，動的安定性が上昇していると考えられる．

これら 2 つの結果を踏まえると，通常立位は重心を同じ場所に留めるとするという意味で（つまり，COP の移動範囲を狭く保つという意味で）安定化を図る立位であるのに対し，垂直離陸は絶えず動くことで(COP の移動範囲を広くとって）安定化を図ろうとする立位であると考えられる．

武術の立ち合いにおいて，同じ場所に留まろうとする立位は，動き出しの遅れや対応力の低下に繋がるといわれていることから，静的安定性が高いことは武術においては必ずしも望ましいことではなく，むしろ動的安定性こそ望ましい特性であると考えられる．また，「浮くように立つ」という主観的な感覚は，COP が静的に安定していないこと（浮くことで揺らいでいる感覚）を反映しているのではないかと考えられる．

4.2.　垂直離陸状態の筋活動量について

垂直離陸を実現する際の要点が脚の屈曲と伸展を同時に行うように感じる一種の「拮抗状態」であることを考えると，脚各関節の筋の同時活性が垂直条件を実現するための条件であると考えられる．各被験者の平均筋活動（図 5）を見ると，垂直離陸条件において，測定した 4 つの筋のすべての筋活動量が増加したのは被験者 1 のみである．被験者 1 は DFA により得られたスケーリング指数 α が前後方向，左右方向ともに有意に（$p < 0.01$）減少していることから，動的安定性が最も上昇しているといえる．

一般に，拮抗筋対の同時活性化は関節まわりのスティフネスを高める効果をもたらす．したがって，拮抗状態を作ることは身体の動きを止める方向の作用が生じると考えられるが，それにも関わらず，垂直離陸条件において身体動揺が大きくなるのはなぜであろうか？

その原因として考えられることは二つある．一つは，間欠的制御[9]との関係性である．ヒトの神経系は情報伝達速度が遅いことから，制御系としてみるとむだ時間が長い系であるといえる．このため，筋線維や皮膚の機械受容器からの感覚情報を用いてフィードバック制御を行うことが難しい．ヒトの運動制御系がもつこのような制約の下で安定した立位バランス制御を実現するうえで，望ましい位置からの重心のずれが小さな領域ではあえて制御をおこなわず，ずれがある程度大きくなってから制御をかける戦略が有効であることが指摘されている（間欠的制御[9]）．この仮説が正しいとすると，静的安定性が悪くなることは，制御を行わない領域が大きくなっていることを示唆している．一方で，関節を堅くすることで制御に対する応答が悪くなる（同じトルクをかけても身体が動きにくくなる）可能性があることを考えると，これは単に制御が悪くなっているだけで，動的安定性を高める効果があるとはいえないことから，垂直離陸状態で動的安定性が上昇しているという結果とは矛盾するように思われる．

もう一つの可能性は身体（筋）の多自由度性である．

立位バランスの維持には身体中のほぼすべての筋が関与していると思われるが，垂直離陸の拮抗状態において同時活性化される筋はそれらのうちの一部のみである．したがって，それらの同時活性化によって身体自由度の一部が堅く（スティフネスが高く）なったとしても，それ以外の身体自由度は堅くならずに保たれる可能性が考えられる．つまり，拮抗状態は，特定の自由度の動きを封じてそれ以外の自由度の動きを引き出す効果をもたらすことが考えられる．実際，武術における身体操作法では，ある動作を実行する際に，働いてほしくないが働いてしまいがちな身体の動きを妨げて，働いてほしい身体の動きを引き出すような操作を行うことが多い．このことを考えると，垂直離陸は，通常の立位バランスにおいて中心的役割を果たす足関節や股関節の屈曲伸展の動きを抑えて，それ以外の自由度の参加を促す手法である可能性が考えられる．実際，垂直離陸を行うと，通常立位条件に比べて床反力中心の左右方向の動きが大きくなるが，これは，股関節や足関節の外転・内転方向の自由度が動いていることを意味している．このような，通常と異なる自由度による身体バランスの制御が，相手にとって予測しにくい動きを生み出すものと考えられる．

このような考え方は現時点では一つの仮説にすぎないが，垂直離陸時の関節の動き方を分析することで検証可能であると考えている．

5. むすび

本研究では，「浮くように立つ」武術的立位である「垂直離陸」の機能的意味を理解することを目的として，重心動揺特性及び筋活動の解析を行った．本研究では，垂直離陸が静的安定性を崩し，動的安定性を実現する立位であり，各関節周りの筋が同時活性していることが実験的に確認できた．素早い動き出しや高い対応力が要求される武術の立ち合いを想定すると，垂直離陸が動的立位であるという考察は幾分理にかなっていると考えられるが，考察でも検討したように，関節を堅くする効果がある拮抗筋対の同時活性が動的立位の実現にどのように寄与しているかについてはさらなる考察が必要である．

本研究の一部はJSPS科学研究費補助金基盤研究（B）18H03167を受けて行った．この場を借りて謝意を表する．

文献

[1] 甲野善紀, 田中聡, 身体から革命を起こす, 新潮社, 2005.
[2] 長谷公隆, “立位姿勢の制御”, リハビリテーション医学, vol.48, no.6, pp. 542-553, 2006.
[3] Duarte, M. and Sternad, D. “Complexity of human postural control in young and older adults during prolonged standing”, Exp Brain Res, vol. 191, pp. 265-276, 2008.
[4] Peng, C. K., Havlin, S., Stanley, H. E. and Goldberger, A.L., “Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series”, Chaos, vol. 5, pp. 82-87, 1995.
[5] 水田,久世,青木,山田,伊藤,時田,“重心動揺に対するフラクタル解析”, Equilibrium Res, vol.75, pp.154-161, 2016.
[6] 木村,横山,小田,永田,“Detrended Fluctuation Analysis (DFA)を用いて高齢者の歩調の揺らぎを測る”,テサントスポーツ科学, vol. 29, pp. 88-97, 2008
[7] Amoud, H., Abadi, M., Hewson, D., et al., “Fractal time series analysis of postural stability in elderly and control subjects”, Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation, vol. 4, pp. 1-12, 2007
[8] Hausdorff, J. M., “Gait dynamics in Parkinson’s disease: Common and distinct behavior among stride length, gait variability, and fractal-like scaling”, Chaos, vol. 19, pp. 026113-1–026113-14, 2009.
[9] 野村泰伸, “ヒト静止立位姿勢の神経制御モデル”, 日本神経回路学会誌, vol. 18, no.2, pp.85-98, 2011.

日本語会話における「擬似コードスイッチング」の分析
Pseudo Code Switching in Japanese Conversation

臼田 泰如 †
Yasuyuki Usuda
† 国立国語研究所
National Institute for Japanese Language and Linguistics
usuda@ninjal.ac.jp

概要

本研究では，日本語の会話においてしばしば見られる，参与者が日本語標準語話者であるにもかかわらず，標準語以外のなんらかの方言，典型的には関西方言に属する語彙や表現を用いて発話するという現象について分析を行う．この現象については「ヴァーチャル方言」「方言コスプレ」といった呼称によって従来指摘がなされてきているが，その言語使用自体の経験的研究は十分でない．本研究ではそのため，実際に使用された会話のデータである『日本語日常会話コーパス』モニター公開版を使用し，会話分析の手法を用いて分析を行う．分析の結果，擬似 CS は，字義的に提示されている行為とは異なる理解を促すためのメタメッセージを発話にもたせることを可能にしており，そのメタメッセージが場合によっては冗談であることの理解や，譴責などの行為の持つリスクへの対処になっていることが明らかになった．

キーワード：擬似コードスイッチング，方言，会話，相互行為，会話分析 (conversation analysis)

1. はじめに

日本語の会話を観察していると，しばしば参与者が日本語標準語話者であるにもかかわらず，標準語以外のなんらかの方言，典型的には関西方言に属する語彙や表現を用いて発話するという現象に遭遇することがある．具体的にはデータ 1 のようなものである．

データ 1: なんやねん
((B の就職活動がうまくいっていないという話))

1	B	ただ今ほんとになんか [もう何もやりたく
2		な h[く h て h。
3	A	[疲れたでしょ もう。
4→	A	[なんやねんてはな [しやろ。
5	B	[もう。
6	A	今。=
7	B	=そ h う h

このような，参与者自身の母語ではない方言に会話の中でシフトすることを本研究では「擬似コードスイッチング（以下擬似 CS）」と呼ぶ．参与者は擬似 CS をまったくランダムに行なっているのか，それとも何らかの秩序に基づいて，なんらかの事態を達成するためのふるまいとして行なっているのか．もしなんらかの事態を達成するために行なっているのだとすれば，それはどのような事態で，どのような秩序に基づいてなされているのか．それは擬似 CS によって，なんらかの特定の行為を遂行することによって達成されるものなのか．本研究が明らかにすることを試みるのはこのような問題である．

2. 先行研究

コードスイッチング (CS) とは，「1 つのコミュニケーションの場において，話し手のコード（使用言語）が，聞き手や状況，話題の変化などに応じて切り替わること [1, 230]」を指す．典型的には二言語（以上）話者が相手や場面に応じて複数の言語を使い分けることを言うが，「日常生活の様々な場面に応じて標準語や俗語，方言を使い分けることもその一種 [1, 230]」とされる．ここでいう「方言」はおそらく話者自身が属する地域や社会階層のそれを指すと考えられるため，自らが属さない地域の方言を用いることである擬似 CS は「擬似」とひとまず呼んでおくのが妥当であろう．また，「コード」は「個々の言語形式ではなくことばの体系全体 [2, 31]」を指すとされ，語彙を用いるだけでは，必ずしも CS の条件を満たさないとも考えられる．のちに見るように，本研究におけるデータでは，関西方言において典型的に用いられると考えられるいくつかの語彙や定型句的な短文の使用が多く観察され，例えばアクセント型のスイッチは見られないことが多い．この点からもいわゆる典型的なバイリンガル集団における CS と同一視はできない．

このような日本語標準語話者によるなんらかの標準語以外の日本語方言の使用についての研究としては，上記の現象に類するものを「方言コスプレ」「ヴァーチャル方言」という術語で呼ぶ一連の研究がある [3, 4].

「ヴァーチャル方言」とは,「特定の地域と結びついたリアルな生活の中で使われる素のことば」[3, vi] であるとされる「リアル方言」とは異なり，テレビドラマや小説，インターネットなどの「多様なコンテンツ類に現れる」「なんらかの水準において編集・加工を経て再提示されたもの」(vi) を指す．また「『ヴァーチャル方言』のなかには，方言の根幹であるはずの『特定の土地との結びつき』から解き放たれた用法を持つもの」(vii) として，発話者が生まれ育った地域とは無関係に，時に「単なるキブンの切り替えツールとして」(viii) 方言的な言語使用を行うことを「方言コスプレ」と呼んでいる.「関西人でもないのに,『なんでやねん』とつっこんだり，土佐人でもないのに『行くぜよ！』と『龍馬語』でスカッと言い切ったりする，そのふるまい」(viii) を端的な例として挙げている．

田中はこうした方言的な言語使用と，全国方言意識調査から明らかになった「方言ステレオタイプ」(98-111) との結びつきとを指摘し，さらにそれがテレビドラマ，とりわけ「NHK 連続テレビ小説」や「NHK 大河ドラマ」といった方言的なセリフを積極的に用いるドラマによって形成されていると論じている (114-127)．方言ステレオタイプは，そうしたドラマでの起用の多い東北，関西，九州などの地域で強く見られるほか，高知，鹿児島のような典型的なキャラクターの存在が指摘できる地域にも強いとされる．

一方で，これらの議論はある方言についてのステレオタイプの抽出を行う調査や，テレビドラマへの露出度との関連を分析するなどの手法に依っている．言語使用自体の詳細な分析は主としてテレビドラマなどのマスメディア資料に基づいて行われており [5]，とりわけ，本研究で扱う擬似 CS と関連が強いと考えられる,「単なるキブンの切り替えツールとして」の用法については経験的研究が十分ではない．

本研究ではこのような現状を踏まえて，実際に使用された会話のデータを用いて，人々が方言的な言語使用をどのように行なっているかについての経験的研究を試みる．

3. データと方法論

本研究で扱うデータは，国立国語研究所において構築が進められている『日本語日常会話コーパス (CEJC)』モニター公開版 [6] である．CEJC は日常生活における会話の多様性をできるだけ反映し，さまざまな研究に利用可能な形で提供するため，音声および映像と文字起こしテキストを利用可能な形で提供するほか，以下のような特徴を備えるよう設計されている．

- **大規模**：200 時間分の会話データ（完成時，モニター公開版は 50 時間）
- **代表性**：年齢・性別・属性・会話の種類の均衡性を考慮
- **検索性**：形態論情報（品詞，文中の位置，発話時間など）

また，会話自体の音声・映像データとその形態論情報だけでなく，居住地や出身地，年齢層などの周辺情報もある程度利用可能である．本研究では，研究の目的に鑑み,『日本言語地図[1]』を参考に，話されている言葉が西日本方言的特徴を多く持つと考えられる地域への居住歴のある参加者が参加している会話を除外した．具体的には，富山県・岐阜県・愛知県以西の地域に居住経験のある参加者を含む会話は本研究の対象にしていない．

上記の自然会話データについて，会話分析 conversation analysis[7, 8] の方法論にもとづく分析を行う．会話分析とは,「人が日常生活の中で従事する多種多様な実践的諸活動——会話，会議，診察，面接，ゲーム，授業，接客等々——を構成する出来事や人びとの振る舞いが，いかにしてその場で常識的に合理的な理解可能性を備えるものとして成立しているか，この秩序を産出するための社会成員の「方法」[9] を，発話をはじめとする相互行為中の振る舞いの観察を通じて明らかにする」方法論である [10]．我々はやりとりを行いながら日常のさまざまな活動を行なっている．そうした活動の中のやりとりに用いられることばや身振りなどのふるまいは，すべてがそうではないにせよ，その活動を構成するひとつひとつの行為や活動全体を成り立たせるための参与者の指し手になっているものを含んでいる．会話分析が採用する分析方針は，どのようにしてそうしたふるまいが行為を構成する指し手になっているのかを明らかにすることである．

4. 分析

以下では擬似 CS が観察される会話断片をいくつかみていく．以下に示す会話断片をみる限り，擬似 CS は多様な連鎖環境において，多様な行為に埋め込まれて用いられており，相互の関連性に乏しい．

データ 2 は親しい友人同士の A と B の会話の一部である．A は高校生などを対象にワークショップなどを行う NPO 団体を主宰しており，その活動の一環として自身の出身高校の授業に参加して活動してい

[1] https://www.ninjal.ac.jp/publication/catalogue/laj_map/

る．3 行目にある「先生」とはその高校の先生である．データ 2 は，その NPO 団体の A の後輩が，先生を含めたグループチャットにおいて，先生からの連絡に返事をしないことを譴責したという出来事について語っている場面である．

データ 2: T010_013 (1)

1	B	友達ね [うん。
2	A	[そう。
3	A	とかだったらいいけど 先生に対して。
		(1.0)
4→	A	なんでやと。
5	B	ああ。
6→	A	で 返事をせえっつったけど
7		返事もし*ないし。
8	B	*((小さく 2 回頷く))
		(1.4)
9	A	で 今回の最後の高校生の授業も (0.4)
10		運営を (.) やりますよと。
		(0.5)
11	A	だけど (.) あの 申し訳ない (の) で その
		(1.3)
12		二週間前ぐらいか が (.) 彼らの最後の授業。
13	A	もう 彼ら四人に [授業を作らせて
14	B	[ああ ああ。
15	A	もう し-

A は，自身が経験した腹立たしい出来事として，NPO 団体の後輩がかつてとった行動について B に語っている．→ を付した擬似 CS が出現するのは，その出来事を語る中で，くだんの後輩の行動に対して語り手自身がとった行動，およびその行動について語り手自身がとりえた仮想的な反応を提示する発話においてである (4 行目, 6 行目)．つまり，A はここで，自らが行なった「譴責」という行為を再現する発話において擬似 CS を用いている．

別の例も見てみたい．データ 3 は冒頭のデータ 1 の再掲である．B は民間企業への就職活動と公務員試験を断続的に並行して行なっており，そのことによって疲弊していることを語っている．A 自身は就職活動はしていないが，それについて強く共感を示していることが見て取れる．

データ 3: K003_005

1	B	ただ今ほんとになんか [もう何もやりたく
2		な h[く h て h。
3	A	[疲れたでしょ もう。
4→	A	[なんやねんてはな [しやろ。
5	B	[もう。
6	A	今。=
7	B	=そ h う h

データ 3 において擬似 CS が出現するのは，B の自らの心情を開示する発話 (1 行目, 2 行目) に対して，A が共感 affiliation を示した (3 行目)，さらにそのあとの位置においてである．この位置における 4 行目は，3 行目において行なった共感の提示をさらに強めるものとして理解できる．

データ 2 とデータ 3 において，擬似 CS は異なる連鎖上の位置で，異なる行為において用いられている．一方でどちらの断片においても，語り手が経験した「嫌な出来事」についての，ある種の愚痴 complaint の語りがなされている．さらに，先に述べたように，データ 2 においてはその語られていることがらの構成要素として，自らが行なった譴責を再現している．また，データ 3 の 4 行目においては，A は自らが同種の経験を持っていないことがらについて，自分もそのことがらについてよく知っていることを前提にした発話の形式 [11, 12] を用いるという仕方で共感を示している．これらの事例においては，上記のような一種のリスクを伴う行為を行う際に擬似 CS が用いられているように見える．

さらに別の例を見てみたい．データ 4 では，A, B, C それぞれの共通の知人が話題になっている．当該の共通の知人は一時期連絡が取れなくて B が心配をしていたが，その人物に B が出先でばったり会ったという出来事が，この断片以前から語られている．2 行目は連絡の取れなくなっていた当該の人物が発したとされる謝罪の発話の再現であり，続く 5 行目, 8 行目および 10 行目は 2 行目に対する B 自身の可能な発話の再現である．

データ 4: K001_003a

1	B	(そこの) 玄関開けた途端に 玲奈:
2		[アイムソーリー [(って言ってさ)。
		((強調音調，両手を広げるジェスチャー))
3	C	[ahahahahahahahaha
4	A	[ご:めんね 玲奈:。
5→	B	[そりゃ: [そりゃ:当たり前やろ .ss hahahaha
6	A	[ahahahahehehehe .hh huhuhu
7	C	[うん (0.3) うん うん うん。
8→	B	当たり [前やろ。
9	C	[うん。
10→	B	[あんた生きてたんか [い みたいな。
11	A	[ahahahahehehehe
12	C	[うん うん。
13	B	でも げん- 本人は元気で [そう。
14	C	[ふーん。

データ 4 において擬似 CS が出現するのは，2 行目の謝罪に対する可能な応答においてである．この発話は B が自分に起こった出来事において何が起こったのかを語り，それについて自分自身がなしえた反応を提示する位置である．いわば B はこの出来事をどう受け止めたのかということが表出されており，言語的には連絡が途絶えていたことを問題にするという行為が提

示されている．しかし一方で，この出来事の語り自体はあくまで笑い話として語られており，それは 2 行目の音調や身体動作や，それへの聴き手の反応からも理解可能である．

擬似 CS が使われているのはまさにこのような位置である．つまりここでは，言語的には譴責という行為をした，あるいはしうるような事態だと捉えたことが表出されている一方で，それとは異なり，あくまで笑い話の一部として理解すべきであるということが示されうる発話になっている．この発話においては，擬似 CS が，こうした「笑い話として理解すべきである」という一種のメタメッセージ [13] を担っている（コンテクスト化 [14] している）のではないかと考えられる．ただし，このメタメッセージは，この話あるいはこの発話が笑い話であることを理解可能にするというよりは，当該発話がすでに笑い話として語られている出来事と齟齬をきたすものではないことが示されていると考えられる．

ここから遡って考えると，データ 2 およびデータ 3 では，データ 4 のように笑い話としての理解を促すメタメッセージを読み取ることは難しく，参与者も笑い話としては理解していないように見える．しかし，メタメッセージという観点から見ると，データ 2 においては譴責という行為が，それを再現的に語っている状況ではそれほど深刻に捉える必要がないということが表出されているのではないだろうか．データ 2 の 4 行目および 6 行目がそれぞれ直接引用であることからも，いまここことは切り離された時空間における発話であることを重畳するメタメッセージが表出されていると考えられる．また，データ 3 においても，強い共感が字義的には「なんやねん」という，対象の人や事物に対する不満を訴えるような表現でなされていることから，不満の訴えという行為の形をとりつつ，それ自体はいまここで対処が必要となるような深刻さをもたないことが表出されているのではないだろうか．

先にデータ 2 およびデータ 3 について，なんらかのリスクのある行為に伴って擬似 CS が用いられていると述べたが，これらの事例においては，表出されている行為が今ここで問題になるものではないというメタメッセージを伴うことで，例えば譴責や不満の訴えといった行為がもつある種の攻撃性のようなリスクへの対処になっているのではないか．

分析の最後にもう一つ断片に触れる．データ 5 はデータ 2 と同じ会話の続きの一部である．この断片において A は具体的な出来事ではなくある種の理念のようなものについて話している．A は，他者の評価や自分の行動の結果といった事態が常に「マイナス」になると考えておくことで，実際にネガティブな結果になったとしても心理的に問題にはならず，ポジティブな結果をより喜ぶことができるという趣旨のことを話しており，B はその理念について考察を交えながら同意している．

データ 5: T010_013 (2)

1	A	マイナスでいれば (0.3) 悲しむことはないし:。=
2		
3→	B	=くっそマイナスやな。
4	A	ちょっとプラスがめっちゃプラスに見えるよってゆうの [が。
5		
6	B	[その理由自体もさ なんか
7		体現してるよ。

3 行目の擬似 CS は，話題の理念が話されつつある時点で用いられている．A が話している理念というのは，いわば自らの評価をあえて低くしておくというものであり，3 行目はその理念に同意している．つまり自らを低く評価するということに同意することになる．ここで注意したいのは，これまでみてきた擬似 CS を含む発話の多くは直接引用の統語的形態をとっていたのに対して，3 行目はそうではなく，今まさに話題になっている A の信念に同意する発話になっているということである．少なくともここで，擬似 CS の用いられ方が，直接引用でありいまここの発話ではないことが，統語的手段に加えて発話の様態によっても示されることに限らないことがわかる．データ 3 の 4 行目においても，直接引用節に続く主節が擬似 CS になっている．

もう少しここで話されている内容に踏み込むと，A が話しているのは自らをあらかじめ低く評価することでものごとがうまくいくという話であり，それを肯定的に評価することにより，B はいわば，A が自らを低く評価していることを高く評価するという入り組んだ事態に入り込む．3 行目で B は，A の戦略の正しさを高く評価するために，前提となっている低い評価を受け入れるということをしていると考えられる．ただし，A が A 自身を低く評価していることを受け入れるということと，A を低く評価することは，当然ながら同じではない．B はこの入り組んだ事態において，A の低い自己評価を受け入れつつ，そのことを冗談めかし，A を低く評価しているわけではないことを示すメタメッセージを，擬似 CS によって表出しているように見える．

5. 考察

5.1 「方言コスプレ」と擬似 CS

2. で言及した「方言コスプレ」とは,「関西人でもないのに,『なんでやねん』とつっこんだり，土佐人でもないのに『行くぜよ！』と『龍馬語』でスカッと言い切ったりする，そのふるまい」(viii) のこととされている [3]．こうした端的な例に比べると，本研究で扱った擬似 CS は，いくらか類似したものもあるものの，極めて不明瞭に見える．例に挙げられているような「つっこむ」ことや「スカッと言い切」ることであるというような，スイッチしている方言と対応する行為が極めて同定しづらい．こうした点は，テレビドラマなどにおいて再現される，製作者の理解と再構成を経た言語使用と，現実の社会的相互行為に生身を晒してなされる言語使用との違いであるといえるだろう．

もちろん,「方言コスプレ」の観点を取り入れることで理解の方向性が見える例もある．データ 6 はデータ 5 とデータ 2 の間の時点での会話の一部である．データ 2 と同じく NPO が話題になっており，ここでは A が，特定の技能のみによって構成員を評価すべきでないという理念のようなものについて話している．

データ 6: T010_013 (3)

1	A	なんか これができない [んだから あいつ
2		[は (0.4) 使えないみたい [な。
3	B	[否定しない。
4	B	[はい はい。
5	B	[ああ。=
6	A	=言い方悪いけどね。=
7	B	=わかるわかる。
8→	A	は (0.2) あかんなみたいな。 =
9	B	=存在を肯定だよな:。

擬似 CS を含む 8 行目は，2 行目までに話した内容について B の同意が得られたあと，6 行目でその「言い方」についての譲歩を付け加えたのち，2 行目の位置から発話をやり直しているように聞くことができる．統語的に 8 行目は 1 行目の直後に接続する形になっている．つまり，6 行目の譲歩を挟んで，2 行目を言い換えたものが 8 行目であると理解できる．

この言い換えが，6 行目の譲歩を踏まえたものであるとすると，2 行目よりも「言い方」に配慮したものになっていると考える必要があるが，その配慮については明らかでないように思われる.「あかんな」というのは「使えない」よりは若干言葉を濁した言い方であるといえるかもしれないが，わざわざ言い換えてまで配慮を示しているといえるだろうか．

ここで「方言コスプレ」の考え方を取り入れて，関西方言のステレオタイプ的な使用やマスメディアにおける使われ方を考えてみる．関西方言はおそらく典型的なイメージの一つとして「お笑い芸人のことば」という理解のされかたをすると考えられる．さらに，お笑い芸人がバラエティ番組のような状況設定でいわば「持論を語る」というコンテクストがありうる．例えば「ご意見番芸人増加にみる「芸人の第 4 のキャリアパス」とは」[2]にも挙げられている松本人志氏のようなイメージが関西方言のステレオタイプの一部をなしていると考えることができるかもしれない．つまり，8 行目は，わざわざやり直してまで言い換えることで，いわばバラエティ番組における「ご意見番芸人」の発言というコンテクストを輻輳することを試みたと考えうる．

この段階ではほとんど荒唐無稽な仮説にすぎない．方言に限らず，なんらかのステレオタイプ的イメージの喚起による「キャラクター」の使用は，相互行為分析のトピックになりうる．それはある連鎖環境における可能なふるまいの選択肢がいくつか（細かい違いや，それこそ擬似 CS を含めればほとんど無限に）あるなかで，そのどれを選ぶかという問題として捉えることが可能だからである．そうであるならば，相互行為分析の側に課される課題は，それがいかにして理解され，また理解されたことが公然化されているかを経験的に示しながら分析することである．本研究はその水準に至っていない．

5.2 メタメッセージはどう理解可能か

4. における分析には非常に重要な問題が残っている．それは，擬似 CS がなんらかのメタメッセージを，字義通りの行為とは別に表出し，それによってその時々の相互行為的課題に発話者が対処しているのだと考えたとき，その発話の受け手はそのメタメッセージを理解していることがどのように（分析者あるいはもとの発話者によって）理解可能になっているか，という問題である．もっといえば，そのようにメタメッセージを理解していることが相互行為の観察からわからないのだとしたら，そもそもそのメタメッセージは理解可能なのか（それゆえそんなものは存在するのか）ということを疑わなくてはならない．

これは本研究の現時点における解決すべき／可能な課題であると同時に，そもそも本研究が扱おうとした問題が相互行為研究としては不良設定問題であるということを端的に示している可能性もある．前者のよう

[2] https://jisin.jp/entertainment/entertainment-news/1616450/2020/7/31 閲覧.

に考えるのは，これから類似の事例を集めて整理していったとき，たとえばメタメッセージの理解に失敗する事例や，なんらかの仕方でその理解のマネジメントを行なっていると分析可能な事例が見つかる可能性はそれなりに高いためである．その一方で，本研究の分析に従えば，くだんのメタメッセージは首尾よく理解されたときには「何も起こらない」ような種類のものである．4. で扱った，例えば引用した行為がはらみうるリスクへの対処や，笑い話に直接引用を埋め込むことといったことは，失敗すればおそらくなんらかの齟齬という形でその不在が観察可能になるであろうが，成功したときにはごく自然なやりとりが進行するだけである．それゆえ懸念されるのは，例えば相互行為上のリスクであれば，それが志向されていることが相互行為の観察から明らかになるのかどうかが問われなくてはならない．

謝辞

本研究は，国立国語研究所のプロジェクト「大規模日常会話コーパスに基づく話し言葉の多角的研究」(プロジェクトリーダー・小磯花絵) による成果に基づいて行われた．また日本学術振興会科学研究費交付金若手研究「日常会話コーパスを用いた「課題」に基づく会話の分析:定量・定性の両面から」（研究代表者：臼田泰如，課題番号 20K13019）の助成を受けて行われた．

文献

[1] 林 宅男, ed. (2008) 談話分析のアプローチ：理論と実践, 東京: 研究社.
[2] 真田 信治, ed. (2006) 社会言語学の展望, 東京: くろしお出版.
[3] 田中 ゆかり (2011) 「方言コスプレ」の時代――ニセ関西弁から龍馬語まで, 東京: 岩波書店.
[4] 田中 ゆかり (2016) 方言萌え!?――ヴァーチャル方言を読み解く, 岩波ジュニア新書, 東京: 岩波書店.
[5] 太田 一郎 (2019) “メディアの中の方言：テレビドラマのコードスイッチング,” **鹿児島大学法文学部紀要人文学科論集**, vol. 86, pp. 21–38.
[6] 小磯 花絵, 天谷 晴香, 居關 友里子, 臼田 泰如, 柏野 和佳子, 川端 良子, 田中弥生, 伝 康晴 and 西川 賢哉 (2020) “『日本語日常会話コーパス』モニター版の設計・評価・予備的分析,” **国立国語研究所論集**, vol. 18, pp. 17–33.
[7] Harvey Sacks, Emanuel A. Schegloff and Gail Jefferson (1974) “A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation,” *Language*, vol. 50, no. 4, pp. 696–735.
[8] Emanuel A. Schegloff (2007) Sequence Organization in Interaction: A Primer in Conversation Analysis, Cambridge: Cambridge University Press.
[9] Harold Garfinkel (1967) Studies in Ethnomethodology, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
[10] 平本 毅 (2018) “会話分析の広がり,” in 会話分析の広がり, eds. 平本 毅, 横森 大輔, 増田 将伸, 戸江 哲理 and 城 綾実, 東京: ひつじ書房, pp. 1–33.
[11] 神尾 昭雄 (1990) 情報のなわ張り理論—言語の機能的分析, 東京: 大修館書店.
[12] 神尾 昭雄 (2002) 続・情報のなわ張り理論, 東京: 大修館書店.
[13] Gregory Bateson and Jurgen Ruesch (1951) Communication: the Social Matrix of Psychiatry, London: Norton.
[14] John J. Gumperz (1982) Discourse Strategies, Cambridge University Press.

日常的な対象の知覚や理解の変化を促す美術鑑賞ワークショップの提案と効果検証

古藤 陽[†]，清水 大地[‡]，岡田 猛[†‡]
Minami Koto, Daichi Shimizu, Takeshi Okada
[†]東京大学大学院学際情報学府，[‡]東京大学大学院教育学研究科
[†]Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, The University of Tokyo
[‡]Graduate School of Education, The University of Tokyo
koto-minami220@e.gcc.u-tokyo.ac.jp

概要
今日の博物館教育においては，博物館内での体験から得られた学びが来館者の日常へと活かされることは重要な目的の一つである．本研究では，特に美術館教育を念頭に置き，日常的に身の回りにある対象への知覚や理解の変化を促す美術鑑賞のワークショップ実践と，その効果検証を行う．特に効果については，事前・事後調査により測定することに加え，ワークショップ中のプロセスに関しても多様な側面から検討を行う．

キーワード : 美術鑑賞，インフォーマル学習，博物館教育 (art appreciation, informal learning, museum education)

1. はじめに

市民に対する教育は博物館における重要な機能の一つである．Hein（1998）は，18 世紀に公的な博物館が社会に誕生した当初は，限られた人々のものであったコレクションを広く市民に対して開くという啓蒙的な思想がその背後にあったことを指摘している．しかし学校教育制度が確立し体系的なカリキュラムや評価の仕組みを構築する中で，徐々に博物館に求められる教育的な役割は変化してきた．また 20 世紀にはピアジェの発達理論やデューイの教育哲学など，教育そのものの定義に関わる重要な議論が巻き起こった．こうした中で，学校とは異なるインフォーマルな学びの場としての博物館の役割が改めて検討されてきていると言えよう．

今日の博物館における学びについては，以下のような特徴が挙げられている．まず学びの過程として，ものとのインタラクションを通じた体験（Hein, 1998）や，一方的な価値の伝達ではなく，学習者が自身の持ち込んだ既有知識を活用しながら博物館での体験の意味を構築すること（Silverman, 1995）が重視される．また，こうした体験によって得られる学びは，学習者の世界の捉え方を変容させるもの（Hooper-Greenhil, 1992）であるとされる．

このように，博物館における学びは，単にその場で知識を獲得することだけでなく，学習者が持ち込んだ様々な過去の経験と結びついて，学習者の将来のものの見方に働きかけるものである．言い換えれば，博物館における学びは博物館の中での体験にとどまらず，人々の日常に接続することも強く期待されるものであると考えられよう．

博物館の一種である美術館においてもまた，こうした問題意識は共通するものである．美術はしばしば我々の日常とは断絶された領域として捉えられがちである．しかし美術との関わりは我々の日常に対するものの見方に大きく働きかける可能性を持つものであり（西村, 2011），学校における美術教育の一つの重要な目的としても，我々の日常の中から「よさや美しさ」を見つける「造形的な視点」の育成が挙げられている（文部科学省，2017）．

また，近年の美術館における学びのあり方に大きく影響を与えた手法として，ニューヨーク近代美術館のエデュケーターである Yanawine によって提唱された Visual Thinking Strategy（以下 VTS）も参照すべきであろう（詳しくは Yanawine, 2013）．認知心理学者の Housen の理論を基盤として開発されたこの手法においては（Housen, 2007），「ものを見る」ことは育成可能な能力として捉えられ，他者との対話を通した作品に対する主体的な意味生成のプロセスに重きが置かれている．また，美術以外の文脈における批判的思考力の向上（Housen, 2002）や，医療分野における人材育成の中でのコミュニケーション能力の向上といった VTS の効果（Reilly, Ring, & Duke., 2005; Moorman, Hensel, Decker, & Busby, 2017）など，他領域との接続に焦点を当てた検証も行われている．このように，美術鑑賞を通じた学びを美術館の外での体験にも影響を与えるものとして捉えた点は，前述したような問題意識とも呼応するものであると考えられる．

このように，VTS という手法の効果については，特に批判的思考力やコミュニケーションの観点からの検証が試みられている. 一方で, 美術経験そのものがどのように日常のものの見方, 言い換えれば日常的な「ものを見る」過程（対象の知覚や理解の過程）に影響するか，という点に関しては，いまだ詳細なデータに基づく議論は十分になされていないのが現状であると言える. 美術経験を通じて身近な対象の「よさや美しさ」，つまり新たな意味や価値に気づくという教育目的を考えると，学習者の日常的な対象に対する知覚や理解の変化という観点からの教育枠組みや手法の提案，そして効果検証が必要であると考えられる.

2. 美的なものの見方の特徴と要因

美術鑑賞や創作時の認知過程に関する先行研究においては, 美術活動の中でものを見る際に, 対象の視覚的な特性への注目（Leder, Belke, Oeberst, & Augustin, 2004）や，見方の頻繁な変更（Stokes, 2001; Stokes & Fisher, 2005; 高木・横地・岡田, 2013）が行われることが示唆されている．また，先に挙げた VTS の手法にも通じるが, 特に近現代美術においては, 美術作品の内包する意味が重要であり（Goodman, 1978; Danto, 2013），鑑賞者にもその意味を主体的に読み解き付与することが求められる. Cupchik Vartanian, Crawley, & Mikulis (2009) は，こうした美的なものの見方に対しては主体の認知的な構えが大きく影響することを示唆している.

こうした先行研究を踏まえ，古藤・清水・岡田（印刷中）は, 美術を専門としない大学生を対象とした実験を実施した. この実験により, 美術の既有知識を活性化させることで前述したような特徴を有する美的なものの見方が促され，日常的な対象への理解や解釈が変化することを示唆した．この研究の参加者は VTS のような美的な能力の向上を促進するための専門的な訓練や教育は受けていない．また，過去 5 年間での美術館の来館頻度を尋ねたところ, 0 回と回答した参加者は見られなかったものの，多くの参加者に関しては一年に一回未満と決して高い来館頻度ではなかった. また, 既有知識の活性化にあたっては，美術に関する新たな知識の教授等は行っていない. 参加者には「日常的な対象の中から，あなたが美術作品だと思うものを探してください」という教示を与え, 参加者が過去の美術経験の中で構築した知識を用いて課題に取り組むことを促した.

このことから，日常的な対象の新たな意味や価値の発見という教育目的の達成において，美術の既有知識を活性化させるための介入は一定の効果を持つと考えられる. 一方で, 先の実験での介入は最低限のものであり，特に美術館教育の手法として応用することを踏まえると，美術の鑑賞活動との連続性やその効果に関する検討が必要である. またこの実験においては, 介入期間中の解釈の変化は示唆されたものの，介入の前後における変化や実験後の日常生活への転移の様子等を明確に捉えることはできていない. このことから, 美術館における経験の日常への接続という観点については，より現実の美術館場面に即した形で，かつ経験の前後における変化や長期的な変化を捉えるような検証が必要であると考えた.

3. 本研究の目的および意義

以上の背景を踏まえて本研究では，美術鑑賞体験が学習者の日常生活におけるものの見方に与える影響に注目し，日常的な対象への知覚や理解の変化を促進するワークショップ実践とその効果検証を行う.

本研究の意義としては，第一に博物館教育の領域への貢献が考えられる. 先に述べたとおり, 近年博物館においては，博物館の中での学びが学習者の日常に対して与える影響は関心が寄せられるトピックの一つである．こうした中で個別の実践事例や効果検証も徐々に積み重ねられている. 一方で, 博物館における経験が学習者の知覚や理解にいかなる変化をもたらすのか，いかなる過程を経て変化がもたらされるのか，といった点に関する詳細な検討は十分でないのが現状である. このような状況下において，ワークショップの前後における比較およびプロセスの詳細な検討を行うことで, 一つの手法の効果検証に加え，背後にあるメカニズムを探索的に明らかにすることには意義があると考える. さらに，こうした検証は得られた知見を踏まえた教育枠組みの提案に繋がり得るものである．美術館の中での鑑賞体験と鑑賞者の日常とを接続し，日常の対象の新たな意味や価値の発見を促すような美術館教育の枠組みの提示は，今後のより効果的な手法の開発に役立つと考えられる.

4. 方法

4.1. ワークショップ概要

本ワークショップの目的は，美術作品との関わりを通じて，参加者の日常的に身の回りにある対象を美的

に見て，対象の新たな意味や価値を発見するよう促すことである．日常とは異なる見方を適用することで対象の知覚や理解が多様化・変化すると考えられる．また，こうした知覚や理解の変化を通して，「ものを見る」という行為に対する参加者自身の意識の多様化・変化も生じることが期待される．

ワークショップの参加者は計 8 名（男性：6 名，女性：2 名，平均年齢：31.50 歳（*SD*＝4.78））で，いずれの参加者も美術に関する専門的な教育を受けた経験はなかった．前章の通り，美術を専門としない人々であっても，美術に関する既有知識を活性化させるための明確な教示によって，日常の対象を美的に見るよう促すことが可能であると考えられる．一方で，非専門家の多くにとってこうした美的なものの見方は日常において頻繁に生じるものではないと考えられ，たとえ過去の経験の中で美術に関する知識を獲得していたとしても，その知識の活性化がなされていない状況下においては，対象を美的に見ることは困難であると推察される．

さらに言えば，美術を専門としない多くの人々は，美術鑑賞場面においてもこうした美的なものの見方を十分には行っていない可能性も考えられる．Smith & Smith（2001）は，メトロポリタン美術館での調査において，来館者が美術作品一点あたりの鑑賞に費やす平均時間は 27.2 秒であったという結果を示している．こうした短時間の中で，先に挙げたような主体的な意味の読み解きや，頻繁な見方の変更が行われているとは考えづらく，美術館という環境においても必ずしも美的なものの見方が促されるわけではないと思われる．

こうした背景を踏まえると，本ワークショップにおいては，まず美術作品を見る際に「美的に見る」ことを促すことが必要であると考えられる．また，鑑賞活動と連続性を持った形で，日常の対象にも同様のものの見方を適用することを促す仕組みも必要と考えられた．そこで本ワークショップは，美術作品を見ることに働きかける介入（介入①）と，美術作品を見る際と同様の手順を反復することで日常的な対象を見ることを促す介入（介入②）を組み込んだ構成で行う．こうした二段階の構成によって，美術作品の鑑賞経験を豊かなものとし，その経験を日常のものの見方と接続することを促すことができるのではないかと考えた．

4.2. 手続き

本ワークショップは，新型コロナウィルスの感染拡大という社会状況を鑑み，オンラインのビデオ会議システム（zoom，Zoom Video Communication, Inc.）を用いて行った．ワークショップの事前・事後には質問紙調査を行い，参加者が日常的な対象をどのように知覚・理解しているかを調べるとともに，ものの見方に関する参加者自身の意識について尋ねた．以下，ワークショップの内容と事前・事後調査について詳述する．

ワークショップの前半では，美術作品を美的に見ることを促すことを目指した．初めに美術作品の画像（図 1）を用意し，作品の観察および観察結果の言語による記述（ディスクリプション）を個人毎に行った．この際，作者や作品のタイトル，解説文等の付帯情報は開示せず，画像のみを提示した．その後，ディスクリプションを参加者同士で共有しながら，複数名のグループワークによって「作品の魅力を伝えるための文章」を書くことを求めた．

図 1. ワークショップで使用した美術作品画像
Vincent van Gogh, 《Shoes》, 1888

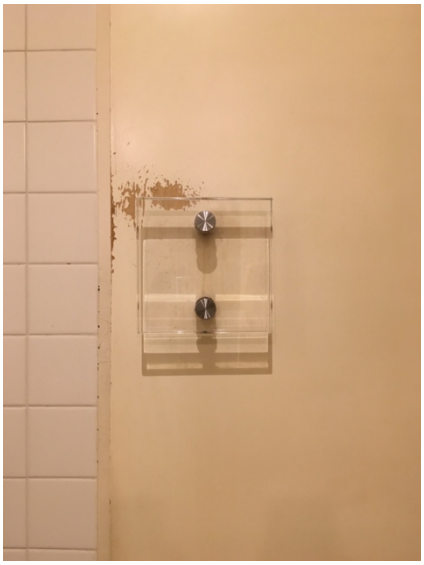


図 2. ワークショップで使用した日常の対象（公共施設のトイレのドア）の画像

時間をかけた観察や言語化により，作品の造形的な側面に注視することを促すことができると考えられる．また，観察結果の言語での共有は先に挙げたVTSにおいても重要な構成要素の一つであり（Yenawine, 1999），他者への説明活動により参加者に自分自身の考えを整理することを促す上で有用な方法論であると考えた．また，タイトルや解説文を自身で考える活動を通して，作品の意味を観察結果と結びつけながら主体的に読み解くことが促され，さらにそれを他者と共有することにより，多角的な視点への気づきが得られると考えられる．こうした方法論も，これまでの美術鑑賞教育において用いられることが多いものである（例として2016年の練馬区立美術館におけるワークショップ「親子でアートを楽しもう in 練馬区立美術館」など）．

後半では，まずは日常的な対象（図2）について画像を用いて，個人ごとに観察とディスクリプションを行った．その後，その対象に美術作品としての意味を付与するための文章をグループワークによって完成させることを求めた．前半に美術作品に対して行ったものと同様の手順を反復することにより，日常の対象についても美的な見方が促され，対象の知覚や理解の変化につながると考えた．また，日常とは異なる視点を適用することを通じて，自分自身が普段行っている日常的なものの見方に対する気づきが促されることも予想される．

事前調査・事後調査においては，参加者の日常的な対象の知覚や理解の変化と，ものの見方に関する意識の変化を取り出すことを目的とする．調査はwebのアンケートフォームを用いて行った．日常的な対象の知覚・理解に関しては，日常的に身の回りにある対象について，自由記述・箇条書きで感想を記述するよう求め，その回答の分量（記述量や箇条書きの数）やその内容により見方の変化を捉える．対象は実験者が選定し，その対象を写した画像を参加者に提示した．なお，対象の画像は二種類用意し，参加者半数ずつで事前・事後に提示する画像の順序を入れ替えることにより，画像に依拠した効果が出ないようカウンターバランスを取った．また，ものの見方に関する意識については，身の回りにある物のいくつかの要素（例えば造形，機能，置かれた文脈など）を取り上げ，参加者がものを見る上でそれぞれの要素をどの程度重要と思うかという点を，5件法により尋ねた．また，事前・事後調査においては，上記の身の回りにある対象に加えて，美術作品に対する知覚や理解の変化，美術作品の見方に関する意識の変化を捉えるための質問紙への回答も求めた．質問項目や手続きは，基本的に身の回りにある対象の場合と同様のものを用いている．

5. 分析

事前調査・事後調査においては，質問紙（アンケートフォーム）への回答が分析対象のデータとなる．日常的な対象についての自由記述については，まず記述量や箇条書きの項目数等を事前・事後・フォローアップのそれぞれの時点において比較する．また，記述内容についてはボトムアップでカテゴリ分けを行い，各カテゴリに分類される回答数をそれぞれの時点において比較することで，対象の知覚・理解にいかなる変化が生じたかを具体的に捉える（c.f. 古藤ら，印刷中）．なお，ものの見方に関する意識について尋ねた項目と，美術作品の知覚・理解，美術作品の見方に関する意識の変化を尋ねた項目については，誌面の都合により、本発表においては分析の対象外とした．

ワークショップ内で得られたデータからは，参加者の「ものを見る」営みがいかにワークショップ内で変化していったのかその過程を仔細に検討することを試みる．グループワークでの対話については，発話内容の変化に着目し，個々のディスクリプションの共有からグループで協働して視点を発展させ，タイトルや解説文を構築するまでの協働活動過程を検討する．以上の分析により，各参加者が美術作品や非日常的な対象をいかに捉えていたのか，そしてそれらの視点を用いながらグループワークを通していかに以上の視点を互いに発展させていったのかを具体的に検討する．

6. 結果と考察

6.1. 事前・事後調査

はじめに，ワークショップの前後における日常的な対象の知覚・理解の変化を検討する．日常的な対象に関する感想の自由記述においては，箇条書きの回答数の事前・事後の平均値を対応ありの t 検定によって比較した．なお，参加者のうち2名については，事前または事後のデータが欠損していたため，分析対象となったのは残りの6名分のデータである．結果，ワークショップの前後において箇条書きの数に関して統計的に

表 1. 事前・事後調査における「日常的な対象に関する自由記述」の各カテゴリの定義および分類された回答の数

No.	カテゴリ名：定義（具体例）	Pre	Post
1	背景の推測：写っているものの状態を作り出した要因や経緯に関する推測を記述したもの （例：黒い汚れが垂れているので雨が当たるところではないか）	6	12
2	印象：写っているものに関する個人的な感想を記述したもの （例：タイルが不ぞろいで気持ち悪い）	7	6
3	構造：写っているものの構造について記述したもの （例：給湯器の上部に金属の板（筒・箱？）が傾いてついている）	2	4
4	状況の推測：写っているものの置かれた状況に関する推測を記述したもの （例：雨が降った後しばらくたってから、かつ昼間の写真）	5	7
5	疑問：写っているものに関する疑問を記述したもの （例：どこの都市のものだろう）	8	7
6	観察結果：写っている情報をそのまま記述したもの （例：水道と書いている）	1	4
7	分類：写っている対象が何であるかを記述したもの （例：ガス給湯器）	1	3

有意な差異が見られた（事前 mean: 5.00 (SD = 2.10), 事後 mean: 7.17 (SD = 1.60), t = 2.73, p < .05）．以上の結果から，日常的な対象についての観察量がワークショップ後において増加した可能性が示唆された．

また，自由記述の内容からボトムアップでカテゴリを生成し，作成したカテゴリの定義に基づきすべての回答をカテゴリに分類した（表 1）．事前・事後のそれぞれの時点において各カテゴリに分類された回答数の個人ごとの平均値を Wilcoxon の順位和検定によって比較した．いずれのカテゴリにおいても統計的に有意な差異は見られなかった．合計値としては，「背景の推測」に分類された回答数が事後で増えていたが，回答数には個人差が見られ，特定の方向性における知覚や理解の変化を捉えることはできなかった．

6.2. ワークショップ中のプロセス

続いて，ワークショップ中に行ったグループワークにおける対話のプロセスを検討する．本ワークショップにおいては，8 名の参加者を 4 名ずつの 2 グループ（以下 A・B）に分け，1. 美術作品の観察結果の共有，2. 美術作品の解説文の作成，3. 日常的な対象の観察結果の共有，4. 日常的な対象の解説文の作成，という 4 つのグループワークを行った．お互いの意見を共有する中で一つの対象に対する見方がどのように変化し，協働によってどのように理解が構築されていたかという過程に焦点を当て，各グループにおけるグループワークの流れを記述する．なお，グループ分けは途中で変更せず，一貫して同じグループでの作業を行った．

1. 美術作品の観察結果の共有

このグループワークにおいては，両グループともに，個人の観察結果として，描かれているモチーフが靴であること，靴紐の結び方，靴の形状やサイズの左右での違い，色使いといったポイントが挙げられた．こうした共有を通じて，描かれた靴がペアではなくどちらも左足であるといった読み取りや，靴の持ち主や置かれている場所に関する推測が行われる様子も双方のグループで見られた．特に靴紐の結び方や形状といった比較的細かい点に関しては，いずれのグループにおいても，グループ内で共有する中で初めて気づくメンバーが見られ，同じ対象であっても注目している箇所が人によって異なることを確認し合う過程が見られた．

A グループにおいては，後半にかけて靴の置かれ方や置かれている場所に関する議論に時間がさかれ，屋根の上に置かれているのではないか，という推測のも

とでメンバーの意見が合致する様子が見られた．一方 B グループにおいては，メンバー間での合意形成よりは，場所や持ち主，シチュエーションに関するそれぞれの意見を共有し，異なる意見も含めてその多様性を認識することに重点が置かれていた．

2. 美術作品の解説文の作成

このセッションにおいては，グループワーク 1 で共有された観察結果をベースとして，グループごとに「作品の魅力を伝えるための文章」を作成するよう求めた．また，合わせて「どのような対象に魅力を伝えたいか」という点も考えるよう教示した．

双方のグループにおいて，このセッションの冒頭の段階で「ストーリー性」というキーワードが挙げられ，議論のきっかけとなっていた．作品中には人物は描かれていないものの，グループワーク 1 を通じてその持ち主や背後にある出来事に関する推測がなされていたことから，作品を読み解く一つの観点として，どのようなストーリーを付与するかという点が出てきたと推察される．

A グループにおいては，グループワーク 1 の後半からすでにグループ内で協働して作品の背景を推測する段階に入っていたこともあり，比較的早い段階で「親子」「親離れ・子離れ」「哀愁」といったキーワードをもとに文章の骨子が作り上げられた．しかし，グループワーク 1 の中で合意された「屋根の上」という要素について，「なぜ屋根の上に置いたのか」という観点で議論が進む中で，鑑賞者がこの靴を持ち主の視点として見るか，他者の視点として見るか，という意見の相違があることが確認された．こうした相違を受け，一つのストーリーを作り上げそれを文章化する，という当初の方法から，いくつかのストーリーの解釈があり得るような形で文章を作成する，という方針の変更が行われた．後半においては，ストーリーの精緻化よりもむしろ，前半に書いた言葉を削りながら，鑑賞する側にどういった解釈の可能性があり得るかを想像した上で文章を作成していく様子が見られた．

B グループにおいては，A グループと同様に靴の持ち主について「親子」という推定が早い段階で出ていた．一方で，このグループにおいてはその推定を起点にストーリーを一本に集約する過程よりも，多様なストーリーが生まれうる可能性と，どのような対象を想定するか，という点に焦点が当てられていた．こうした中で，伝える対象として「こども」「子を持つ親」「推理好きな人」といった多様な対象が挙げられ，各メンバーが自分の視点で文章を作成し，それを一本に集約するという方針が決まった．しかし，4 名のメンバーがそれぞれに作成した文章を共有する中で，伝えたい対象による書き方の変化に関心が寄せられ，またグループワークの時間の制約もあり，最終的には一つの文章として集約はせず 4 つの文章をすべてプロダクトとすることが決められた．

このように，グループワーク 2 においてはそれぞれのグループで異なる過程やプロダクトが見られた．A グループは比較的一つのトピックに長くとどまり細かい点を決めていく傾向が見られたのに対し，B グループでは議論の過程においても，例えば「どのようなシーンなのか？」「どのような対象が考えられるか？」といった形で，お互いの問いかけをきっかけにトピックを頻繁に切り替える様子が見られた．グループワークの終盤において見られたこのワークに関する各グループのメンバーの感想は，こうしたプロセスの違いを反映しているものであった．ストーリーの共同構築を重視していた A グループでは，自分一人では生まれなかったと思われる新たなアイデアがグループの協働作業を通じて作られた，という点に関心を抱いている様子が見られた．一方，各メンバーの意見をフラットに出し合うことに重きを置いていた B グループでは，それぞれの視点の違いやその多様性の面白さを感想として共有する様子が見られた．

3. 日常的な対象の観察結果の共有

ワークショップの後半では，まず日常的な対象を写した画像を個人で観察し，その観察結果をグループ内で共有した．事前に写真に写された対象はドアノブである，という点を全員に伝えた上でワークに取り組むよう求めた．A グループでは，各個人からの共有の後，主にドアの構造や動かし方，どこに設置されているかという場所に関する推測，ドアについた傷に関する話題という三つのトピックで議論が進められた．一方 B グループでは，A グループと類似する観点の他，写真の撮り方に関して，向きや縮尺が実際のものと合っているのかといった点を問い直すような議論が見られた．前のセッションで見られたのと同様に，A グループでは一つの話題に関して掘り下げる傾向，B グループでは話題が頻繁に切り替わる傾向が見られた．

4. 日常的な対象の解説文の作成

このセッションにおいては，日常的な対象に美術作品としての価値を付与するために，作品としての解説文を作成することを求めた．

A グループにおいては，前のセッションで共有された点から議論を広げつつ，どのようにして開くドアなのか，という疑問が終始話題に上がっていた．扉の開き方に関する議論を繰り返しつつ合意に辿りつかない時間を重ねる中で，「開き方が分からない」ことそのものが自分たちに長時間この対象を見続けることを促しており，それを価値と言えるのではないか，という観点が生まれる様子が見られた．また，ドアにつけられた傷から「生活感」「人間味」というキーワードが挙げられ，「扉の向こうに誰がいるのか」という観点が生まれた．このグループは様々な見方を検討する中で，美術作品としての価値とはどのようなものか，という点に関する疑問も投げかけていた．例えば「1960 年代のドア」と捉えるといった観点を，美術ではなく歴史的価値ではないか，という議論が見られた．こうした中で，最終的には鑑賞する側にいくつかの疑問を投げかけつつ答えは示さない，というスタイルの文章が作成された．

B グループでは，当初はドアについた傷や，色や形といった視覚的な特徴についての議論がなされていたが，前のセッションで出ていた写真の縮尺に関する疑問を膨らませる中で，ドアではなく別のものに見立てるという方針が定められた．その後は，写真の中のどの部分を何に見立てるか，という点を話し合い，それをもとに一つのストーリーを作り上げていく様子が見られた．その中で，視点を横向きではなく，真上から見下ろす角度として捉え直す過程や，一人のメンバーが画像の向きを操作し，自分たちの見立てに合う形で画像そのものの使い方を変更する過程も見られた．このグループでは，与えられた情報や素材の使い方を修正しながら，写真に写された対象はドアである，という前提とは異なる解釈の仕方を作り上げていたと言えるであろう．

このように，それぞれのグループにおいて異なる観点での議論の深まりが見られた．A グループにおいては，何を価値とみなすか，またその価値は美術と他の領域とではどのように異なるのか，といった点での話し合いが行われた．一方 B グループにおいては，視点を切り替えながら対象の観察結果に事実とは異なる新たな解釈を付け加えることで，メンバーの中でも対象の見方がダイナミックに変化していく様子を捉えることができた．

両グループに共通して見られた特徴としては，ドアについた傷から，傷が生まれた経緯に関する推測が行われ、さらにそこから画面上は不在の「人物」や「物語」を読み取る過程が見られたことが挙げられる．こうした推測や意味の付与はワークショップ前半のグループワーク 2 においても生じており，美術作品と日常の対象において，ある程度類似する解釈の過程を見ることができた．

6.3. 考察

以上の結果から，本ワークショップの効果として，日常的な対象に関する観察がより多くなされるようになった可能性が示唆されるとともに，それぞれのグループにおいて，観察結果の共有や協働での意味の構築が活発に行われている様子を捉えることができた．個人で観察を行い，それを言語化して他者と共有し，協働で意味づけを行っていくという手順を美術作品と日常的な対象の双方に関して経ることにより，対象そのものに関する理解の構築だけでなく，他者との視点の違いに関する気づきや，自身の立場や文脈，伝える相手によってものの意味づけが変化することに関する気づきが生じていたと言えよう．

一方で，ワークショップ中においては頻繁に見られた，観察結果に対する背景や要因の推測，ストーリーの構築といった解釈については，ワークショップの前後における頻度の差を見ることはできなかった．今後この点については，例えばグループごとに分けて傾向を見るなど，プロセスと合わせて包括的な検討を行う必要があると考えられる．また，ワークショップ内のプロセスに関しても，Okada & Simon（1997），Miyake（1986），Shirouzu, Miyake, & Masukawa（2002）などを参考に，今後より詳細に対話の内容を分析することにより，美術作品との関わりが，日常の対象に関する知覚や理解に対してどのような影響を与えうるかという点を捉えることができると考えている．

文献

Cupchik, G. C., Vartanian, O., Crawley, A., & Mikulis, D. J., (2009). Viewing artworks: Contributions of cognitive control and perceptual facilitation to aesthetic experience. *Brain and Cognition. 70*, 84-91.

Danto, A. C., (2013) *What art is*. New Haven, UK: Yale University Press. （ダントー, A. C. 佐藤一進（訳）(2018) アートとは何か―芸術の存在論と目的論 人文書院）

Goodman, N. (1976). *Languages of art (Rev. ed.)*. Indianapolis, IN: Hackett. （グッドマン, N. 戸澤義夫・松永信司（訳）(2017) 芸術の言語 慶應義塾大学出版会）

Hein, G. E. (1998), *Learning in the Museum*, London: Routledge.

Hooper-Greenhill, E. (1992), *Museums and the Shaping of Knowledge*, London: Routledge.

Housen, A. C. (2002). Aesthetic thought, critical thinking and transfer. *Arts and Learning Research*, *18*(1), 99-132.

Housen, A. (2007). Art Viewing and Aesthetic Development: Designing for the Viewer. In P. Villenueve (Ed.), *From Periphery to Center: Art Museum Education in the 21st Century*. The National Art Education Association, Reston, VA.

古藤 陽・清水 大地・岡田 猛 (印刷中). 美術の既有知識の活性化による非美術の対象への美的な解釈の促進 認知科学

Leder, H., Belke, B., Oeberst, A., & Augustin, D. (2004). A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments. *British Journal of Psychology*, *95,* 489-508.

Miyake, N. (1986). Constructive interaction and the iterative process of understanding. *Cognitive Science*, *10*,151–177.

文部科学省 (2017). 中学校学習指導要領（平成 29 年告示）美術編

Moorman, M., Hensel, D., Decker, K. A., & Busby, K. (2017). Learning outcomes with visual thinking strategies in nursing education. *Nurse Education Today*, *51*, 127-129.

西村 清和 (2011). プラスチックの木でなぜ悪いのか―環境美学入門― 勁草書房.

Okada, T., & Simon, H. A. (1997). Collaborative discovery in a scientific domain. *Cognitive Science*, *21*, 109–146.

Reilly, J. M., Ring, J., & Duke, L. (2005). Visual thinking strategies: a new role for art in medical education. *Family Medicine*, *37*(4), 250-252.

Shirouzu, H.,Miyake, N., & Masukawa, H. (2002). Cognitively active externalization for situated reflection. *Cognitive Science*, *26*, 469-501.

Silverman, L. H. (1995). Visitor meaning‐making in museums for a new age. Curator: *The Museum Journal*, *38*(3), 161-170.

Smith, J. K., & Smith, L. F. (2001). Spending time on art. *Empirical Studies of the Arts*, *19*(2), 229-236.

Stokes, P. D. (2001). Variability, constraints, and creativity: Shedding light on Claude Monet. *American Psychologist*, *56*(4), 355–359.

Stokes, P. D., & Fisher, D. (2005). Selection, constraints, and creativity case studies: *Creativity Research Journal*, *17*(2-3), 283-291.

高木 紀久子・岡田 猛・横地 早和子 (2013). 美術家の作品コンセプトの生成過程に関するケーススタディ 認知科学, *20*(1), 59-78.

Yenawine, P. (1999). Theory into practice: The visual thinking strategies. Paper presented at the conference, Aesthetic and art education: A transdisciplinary approach, Lisbon, Portugal.

Yenawine, P. (2013). *Visual Thinking Strategies*. Harvard University Press. (京都造形芸術大学アート・コミュニケーション研究センター（訳）(2015) どこからそう思う?学力をのばす美術鑑賞―ヴィジュアル・シンキング・ストラテジーズ 淡交社)

缶蹴りにおける強化学習を用いた身体的インタラクション
Physical Interaction of Kick the Can Using Reinforcement Learning

高田 亮介 †，竹内 勇剛 †
Ryosuke Takata, Yugo Takeuchi
† 静岡大学大学院総合科学技術研究科
Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University
takata.ryosuke.18@shizuoka.ac.jp

概要

人を含む生命は，個体それぞれが決められたルールに従って行動することで，マクロから見ると協調的に振る舞っていることがある．本研究では，コンピュータシミュレーションにおいてもルールに記述されない戦略がボトムアップに獲得されるのか，という点に注目する．題材として缶蹴りを強化学習させ，集団としての社会性が形成されることを確認した．知見として，ゲームルールに記述されない，他エージェントを参照した振る舞いを習得することが明らかになった．この成果は，従来のようにトップダウンに関係を記述することで社会性が生まれるのではなく，ボトムアップに社会性が創発することを示唆している．

キーワード：缶蹴り，強化学習，集団，役割

1. はじめに

缶蹴りは，世代を超えて受け継がれてきた遊びである．ルールが単純であるにもかかわらず，缶蹴りを遊んでいる人の間には多様なインタラクションが見られる．ずっと陰に隠れて様子を伺う者，息を合わせて飛び出して缶を蹴ろうとする者，オニは時々缶から離れてみせて缶に注意を向けていないふりをする．本研究では，缶蹴りに見られる身体的なインタラクションに注目する．特に，エージェントの全身的な移動動作に焦点を当てる．

従来の社会性は，トップダウンに決定されたモデルに従って振る舞うことで形成されていた．例えば，竹内 (2000) や中嶋 (2004) は予め決められた社会的応答を実行するエージェントに社会性が見出せることを示唆している [1][2]．さらに，坂本ら (2019) の接近行動分析 [3] に見られるように，身体の位置関係や向きといった身体的なパラメータに注目することでエージェントの身体的インタラクションをモデル化することが可能である．しかしながら，接近行動分析のようにトップダウンにモデル化する手法では，現実社会に適用する場合には起こり得る状況を全て記述する必要があるため，限界がある．この問題を解決するためには，ボトムアップなモデル化手法が必要である．そこで本研究では，従来のようにトップダウンに決定される社会性ではなく，集団をボトムアップにモデル化することで形成される社会性に注目する．ボトムアップに形成される社会性を確認するためには，個体レベルの振る舞いをモデル化すればよい．ここで，ルールが定められている環境であれば，機械学習によってシミュレーションが実現可能であることに注目する．本研究では，ボトムアップに振る舞いを構成するための手法として，強化学習を用いる．強化学習によって，人や他の機械に対して注意を払っていないかのように見せかける “駆け引き” や，同じ目標に向かって互いに調整しながら行動する “協調” といった高度なインタラクションを行うことができれば，インタラクションにおける戦略が広がり [4]，そこから集団としての社会性が創発されると考えられる．

佐藤ら (2007) は，侵入ゲームと呼ばれるゲーム内のエージェントに 2 値シグナルを発する仕組みを取り入れることで，強化学習によって協調行動とコミュニケーションが創発することを示唆している [5]．しかしながら，侵入ゲームは 1 次元空間のごく簡単なゲームであり，より現実空間に近い 3 次元環境での協調やコミュニケーションの創発は確かめられていない．現実社会においても協調的な振る舞いやコミュニケーションが創発することを確認するためには，より現実空間に近い環境で実験を行う必要がある．また，佐藤 (1996) は人と機械の協調を実現するためには「補完機能」つまり役割分担が可能であることが必要だとしている [6]．以上を踏まえて，本研究では侵入ゲームより複雑な缶蹴り環境で，役割分担による協調やコミュニケーションが行われるか，そして役割を持った集団によって社会性は形成されるか確認する．

本研究では，単純なルールで多様なインタラクショ

ンが見られる缶蹴りを題材にして，上述したようなエージェント間の駆け引きや協調的な振る舞いが創発する可能性をシミュレーションによって確認することを目的とする．題材に缶蹴りを選んだ理由としては，缶蹴りは伝統的な遊びで親しまれているため人に対しても実験を適用しやすいこと，オニがプレイヤを見つけた際にシグナル発信（「見つけた」という発声）を行うため，侵入ゲームの研究で確認された協調的な振る舞いやコミュニケーションがより現実空間に近い環境で確認できることが期待できることが挙げられる．本研究の成果は，缶蹴りのようなシグナルを発する状況における協調的な振る舞いや駆け引きを強化学習によって実現することにより，現実社会でも人とコミュニケーションしながら協調したり駆け引きを行うことのできるエージェントの実現への寄与が期待できる．

2. 缶蹴り

本研究では，日本で遊ばれている缶蹴りを題材とする．

2.1 缶蹴りのルール

缶蹴りの手順は以下の通りである．なお，本研究で注目しない手順については省略している．

1. 参加者をオニとプレイヤの役に分ける．
2. 缶をフィールドの中央に配置し，オニは 10 秒のカウントダウンを開始する．プレイヤはこの間に隠れる．
3. オニのカウントダウンが終わったらオニはプレイヤを探す．プレイヤを見つけた場合はシグナルを出した後に缶に触れることで，見つかったプレイヤは退場する．
4. オニがプレイヤを全員退場させたらオニの勝利でゲームを終了する．プレイヤのうち 1 人でも缶に触れたらプレイヤの勝利でゲームを終了する．

2.2 缶蹴りにおける振る舞い

本研究では，エージェントの振る舞いを観測することで考察を行う．ここでは，缶蹴りにおいて注目すべき振る舞いを述べる．缶蹴りでは，オニがプレイヤに対して注意を払っていないかのように振る舞うことがある．例えば，オニがプレイヤのいる方向を把握しておきながら別の方向に視線を向けることで，プレイヤは自分に注意が向けられていないと判断する可能性が高い．また，プレイヤはオニの死角から缶に向かうために，別のプレイヤが囮になることがある．本研究ではこのような高度なインタラクションを対象にしてモデル化を試みる．以上をまとめると，缶蹴りで注目するインタラクションは以下の 2 点になる．

(1) 缶に向かうプレイヤとオニとの駆け引き
(2) 缶に向かうプレイヤ同士の協調

(1) ではオニがプレイヤを探すために缶から離れる振る舞いとオニがプレイヤを捕まえるために缶の近くにいる振る舞いの切り替えに注目する．また，(2) ではプレイヤが全てオニに捕まることが無いようにタイミングを合わせて缶に向かったり，わざとオニに見つかるように振る舞う囮役のプレイヤと，オニが囮を捕まえている隙に缶に触れる攻撃役のプレイヤに役割分担が創発することに注目する．このような駆け引きや自己犠牲的な協調の振る舞いを，エージェント間の距離や身体の向きといった身体的なパラメータでのモデル化を目指す．これにより，駆け引きや協調的な振る舞いが創発する条件の記述が可能になり，将来的には人と機械の駆け引きや協調を実現するために寄与すると考えられる．

3. 学習実験

本研究で行った強化学習実験とその考察を述べる．

3.1 実験方法

缶蹴りの環境は Unity で作成した．Unity は 3 次元仮想環境の物理演算が可能で，缶蹴りのようなエージェントの相互作用がもたらす複雑系のシミュレーションに適している [7]．Unity で作成した缶蹴り環境を図 1 に示す．図 1 において，青いエージェントがプレイヤ，紫のエージェントがオニ，白い円柱は決められた位置に生成される壁である．

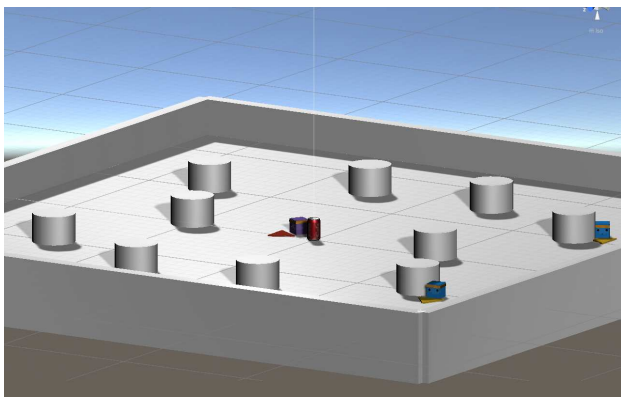


図 1 Unity で構築した缶蹴り環境

シミュレーションに用いるオニ，プレイヤは自律移動型のエージェントであり，前方 120 度の視界を有している．図 2 のように，視界内には 11 本の光線を飛ばし，エージェントは光線に当たっているオブジェクトの情報を取得する．

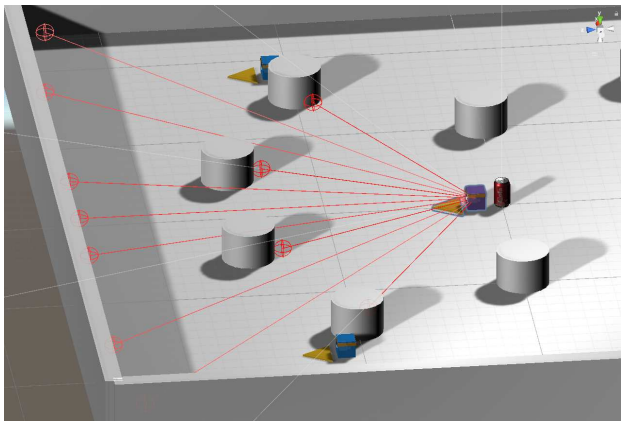


図 2　エージェントの視界と光線

フィールドの外周は壁に囲まれており，エージェントが隠れるためのオブジェクトとして円柱を 10 個配置する．缶および円柱はフィールド内の決められた位置に配置される（図 3）．

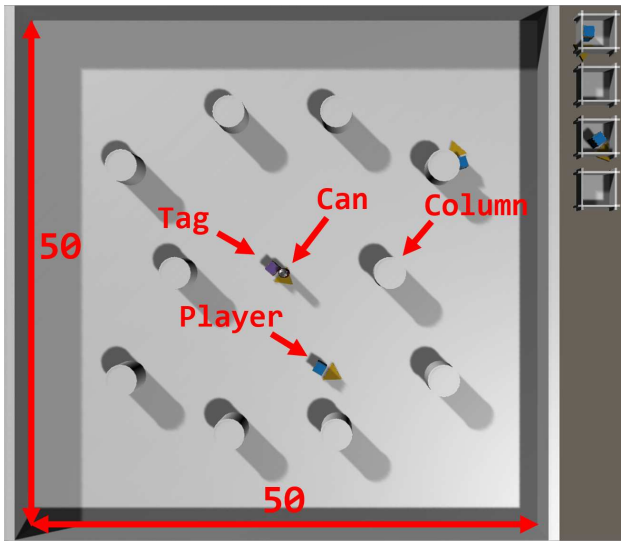


図 3　フィールドの詳細

強化学習アルゴリズムには Unity ML-Agents に搭載されている PPO (Proximal Policy Optimization)[8] を用いた．PPO は，環境からの情報取得と目的関数の最適化を交互に繰り返すアルゴリズムであり，ゲーム課題や物理演算シミュレーション等で成果を出している [8][9]．PPO の特徴は，方策関数を更新する際に，その変化量が大きくなり過ぎないようにクリッピング操作を行うことで，学習を安定化させている点である．方策の更新は式 (1) に従って行う．クリッピング操作は，式 (2) に示す方策の変化量比の値が $1-\epsilon$ より小さい場合，および $1+\epsilon$ より大きい場合に変化量を一定の値にする処理である．

$$L^{CLIP}(\theta) = \hat{\mathbb{E}}_t[min(r_t(\theta)\hat{A}_t, clip(r_t(\theta), 1-\epsilon, 1+\epsilon)\hat{A}_t)] \tag{1}$$

$$r_t(\theta) = \frac{\pi_\theta(a_t|s_t)}{\pi_{\theta_{old}}(a_t|s_t)} \tag{2}$$

強化学習におけるエージェントの状態空間は，図 2 のようにエージェントの視界内に飛ばされた 11 本の光線に当たっているオブジェクトの情報と，エージェントの絶対位置情報，発見情報から構成される．発見情報は 2 値をとる変数で，オニの場合は「プレイヤのうち誰かを発見しているか」，プレイヤの場合は「自分がオニに発見されているか」を表す．状態空間を表 1 にまとめる．なお，視界の光線はプレイヤを個体識別することが可能であるため，オニがプレイヤを見つけてシグナルを出す（名前を呼ぶ）という缶蹴りのルールを実装できる．

表 1　状態空間

状態	次元数
エージェントの視界内光線に当たっているオブジェクト情報	11
エージェントの絶対位置座標	3
発見情報（オニ: 誰かを発見したか，プレイヤ: 自分が発見されたか）	1

強化学習で使用する報酬に関しては，2.1 章で述べた缶蹴りのルールにおける勝利条件，敗北条件に従って設定した．オニの勝利条件かつプレイヤの敗北条件は，オニがプレイヤを発見し缶に触れることであるため，その一連の行動に対して報酬を設定した．プレイヤの勝利条件かつオニの敗北条件は，プレイヤが缶に触れることであるため，その行動に対して報酬を設定した．オニとプレイヤの利害は完全に対立しているため，缶蹴りは零和ゲームであるとみなして報酬設計を行った．以上の報酬系を表 2，および表 3 にまとめる．学習の初期状態では，学習器であるニューラルネットワークの重みがランダムに設定されるため，最初はエージェントがランダムウォークするだけの状況だが，学習を重ねることで表 2 や表 3 の報酬が最大になるような振る舞いを獲得する．

表 2　オニの報酬

内容	値
オニが（プレイヤ発見後）缶に触れる	+1/PNUM
プレイヤが缶に触れる	-1
時間経過	-0.0005

表 3　プレイヤの報酬

内容	値
プレイヤが缶に触れる	+1
オニが（プレイヤを発見し）缶に触れる	-1/PNUM
時間経過	+0.0005

PPO におけるハイパーパラメータは表 4 にように設定した．なお，今回の設定は Unity ML-Agents のデフォルト設定を用いた．

表 4　PPO のハイパーパラメータ

パラメータ名	値
バッチサイズ	128
バッファサイズ	2048
バッファに追加するステップ数	64
方策変化量の閾値 ϵ	0.2
エントロピー正規化率 β	0.005
正規化パラメータ λ	0.95
学習率 η	0.0003
割引率 γ	0.99
エポック数	3
隠れ層のニューロン数	256
隠れ層の数	2
RNN メモリサイズ	128
RNN 経験シーケンス長	64

学習実験は，オニ 1 体に対してプレイヤの数を変更した 4 条件で行った．この 4 段階のプレイヤ数の変化により，インタラクション対象の個体数が変化した場合に本研究の目的である駆け引きや協調的な振る舞いに関して変化があるのか確認した．特に，集団における個体数の変化によって協調の様相である役割がどのように変化するのかを明らかにするために今回の条件群を用意した．実験条件を表 5 に示す．表 5 において，PNUM はプレイヤの数を表す．なお，すべての条件で 5,000,000 ステップ学習させた．

表 5　実験条件

条件名	オニの数	プレイヤの数
C-1vs1	1	1
C-1vs2	1	2
C-1vs3	1	3
C-1vs4	1	4

評価は，PPO によって獲得したオニとプレイヤの振る舞いを観察することで行う．具体的には，以下のように協調と駆け引きを定義し，評価を行う．

プレイヤ間の協調 プレイヤ間で役割分担することによってプレイヤ側が勝利する．

オニとプレイヤの駆け引き プレイヤがオニに見つかっていない状態で，オニが缶と円柱の間を往復する．

3.2　学習結果と考察

3.2.1　C-1vs1

条件 C-1vs1 における学習曲線を図 4 に示す．図 4 において，赤線がオニ，緑線がプレイヤである．学習はオニ，プレイヤのどちらも振動しており，学習が終了した 5,000,000 ステップ時点ではオニの方が優勢になっていることがわかる．学習が振動した理由としては，オニとプレイヤの報酬系が対立していることによる共進化的な作用のためだと推察される．オニは，ある時点でプレイヤが得た戦略に対応するように戦略を学習し，プレイヤはオニの戦略にさらに対応するように学習する．この学習がオニとプレイヤの双方で繰り返されることにより，学習が振動したと考えられる．

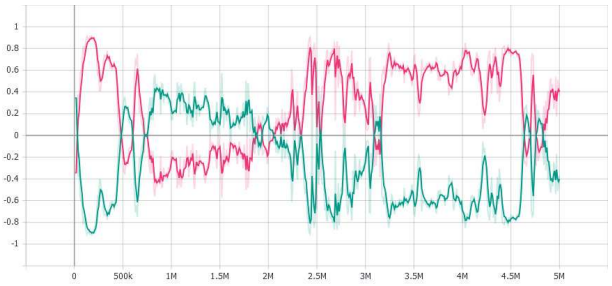


図 4　C-1vs1 の学習結果（横軸:ステップ数，縦軸:得られた報酬，赤:オニ，緑:プレイヤ）

また，条件 C-1vs1 におけるエージェントの移動経路を図 5 に示す．図 5 では，プレイヤはフィールド左上の円柱からフィールド中央の缶に向かって移動して

おり，オニは缶の位置から弧を描くように上方向に移動し，上の円柱の位置まで移動したらまた缶の位置に戻っていく様子が表されている．最終的にはオニが先に缶に触れ，オニの勝利でゲームが終了した．オニは，左上方向以外に対してプレイヤがいるか確認する動作を見せていないことから，左上にプレイヤがいることを学習していると推測される．3.1 節に示した指標に基づくと，この振る舞いは協調も駆け引きも行っていないと言える．

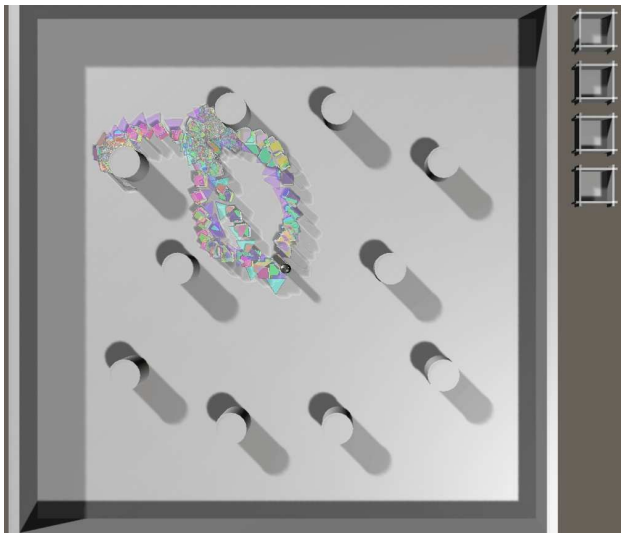


図 5　C-1vs1 におけるエージェントの移動経路

3.2.2　C-1vs2

条件 C-1vs2 における学習曲線を図 6 に示す．図 6 において，橙線がオニ，その他の線がプレイヤである．図 6 の結果から，図 4 と同様に，学習が振動していることが見てとれる．約 2,800,000 ステップまではオニとプレイヤの結果は交差しているが，約 2,800,000 ステップからはオニが優勢になり，そのまま学習が終了した．

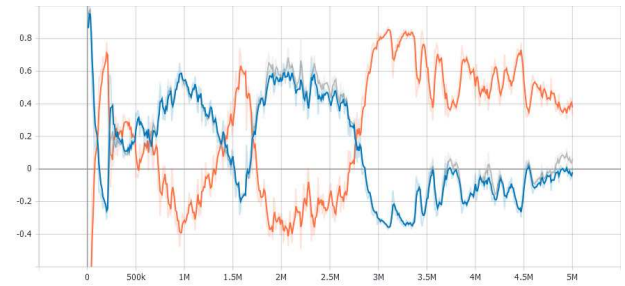


図 6　C-1vs2 の学習結果（横軸:ステップ数，縦軸:得られた報酬，橙:オニ，青・灰:プレイヤ）

また，条件 C-1vs2 におけるエージェントの移動経路を図 7 に示す．図 7 では，プレイヤは 2 体存在する（左上がプレイヤ 1，右上がプレイヤ 2）．プレイヤ 1 は，左上方向に円柱から離れるように移動している．プレイヤ 2 は，円柱の後ろから缶に向かって移動している．オニは，上方向に向かって移動し，プレイヤ 1 を発見した後に缶に触れてプレイヤ 1 を捕まえている．プレイヤ 2 は，オニがプレイヤ 1 を捕まえるために缶に向かって移動するタイミングと同時に缶に向かって移動を始めていた．最終的にはプレイヤ 2 が缶に触れて，プレイヤの勝利でゲームが終了した．プレイヤ 1 はプレイヤ 2 の攻撃をオニの視界に入れないために，オニに見つかることでオニを缶の方向に移動させる必要がある．そのため，プレイヤ 1 はオニに見つかりやすい位置に移動していると推察される．そして，オニがプレイヤ 1 を捕まえるために行動している途中でプレイヤ 2 が缶に向かって移動し，缶に触れることに成功している．つまり，プレイヤ 1 はプレイヤ 2 が缶に触れるための “囮” の役割を担っていると言える．この結果は，3.1 節の指標に基づくと，役割の創発によって勝利するための協調的な振る舞いである．また，プレイヤ 2 はオニに見つかっておらず，オニは缶と円柱の間を往復していることから，駆け引きの振る舞いも見せていると言える．この囮の役割は，攻撃を行うプレイヤ 2 がいなければ成立しないため，囮の役割を持つプレイヤ 1 と攻撃の役割を持つプレイヤ 2 のそれぞれの役割は，2 体のプレイヤが同じ環境で同時に学習したから形成されたと推測される．ここで，例えば別の環境で別のプレイヤ 1 や別のオニと共に学習したプレイヤ 2 を混ぜても，プレイヤ 2 の囮は有効に機能しないと考えられる．

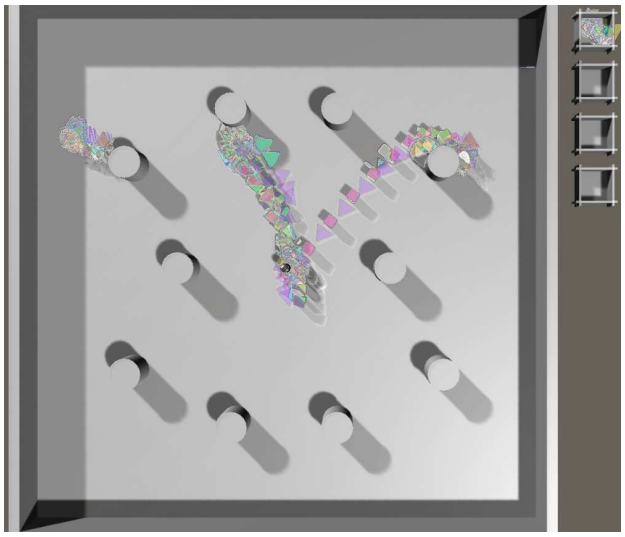


図 7　C-1vs2 におけるエージェントの移動経路

3.2.3 C-1vs3

条件 C-1vs3 における学習曲線を図 8 に示す．図 8 において，赤線がオニ，その他の線がプレイヤである．約 1,200,000 ステップまでは図 4 や図 6 と同様に，オニとプレイヤの得られた報酬が交差を繰り返しているが，約 1,200,000 ステップ以降は，振動はあるが全体的にオニが劣勢になっている様子がわかる．

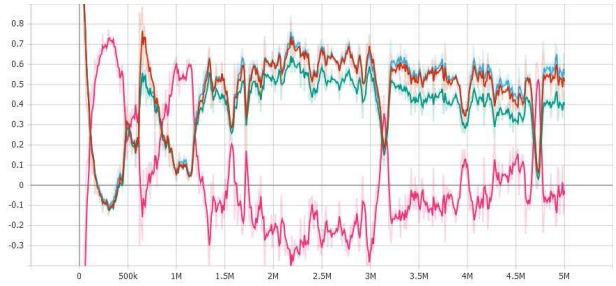


図 8　C-1vs3 の学習結果（横軸:ステップ数，縦軸:得られた報酬，赤:オニ，茶・水・緑:プレイヤ）

また，条件 C-1vs3 におけるエージェントの移動経路を図 9 に示す．図 9 では，プレイヤは 3 体存在する（左上がプレイヤ 1，右上がプレイヤ 2，左下がプレイヤ 3）．プレイヤ 1 は，ゲーム終了まで左上の円柱に隠れている．プレイヤ 2 は，円柱から離れて右上の外周の方に移動して，オニに見つかり捕まっている．プレイヤ 3 は，缶に向かって移動している．オニは，図 5 や図 7 のようにプレイヤを探しに行かず，缶に密接するように缶の周囲を回るように移動している．最終的にオニが右上方向を向いている隙にプレイヤ 3 が缶に触れて，プレイヤの勝利でゲームが終了した．プレイヤ 2 は，C-1vs2 の場合と同様に，オニの気を引き付けてわざと捕まる “囮” の役割を担っていると推察される．この結果は，3.1 節の指標に基づくと，役割による協調的な振る舞いであると言える．ここで，“囮” の役割を持つプレイヤ 2 と “攻撃” の役割を持つプレイヤ 3 が互いの役割を有効に機能させるためには，同じ環境で学習する必要があると考えられる．

3.2.4 C-1vs4

条件 C-1vs4 における学習曲線を図 10 に示す．図 10 において，青線がオニ，その他の線がプレイヤである．約 1,800,000 ステップまでは図 4，図 6，図 8 と同様に，オニとプレイヤの得られた報酬が交差を繰り返しているが，約 1,800,000 ステップ以降は，オニが劣勢になっている様子がわかる．プレイヤの数が増えると，表 2 に示したオニの負の報酬を得やすくなるため，条件 C-1vs4 は他の条件と比べてオニとプレイヤの得られた報酬に差が出たと考えられる．

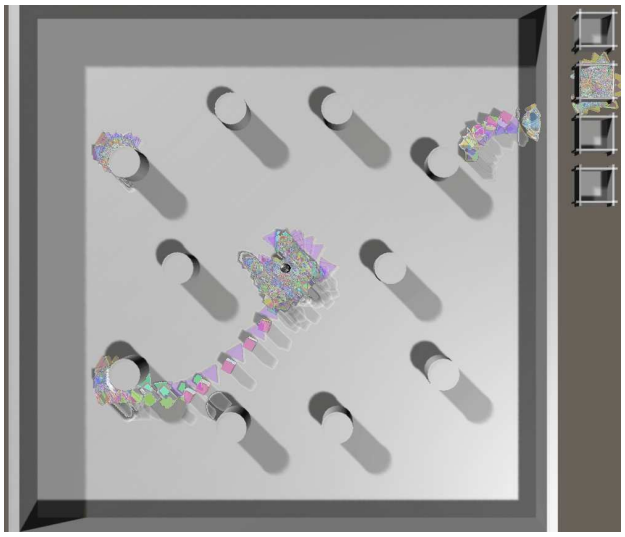


図 9　C-1vs3 におけるエージェントの移動経路

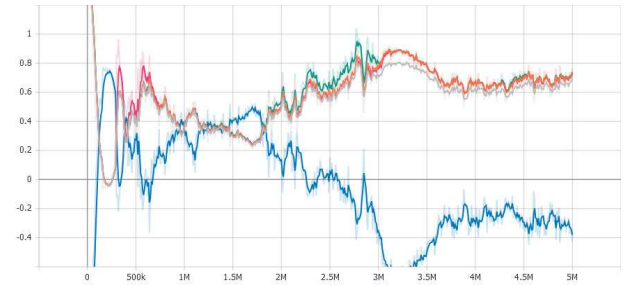


図 10　C-1vs4 の学習結果（横軸:ステップ数，縦軸:得られた報酬，青:オニ，橙・灰・緑・赤:プレイヤ）

また，条件 C-1vs4 におけるエージェントの移動経路を図 11 に示す．図 11 では，プレイヤは 4 体存在する（左上がプレイヤ 1，右上がプレイヤ 2，左下がプレイヤ 3，右下がプレイヤ 4）．プレイヤ 1，プレイヤ 2，プレイヤ 3 は，ゲーム終了まで円柱の後ろに隠れている．プレイヤ 4 は他のプレイヤと異なり，缶に向かって移動している．オニは，条件 C-1vs3 の振る舞いと同様に，缶に密接するように缶の周囲を回るように移動している．最終的にオニが左上方向を向いている隙にプレイヤ 4 が缶に触れて，プレイヤの勝利でゲームが終了した．この振る舞いは，3.1 節の指標に基づくと協調的であると言える．他の条件の傾向から，囮の役割を持つプレイヤが出現すると予想されたが，攻撃を行うプレイヤ 4 以外のプレイヤは全て円柱の後ろに隠れる振る舞いを見せた．この振る舞いには，表 3 に示したプレイヤの報酬系における時間経過による微少な報酬が関わっていると考えられる．プレイヤはゲームが長引くだけで報酬が得られるため，“円柱の後ろに隠れる” という振る舞いは，ゲームを長引かせて報酬を得る目的で行っていると推察される．オニは報酬

を得る（あるいは負の報酬を得ない）ために，隠れたプレイヤ 1・プレイヤ 2・プレイヤ 3 を探すために缶から離れるか，プレイヤ 4 の攻撃に対処できるように缶の近くにいるかという選択を行う必要がある．その結果，オニは缶の周囲を移動する振る舞いと缶から離れる振る舞いを学習したと推察される．このような，缶から離れた後に近づく行動を繰り返すような振る舞いは，3.1 節の指標に基づくと，駆け引きを行っていると言える．

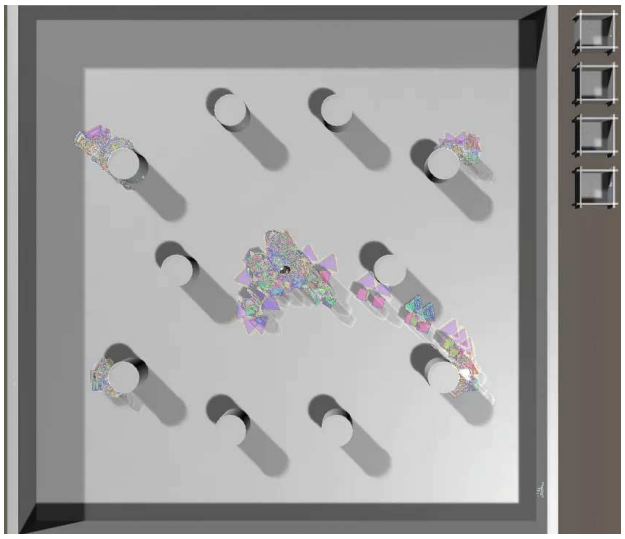


図 11　C-1vs4 におけるエージェントの移動経路

3.2.5　集団の形成と駆け引き・協調の創発

条件 C-1vs1 のように，プレイヤが 1 体の場合はオニに見つかるまで円柱に隠れる振る舞いを見せるが，条件 C-1vs2 や C-1vs3 でのプレイヤは，C-1vs1 のように振る舞うプレイヤが複数体獲得されることは無く，それぞれのプレイヤが別々の振る舞いを見せた．今回の結果を表 6 にまとめる．

表 6　実験で得られた役割

条件名	プレイヤ 1	プレイヤ 2	プレイヤ 3	プレイヤ 4
C-1vs1	隠遁	-	-	-
C-1vs2	囮	攻撃	-	-
C-1vs3	隠遁	囮	攻撃	-
C-1vs4	隠遁	隠遁	隠遁	攻撃

これらの振る舞いは同じ環境下では互いに有効的に機能し，結果的に報酬を得るような振る舞いへと繋がっていた．条件 C-1vs4 においては，4 体のプレイヤのうち 3 体が C-1vs1 と同じ振る舞いだったが，残り 1 体のプレイヤが攻撃を行うため，その攻撃に対処しなければならない．つまり攻撃を行うプレイヤは，円柱の後ろに隠れる 3 体のプレイヤをオニが探しに行かないように牽制する役割も持っていると言える．強化学習によって，オニがプレイヤを探しに行くか，缶の近くにいるか，という駆け引きを獲得したと考えられる．以上より，条件 C-1vs1，C-1vs2，C-1vs3，C-1vs4 とプレイヤ数を増やすに従って，プレイヤは個々的な振る舞いの集まりでは無く，それぞれが役割を持つ集団が形成されていると考えられる．集団の中にいるプレイヤの振る舞いは，個別に見ると報酬に繋がらないが，他のプレイヤの振る舞いと合わさることで報酬に繋がる振る舞いになるため，今回の実験で得られたプレイヤは協調的であると言える．

本研究の成果は，侵入ゲームで見られた協調的な振る舞いやコミュニケーション [5] を，より現実空間に近い環境へ拡張した結果であると考えられる．橋本 (2015) は，コミュニケーションを言語的コミュニケーション・記号非言語コミュニケーション・非記号コミュニケーションの 3 つのレベルに分けている [10]．今回の実験によって創発した缶蹴りのコミュニケーションは，オニによるプレイヤを発見した際のシグナルによる記号非言語コミュニケーション，およびオニとプレイヤ・プレイヤ同士の身体位置関係による非記号コミュニケーションであると考えられる．現実社会に応用してエージェントと人との駆け引きや協調を展望すると，相手の気を引くことが可能であり，かつプレイヤ間で「どのように缶に向かって移動していくか」といった作戦が伝達可能である言語による言語的コミュニケーションを可能にすることが今後の課題である．

3.2.6　エージェントの視点から見た振る舞い

ここまで，環境を俯瞰的に見た第三者的な視点から考察したが，実際の学習はエージェントの主観的な視点から得られる情報を基に行われる．エージェントが得られる環境の情報は，自身の位置と，自身の視界にあるオブジェクトの情報である．そのため，例えば円柱の後ろに隠れたプレイヤは実際には全く観測されていない状態と同じであり，オニが左上に隠れたプレイヤを見つける振る舞いは，学習によって網羅的にフィールドを探索した結果「左上にプレイヤが隠れている」という経験を積んだことにより獲得したと考えられる．さらに，図 7 のように，プレイヤからすると他のプレイヤが視界に入っていなくても，オニを観測して缶を蹴りに行くことを決めることがある．これは，オニを観測することで間接的に味方プレイヤの状態を同定していることになる．学習でプレイヤが行うことは表 3 に示した報酬を最大化することであり，表 6 に示した役割はそのサイドエフェクトとして創発さ

れたものである．以上のように，ボトムアップなアプローチによって目的を達成するために社会性を形成し得ることが示唆された．

3.2.7 集団による社会性

今回の結果のように，組織化された集団としての役割が創発することは，星野 (1993) や上田 (1995)，池上 (2003) が述べるように，生命としての特性を人工的に創り出すことに繋がると考えられる [11][12][13]．星野 (1993) は，ボトムアップに，かつエージェントに個々の動作を行わせる局所的制御による集団の並列行動生成によって，人工生命が成立すると述べている [11]．本研究で実現した缶蹴りエージェントは上記のアプローチに従っており，缶蹴りに勝利するという大目的のもとで自律的に集団的な振る舞いを獲得した人工生命であると言える．

缶蹴りというゲームルールの下で学習することにより，異なる役割を持つ個体から成る集団が創発された．この集団をミクロなレベルで見ると，オニに見つかりやすい位置に移動するプレイヤといったように，個体レベルとしては最適化されていないが，マクロなレベルでは “囮” という役割によってプレイヤ集団の勝利に貢献していることになる．つまり，個体レベルの振る舞いをボトムアップに学習した結果，集団としての社会性が創発されたと言える．

4. おわりに

本研究では，缶蹴り遊びを複数のエージェントで強化学習させることにより，駆け引きや協調といった高次のインタラクションを創発する可能性を確認する目的で実験を行った．実験の結果，プレイヤを 1 体から 4 体まで増加させることで，それぞれ以下に示すように異なる役割と振る舞いを見せる集団が形成された．

(1) プレイヤが 1 体の場合は基本的に円柱の後ろに隠れて，オニに見つかると缶に向かって移動するようになった．
(2) プレイヤが 2 体の場合はオニの気を引くように振る舞う “囮” の役割と缶に向かって移動する “攻撃” の役割に分かれた．
(3) プレイヤが 3 体の場合はゲーム終了まで円柱の後ろに隠れるプレイヤ，オニの気を引くように振る舞う “囮” のプレイヤ，缶に向かって移動する “攻撃” のプレイヤに分かれた．
(4) プレイヤが 4 体の場合は 3 体がゲーム終了まで円柱の後ろに隠れ，1 体が缶に向かって移動した．攻撃を行うプレイヤがいるためにオニは缶から離れることができず，隠れたプレイヤによって時間経過の報酬を得るようになった．

以上の振る舞いはボトムアップに構成されたモデルに従っているため，トップダウンにモデル化するよりも現実社会への適用が容易である．さらに，侵入ゲームのような 1 次元空間のごく簡単なゲームではなく，3 次元空間上でのシミュレーションであるため，現実社会へのインタラクションに応用できる可能性がある．今後はこれらの振る舞いから身体的なパラメータを抽出して，オニがプレイヤを探しに行くかどうかの駆け引きやプレイヤ同士の役割による協調を数理的に分析し，ボトムアップに集団による社会性が創発していることを裏付けるためのモデル化を図りたい．

文献

[1] 竹内勇剛, 片桐恭弘: ユーザの社会性に基づくエージェントに対する同調反応の誘発, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.5, pp.1257-1266 (2000).
[2] 中嶋宏, 森島泰則, 山田亮太, 川路茂保: 人間-機械協調システムにおける社会的知性 -心のモデルとパーソナリティによるエージェントの社会的応答について-, 人工知能学会論文誌, Vol.19, No.3, pp.184-196 (2004).
[3] 坂本孝丈, 吉岡源太, 竹内勇剛: 話しかけ場面における相手の受容度に応じた接近行動のモデルに基づく分析, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.31, No.5, pp.842-851 (2019).
[4] 伊藤昭, 大橋資紀, 寺田和恵: 非零和ゲームの強化学習–相手の行動を読むプログラム. 情報処理学会研究報告知能と複雑系（ICS）, Vol.109(2005-ICS-141), pp.53–60 (2005).
[5] 佐藤尚, 内部英治, 銅谷賢治: 強化学習エージェントによる協調行動とコミュニケーションの創発, 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM), Vol.48, No.19, pp.55-67 (2007).
[6] 佐藤知正: 人間機械協調システム, 計測自動制御学会, Vol.35, No.4, pp.262-267 (1996).
[7] Juliani, A., Berges, V. P., Vckay, E., Gao, Y., Henry, H., Mattar, M., Lange, D.: Unity: A general platform for intelligent agents, arXiv preprint arXiv:1809.02627 (2018).
[8] Schulman, J., Wolski, F., Dhariwal, P., Radford, A., Klimov, O.: Proximal policy optimization algorithms, arXiv preprint arXiv:1707.06347 (2017).
[9] Bøhn, E., Coates, E. M., Moe, S., Johansen, T. A.: Deep reinforcement learning attitude control of fixed-wing uavs using proximal policy optimization, In 2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS) ,pp.523-533 (2019).
[10] 橋本敬: 言語とコミュニケーションの創発に対する複雑系アプローチとはなにか, 計測と制御, Vol.53, No.9, pp.789-793 (2016).
[11] 星野力: 人工生命の現状と将来への期待, 計測と制御, Vol.32, No.8, pp.677-683 (1993).
[12] 上田完次: 人工生命と生物指向人工物, 科学基礎論研究, Vol.23, No.1, pp.1-6 (1995).
[13] 池上高志: 人工生命から見た集合知, 人工知能学会誌, Vol.18, No.6, pp.690-696 (2003).

理学療法士の患者像生成について
Generating Patients as Representations of Physical Therapist

野田 裕太†，鈴木 宏昭††
Yuta Noda, Hiroaki Suzuki
†青山学院大学 社会情報学研究科
Graduate School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University
††青山学院大学
Aoyama Gakuin University
c8119019@aoyama.jp

概要
本研究は，理学療法士がその対象である患者を，病期や診療目的に合わせて医学的情報と社会的情報から患者像という表象として生成していることを，一人の理学療法士の診療過程の観察調査から示す．また，他の医療職とのカンファレンスや理学療法士の精粗のむらのついた患者像の生成が，患者の病期に合わせた患者像へ変化する要因となり，理学療法に活かされていることを考察する．

キーワード : 理学療法士，患者像，近位項，遠位項，表象，カンファレンス，相互依存構造

1. 背景と目的

1.1 理学療法士教育の現状

理学療法士は，怪我や病気などで身体に障害のある人や，障害の発生が予測される人に対して，基本動作能力（座る，立つ，歩くなど）の回復や維持，および障害の悪化の予防を目的に，運動療法や物理療法などを用いて，自立した日常生活が送れるよう支援する医学的リハビリテーションの専門職である．その治療や支援の内容については，理学療法士が対象者ひとりひとりについて医学的・社会的視点から身体能力や生活環境等を十分に評価し，それぞれの目標に向けて適切なプログラムを作成する[1]とされている．

このような医学的ならびに社会的視点が求められる医療専門職である，理学療法士養成の卒前教育のカリキュラムにおいて，93 単位中 18 単位という多くの時間を占めるのが，実際の医療提供施設にて臨床の理学療法士が指導者となって行われる臨床実習である．理学療法士の臨床実習の多くでは，伝統的に臨床実習指導者と学生とのマン・ツー・マンの指導体制で行われ[2]，学生が指導者の指導のもと，患者を担当する形態をとり[3]，患者への一連の理学療法診療行為に介入する形式をとるのが，医師や看護師の臨床実習との違いである．

理学療法士の臨床実習は近年，不適切な指導の顕在化[3][4][5]と，患者権利意識の高まりや学生数の急増といった理学療法士を取り巻く社会の変化により，その在り方や指導方法の改善が求められた．これに対し，厚生労働省と理学療法士・作業療法士協会とでカリキュラム改善の検討がなされ[6]，2018 年にカリキュラムの改正通知，2020 年より適用に至っている．

このような指導方法の見直しのなかで，理学療法士の臨床実習は，患者への一連の診療行為に参加する従来の形式から，現在は，理学療法の技術項目を細分化したチェックリストが用意され，そのチェックリストを埋めるように進める実習形式が養成校側から臨床実習施設側へ要請されることが多くなった．またその指導報告もみられるようになってきている[7][8][9]．

1.2 現状に対する問題意識と患者像の必要性

しかし，そのようなチェックリストを埋めるように臨床実習を進めても，学生が患者に行う理学療法プログラムを疾患名からしか考えられず苦慮する場面や，そもそも臨床実習の目標がチェックリストの達成になっていしまっていると思われる学生の言動を経験する．

鈴木(2017)は，自身が行った大学生へのレポートライティングのスキルを高めるための様々な試みと，そこで感じた学生の学ぶ姿への違和感を，要素目標の習得に終始する姿としている．そして細分化された要素目標の達成は，元々の目標達成の「兆し」，「兆候」に過ぎず，それら兆しを生み出す原因系が存在し，兆しはその原因系内の各要素の複雑な相互依存，因果関係のネットワークの産物であるとしている．このような関係性を考えずに兆しの習得に専念した場合には真正の理解には至らないとしている[10]．

また，鈴木(2016)は，組織の中の蓄積された暗黙知の明示化，公共化に関わる困難を分析する中で，場の共有とともに，場の共有から得られた情報の処理の重要性について言及している．ここでは，知識

の利用がシミュレーションに基づくという考えにより，知識はそれが活性化する状況と相互作用しつつ，シミュレーションというプロセスの中で絶えず生み出されてくるもの，つまり知識や経験をプロセスとして捉える立場をとる．これにより，コトバで表現されるものはコトバ化しやすいものであり，場や状況を共有しない聞き手にとっては相互につながりのない，点在するだけの情報となり，伝え手の意図したことに似ているが柔軟性，適応性に欠ける不完全な模倣しか生み出さないとしている[11].

これらの先行研究から，対象である患者が自立した生活を送れるように，基本動作能力の回復を支援するという理学療法士の本来の目標に向けて臨床実習で必要なことを改めて考える．技術項目を細分化したチェックリストの達成だけでなく，それら技術を対象者である患者との関係性において理解すること，また，それら技術が必要な状況を理解することが必要なのではないかと考える．そのためには，理学療法士がその臨床実践において，技術等により取得した情報から対象である患者をどのように捉えているか，すなわち「患者像」をいかに生成しているかをまずは明らかにすることが必要と考えた.

1.3　患者像をポランニーから考える

ポランニー(1967)は，包括的理解における個々の諸要素と全体像について盲人の杖使用を例に挙げ述べている[12]．杖先への衝撃を，杖を初めて使う者は自分の指と掌への衝撃として感じるが，使い慣れた者は対象に触れている感覚とする．この時の指と掌への衝撃を近位項，杖先で触れている対象を遠位項と呼び，これら二つの項が関連づいたときに包括的理解が生じるとしている．またポランニーはピアニストが指に注意を集中されると演奏が一時的に滞ることを例に挙げ，包括的存在を構成する個々の諸要素を事細かに吟味すれば，個々の諸要素の意味は拭い取られ，包括的存在の概念は破壊されてしまうとしている．

本研究ではこのポランニーの考えを用い，患者像を，理学療法士が医学的情報ならびに社会的情報を兆候（近位項）として生み出す原因系（遠位項）として捉えているものと定める．

理学療法士の患者像に関する研究では，直接，患者像の生成を扱ったものは見当たらないが，患者全体像把握と熟達化について，臨床経験 5 年以上の理学療法士と理学療法学科学生とを比較したものがある[10]．この研究では，理学療法学科学生に比べ理学療法士は，複数の視点から患者の状態を捉え，様々な手がかりから患者の状態や行動に多くの予測と推論がなされていることを明らかにしている．しかし，この結果は，理学療法士の患者像生成における一場面を切り取り，中堅者と初心者を類型化したものであり，診療過程においてどのように患者を捉え患者像を生成し，また変化させているのかは明らかでない.

上記を踏まえ，本研究では，ある理学療法士の診療例から患者像が生成される過程を調査することで，理学療法士の患者像生成について検討することを目的とした.

2.　方法

2.1　研究対象者

理学療法士である第一著者自身を対象とした．調査時点での第一著者の理学療法士としての概要を表 1 に示す．理学療法士として大学病院から地域中核総合病院，脳血管疾患専門中核病院と多様な疾患に対する理学療法の経験と，加えて総合リハビリテーションセンターへの勤務経験により，疾患の発症急性期から回復期，生活期と呼ばれる障害の安定した状態で在宅生活を営む時期までの幅広い病期に対する理学療法を経験している.

表 1　研究対象者概要

年齢	理学療法士　経験年数
42 歳	19 年 6 ヶ月
勤務歴	
大学病院 2 年・地域中核総合病院 2 年・脳血管疾患専門中核病院（A 病院）8 年・総合リハビリテーションセンター1 年・A 病院 6 年	

2.2　観察対象とした診療とデータ収集方法

研究者が担当理学療法士となり理学療法を実施した症例のうち，次の診療時期，診療期間の異なる 2 症例の診療過程（診療 A，診療 B）を観察対象とした． 診療 A は，脳血管障害の発症急性期の患者に対する理学療法の診療，診療 B は脳血管障害の発症急性期から回復期に渡る症例への診療となっている.

1)　診療 A：脳血管疾患の発症により A 病院に入院し，入院二日目に開始された理学療法初日と二日目の各 40 分の診療.
研究者自身がフィールドノーツを記

載しながら診療実施しデータ収集.

2) 診療 B：脳血管障害の発症により研究者所属の A 病院に入院し，回復期リハビリテーション病棟への入院を経て退院間近の 4 か月間の診療.
診療実施記録の後方的調査による観察を行い，データを収集．特に患者像が変化した場面と，それによる変化を追った.

調査内容は，診療 A，B ともに診療過程における，場面と取得した情報内容，情報に対する理学療法士の判断，情報により生成された患者像とした.

2.3 データ分析方法

観察により収集した調査データのうち，理学療法士の判断と生成された患者像の内容を，国際生活機能分類（International Classification of Functioning, Disability and Health; ICF）の構成要素により分類した．ICF とは，世界保健機構（World Health Organization; WHO）により採択されている人間のあらゆる健康状態に関係した生活状態から，その人をとりまく社会制度や社会資源までをアルファベットと数字を組み合わせた方式で分類し，記述・表現しようとするものである[11]．ICF は，障害と生活機能と説明のために，これまで「医学モデル」対「社会モデル」として対立するモデルとして表現されてきたこれら二つのモデルの統合に基づいており[11]，その目的は，研究手段を含む多くの分野での活用とされている[12].

ICF 分類には，「生活機能と障害」と「背景因子」という二つの部門があり，前者は「心身機能・身体構造」と「活動・参加」の構成要素からなり，後者は「環境因子」および「個人因子」の構成要素からなる[11][13]．各構成要素の領域ならびに構成概念を表 2 に示す[11]．ICF ではこれらの構成要素のうち，個人因子を除く以下の 4 つのカテゴリーに分類する.

- 心身機能（body functions）：
  心的機能を含む生理的機能を表す.
- 身体構造（body structures）：
  器官・肢体とその構成部分などの身体の解剖学的部分を表す.
- 活動と参加（domain of activities and participation）：
  課題や行為の個人による遂行，ならびに生活，人生場面への関わりを表す.
- 環境因子（environmental factors）：
  人々が生活している物的な環境や社会的環境，人々の社会的な態度を表す.

個人因子は社会的・文化的に大きな相違があるため ICF では分類されていない[14]．各カテゴリーは第 1 レベルから第 4 レベルまでの階層構造をもった分類がなされており，レベルが進むにつれより細分化された分類の構造になっている．分類の記載にはカテゴリーの最初のローマ字（b, s, d, e）と数字のコードを合わせた方式が用いられる．本研究では，得られたデータは第 2 分類により分類し，第 1 レベルでカテゴリー化を行った.

表 2 ICF の概観

第 1 部 生活機能と障害		
構成要素	心身機能・身体構造	活動・参加
領域	心身機能 身体構造	生活・人生領域 （課題，行為）
構成概念	心身機能の変化 （生理的） 身体構造の変化 （解剖学的）	能力 標準的環境における課題の遂行 実行状況 現在の環境における課題の遂行
第 2 部 背景因子		
構成要素	環境因子	個人因子
領域	生活機能と障害への外的影響	生活機能と障害への内的影響
構成概念	物的環境や社会的環境，人々の社会的な態度による環境のもつ促進的あるいは阻害的な影響力	個人的な特徴の影響力

3. 倫理的配慮

観察対象となった診療の症例には，観察前に口頭と文書にて説明を行い，同意書に署名を得た．その際には，研究への参加は自由意志であり，参加途中での辞

退も可能であること，辞退による不利益は生じないこと，得られたデータは匿名性を確保し，個人情報の保護と管理に努めることを説明した．なお，本研究は研究対象施設倫理審査委員会の承諾を得て実施した（A病院倫理審査委員会：承認番号 142000341）．

4. 結果

4.1 分類結果

診療 A，B それぞれの観察結果を ICF の 4 つのカテゴリーに基づき分類した．各カテゴリーの分類例を表 3 に示す．

心身機能には，立位練習における患者の筋の収縮程度を触診により判断したものや，診療中の患者の発言から患者の感覚障害の程度を判断したものなどが分類された．本研究における分類の中で最も多い割合を占めた．

身体構造には，診療前にカルテの脳画像情報から年齢に対する脳の構造に関する判断，診療中の視診による患者の骨盤部の構造に関する判断などが分類された．

活動と参加は，患者の立位練習中の様子や，歩行に関する判断が多く分類された．歩行に関しては，安定性や耐久性など歩行の能力に限らず，病室内や自宅といった患者が歩行する場所を含んだ判断も含まれた．

環境因子は，家族の退院に際する意向，自宅での主な生活場所や階段の様子など患者の社会的な情報が分類された．

分類を行うなかで ICF のいずれのカテゴリーにも分類できない内容があった．それらは「その他」としたうえで，以下のようにさらに分類した．

1. 現状の原因の推論
2. 時間や場所を跨いだ予測や展望
3. 判断の保留

表 3 カテゴリー分類例

分類	情報内容	判断
心身機能 (b)	（患者の発言）「左だと支え切れないね」	支える感じがわかっているな(b780)
	（診療中の触診）立位練習の重心移動時に大殿筋の収縮	大殿筋はしっかり収縮(b730)できてる
身体構造 (s)	（診療前カルテから）脳画像	年齢の割にしっかりした脳(s110)
	（診療中の視診）腰椎前弯強い	体型的な問題(s760)か
活動と参加 (d)	（診療中の視診）立位練習での重心移動時に左踵が浮いてる	左下肢で支持しての重心移動はやはり不十分（d410） もっと下肢で支持できそうだけど感覚（障害）かな…単に支持の問題？ 1
	（患者の変化）短距離の歩行は安定してきたが，100m 以上になると不安定さあり．	短距離歩行は安定（d450）してるということは，歩行耐久性(d450)が不十分か．歩行練習量を増やして耐久性の向上目指す． 短距離であれば，生活場面への導入を検討できる．
環境因子 (e)	（カンファレンスにて医療ソーシャルワーカーからの情報）家族状況：キーパーソンは長女 住環境：3 階建て戸建て 1 階店舗 本人住居 3 階 3 階まで階段昇降必要 長女意向「3 階で生活し，トイレは自分で行って欲しい」	家族の受け入れは(e410)，問題なし． 退院にはトイレと 3 階で生活できるかがポイントになりそう．2

4.2 診療 A における判断，推論の特徴

診療 A では，患者の発言や，立位や歩行といった練習場面での動作観察，理学療法士自身による筋の触診など，患者と理学療法士の多様かつ特有の関わりから得られる情報から判断が行われていた．また，診療中には，患者の現状に対して，その原因の推論が頻繁に

行われ（例：点滴台を患者が押しての歩行場面での腰が曲がった歩行姿勢→点滴台を支えにしているから？），推論に基づく徒手的な介入と，それに対する患者の反応（点滴台を理学療法士が押しながらの歩行練習に変更→歩行姿勢，左下肢支持性の改善）からの判断が行われていた．さらに歩行練習場面では，患者が左周りの回転時にふらつき，それに患者本人が気付いていない様子から，「注意障害ある？」と判断し，「結構危ないかも」歩行練習場面から生活場面へと場所を跨いだ予測が行われていた．

診療 A における判断ならびに生成された患者像のカテゴリー分類結果の生起数を，全体に対する比率とともに表 4 に示す．

診療 A においては，心身機能（b）に分類される情報から多くの判断が行われているのが特徴となっていた．また，その他に分類されたデータの内訳では，原因の推論が多くを占めており，これは診療過程の観察結果でみられた頻繁な推論を反映していた．

表 4　診療 A　カテゴリー分類結果

カテゴリー		判断	患者像	割合
心身機能　(b)		25	9	51%
身体構造　(s)		5	1	9%
活動と参加（d)		9	2	16%
環境因子　(e)		0	2	3%
その他		11	3	21%
（内訳）	原因の推論	10	0	71%
	予測・展望	1	1	14%
	判断保留	0	2	14%

4.3　診療 A における患者像生成過程

通常，理学療法が開始となる際には，リスク管理を含めた診療の準備として事前にカルテより患者に関する情報収集が行われる．診療 A においても診療施行前に，カルテに記載された医師の診察記録，看護師の記録，また脳画像の記録から，意識レベル，運動麻痺や感覚障害の程度，コミュニケーションの可否，循環器の問題がないことなどの判断が事前に行われている．これは理学療法施行前の段階から，カルテによる情報を患者の近位項として取得し，遠位項である具体的な患者像の生成が行われていたといえる（付録 表 6 参照）．一方で，感覚障害の程度や下肢の支持性といった動作に関する情報については，医師や看護師の記録にも同様の記載があるにも関わらず「動いてみてどうか．意外と動けない人がいる．」と判断が保留されていた．具体的な患者像を描く一方，過去の経験から，カルテ情報による判断を避け，不確かなものとしていた．

診療中は近位項となる情報を，患者の発言や動作中の姿勢の視診からだけでなく，筋の触診や動作への介入といった理学療法士が患者と積極的に関わることで収集していた．

診療 2 日目終了時には下記のような，注意障害か意識障害かはっきりしないが大きな問題にならないとする医学的遠位項ともいえる患者像と，患者の退院時期の予測やすぐに元の生活に戻れるといった社会的遠位項との二つの側面を含んだ患者像を生成していた．

診療 A　2 日間診療終了時の患者像
身体機能は良くなってきている． 注意障害か意識障害ははっきりしないが，大きな問題にはならないだろう． このままいけば，早い段階で（主科の治療が終われば）退院になるだろう．元の生活に十分戻れるだろう．

4.4　診療 B における判断，推論の特徴

診療 B は 4 ヶ月間の診療を診療録により観察を行い，特に患者像が変化したと考えられる場面を取り上げた．

開始 1 週間までの診療では，診療 A と同様に身体機能や動作能力について理学療法評価を通じた情報収集が主になされていた．それら収集された情報から心身機能（b）カテゴリーについての判断を行い，「筋活動を促しながら動作練習を行っていく必要」という理学療法士としての診療の方針を含んだ患者像を生成しているのが特徴となっている．診療開始 2 週間では，患者の動作の様子から，理学療法を 2 週間実施しての効果や，課題となっている身体機能に関する推論が行われている．

診療開始 1 ヶ月頃からは，診療場面に加えカンファレンスへの参加により多くの判断，推論が行われているのが特徴となっている．カンファレンスとは，患者を担当する関連職種が集まり情報交換，情報共有する会議である．研究対象者の所属する医療施設では，回復期リハビリテーション病棟に入院した患者には，1 ヶ月毎にカンファレンスが開催されている．

カンファレンスの場において，看護師から夜間の生活の様子，医療ソーシャルワーカーから家族の意向や住環境といった患者に関する社会的情報が入り，理学療法士として持つ患者の心身機能，動作能力といった

医学的情報と合わせ，患者が自宅で生活することに向けた場所と時間を跨いだ推論が判断に入るようになっている（例：2〜3ヶ月　カンファレンス時　「手すりなどの配慮は必要だが，自宅内の生活であれば，自立可能だろう」付録 表7参照）．また，診療開始2〜3ヶ月の家族からの自宅写真の提供された場面では，自宅の具体的な状況が情報として取得されたことにより，環境因子（e）にカテゴリーされる判断が多くなされている．

診療Bにおける判断ならびに生成された患者像のカテゴリー分類結果の生起数を，全体に対する比率とともに表5に示す．また診療A，Bの分類の変化を図1に示す．心身機能（b）に分類される判断，患者像が多いのは診療Aと変らないが，その割合は減少し，活動と参加（d）ならびに環境因子（e）の割合が増えているのが診療Bの特徴となっている．また，その他に分類されたデータの内訳では，時間や場所を跨いだ予測・展望が多くを占めていた．診療Bのこれらの特徴は，診療の観察でみられた，患者の社会的情報取得による医学的情報との統合による，患者の自宅での生活に対する予測や展望を反映している．

表5　診療B　カテゴリー分類結果

カテゴリー		判断	患者像	割合
心身機能　(b)		23	15	40%
身体構造　(s)		1	0	1%
活動と参加（d)		14	12	28%
環境因子　(e)		10	3	14%
その他		6	10	17%
（内訳）	原因の推論	2	0	13%
	予測・展望	2	7	56%
	判断保留	2	3	31%

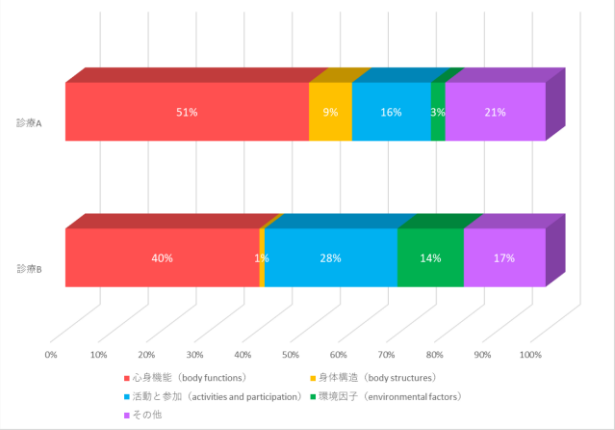


図1　診療A，B　ICF分類の変化

4.5　診療Bにおける患者像の生成過程

診療A同様に診療開始前には，カルテより収集された関連他職種の情報を近位項として，下記のような遠位項である患者像の生成が始まっている．診療Bでは理学療法開始時点で，今後手術が検討されていることや，安静度が制限されているという情報から「バイタルサインを確認しながらできるところまでやる」という慎重な理学療法の方針の患者像を生成している．また同時に，診療開始前より，患者の仕事復帰に関しての言及がみられる．これは，患者の年齢と自営で薬剤師として就労していたという社会的情報による近位項と，他職種の医学的，身体的情報による近位項とを統合して関連付けられて生成された遠位項への言及といえる．

診療B　診療前に生成された患者像
上肢の運動麻痺が重そうな脳梗塞．安静度も制限されているからなんともいえないが，体幹や下肢の麻痺はどうか． 手術してさらに，今後手術も検討されている．狭窄はシビア．意識状態，血圧などのバイタルサインを確認しながらできるところまでやる． 現役で仕事しており,自営でもあり，年齢的に仕事復帰の話がでるか．

診療開始2週間の判断の特徴は，患者の動作の様子から理学療法2週間の効果や，課題となっている身体機能に関する推論が行われていることであったが，それら推論に基づき「動作が安定するまでに時間がかかるか」や「（上肢の麻痺はシビアで）生活に支障がでそう」と詳細は不明確ながらも患者の身体機能の将来的な展望（医学的遠位項）だけでなく，その身体機能による生活への影響（社会的遠位項）が含まれた患者像が生成されているのが特徴となっている．

診療開始1ヶ月からの患者像の生成では，診療場面での患者の動作を情報として，身体機能や歩行能力といった活動カテゴリーの情報を，引き続き近位項としている．それと同時にカンファレンスに参加したことや，自宅写真をみたことで社会的な情報が近位項として加味され，これら二つの近位項が統合されることにより遠位項である患者像に変化がみられていた．この患者像の変化は，患者が自宅での生活に戻ることに向けて理学療法の実施へとつながっていた．

これまでみてきたように，診療 B の患者像生成においても，診療 A でみられたように医学的情報による近位項に関連付けられた医学的遠位項と，就労状況やカンファレンスでの他職種からもたらされた患者の情報，自宅写真という社会的情報の近位項から関連付けられた社会的遠位項という二側面からなる患者像の生成という特徴が同様にみられた．

4.6 カテゴリー分類ができなかった判断の特徴

分類を行うなかで ICF のいずれのカテゴリーにも分類できない内容を，「その他」としたうえで，さらに 3 つに分類した．その内訳の変化から，診療 A と B の患者像生成の特徴が明らかになっている（図 2）．

診療 A では分類 1 原因の推論が多かったのに対し，診療 B では分類 1 が減少する一方，分類 2 の時間や場所を跨いだ展望や予測が大きく増加した．これは，診療 A では，発症急性期であり主に医学的情報による判断や推論が多く行われていたためと考えられる．一方診療 B では，医学的な情報に患者の社会的情報が加わり，診療場面での患者の身体機能を，患者の自宅での生活場面ではどうなるか，退院時にはどうなるかといった，場所や時間を跨いだ予測や展望が多く行われたためと考えられる．それまでの診療では詳細は不明確として，いわば曖昧なままとしていた患者像を，少しずつ患者の具体的な生活状況に合わせて時間をかけて慎重に明確にしていく様子がこの結果からうかがえた．

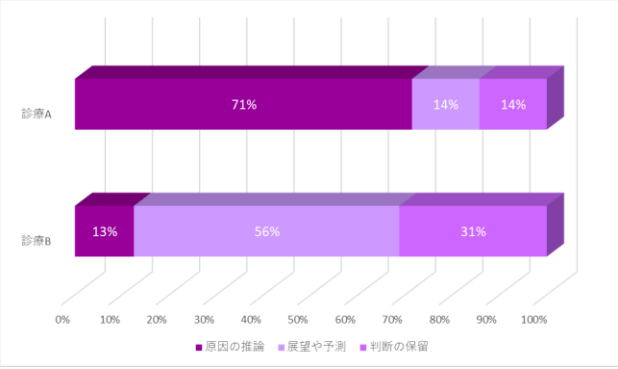


図 2 「その他」の内訳と変化

5. 考察

5.1 表象としての患者像生成の特徴

本研究では，一人の理学療法士の診療時期，診療期間の異なる 2 症例に対する診療過程の観察を行い，診療過程において理学療法士が患者をどのように捉え，またそれをどのように変化させているのかを，医学モデルと社会モデルの統合とされている ICF 分類を用いて患者像の生成と変化として分析した．医学的，社会的の両視点が求められる理学療法士の特徴は，本研究の患者像の生成でもみられた．ここでは，医学的情報と社会的情報からどのように患者像が生成され，どのように変化が起きていたのかについて検討する．

診療 A，B ともに発症急性期の診療では，理学療法士が患者に直接会う前から，患者に関する他の医療職の記録をカルテで参照することにより患者像は生成されていた．その患者像は心身機能や活動と参加といった主に医学的情報から成っていた．

この生成過程は表象の生成[15]として説明できる．理学療法士のもつ過去の経験や知識といった記憶表象が，診療前には他の医療職による記録が手がかりとなり活性化され，患者像という結果として現れる．ポランニーのことばを引用するならば，カルテ記録という近位項を，過去の経験や知識により患者像という遠位項に結びつけ包括的理解しているといえる．そして実際の診療になると，患者の呈する現症やそれに対する原因の推論に基づく介入，ならびにその介入に対する患者の反応を手がかり，すなわち近位項にして，遠位項である患者像は上書きされていく．特に発症急性期の理学療法診療では，診療の直接的な介入対象が心身機能であるため，理学療法として目の前の患者にどのような診療をすべきかという診療内容に関する情報が強さをもち，医学的情報を主とした患者像が生成されると考えられる．言い換えるならば，発症急性期の理学療法診療では，理学療法診療のために医学的患者像が生成される時期ともいえる．

しかし同時に，患者の社会的情報も診療開始初期よりわずかではあるが患者像に反映されているのが，診療開始時より時間や場所を跨いだ推論が行われていることや診療 B の理学療法初日の復職に関する言及からわかる．これら発症急性期の診療における社会的情報による社会的患者像の部分は決して明確なものではなく，「復職の話がでるか」や「生活に制限でそう」といった抽象的で曖昧さを含んでいる．このような特徴は，現症に対する原因の推論を行い，その現症を明確にしていこうとする過程で生成される医学的患者像と対照的な生成となっている．

このように，患者像は患者の医学的情報と社会的情報を，その情報の受け手である理学療法士が，患者の病期や理学療法の目的によりそれら二つの情報に精粗のむらをつけながら統合し表象として動的に生成され

ると考えられる.

5.2 カンファレンスによる患者像変化の促進と要因

5.1 で考察した過程によって生成される患者像は，理学療法の診療過程において，固定されることなく患者の状態に合わせ常に変化していた．特に，患者の病期が急性期から回復期へと移行すると，医学的情報に比べそれまで詳細は不明確で曖昧なままとなっていた社会的情報が，より具体的かつ明確になっていき患者像の変化となっていた.

その変化のきっかけの一つとなっていたのは，患者を担当する他の医療職が集まり，現状の報告と今後の方針を話し合い情報共有する場であるカンファレンスであった．カンファレンスで患者の病棟での生活の様子や，自宅の状況，家族との関係といった具体的な情報を取得した理学療法士は，自身が持つ患者の心身機能，活動といった医学的情報とそれら情報とを再統合し患者像を患者の生活に向けたものへと変化させ，理学療法へ活かしていた.

清河 (2002) は，地図構成課題を「課題遂行役」と「相談役」という課題レベルとメタレベルの分業という相互依存構造をもつ協同として行わせることで，表象変化が促進されるという結果を報告している[16]. 課題レベルーメタレベルという分業により，個人では十分機能しにくいメタ認知的な働きが発揮されたとしている.

本研究での理学療法士における患者像の変化において，日々の理学療法診療が心身機能，活動や参加の改善といった，いわば理学療法士としての課題レベルの場であるならば，カンファレンスは，患者に関するメタレベルの場になっていたのではないかと考える．理学療法士による日々の診療と，他の医療職が定期的に集まるカンファレンスというシステムが相互依存の構造を成し，その構造により理学療法士特有の医学的患者像から，関係する他の医療職とも共有可能な患者個人の生活の患者像へという時間的変化が促されたのではないだろうか.

このような変化は，時間経過とともに自然に訪れるというよりも，理学療法士が診療開始時より不明確で曖昧ながらも社会的情報を患者像に反映していたことが要因となり，カンファレンスという外部資源のサポートを受け，社会的情報と医学的情報を再統合したことにより生じたと考えられる.

現在の医療は様々な医療専門職が患者に関与する分業システムである．本研究でみられた理学療法士の患者像の生成と変化の過程は，このような役割分担された分業システムが要因として働いたと考えられる.

5.3 本研究の限界と今後の課題

本研究は，急性期から回復期の診療を担う医療施設に勤務する一人の理学療法士の診療過程という，限定された対象に基づき行われた．現在，理学療法士の活躍する場は医療に限らず福祉，スポーツと広がっており，その対象者も多様化している．したがって，その患者像や対象者像の生成についても検討する必要がある. また，今回調査した理学療法士が 19 年という経験年数を有しており，熟達の要素も考慮する必要がある.

近年は，医療界全体への「根拠に基づく医療（evidence-based medicine：EBM）」の提唱により，理学療法士の思考課程においても客観的で明確であることを求められる傾向がある．また理学療法士の専門性の確立には臨床推論の知識と技能が必要とされる[17]〜[22]. 臨床推論の主要部分は診断学的リーズニングであるため[20], その精緻化が求めれられるなかで不確かさや曖昧さは不要なものと考えられている.

しかしながら，本研究で示された曖昧さをも含んだ患者像の生成過程は，病院機能や研究対象とした理学療法士の経験年数など特有の要素はあろうが，理学療法士の実践を捉え直すのに一考の価値があるものと考える．そのような捉え直しが，ひいては理学療法士教育における臨床実習方法や指導方法の再考につながるのではないかと考える.

6. 結論

本研究の結果から理学療法士の患者像の生成は，表象として生成されるという特徴と，その患者像の変化には医療システムにおける相互依存構造が大きく影響していた．これらの特徴により理学療法士の患者像は曖昧さを含み，医療システムの特徴によるサポートを受けながら，患者の病期の経過に合わせ医学的情報と社会的情報の再統合を行うことで動的に変化させながら生成され，理学療法診療に活かされていることが示唆された.

文献

[1] 公益社団人 日本理学療法士協会. 理学療法士になるには. 参照日 2020 年 5 月 20 日, http://www.japanpt.or.jp/general/aim/physicaltherapist/index.html

[2] 公益社団法人理学療法士協会. 理学療法教育ガイドライ

ン（第 1 版）. http://www.japanpt.or.jp/
[3] 厚生労働省. (2017). 第３回 理学療法士・作業療法士学校養成施設カリキュラム等改善検討会（資料）. 閲覧日 2020 年 5 月 20 日, から https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000182814.html
[4] 衆議院. (2017). 理学療法士・作業療法士の臨床実習に関する再質問主意書. 閲覧日 2020 年 5 月 20 日 http://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_shitsumon.nsf/html/shitsumon/a190319.htm
[5] 衆議院. (2017). 理学療法士・作業療法士の臨床実習に関する質問主意書. 閲覧日 2020 年 5 月 20 日 http://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_shitsumon.nsf/html/shitsumon/a190180.htm
[6] 厚生労働省. (2018). 理学療法士・作業療法士学校養成施設カリキュラム等改善検討会　報告書. 閲覧日 2020 年 5 月 20 日 https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000193257.html
[7] 甲田宗嗣, & 森内康之. (2016). 回復期リハビリテーション病棟における臨床実習ガイドラインに基づいたクリニカル・クラークシップ経験前後での臨床実習生の認識の変化. 理学療法の臨床と研究, 25, 85–90.
[8] 永井良治, 中原雅美, 森田正治, & 下田武良. (2017). クリニカルクラークシップの実践に対する調査報告. 理学療法科学, 32(5), 713–719.
[9] 高野稔, 佐藤聡見, & 篠原弥生. (2015). 当院における臨床実習指導の新たな取り組み―クリニカルクラークシップを基本とした指導と実習指導支援ツールを導入して見えた現状と課題. 東北理学療法学, 27, 58–64.
[10] 鈴木宏昭. (2017). 開催校企画シンポジウム 教育ごっこを超える可能性はあるのか?: 身体化された知の可能性を求めて. 大学教育学会誌 = Journal of Japan Association for College and University Education, 39(1), 12–16.
[11] 鈴木宏昭, & 横山拓. (2016). コトバを超えた知を生み出す: 身体性認知科学から見たコミュニケーションと熟達. 組織科学, 49(4), 4-15.
[12] Polanyi, M. (1967). *The tacit dimension.* London, UK: Routledge and Kegan Paul(高橋勇夫 訳『暗黙知の次元』東京： 筑摩書房, 2003).
[13] 下島裕美. (2019). 患者全体像把握の熟達化 (特集 全体像を把握する). 理学療法ジャーナル, 53(5), 441-447.
[14] World Health Organization, & 障害者福祉研究会. (2002). 国際生活機能分類. 中央法規出版.
[15] 佐藤秀紀. (2013). 国際生活機能分類(ICF)とこれからのリハビリテーション(学会 25 周年記念特別論文). 日本保健福祉学会誌, 19(2), 13-21.
[16] 山内和志, & 及川恵美子. (2009). 国際動向 (特集 国際生活機能分類(ICF)の現況と問題点). 総合リハビリテ-ション, 37(3), 193-195.
[17] 厚生労働省　報道発表資料. (2002). 「国際生活機能分類－国際障害分類改訂版－」（日本語版）の厚生労働省ホームページ掲載について. 閲覧日 2020 年 5 月 23 日, https://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/08/h0805-1.html
[18] 鈴木宏昭. (2016). 教養としての認知科学. 東京大学出版会.
[19] 清河幸子. (2002). 表象変化を促進する相互依存構造 課題レベル - メタレベルの分業による協同の有効性の検討. 認知科学, 9(3), 450-458. https://doi.org/10.11225/jcss.9.450
[20] Jones, M. (1998). 理学療法におけるクリニカル・リーズニング. 理学療法学, 25(4), 147-164.
[21] 藤縄理. (2000). 臨床的推論. 理学療法 = Journal of physical therapy, 17(1), 150-152.
[22] 小形洋悦. (2003). Clinical Reasoning の理論, 教育と臨床応用. 理学療法学, 30(3), 145-149.
[23] Furze, J., Black, L., Hoffman, J., Barr, J., & Cochran, T. (2015). Exploration of Students' Clinical Reasoning Development in Professional Physical Therapy Education. *Journal of Physical Therapy Education, **29***(3), 22–33.
[24] Wainwright, S. F., Shepard, K. F., Harman, L. B., & Stephens, J. (2010). Novice and experienced physical therapist clinicians: A comparison of how reflection is used to inform the clinical decision-making process. *Physical therapy*, ***90***(1), 75-88.
[25] 内山靖. (2009). クリニカルリーズニング-理学療法士に求められる臨床能力 (特集 クリニカルリーズニング). 理学療法ジャーナル, 43(2), 93-98.

付録

本研究で行った診療 A ならびに診療 B の診療過程の調査結果の一部を，情報が得られた場面，情報の内容，情報に対する判断，生成された患者像にまとめて表に示す．表中括弧内の数字は ICF の第 2 分類コードであり，下線部分は ICF 分類により分類不可で「その他」に分類された内容である．下線後に付記された数字は，「その他」をさらに分類した番号を示している．

表 6　診療 A：診療開前カルテからの情報収集場面

情報内容	判断
［医師診療記録］ 診察記録・指示動作可能 見当識保持・軽度運動麻痺 感覚障害	麻痺は軽そう(b760) 意識もはっきりしてる（b110) 循環器系も問題なし(b410)
［脳画像］ 脳梗塞部位 画像診断レポート	随意運動(b110)は大丈夫そう．感覚(b265)も良くなるかもしれない．年齢の割にしっかりした脳(s110)
［看護記録］ 血圧・麻痺の程度 危険行動の有無, 動作の様子 （立位で膝折れ, トイレまでは車いす使用） 現在の安静度（制限なし）	血圧高い(b410) コミュニケーションは取れそう(d350) 膝折れ(d420)はみてみないとわからない
診療前に生成された患者像	
麻痺は軽くて（b760), コミュニケーションは取れる(d350)．感覚(b265)や下肢の支持性（b760)はみてみなとわからない．動いてみてどうか．意外と動けない人がいる．3　安静度の制限はない（e450）ので，スムーズにできそう．	

表 7　診療 B：開始 2〜3 ヶ月の情報収集場面と情報内容・判断・生成された患者像

診療開始 2〜3 ヶ月		
場面	**情報内容**	**判断**
カンファレンス	［看護師から］ 起床から消灯まで，移乗動作はトイレ含めて自立した．自室内の歩行も自立した． 入浴は個浴，介助で実施中． ［作業療法士から］ 左上肢の麻痺の程度は 1 ヶ月前と変化なし．更衣，入浴に介助 →評価予定	順調に日常生活動作は拡大している． 上肢はやはり機能改善が厳しい(b760)． 更衣や入浴に関して(d520，d540)そろそろ具体的な方法を聞きたい． 注意障害の影響はないわけではないので，手すりなどの配慮は必要だが，自宅内の生活であれば，自立可能だろう．
家族より自宅写真提供	自宅 3 階までの階段は，昇段時に左側にのみ手すりあり． 使用しているベッドと向き． トイレの入口と便器の位置関係． トイレ，風呂，リビングまでの導線 風呂場の入口に 15 ㎝程度の段差あり	自宅の階段の状況(e115)に合わせて，昇段時左手すりで階段昇降練習(d460)を実施する必要あり． 自宅内の移動(d460)は大丈夫だろう．ベッドは今使っているもので大丈夫(e115)だが，周囲の状況が写真からわからない． 風呂の入り口の段差は，手すり(e115)必須．トイレの出入りは問題なさそう(d460)だが自宅訪問に行けるなら，行ってみて判断になるか．3 風呂関係は作業療法士と相談．

診療開始 2〜3 ヶ月に生成された患者像

歩行動作の改善（b460）に伴って，病棟での生活も歩行を取り入れた生活（d460）になってきている．一方，上肢の機能はやはりシビア（b760）．上肢に関わる更衣や入浴（d540・d510）はこれから具体的にしていく状況か．まだよく（退院後の生活が）見えない．3　注意障害（b140）の影響はまったくないわけではないので，手すりなどの配慮は必要（e115）だが，自宅内の生活であれば，自立可能だろう．2

商品の価格帯と選択のオーバーロード現象に関する因子との関係性調査

顧 是凡†, 松田 憲†, 有賀敦紀‡

Shihan Gu, Ken Matsuda, Atsunori Ariga

†北九州市立大学, ‡広島大学

The University of Kitakyusyu, Hiroshima University

aa15050390730@hotmail.com

概要

近年の研究では，過剰な選択肢は却って消費者の負担になり、購買意欲を抑えてしまうという報告がなされた．これを「選択のオーバーロード現象」という．本研究は，価格帯の操作によって選択のオーバーロード現象が生起するかについての検討を行った．実験の結果，参加者を選択商品への関心度の高低に応じて分割したところ，低関心度群の高価格群では選択オーバーロード現象が生起した．一方，低関心度群の低価格群では逆に選択のアンダーロード現象が認められた．

キーワード：選択のオーバーロード現象，価格帯，関心度

1. はじめに

現在，我々を取り巻く情報量は増加の一途をたどっている．同時に人々はいつも多くの情報の中から自身にとってより有利なものを選択しなければならない.もちろん商売の世界も同じである.一般的に，消費者の購買意思決定を満足させるためには，多様な商品やできるだけ多くの選択肢を消費者に提供することが有用であると考えられている．消費者の嗜好を合わせるために，多くの売り手は品揃えの豊富な店を作るのである．

しかし，近年の認知心理学の研究ではこれ迄の定説を覆す結果が発表された．Lyenger と Lepper [1]は「消費者にとって過剰な商品選択肢はかえって負担になり，購買意思決定には逆効果である．」という結論の論文を発表した[1]．この現象は現在「選択のオーバーロード現象」と呼ばれている．その後，選択のオーバーロード現象についてたくさんの研究がなされている．但し，選択のオーバーロード現象の生起については肯定派と否定派が存在している．

選択のオーバーロード現象の肯定派である Chernev, Bockenholt, & Goodman は，2015 年に選択のオーバーロード現象の生起に関与する因子についての論文を発表した[2]．Chenerv らは選択のオーバーロード現象の生起には複数の要因があり，それらが相互に影響している可能性を提唱した．彼はその要因を四つに分類した．それは主観的因子である「Preference uncertainty」(好き嫌いの不確実性)

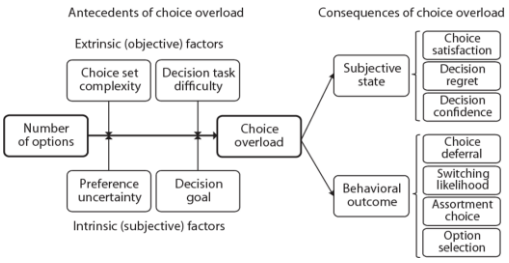


図 1 選択のオーバーロード現象の生起メカニズム
Chernev et al. (2015)[2]より引用

と「Decision goal」（意思決定の目標），そして客観的因子の「Choice set complexity」（選択肢の複雑性）と「Decision task difficulty」（決定の困難性）であった．

この四つの因子を変化させることによって，選択のオーバーロード現象が生起するか否かをコントロールすることができると述べた．

否定派では，選択オーバーロード現象の生起は偶然に生じたものである可能性や，先行研究から得た効果量がほぼゼロであるという結果により，選択のオーバーロード現象は存在することが証明できないとしている[3, 4]．

このように，選択のオーバーロード現象に関する論文はいくつか発表されているが，上述のように肯定派と否定派がおり，現在までも統一の見解は見られていない．肯定派の意見からも，選択のオーバーロード現象が喚起されるにはたくさんの要素が関与しているため，一定の結論付けをすることが難しいとしている．

その中で，有賀は認知負荷の変化が選択のオーバーロード現象を引き起こすか否かについて検討を行った[5]．認知負荷は，選択肢の呈示を同時に行うか（認知負荷低），あるいは逐次的に行うか（認知負荷高）によって操作された。

実験の結果，参加者にとって認知負荷が高い逐次呈示条件の場合においてのみ，選択のオーバーロード現象が生じることを示した．

さらに，熊谷らは Chernev ら[2]が提出した選択のオーバーロード現象に関与する四つの因子に基づいて，それぞれを想定した変数を用いて実験的に検討した[6]．商品に性別の嗜好性があるものを選択することで「好き嫌いの不確実性」を想定し，商品の購買意図という具体的な行動習指標に関する評価を示すことで「意思決定の目標」の相違を想定した．更に，類似性の高い商品を選択させることで，「選択肢の複雑性」と「決定の困難性」を想定し，商品選択に対する満足度及び後悔度といった主観的認知状態の評価を課した．これらの因子の相違が「選択のオーバーロード現象」の生起に関与する可能性について検討を行った．

商品選択の対象は汎用の食料品であるペットボトル飲料とした．嗜好に性差がない商品として日本緑茶，男性嗜好品として珈琲，女性嗜好品として紅茶を想定し，実験を行った．

実験の結果，関心度が低い群の方が少数選択群における後悔度がより低いという「選択のオーバーロード現象」と符合する結果が得られた．一方，関心度が高い群では多数選択群の満足度が高く，後悔度が低いという「選択のアンダーロード現象」も誘発された．つまり同じ商品に対しても関心の程度によって選択のオーバーロード現象の生起の度合いが異なることが証明された．

それ以外に，選択のオーバーロード現況に関する研究ではないが，O'Neill and Lambert （2001）[7]は，価格と消費者の感情的反応に関する研究をしている．スポーツシューズを対象として，基本 6 情動（喜び，悲しみ，怒り，驚き，恐怖，嫌悪）の内，喜びと驚きのみが価格の経験に有意に関与していることが分かった．すなわち，消費者の価格経験によって感情の影響があることが証明できた．

白井(2009)[8]の実験は，内的参照価格(消費者の記憶内にある参照価格)よりも高い価格ないし低い価格を提示されたときの認知的反応と感情的反応を測定し,それらの購買意図への影響過程を分析した．

感情の推測基準は Richins(1997)が示した方法を応用した[9]．購買に際し，多様な消費経験のある消費者が経験する 17 種類の感情から「価格」との関係性が強い 10 種類を選定し，研究に用いた．

研究の結果として，ネガティブな感情は高価格提示条件で，ポジティブな感情は低価格提示条件で強く喚起されるという結論が出た．更に価格の経験においては感情はそれほど強くは喚起されず，低価格提示条件よりは高価格提示条件で感情喚起が生じやすいことが示された．

2. 研究の目的

2.1. 熊谷ら行った実験の未検討課題

熊谷らの実験[6]により,選択対象への関心度の操作による選択のオーバーロード現象の生起についての存在証明がなされた．しかし，商品として珈琲また紅茶では有意な効果が認められたものの，日本緑茶では選択肢数，関心度及び満足後悔度とに有意な効果が認められなかった．男性の満足度と後悔度において選択のオーバーロード現象が見られた紅茶では，購買意図では少数選択肢のほうが高かった．一方で，女性で選択のオーバーロード現象が見られた珈琲では全体的に多数選択肢条件の購買意図が少数選択肢条件を上回る結果となった．しかし日本緑茶では有意な性差の主効果は認められず，他の主効果及び交互作用も有意でなかった[6]．また，彼らの実験で用いられた選択肢は比較的安価なペットボトル飲料であり，選択の失敗によるリスクが小さいものであった．また，参加者が全員大学生だったことから年齢の幅が狭く，年齢に関するデータの分析は行ってない．

2.2. 研究の目的

熊谷らの実験[6]は,性差や関心度を操作しない状態では主観的認知（満足度と後悔度）と選択肢数との交互作用は有意ではなかったことから，今回の実験では選択行為に対する後悔の感覚がより強くなる要因を追加したいと考えた.熊谷らの実験[6]において選択対象であったペットボトル飲料は商品としては低価格帯に属するため，もし商品の値段がもっと高い場合には消費者の選択意思決定はもっと慎重になることが予想される．従って，今回の実験では先行研究では未検討であった価格帯という新たな要素を導入して，選択のオーバーロード現象の生起について検討することにした．特に，熊谷らによって生起要因として特定された選択対象への関心度が，価格帯の操作とどのように関係するかについて検討を行った。

今回の研究では，一般飲食品を選択し，商品に対する好感度の評価から「好き嫌いの不確実性」を想定し，商品の選択行為に対する満足度・後悔度・購買意図の評価から「意思決定」との関係を推測した．「選択肢の複雑性」については商品の選択肢数と商品の品目で検討した．更に,価格帯という変数と「決定の困難性」の関係を推定することで，選択のオーバーロード現象の生起について検討した．

3. 研究方法

3.1. 要因計画

従来の先行研究で操作されてきた 2（商品の選択肢数：多数，少数）×2（参加者の主観的認知：満足，後悔）の混合計画に，熊谷ら[6]で検討された商品に対する関心度（高い，低い）を参加者間要因として加え，更に今回新たに参加者内要因として商品の価格帯（高価格，低価格）を独立変数として加えて，選択のオーバーロード現象との関係についての分析を行った．なお，商品の選択肢は参加者間で，参加者主観認知は参加者内要因であった．選択肢の多数少数に対して，参加者の満足度，後悔度の分析を行った

3.2. 参加者

北九州市の住民及び北九州市立大学大学院マネジメント研究科の学生が対象であった．参加者数は全体で 52 名（男性 29 名（平均年齢 33.2 歳），女性 23 名（平均年齢 28.3））（高価格条件 27 名(平均年齢 31.2),低価格条件 25 名(平均年齢 30.3))であった．

3.3. 材料

選択の対象商品は飲食物である寿司を選定した．その選定理由として,寿司は一般的な食料品であり，値段の差もあることが挙げられる．今回の実験では商品を複数個選択する必要があるが，寿司は一般的に一回の食事内で複数個を食べることが考えられる．本実験では北九州を中心に展開しており知名度の高

い寿司屋として「京寿司」のメニューを参考に，商品のを行った.更に価格帯の効果を強調するために，実際のメニューの中で 125 円の価格帯ないし 500 円の価格帯である寿司を，本実験では 100 円と 800 円にそれぞれ設定した．また，本来であれば呈示する商品はデフォルトバイアスを避けるために，売上げ上位の商品を選択肢から除外するべきである．しかし，今回は実験に用いる商品数が不足したために，売上の高い商品も加えた状態で行った．京寿司のメニューから各価格帯の寿司をそれぞれ 10 個ずつ抽出した．選択のオーバーロード現象を検定するために，選択肢の多数と少数の 2 パターンを設定した．本実験では多数（10 種類），少数（3 種類）とし，抽出した 10 種類の商品はアルファベットに A から J まで，3 種類は A から C まで標識した．アンケートの中で商品の配列については有賀[5]の方法に準じて 3 段構成で行い，10 種類の場合は上段に 4 つ，中段に 2 つ，下段に 4 つとした．3 種類の場合は上段に 1 つ，中段に 1 つ，下段に 1 つとした．商品の呈示時間についても有賀 [5]の方法に準じて，1 商品につき 3 秒とした.従って,10 種類の場合は 30 秒，3 種類の場合は 9 秒の呈示とした．それぞれ商品の組み合わせと呈示するパターンはカウンターバランスに配慮して 3 種類作成した.

3.4. 手続き

実験は 52 名の参加者を高価格と低価格の 2 グループに分けて，それぞれに対してアンケート調査を行った．参加者は同時に多数，少数のアンケートに解答してもらった．商品呈示及びアンケート調査はタブレットパソコン上に表示させ，一人一人筆者の目の前で調査を行った．その後に，選択した商品に対する認知度と満足度，後悔度をそれぞれ 6 段階での評定を求め，店舗内，店舗 近辺，それ以外の場所でのその商品の購買意図についても 6 段階（1:絶対に買わない～6:絶対に買う）で評定を求めた.

また，熊谷ら[6]の先行研究で測定された，それぞれ商品に対する関心度と好感度の程度についても参加者に評価して貰った.

4. 結果

商品の選択肢（多数，少数）と参加者主観認知（満足度，後悔度）との関係について，実験結果を図 6 に示す．選択のオーバーロード現象を検証するために，商品選択肢数と参加者の主観認知に今回新たに商品の値段（高価格，低価格）を要因に加えて分散分析を行った．図 6 には商品選択肢数，価格帯及び満足度と後悔度との平均評定値を示した．分散分析の結果，商品の値段の主効果（F（1，50）=7.76，MSe = 0.34，p =.008）と主観認知の主効果（F（1，50）=175.39，MSe = 3.03，p <.001）がそれぞれ有意であり,商品選択肢の主効果が有意傾向であった(F(1,50）=3.84，MSe = 0.34，p =.056）．しかし，3 次の交互作用は有意ではなかった（F(1,50)=0.29；MSe ＝0.72；p=.588）．

価格帯及び選択肢数の交互作用は有意ではなかったものの，単純主効果検定を行ったところ，少数選択群に対する価格帯の単純主効果 （F(1,50)=9.96，MSe=0.59， p=.002)と低価格帯に対する選択群の単純主効果(F(1,50)=5.986， MSe=0.34， p=.018)がそれぞれ有意であった

価格帯及び参加者主観認知の交互作用における単純主効果の結果，後悔度に対する価格帯の単純主効果が有意傾向であった(F(1,50)=3.06， MSe=1.93，p=.083).低価格群より高価格群の方が全体的に後悔度を上昇することを示した.

選択肢数及び参加者主観認知の交互作用における単純主効果の結果，選択肢数の満足度の単純主効果が有意であった（F(1， 100)=5.44， MSe=0.53， p ＝.022）．この結果は，選択肢数が上昇すると満足度も上がることを示した.

最後に 3 次の交互作用における単純・単純主効果の結果,価格帯に対する少数選択群の後悔度の単純・

単純主効果が有意傾向であった（$F(1, 200)=3.01$, $MSe=1.23$, $p=.084$）．それによって，選択肢数が少ない時，参加者が低価格より高価格の方がより後悔していることが示された．

また，選択肢数に対する低価格帯の満足度の単純・単純主効果が有意であった（$F(1, 100)=6.59$, $MSe=0.53$, $p=.012$）．この結果は，低価格の商品を選定する時，選択肢数が少ない方が多数選択群よりも満足度が下がったことを示した．

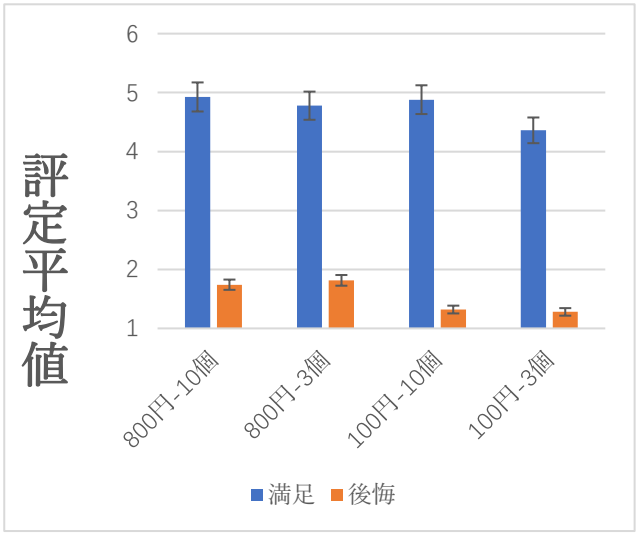


図 6 商品選択肢数の差異と参加者主観認知と価格帯との関係（エラーバーは 95%信頼区間）

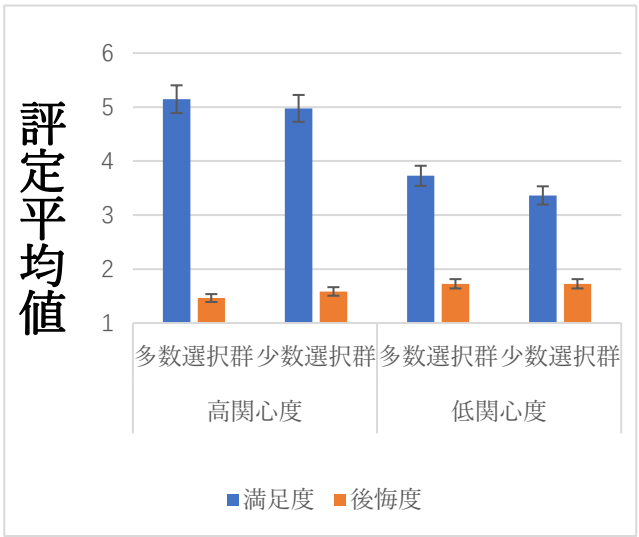


図 7 商品選択肢の差異と参加者主観認知と関心度との関係（エラーバーは 95%信頼区間）

次に，商品選択肢の差異と参加者主観認知と関心度と関係について，アンケートにおける関心度の評定は 6 段階であったことから，関心度を 3 以上に評定した参加者を高関心度群，3 未満のものを低関心度群として分類した（高関心度群 41 人，低関心度群 11 人）．

関心度の高低ごとの結果を，図 7 に示す．商品選択肢と参加者主観認知に，新たに関心度を独立変数（参加者間要因）に加えて分散分析を行ったところ，関心度と参加者主観認知の交互作用は有意であった（$F(1, 50)= 9.57$, $MSe=2.68$, $p=.003$）．この結果は，参加者の主観認知である満足度・後悔度と関心度との間に関係があることを意味する．

商品選択肢間と参加者主観認識に対する関心度及び価格帯の関係について，図 7 の商品選択肢と参加者主観認知，関心度に加えて，今回の実験の注目変数である「価格帯」を導入した．4 要因の分散分析はその分析および結果の解釈が非常に複雑である．そこで，今回の実験では高関心度群と低関心度群に分けて，それぞれの群に対して分散分析を行った．高関心度群の結果のグラフを図 8 に，低関心度群の結果を図 9 に示した．

高関心度群では，参加者主観認知の主効果が有意であった（$F(1, 39)= 182.39$, $MSe=0.18$, $p<.001$）．しかし，価格帯と商品選択肢，価格帯と参加者主観認知，3 次の交互作用はいずれも有意ではなかった（$Fs(1, 39)=0.10$, 0.06, 0.39；$MSes=0.75$, 2.78, 0.68；$ps=.752$, .801, .535）．

低関心度群では，参加者主観認知の主効果は有意であった（$F(1, 9)= 8.03$, $MSe=2.76$, $p=.020$）．また，3 次の交互作用が有意傾向を示した（$F(1, 9)= 4.01$, $MSe=0.74$, $p= .076$）．そこで，価格帯，商品選択肢及び参加者主観認知の交互作用における単純効果を検定したところ，満足度における価格帯と商品選択肢の単純交互作用が有意であった（$F(1, 9)= 6.76$, $MSe=0.57$, $p=.018$）．また，多数選択群における価格帯と参加者主観認知の単純交互作用は有

意傾向を示した（$F(1, 9)=3.38$, $MSe=1.70$, $p=.083$）．さらに単純・単純主効果検定を行ったところ，高価格帯の満足度における商品選択肢の単純．単純主効果は有意傾向を示した（$F(1, 9)=3.85$, $MSe=0.57$, $p=.066$）．この結果より，関心の低い商品の選択肢数が多い時には，商品価格が高いほうが低い場合よりも商品選択の満足度が下がることが示された．

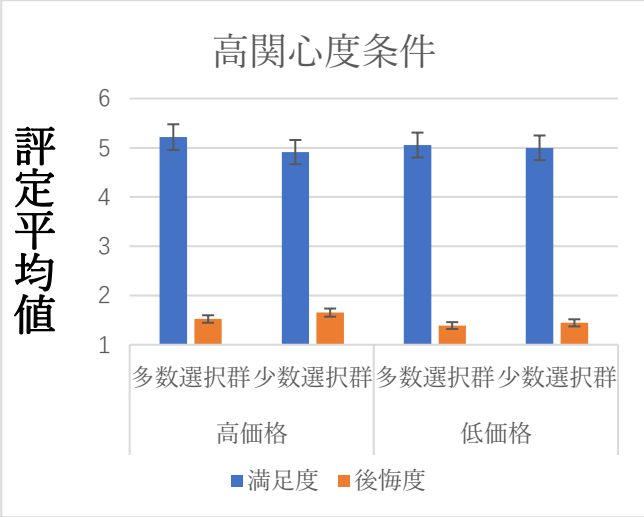


図 8 高関心度群の商品選択肢間と満足度・後悔度に対する価格帯の関係（エラーバーは 95%信頼区間）

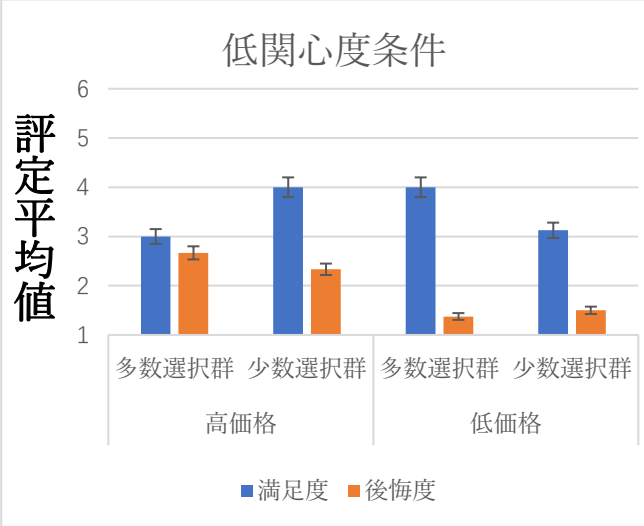


図 9 低関心度群の商品選択肢間と満足度・後悔度に対する価格の関係（エラーバーは 95%信頼区間）

そして参加者主観認知の単純・単純主効果は，高価格帯の少数選択肢で有意傾向を示した（$F(1, 9)=3.57$, $MSe=1.70$, $p=.075$）．つまり，関心度が低い商品が高価である場合，商品の選択肢数が少ないと参加者の満足度は後悔度を有意に上回ることを示す．多数選択肢群では有意な主観認知の効果は得られていないことから（$F(1, 9)=0.14$, $MSe=1.70$, $p=.710$），これらの結果によって，選択のオーバーロード現象が生起したことが言える．

一方で，低価格帯においては参加者主観認知の単純・単純主効果は多数選択肢条件で有意であり（$F(1, 9)=8.86$, $MSe=1.70$, $p=.008$），少数選択肢条件で有意傾向を示した（$F(1, 9)=3.40$, $MSe=1.70$, $p=.082$）．つまり，関心度が低い低価格の商品では，商品の満足度と後悔度の差は選択肢数が多いほうが少ないときより大きかった．これは，関心が低い商品の商品価格が低い場合には選択のオーバーロード現象の逆の結果，選択のアンダーロード現象が生起したことを意味している．

続いて，商品選択肢数間と参加者主観認識に対する性差の関係について選択肢数と参加者主観認識と性差の関係を分散分析した結果，参加者主観認知の主効果が有意であった（$F(1, 50)=0.39$, $MSe=3.16$, $p<.001$）．性別と商品選択肢数，参加者主観認知の 3 次の淡河作用は有意ではなかった（$F(1, 50)=0.221$；$MSe=0.75$；$p=.640$）．

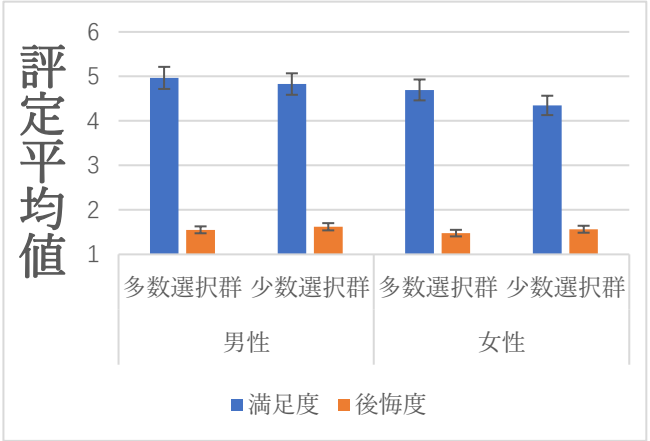


図 10 商品選択肢数間と参加者主観認知に対する性差の関係（エラーバーは 95%信頼区間）

商品選択肢間と参加者主観認知に対する性差及び価格帯の関係について図 10 の商品選択肢間と参加者主観認識に対する性差の結果を変数「価格帯」を導入した．男性群の結果のグラフを図 11 に，女性群の結果を図 12 に示した．

男性群の分散分析の結果，参加者主観認知の主効果が有意であった（$F(1, 27)=113.42$，$MSe=2.77$，$p<.001$）．しかし，価格帯と商品選択肢数，参加者主観認知の 3 次の交互作用は有意ではなかった（$F(1, 27)= 0.498$，$MSe=0.95$，$p=.486$）．

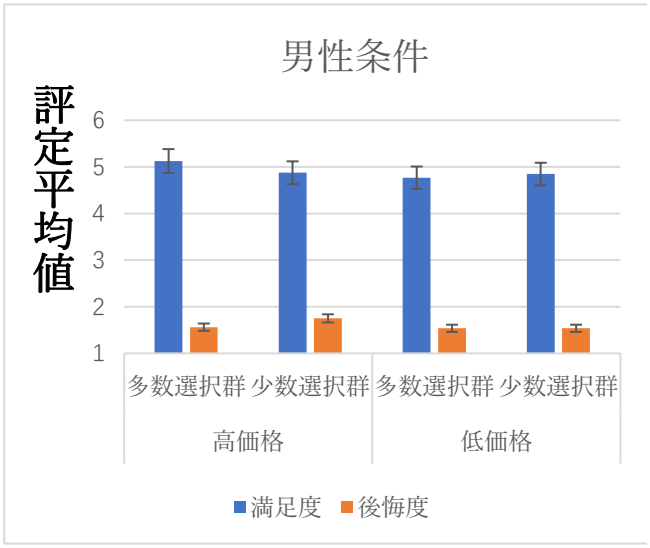


図 11 男性群の商品選択肢間と参加者主観認知に対する価格帯の関係（エラーバーは 95%信頼区間）

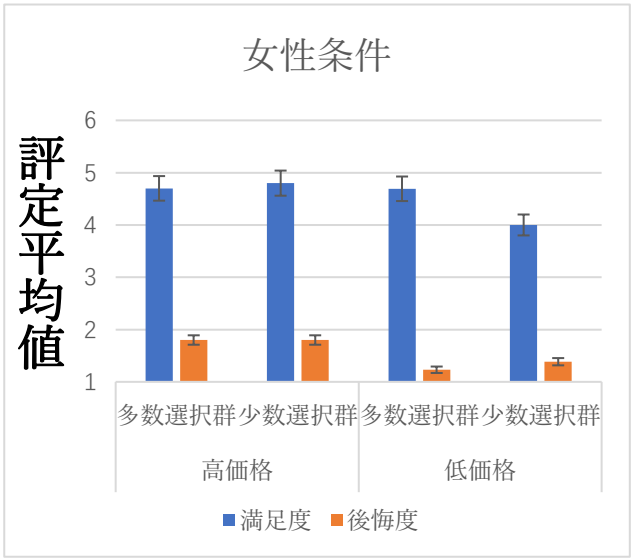


図 12 女性群の商品選択肢間と参加者主観認知に対する価格帯の関係（エラーバーは 95%信頼区間）

同様に，女性群の分散分析の結果においても，参加者主観認知の主効果が有意であった（$F(1, 21)= 51.0$，$MSe=3.97$，$p<.001$）．また，価格帯の主効果が有意傾向であった（$F(1, 21)= 3.08$，$MSe=1.47$，$p=.094$）．男性群の結果と同様に，3 次の交互作用は有意ではなかった（$F(1, 21)= 2.618$，$MSe=0.48$，$p=.121$）．

次に商品選択肢間と参加者主観認知に対する年齢層の関係について，本実験では 10 代から 60 代の参加者が参加した．そこで，年齢が 40～60 代であった参加者を中高年齢者群，30 代以下の参加者を低年齢者群と判断した．

図 13 は商品選択肢数，年齢及び満足度と後悔度との平均評定値である．分散分析の結果，参加者主観認知の主効果が有意であった（$F(1, 50)= 177.64$，$MSe=3.0$，$p<.001$）．しかし，年齢層と商品選択肢数，参加者主観認知の 3 次の交互作用は認めなかった（$F(1, 50)= 0.674$，$MSe=0.75$，$p=.416$）．年齢層と参加者主観認知の交互作用は有意傾向であった（$F(1, 50)= 3.156$，$MSe= 2.99$，$p=.082$）．年齢によって参加者主観認知である満足度と後悔度の評定に差が生じる傾向にあることを示すものである．

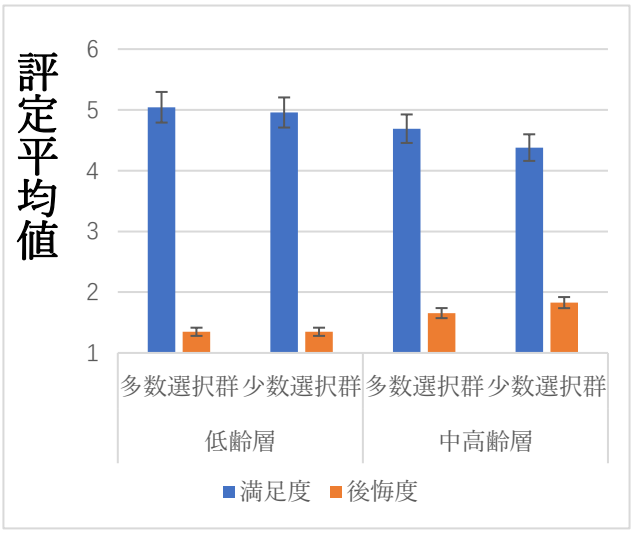


図 13 商品選択肢間と参加者主観認知に対する年齢層の関係（エラーバーは 95%信頼区間）

次に商品選択肢間と参加者主観認知に対する年齢層及び価格帯の関係について. 図 13 の商品選択肢間と参加者主観認識に対する年齢層の結果を変数「価格帯」を導入した. 低年齢層の結果を図 14 に, 中高年齢層の結を図 15 に示した. 低年齢層の分散分析の結果, 参加者主観認知の主効果が有意であった ($F(1, 21) = 124.5$, $MSe = 2.41$, $p < .001$). しかし, 価格帯と商品選択肢数, 参加者主観認知の 3 次の交互作用は有意ではなかった ($F(1, 21) = 2.92$, $MSe = 0.52$, $p = .102$). 価格帯と商品選択肢数との交互作用 ($F(1, 21) = 4.62$, $MSe = 0.33$, $p = .044$) における単純主効果を分析したところ, 少数選択群の価格帯の効果が有意であった ($F(1, 21) = 4.362$, $MSe = 0.50$, $p = .043$). つまり, 商品の選択肢数が少ない場合, 商品の満足度と後悔度は低価格群より高価格群のほうが両方大きかったことを示した.

中高年齢層の分散分析の結果, 参加者主観認知の主効果が有意であった ($F(1, 27) = 59.8$, $MSe = 3.69$, $p < .001$). しかし, 3 次の交互作用は有意でなかった ($F(1, 27) = 0.440$, $MSe = 0.84$, $p = .513$).

最後に, 商品選択肢間と価格帯に対する購買意図との関係について, 選択肢数の差異と購買意図と価格帯との関係を表すグラフを図 16 に示す. 全体的に少数選択群より多数選択群の方が購買意図は高いことと ($F(1, 50) = 9.69$, $MSe = 2.24$, $p = .003$), 選択順位が高いほど購買意図も高いこと ($F(3, 150) = 37.14$, $MSe = 0.28$, $p < .001$) を示したが, 有意な交互作用は得られなかった.

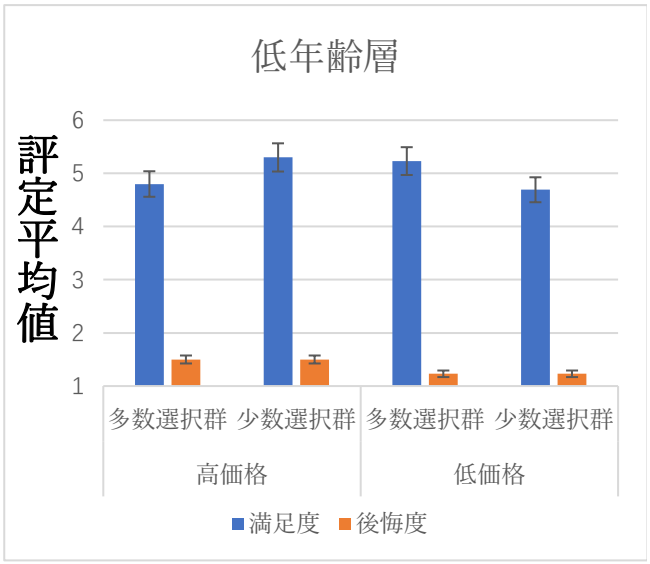


図 14 低年齢層の選択肢間と参加者主観認知に対する価格帯の関係（エラーバーは 95%信頼区間）

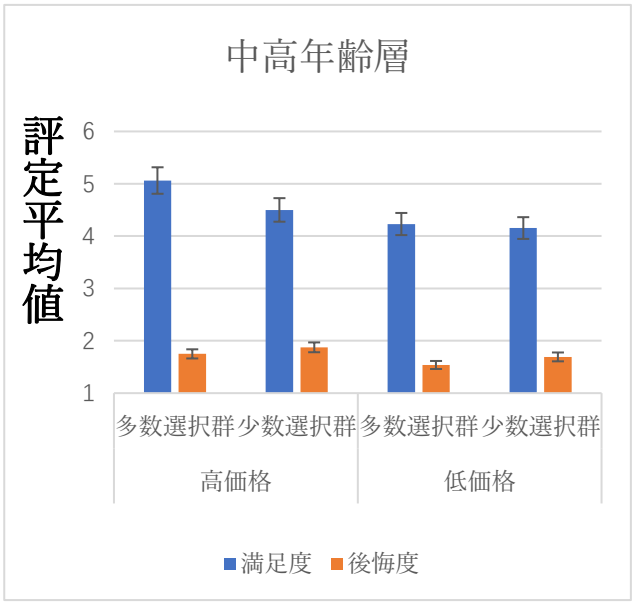


図 15 中高年齢層の選択肢間と参加者主観認知に対する価格帯の関係（エラーバーは 95%信頼区間）

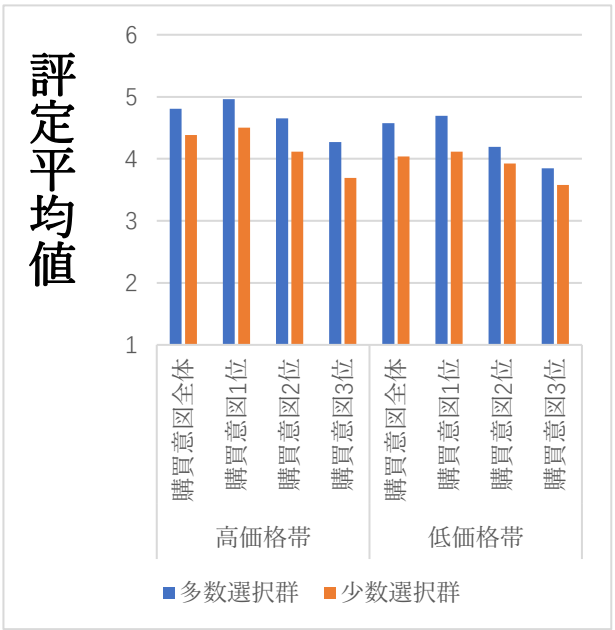


図 16 商品選択肢間と価格帯に対する購買意図との関係（エラーバーは 95%信頼区間）

5. 考察

今回の研究のでは，O'Neill and Lambert [7]や白井 [8]の先行研究で得られた知見に基づいて，選択のオーバーロード現象の生起要因の検討の中に価格帯という変数を新たに導入し，実験を行った．結果として，低関心度群において，高額商品に対する選択のオーバーロード現象の生起が確認された．

得られたデータ全体で見たときには，商品選択肢数及び参加者主観認知の交互作用の結果より，低価格商品の場合，多数選択群で満足度が上がるないし少数選択群で満足度が下がるという結果を示し，少数選択肢数の群の場合，高価格群で後悔度が上がるないし低価格群で後悔度が下がることを示した．また,熊谷らの実験[6]で検討されていた性差や関心度,さらに年齢層などの変数を導入して，これらの要素が選択のオーバーロード現象にどのように関与するのかについて探究した．その結果として，関心度，性差，年齢層と参加者主観認識に関して商品の多数少数間での有意効果は認めなかった．

しかし今回の実験で特筆すべきこととして，関心度と価格帯との関係性についての結果が挙げられる．参加者を選択肢である寿司への関心度の高低に分割して分析を行ったところ，高関心度の条件では選択のオーバーロード現象は再現することができなかったものの，低関心度の群では高価格において，選択のオーバーロード現象を生起することが確認された．つまり，満足度は多数選択群より少数選択群の方が増加し，少数選択群では満足度と後悔度の差が多数間より大きく有意傾向を示した．一方，同じ低関心度であっても，低価格の場合には多数選択群の満足度と後悔度の差がより大きく，選択のアンダーロード現象が生起する結果となった．

人は生活する上ではいつも数々の選択行為を行っている[10]．商品の購入もその一つである．その場合，基本的なセオリーは店舗が豊富な品揃えで顧客を迎え，その中から商品を選択することが顧客満足に繋がるとされている．しかし，Lyenger ら[1]は豊富な選択肢はかえって消費者の負担になり，購買意欲を抑える場合があることを示唆した．この現象は「選択のオーバーロード現象」と呼ばれ，認知心理学や社会心理学を中心に数多くの研究者から注目されてきた．しかし，その後に研究者達が Lyenger らの実験を基づいた追試研究を数多く行ってきたが，そのほとんどで効果を追認することが出来なかった．そのため，Lyenger らの提唱に対して，異を唱えるものも複数出た [3]．Scheibehenne ら[3]はレビュー論文の中で，メタアナライシスにおける効果量がほぼゼロであることから，選択のオーバーロード現象の存在には疑問が残るとしている．更に，選択のオーバーロード現象は単に Type1 エラーの可能性もあることを示している[11]．それでは本当に選択オーバーロード現象が存在しないのだろうか．

今回の研究では価格帯という要因を導入した．価格帯を操作することにより，選択の成功によって得られる便益や選択の失敗によって生じるリスクは大きく変動することが考えられる．それにより，高価格帯に設定した商品を選択対象とした場合に選択のオーバーロード現象はより容易に生起する可能性があると考えた．そこで,Lyenger らのジャム実験[1],Chernev らの提案した因子の分類[2]，白井の価格と感情的反応の実験[8]及び熊谷らの実験[6]の選択対象への関心度を操作した研究結果及び未検討課題から，本研究の計画を立ち上がった．参加者を寿司への関心度の高低で分割したところ，低関心度群において高額商品に対する選択のオーバーロード現象の生起が確認された．よって，熊谷ら[6]の先行研究結果を追試することに成功したと言えるだろう．商品への関心度が低いと当該商品に関する知識量も少なくなり，選択のオーバーロード現象の生起に関与する 4 つの因子の中でも「選択肢の複雑性」及び「決定の困難性」が増すことに起因すると考える．さらに高価格帯の場合には，選択の失敗によるリスクも低価格と比較して大きいと言える．

参考文献

[1] Lyenger S, Lepper MR (2000) ”When choice is demotivating :Can one desire too much of a good thing?” Journal of Personality and Social Psychology,Vol.79,pp.995-1006.

[2] Chernev A, Bockenholt Ulf, Goodman J(2015) ”Choice overload: A conceptual review and meta-analysis”, Journal of Consumer Psychology 25,333-358.

[3] Scheibehenne Benjamin, Rainer Greifeneder, Peter M.Todd (2010)“Can There Ever Be Too Many Options? A MetaAnalytic Review of Choice Overload”, Journal of Consumer Research,37 (3),409-25.

[4] Chernev A, Böckenholt, U., & Goodman, J. (2010) “Commentary on Scheibehenne, Greifeneder, and Todd: Choice overload: Is there anything to it?”, Journal of Comsumer Research, 37, 426-428.

[5] 有賀敦紀, (2017)“選択オーバーロード現象の再現性”, 日本心理学会第 15 回大会, pp.04－04.

[6] 熊谷 洋, 森本泰宏, 顧 是凡, 松田 憲, 有賀敦紀 (2019) “商品選択のオーバーロード現象に関与する因子に関 する実験的研究”,日本認知科学会第 36 回大会, P2-48.

[7] Regina M. O'Neill and David R. Lambert (2001) “The Emotional Side of Price”, Psychology & Marketing, 18 (3), 217-237

[8] 白井美由里 (2009).“価格に対する消費者の認知的および感情的反応の分析”, 横浜経営研究, 第 30 巻, 第 1 号

[9] Richins, M.L. (1997) ”Measuring Emotions in the Consumption Experience”, Journal of Consumer Research, 24 (September), 127-146.

[10] Lyenger S. (2014) “選択の科学”,文藝春秋出版

[11] Marczyk, J. (2016) “Is choice overload a real thing?: The first word on research is often not the same as the last”, Psychology Today (https://www.psychologytoday.com/us/blog/pop-psych/201602/is-choice-overload-real-thing) (最終アクセス日：2020.01.28)

同時演奏を基調とする三味線の稽古場面のマルチモーダル分析 —「演奏すること」を教授する対面・同期形式での指導—

Multimodal Analysis of the Instructions through Simultaneous Imitation in *Shamisen* Lesson: The Face-to-face Instructions for 'Playing'

名塩　征史
Seiji Nashio

広島大学
Hiroshima University
s740@hiroshima-u.ac.jp

概要

本研究では, 師匠と習い手が向かい合い, 互いの演奏が観察可能な状況で同時演奏を基調に進められる三味線の稽古を観察し，師匠によるマルチモーダルな指導に焦点を当てた分析を行った. その結果, 師匠は自分の演奏から手が離せない状況の中で，指遣いの特徴や定型的な旋律を参照しつつ端的な発話で指示を出し，頭部と視線の動きも活用しながら習い手の演奏を巧みに指導していることがわかった. また，こうした対面・同期形式で行う稽古の意義についても再考した.

キーワード : マルチモーダル分析, 三味線, 対面・同期形式での指導, 同時演奏（simultaneous imitation）

1.　はじめに

近年，楽器演奏の教授場面に注目する研究が増えつつあり，そこでは環境的／状況的資源を認知的参照枠として利用した多様な言語的／非言語的行為によって演奏技術の指導-学習プロセスが組織化される様子が記述されている[1][2][3]．本研究は，こうした潮流を踏まえ，１対１の対面式で行われる三味線の稽古場面で師匠が習い手に対して発信するマルチモーダルな指導行為について分析・考察するものである.

当該の稽古場面において師匠は，同時演奏によって常に自己の演奏を習い手に見せ続け，それをもって習い手の学びをリードしなければならない．こうした状況の中で，師匠はどのように習い手の演奏を評価・修正し，演奏の上達に必要なプロセスを適宜組み込んだ稽古の組織化を達成しているのか．この点について，本稿では実際の長唄三味線の稽古を収録した動画データの観察・分析をもとに，その一端を明らかにする．その上で，同時演奏を基調とする特殊な稽古形式の有用性について考察し，対面・同期形式で行われる稽古の意義を再考する．またこれに関連し，昨今盛んに進められている教育活動のオンライン化の流れに適応した三味線の伝承と普及の可能性についても一考を加え，私見を述べる.

2.　長唄三味線について

2.1　長唄と三味線

三味線音楽は発生系統から多くの種目に分けられるが, 最も上位の分類として「語りもの（浄瑠璃に由来）」と「歌いもの（歌舞伎や地歌に由来）」に分けられる．長唄三味線は「歌いもの」の一種で，歌舞伎，能，狂言などに合わせる音楽から発生した長唄の伴奏として演奏されるものである. 長唄三味線に限らず, 三味線音楽は基本的に歌声と三味線のヘテロフォニー（同時的変奏）音楽であるとされる[4]．三味線が奏でるメロディーは必ずしも唄のメロディーと一致している必要はないが, 互いに引き立て合うようなバランスのもとで「不即不離（つかずはなれず）」の状態で演奏される[4]．長唄三味線の場合，小編一曲の構成は唄の詞章によって規定され，いわゆる「起承転結」のような，いくつかの小段に分けられる．さらに各小段は長唄に特有の常套的旋律型や，他の種目から借用された旋律型などの組み合わせ（「手」または「節」）によって構成される[4]．したがって，長唄に属する三味線の演奏パターンはある程度限定されることになり, 稽古の際にはそれが「教えやすさ」や「覚えやすさ」につながるものと考えられる.

2.2　楽譜

他の邦楽器と同様に，従来は口頭でのみ伝承されてきた三味線音楽は，19 世紀後半に盛んに西洋音楽が摂取される動きに合わせて楽譜化が進められた[4]．左手指で押さえる三味線の棹の「勘所（かんどころ）」をドレミファソラシに置き換えることを基本に，西洋音楽に倣って五線譜に採譜するやり方や，ドレミ…を 1 から 7 の数字に置き換え各勘所に割り当てるやり方など

が記譜法の主流である．本稿が参照する楽譜は，大正に入ってから初世住吉小十郎によって編集された五線譜応用数字譜で，一の糸（一番下の糸）の開放音（糸を押さえずに弾く音）を「シ」=「7」に固定した長唄譜である[4]．勘所を示す数字は，漢字仮名交じりで記された長唄の詞章とともに縦書きで記されており，さらに撥の使い方やテンポの変化など演奏に関する注釈と口三味線がカタカナで記されている（図1）．

図1：長唄「末廣がり」一部抜粋[5]

2.3 口三味線

口三味線とは，「三味線の旋律に擬声音を当てはめて唱える方法」[4]であり，流派によって若干の違いはあるものの，およそ表1のような体系をもつ．なお，音の出し方には，右手に持った撥を上から振り下ろすようにして糸を弾くだけでなく，撥を下から上にすくい上げて糸を弾く「スクイ」や，左手指で棹に張られた糸を弾く「ハジキ」といった方法がある．

表1のような対応関係に通じていれば，自前の三味線が用意できなかったり，演奏できる環境が整わなかったりする場合でも，口三味線を覚えることでその曲の独習がある程度可能になる．また稽古中の指導においても口三味線は多様に用いられ，本研究で分析の対象となった稽古場面の中でも師匠によってその有用性がたびたび語られている．

表1: 口三味線の表記一例

	開放弦 弾ク［スクウ・ハジク］	勘所を押さえる 弾ク［スクウ・ハジク］
一の糸	トン［ロン］	ツン［ルン］
二の糸	テン［レン］	ツン［ルン］
三の糸	テン［レン］	チン［リン］
一と二の重音	ジャン	ジャン
二と三の重音	シャン	チャン

2.4 稽古

稽古とは，「訓練を重ねることによって，さまざまな規格を身につける」ことである[4]．田中ほか（2009）によると，この規格を身につける過程は，1)「構え」などの肉体で構成する規格を身につけること，2) 師匠の芸をそっくり真似できる能力を身につけることの二段階に分けられ，特に 2)の段階では，師匠からの教えを聞くだけではわからなかったことに，師匠を観察することで気づき，それを自分に応用するという主体的な学びが重要であるとされる[4]．こうした気づきを基点とした学びが「芸を盗む」ということなのである[4]．

三味線において最も身につけるのが難しいとされる規格が「指遣い（運指法）」，つまり，三味線の棹の勘所を左手指で押さえる動きである．一つ一つの音を出すのは簡単でも，実際に演奏する際には，それらの音を巧みにつなぐことが求められ，一つの音を出した後に，次の音を押さえるまでの指の軌跡を考えなければならない[4]．先述の通り，種目ごとに常套的とされる旋律型があり，それに伴い指遣いのバリエーションにも限りはあるが，それでも曲調に合わせて滑らかに音をつなぐには，一定の知識と技術が要求される．また，従来は「盗む」ことによって伝えられてきた指遣いは，流派，もしくは師事する師匠の個性によって微妙に変更を加えられているものと考えられる．田中ほか（2009）によれば，指遣いには暗記で芸を習得してきた師匠しか持っていない「物語」があり，それこそが伝えられるものの本質であるが，それは習い手が自分で師匠との違いを探し出す観察眼を持っていないと理解できないとされる[4]．この点を踏まえ，本稿では稽古を師匠と習い手が直接対面しつつ互いの身体が観察可能な形で行われるものと規定し，習い手が楽譜等を頼りに行う独習と区別して議論を進める．

3. 分析

3.1 データの概要

分析対象となった三味線の稽古は，師匠（M）と習い手（L）（いずれも成人女性）が小さなテーブルを間に向かい合って正座し，互いの演奏が観察可能な状況で行われている（図 2）．L は稽古を始めて 10 ヶ月未満の初心者で，一回の稽古時間は 30 分程度である．本研究では 2018 年４月までに収録された６回分（約３時間）のデータを観察・分析の対象とした．

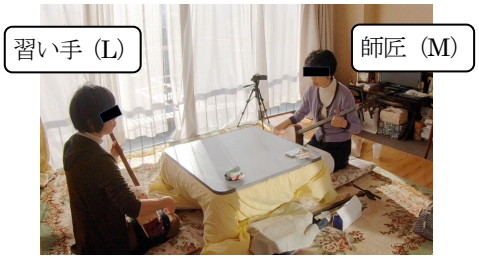


図 2: 稽古の様子

稽古中，L は譜面を見ず，見聞きできる M の演奏と指導だけを頼りに課題曲を弾くことが求められており，M もまた，L の奏でる音，演奏する手指の動きを資源に指導を行っている．これは三味線音楽に楽譜が存在しなかった頃から続く長唄三味線の伝統的な稽古形式であり，2.4 で述べた稽古のねらいにも関連し，精緻な楽譜が容易に手に入るようになった現在でもなお盛んに採用されている．さらに L は，M の模範演奏なしに単独で演奏することがなく，L に対する M からの評価や指導も演奏と並行して継時的・場当たり的に行われる．つまり，ピアノレッスンなどではケース・バイ・ケースで挿入される同時演奏[6]が終始継続するような様相となり，互いに奏でる旋律の一致／不一致を逐一評価／修正しながら，不格好でも演奏を継続することに志向して稽古が進められる[7]．M による指導行為は，実際に奏でる弦音に，多種多様な発話と，手元の三味線を参照とするジェスチャーを組み合わせた複雑な様相となっている．M の発話だけを見ても，1)曲に合わせて歌う長唄，2)L に向けた指導と激励，3)口三味線といった３種の言語情報が複雑に混ざり合っている[7]．

本稿では，稽古中の M による指導行為に焦点を当てて分析を進める．特に注目すべき点は，同時演奏によって自分の演奏を見せることが重視される中で，M は三味線を弾く手を不用意に止めることができないということである．したがって，M は稽古中に L の左手指の位置を指示したり誘導したりすることを，さらには L の演奏を評価し必要に応じて弾き直しを促すことを，演奏と並行して継時的・場当たり的に行わなければならない．ここではそうした特殊な状況下における指導行為の特徴について，いくつかの事例分析を通して記述する．L は稽古中に発言することが滅多にないため，以降に示す断片(1)-(3)では，いずれも M の発話・演奏・身体動作のみを転記した[1]．

なお，本稿で取り上げる断片中で演奏されている課題曲は，「末廣がり」と呼ばれる同名の狂言に基づく長唄である．比較的難易度の低い曲として初心者向けに提示されることが多く，舞踊と共に演奏される曲としてもよく知られている（詞章については本稿末の付録を参照）．

3.2 「指遣い」の指導

先述の通り，長唄三味線の稽古では，専ら指遣いが指導の対象となる．まずはその指遣いの指導がどのように行われているのかを具体的な事例の中で見ていく．

断片(1)は，課題曲「末廣がり」の踊り地の一部分を演奏している場面である．

断片(1)：「末廣がり」の踊り地より①

01 リン　リン
02 **動か：ないで中指**
03 チン
04 ♪こ：：れ：：も：：♪
05 ♪は：：な：：の：：♪
06 え，テンツンテン
07 テ：ン
08 ツ：ン
09 テン
10 ♪ら：：あ♪
11 **一番上**
12 チン
13 ♪ひ：：と：：が：：♪
14 ♪の：：み：：て：：♪
15 **三本**
16 ‹·7 ·7›
17 ♪さ：：♪　sテン
18 チン
19 ‹33·›
20 ♪ら：：あ♪
21 **上がって：薬指**
22 **我も呑みて**
23 ♪我も：：呑み(♪)
24 **トテテレ**
25 トテテレ　ツン
26 **よ：：　弾んで**
27 ツン　ツーン　ツツン
28 テツツン

[1] 本稿における断片内の表記について，太字は演奏を伴わない発話，カタカナ表記は口三味線，‘：’は音の伸ばし，‘♪’に挟まれた部分は長唄の歌唱，‹ ›内は発話を伴わずに演奏された旋律の数字譜を表す．

29 **よ：：　おんなじこと**
30 ♪は：：な：：の：：♪
31 ♪さか：：づ♪
32 テレンツテン
33 テレンツテン
34 いや
35 テレンツテン
36 いや
37 テレンツ　テレンツ
38 テン
39 ツロツンテン
40 トントン
41 ♪は：：ん♪
42 ♪ん：：ん♪
43 **テンシチリン**
44 テン　チン　チン　リン
45 リン　リ：：ン
46 リン　(α)
47 **三度目のシャンシャシャン**
48 シャ：：ン
49 シャシャン　シャン
50 シャ：：ン
51 シャシャン　シャン
52 いや
53 チリリン　チリリン　チリリン
54 **また同じ：**
55 トツツルツツテチ　チン
56 リンリン
57 **今度動いて**
58 チン
59 ♪げ：：に：：も：：♪
60 ♪そ：：よ：：の♪
61 （図5）
62 トチチ
63 トチ
64 **人差し指**
65 トチチリ　チン
66 **下がるの**　（図6）
67 〈3 3· 3· 3·〉 チン　(β)
68 **よ：：い**

断片(1)内の各所に見られる「上がる／下がる／動く」といった上下への移動を指示する発話と「人差し指／中指／薬指」に言及する発話に注目してみよう（02, 11, 57, 64, 66 行目）．これらはどれも指遣いの指導に直接寄与する発話である．そもそも指遣いとは，次の２つの動きが連動している．一つは棹に張られた糸を押さえる左手を棹に沿って上下に動かし，適切な位置で固定すること，もう一つは固定された左手の位置から各指に指定された勘所を押さえることである[8]．つまり，ある勘所を押さえる際の左手の位置と指は予め決められているということになる．したがって，M の発話のうち，上下への移動を指示する発話は，原則として左手の移動に関する指導であり，指を指定する発話は押さえる勘所を指示／修正する指導ということになる．指遣いは，一つ一つの音や旋律を奏でるために欠かせない技術であるが，実際の指導は「その音ではない」とか「この音を出しなさい」とか「もっと高い／低い音」といった「音」に直接言及する発話ではなく，あくまで「左手をどちらへ（どこまで）動かすか」や「どの指で押さえるか」といった左手指の動きに言及する発話である．もちろん，望ましい音や旋律が実現しているかどうかは聴覚によっても確認／評価しているだろうが，その聴覚的な情報は逐一視覚的／身体的な情報に置き換えられ指導に生かされているということになる．

この指導の基盤に M と L が互いの演奏を観察できる状況があることは言うまでもない．M は時折頭部を多様に動かすジェスチャーを見せるが，視線だけは常に演奏する習い手に宛てられている．稀に視線を自分の三味線各部に向けることもあるが，その目的は，例えば断片(2)のように，あくまで L に自分の演奏を見せるためである．断片(2)の 02 行目「チン」にあたる勘所を押さえるためには，左手を下げなければならないが，ここで L は誤って左手を上に動かしてしまう（図 3）．このような左手で勘所を迷いながら探る仕草が初心者には頻繁に見られ，L も当該稽古中に M からたびたび指摘を受けている．そこで M は，03 行目で，いったん棹から左手を離して人差し指と親指で棹のある範囲を示し，その部分に視線を落として「ここしか使いませんよ」と発話した（図 4）．そして，その後すぐさま視線の宛先を S の左手に戻し，02 行目と同じ部分を弾き直した（04 行目）．このように，通常は S に向けられている M の視線が M 自身の演奏に向けられることは，自ずと際立つ振る舞いとなり，M の注視する宛先に S の注意を引き付ける役割を果たしている．

断片(2)：「末廣がり」の出端より

01 よ：：い
02 チン　ツン　（図3）
03 **こっから，ここしか使いませんよ**　（図4）
04 チン　ツン

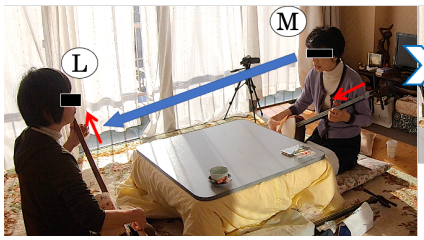


図 3：(2) 02

図 4：(2) 03

3.3 稽古の進行：評価と反復

同時演奏による指導において，習い手に対する即時的な評価は概ね次のような進行に自ずと反映される．ある音／旋律を奏でる習い手の演奏が望ましいものであれば，師匠は止まることなく演奏を続ける．一方，習い手の演奏が望ましいものでなければ，師匠は何らかの形で演奏を中断し，必要に応じて指導を与え，問題の箇所に戻って弾き直すことになる．つまり，習い手の演奏に問題がなければ，同時演奏は円滑に先へと進んでいくが，習い手の演奏に指導が必要となった場合には，それ相応の手間をかけることになる．ただしその手間は，すぐに演奏が再開できるように，三味線から手を離さずにできる簡潔なものでなければならない．

断片(1)の 44-45 行目（α），60-67 行目（β）では，L の演奏に指導を与えるために，M が同じ音／旋律（下線部）を繰り返している．以下，60-67 行目（β）の手続きを詳しく見ていく．60 行目「♪そ：：よ：：の♪」に伴う旋律（トチチリ チン／譜面 1 ※2）の演奏に違和感を覚えた M は，視線を L の左手部分に固定しつつ，唇を窄めてわずかに頭を左に捻り（図 5），同旋律の出だし（トチチ）を二度弾き直した（61-63 行目）．

譜面 1：「實にもさうよの」の旋律（抜粋）

實	に	も	さう	よ	の ※	
5• —		♯4• —	3	3• 3• 3•		♯4• —
チン —		チン —	ト	チ チ リ		チン —

図 5：(1) 62

図 6：(1) 66

ここで M は同旋律の「チチリ」部分の勘所を押さえる L の指が間違っていることに気づき，64 行目で小刻みに首を左右に振りながら「人差し指」と使うべき指を指示した．その後，指摘した指の動きを確認しつつ再度「トチチリ」を弾き直し，続く「チン」を弾いた（65 行目）．しかし，今度は L の左手が正しい位置よりも上にあることに気づいた M は，今までよりも大きく首を左右に振り（図 6），「下がるの」と発話した（66 行目）．最後に 67 行目で同旋律をもう一度出だしから弾き直し，最後の音まで確認したところで，次の小節へ移っている（68 行目）．

以上の〔演奏 → 評価 (–) → 弾き直し → 再評価〕という過程にある〔(再) 評価〕では，首を左右に捻る／振る動きで否定的評価が，特別なジェスチャーを伴わずに演奏を続けることで肯定的評価が示されている．同時演奏中に「いい／だめ」「そう／そうじゃない」などの明確な言葉で評価がなされることは稀である．同時演奏中の M の頭部は，正面を L に向けたまま動かさず，演奏の節目や要所でたびたび上下に動くのが通常であるため，M が頭部を左右に捻る／振る動きは，3.2 で述べた視線の切り替えに似た際立ちをもって，L に弾き直しを予期させているように見える．

断片(3)：「末廣がり」の踊り地より②

01 **上がって**
02 〈5〉
03 ♪我も：：♪
04 〈♯4〉
05 ツン
06 **もうちょっと上** （図7）
07 ツン
08 ♪我も：：♪
09 〈♯4〉
10 〈5〉
11 ♪我も：：♪
12 〈♯4〉
13 ♪呑みて♪

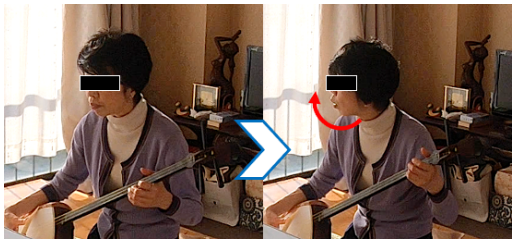


図 7：(3) 06

2 『長唄新稽古本』より該当部分の詞章，口三味線，数字譜のみを転記し，その他の記号は省略した[5]．

同様の事例として断片(3)も見てみよう．断片(3)では，「♪我も：：♪」の直後にくる音<#4>について指導するために，同じ部分を繰り返し弾き直しているのがわかる．上述の事例と同様に，弾き直しに先立って行われる否定的評価は，左右に頭部を捻る／振るMの仕草によって示されるが，06行目の「もうちょっと上」に伴う首の捻りは指遣いへの志向も反映した動きであると言える．04行目でSが押さえた勘所は，正しい位置よりも下（より胴に近い位置）だったため，Mはその位置を上（Sの左側／窓側）に移動するように指示する必要があった．そこでMは06行目で「もうちょっと上」と言いながら，顔の正面が窓に向くほど大きく頭部を右側（窓側）に振り，自らの仕草を否定的評価を表す動きに帰属させつつ，Lが左手を動かすべき方向を強調している（図7）．三味線が横倒しに用いられる状況において，三味線自体に備わる本来的な上下[1]への移動が実空間では水平方向の動きとなるため，Lが頭部を左右に捻る／振る動きは，否定的評価としてだけでなく，時には左手の動きを指示するものともなり得る．これに由来した混乱もたびたび観察されるが，いずれにしても，この頭部の左右への捻り／振りが当該の稽古場面において重要な役割を果たしていることは否めない．

3.4 構成・旋律型に基づく指導

ここでの課題曲「末廣がり」のように舞踊と共に演奏される長唄は，舞踊の構造を反映し，「置キ」「出端」「クドキ」「踊り地」「チラシ」といったパートで構成されていることが多い（付録）．たとえば「踊り地」は躍動的，「チラシ」はテンポが速いなど，各パートには特徴があり[4]，それは演奏にも反映される．したがって，三味線の指導においては，演奏中のパートが曲全体のどの部分に当たるのかを示すことも，習い手の演奏に変化をもたらす手段の一つとして用いられる．また，「語りもの」に比べて曲の構造に関わる類型的な旋律型は少ないが，長唄三味線にも「オトシ」や「段切り」と呼ばれる常套的な旋律型[4][9]や，特に呼称はないが長唄の旋律に類似性をもたせる「ゆるやかな旋律型」[8]などがあり，一曲をいくつかの有意な音のかたまりに分ける節目が存在している．

断片(1)にも，こうした音のかたまりに言及する発話がある（24, 29, 43, 47, 54行目）．たとえば，47行目で「三度目のシャンシャシャン」と呼ばれている旋律は，文字通り，まったく同じ重音の組み合わせがこれよりも前の２カ所で使用されている．しかし，この旋律には一般的な呼称がないので，当該の稽古場面においては「〇度目のシャンシャシャン」と呼ばれている．続いて54行目には「また同じ：」と先行する旋律を引き合いに出す発話があるが，これは「二度目のシャンシャシャン」と「三度目のシャンシャシャン」に共通して後続する旋律（55-56 行目／トツツルツツテチ チン リンリン）を指している．これは，最初の「シャンシャシャン」には見られない特徴で，この旋律が後続するかどうかによって，最初と二・三度目が区別される．さらに，57行目には「今度は動いて：」と先行する「前回」の指遣いを引き合いに出すような発話がある．これは直後の58行目で出す「チン」の勘所を押さえるために，直前の弾き終わりの位置から左手を動かすことを意味しているが，「前回」にあたる「二度目のシャンシャシャン」の際には，同じ位置にある音（口三味線では同じく「チン」）を直前の弾き終わりから左手を動かさずに弾いている．つまり，この「トツツルツツテチ チン リンリン」の直後に来る「チン」を弾く際に左手を動かすかどうかが，二度目と三度目を区別するポイントということになる．55-56行目の旋律が，当該の課題曲において最も難易度の高い旋律の一つであり，そこを意識するあまり，この58行目の一音を不用意に弾いてしまうことがある．47行目「三度目のシャンシャシャン」はこうしたいくつかのポイントを含む旋律へ臨む起点部分で，Lに注意を促す役割を果たすと言えるだろう．

同様に24, 29, 43行目も旋律と旋律の間にあるわずかな隙間にやや早口で発せられ，直後に奏でる旋律を喚起する発話となっている．2.4で述べた通り，音を巧みにつなぐ指遣いを実践するためには，一つの音から次の音を押さえるまでの指の軌跡を考えなければならない．それには，そこから二，三小節先までの音の並び（旋律）が予見できたほうが望ましい．長唄一般に共通する呼称はなくても，演奏の鍵となるいくつかの旋律がその場に特化した呼称で共有されていれば，その呼称が要所で発話されたとき，その直後に続く音の並び（指遣い）をある程度まで予見できる．こうした発話を多用することも，同時演奏で込み入った稽古の中でMが要領よくLをリードするためには有効な手段であると考えられる．

4. 考察

4.1 同時演奏による指導

「習うより慣れろ」や「道具を自分の身体の一部のよ

うに」といった表現は，身体技術や道具の扱いに習熟するための心構えに関連し，一般にもよく耳にするものである．慣れることで，考えなくても勝手に身体が動くような，または身体で考えるかのような状態に達することが期待される．それは，実践の繰り返しによって習得，蓄積，更新され，また新たな実践の際には意識に上ることなく身体の調整に利用される知性，すなわち「身体知／実践知」[10][11]にも関連すると思われる．長唄三味線の同時演奏による指導は，こうした実践の繰り返しによって，認知的思考や理解を介さずに「動いて考える身体」を直接訓練し，無意識の力を養う指導法であるように見受けられる．

指遣いに言及する師匠の発話が適切に機能するためには，三味線を演奏する者として望ましい「構え」が習い手の身体に備わっている必要がある．三味線と身体が常に同じ配置にあり，右手の撥が常に同じ加減で同じ位置を弾き，各勘所を押さえる左手指が，常に同じ位置に定まるように三味線が身体に接続されることが習い手に（無論，師匠にも）求められる．師匠が目測で習い手の左手の位置を決め，指を指定するだけで必要な音を引き出すことができるのは，習い手の身体が，師匠自身と同じように三味線に接続されていると知っているからである．そのため，稽古の序盤では「構え」に関する詳細な指導が与えられることも少なくない．それは，三味線を支える大腿部と胴との接点や上体の姿勢，左手指が糸を押さえる角度，振り下ろした撥が当たる胴の位置など，多様な点を定めることで，身体と三味線の望ましい接続を探っていく作業である．同時演奏を基調とする三味線の稽古は，曲を覚え，正確に音を出すことだけが目的ではない．その実践を支える前提的条件となる構えや指遣いを含め，「演奏すること」全体を包括的に教え学ぶ活動であると言うべきだろう．

4.2 対面・同期形式による指導

本稿の筆者は三味線を演奏した経験がない．それゆえ筆者には，長唄三味線の稽古があまりに込み入っていてせわしない，常に習い手を追い立てるような切迫した活動のように見えていた．これほどのプレッシャーにさらされる精神状態の中で学ぶことにどれほどの効果が期待できるのかと疑問を持ち，観察を始めた当初はこの手法に批判的になることもあった．同時に，三味線音楽を採譜した楽譜を目にする機会を得て，その精緻な記譜に驚き，むしろ本を頼りに独習するほうが効果的なのではないかとも考えていた．しかし実際には，師匠と向かい合う対面・同期形式での稽古が三味線の熟達には欠かせないということが，ここまでの議論で明らかとなった．現在でもよく用いられている長唄譜『長唄新稽古本』の中でも，ある程度の独習は可能であるとしながらも，「専門家に就いて稽古するからには師匠の声調や弦音が実際此の本に対する活きた説明でありますから音符の約束等は実技の進むに伴れて自然に会得ができませう」と，師匠による稽古の有用性が述べられている[5]．

しかし，常に対面・同期形式での稽古が実現可能なわけではない．グローバル化が進む現代において，日常的な活動の多くが，時間と場所を選ばずに実現できる形へと変容を遂げている．加えて，2020 年に入って本格化した，いわゆる「コロナ禍」の影響で，学校教育をはじめとするあらゆる教育活動のオンライン化が急ピッチで進められている．三味線をはじめとする伝統芸能も，その保全や伝承，さらなる普及を考えるのであれば，こうした情勢に合った稽古の形を模索する必要があるだろう．その意味では，精緻な楽譜や記譜法が既に存在していることは大きなメリットとなりうる．同様に，従来対面・同期形式で伝えられてきた技術や知性の中にも，明示化（言語化／体系化）できるものがあるかもしれない．もちろん，どうしても明示化できないものもあるだろうが，オンラインをはじめとするより発信力のある手段で伝達可能な程度までスリム化することはできるかもしれない．では，現状の稽古をどのように切り分け，各側面をどのように発信すべきなのか．それを明らかにするためには，これまで当たり前のように実践されてきた稽古をつぶさに観察・分析し直す必要がある．改めて見出された構成要素を組み直し，明示化できるものを抽出していく必要がある．本稿における伝統芸能のマルチモーダル分析が，こうした変化を推し進める動きの一助となることを期待したい．

5. まとめと今後の課題

本稿では，師匠と習い手が１対１で対面し，同時演奏を基調として行われる三味線の稽古において，師匠が発信するマルチモーダルな指導について分析した．その結果，自らの演奏を習い手に見せ続ける師匠の指導には，いくつかの特徴を指摘することができた．一つは，演奏にかかりきりの両手の代わりに，頭部の動きと配置が師匠の意図を明示する手段として重要な役割を果たしているということ，もう一つは，旋律と旋律の間にあるわずかな隙間を利用して，習い手の指遣いを要

領よく修正し誘導する簡潔な発話が用いられているということである．こうした言語と身体動作との協調による端的な指導によって，L の志向を，たとえ不格好でも弾き切ることへと引き付け，指遣いの「物語」を途切れることなく伝えることが可能になるのだろう．

本稿で明らかにした指導法は，師匠と習い手との間で互いの演奏が観察可能な状況を前提とし，音／旋律という本来は聴覚的な情報を，「見える動き」に置き換えて指導に生かすものであった．指導の主な対象となる指遣いが，実践を重ねることで習得される身体知／実践知の一種であるならば，こうした対面・同期形式での稽古は習い手にとって不可欠な活動といえるだろう．三味線の稽古は，楽曲の聴覚的な側面に限らず，視覚によって観察可能で，三味線を適切に弾く上での前提条件となる身体の構えや動きも含み込んだ「演奏すること」全体を包括的に指導する活動でなければならない．この点ついては，本稿での分析と記述をもって十分に裏付けることができたのではないだろうか．

本稿では最後に，こうした稽古の有用性を前提に，三味線のさらなる普及を目指した稽古のオンライン化についても一考を加え，伝統芸能のマルチモーダル分析が新たな指導のあり方を模索する上で重要な役割を果たす可能性にも言及した．

本稿では数ある邦楽器の中から三味線を，そして数ある三味線の種目の中から長唄三味線のみを対象として取り上げたが，他の種目，他の邦楽器の稽古場面を対象とした分析でも同様の成果が期待される．また「稽古」といった括りで言えば，他の伝統芸能や武道なども対象になり得るだろう．特に武道の稽古を対象とするマルチモーダル分析は，すでにいくつかの研究で見られる[12][13][14]．こうした先行研究との整合性について検討することも今後の課題である．

謝辞

三味線の稽古場面の収録にご協力いただいた師匠と習い手のお二人に感謝します．本研究は，JSPS 科研費 17H00914，および，18KT0085 の助成を受けたものです．

参考文献

[1] Nishizaka, A. (2006). What to Learn: The Embodied Structure of the Environment. *Research on Language and Social Interaction*, 39(2), 119-154.
[2] Szczepek Reed, Beatrice, Reed, Darren, & Haddon, Elizabeth (2013). NOW or NOT NOW: Coordinating restarts in the pursuit of learnables in vocal master classes. *Research on Language & Social Interaction*, 46(1), 22-46.
[3] Stevanovic, M. (2017). Managing Compliance in Violin Instruction: The Case of the Finnish Clitic Particles -pA and -pAs in Imperatives and Hortatives. In Sorjonen, M-L., Raevaara, L. & Couper-Kuhlen, E. (eds), *Imperative Turns at Talk: The Design of Directives in Action*. John Benjamins, pp. 357-380.
[4] 田中悠美子・野川美穂子・配川美加 (編) (2009). まるごと三味線の本. 青弓社.
[5] 吉住小十郎(編) (1975). 長唄新稽古本. 邦楽社.
[6] 山本敦・古山宣洋 (2018). ピアノレッスンにおける演奏表現の共同的達成–相互行為構造の反復に着目して–. 社会言語科学会第 41 回大会発表論文集, 210-213.
[7] 名塩征史 (2018). 三味線の稽古における師匠と習い手の相互行為–マルチモーダルな指導における発話形式の使い分け–. 社会言語科学会第 42 回大会発表論文集, 13-16.
[8] 小塩さとみ (2004). 長唄の旋律生成に関する一考察 ––多様な旋律を生み出す仕組みを探る—. お茶の水音楽論集, 6, 54-73.
[9] 加納マリ (1985). 長唄の「段切」について. 芸能の科学, 15: 芸能論考Ⅷ, 73-94.
[10] 古川康一・植野研・尾崎知伸・神里志穂子・川本竜史・渋谷恒司・白鳥成彦・諏訪正樹・曽我真人・瀧寛和・藤波努・掘聡・本村陽一・森田想平 (2005). 身体知研究の潮流—身体知の解明に向けて— 人工知能学会論文誌, 20(2), 117-128.
[11] 金井壽宏・楠見孝 (編) (2012). 実践知—エキスパートの知性 有斐閣
[12] 名塩征史 (2017). 空手の基本動作を教授・練習する場の相互行為：統率の枠を超える参与者（師範）による個別指導の観察と分析. 2017 年度日本認知科学会第 34 回大会論文集, 221-228.
[13] Råman, J. (2019). Budo demonstrations as shared accomplishments: The modalities of guiding in the joint teaching of physical skills. *Journal of Pragmatics*, 150, 17-38.
[14] 伝康晴 (2020). 他者の身体を取り込む –柔術の間合い. 諏訪正樹(編),「間合い」とは何か. 春秋社, pp. 193-218.

【付録】 「末廣がり」の構成

構成部	詞章
オキ	描く舞台の松竹も 千代をこめたる彩色の 若緑なる シテとアド
出端	まかり出でしも恥づかしさうに 声張り上げて 太郎冠者あるか 御前に 念無う早かった 頼うだ人は今日もまた 恋の奴のお使ひか 返事待つ恋 忍ぶ恋 晴れて扇も名のみにて
クドキ	ほんに心も白扇 いつか首尾して青骨の ゆるぐまいとの要の契り 固く締緒の縁結び 神を頼むの誓ひ事 濡れて色増す花の雨

躍り地	傘をさすなら春日山　これも花の宴とて 人が飲みてさすなら　我も飲みてささうよ 花の盃　花傘　げにもさうよの やよ　實にもさうよの　げにまこと
チラシ	四つの海　今ぞ治まる時津風　波の鼓の声澄みて 謡ふつ舞ふつ君が代は 万々歳も限りなく　末廣がりこそめでたけれ 末廣がりこそめでたけれ

正確な推論を導く，楽しさと体勢 ～正答を「目標」と捉えて～

The joy and posture which can enhance accurate inferences ~ Regarding a correct answer as “a goal” ~

白砂 大[†]，本田 秀仁[‡]，植田 一博[†]
Masaru Shirasuna, Hidehito Honda, Kazuhiro Ueda
[†]東京大学，[‡]追手門学院大学
The University of Tokyo, Otemon Gakuin University
m.shirasuna1392@gmail.com

Abstract

Previous studies have shown that making a forward posture can boost people’s goal motivation, mediated by positive emotions such as joy. Our current study investigated that, if people leaned more forward and they felt joy, then their accuracy of inferences would more improve (i.e., people try to approach a correct answer). In our experiment, participants answered inference questions twice: First, they answered questions by themselves, and second, they answered the same questions referencing other people’s estimations. Participants were also asked to answer several questions about subjective feelings. Results suggest that (i) the more forward participants lean, the higher goal motivation they will have, mediated by joy, (ii) participants whose goal motivation increased are more likely to accept others’ estimations, and (iii) they can improve their accuracy of inferences. Implications for cognitive mechanisms and future works are discussed.

Keywords — Embodied cognition, Inference, Posture, Joy, Goal motivation

1. 体勢の操作が目標達成動機を高める可能性

本研究では，人の体勢を操作することで，より正確な推論(inference)を導く可能性について検証した。人の身体状態が心的状態に影響を与える可能性は，古くから報告されている[e.g., Carney, Cuddy, & Yap, 2015; Lakoff, 2012]。近年の研究では，①周囲の環境により前傾の体勢が作られた状態で，特にポジティブな感情(e.g., 楽しさ)を感じていた場合に，「何かを達成しよう」とする動機づけ(目標達成動機)が向上することが示されている[e.g., Miragall, Vara, Cebolla, Etchemendy, & Baños, 2019]。また，②前傾体勢の表出と他人の意見に対する興味とが強く相関することが，店員と顧客の対話場面に基づく分析から示唆されている[e.g., Honda, Hisamatsu, Ohmoto, & Ueda, 2016]。

ここで，推論という課題には，「正答」すなわち「到達すべき目標」があると捉えることができる。推論課題の正答を一種の「目標」と捉えると，①より，最終的な推論を行う前に，体勢が前傾であったほど，また課題に対して楽しさを感じていたほど，より正答(目標)へ近づこうとする動機が高まる可能性がある。また②より，推論の際に「他人の回答」を呈示することが，自身の推論を再考させるうえで効果的かもしれない。

以上を踏まえて本研究では，推論課題を用いて，「体勢が前傾であるほど，楽しさを仲介して目標達成動機が向上し，より正答に近づこうとする」という仮説を検証することを目的とした。

2. 方法

2.1. 実験参加者

大学生 28 名が実験に参加した(M_{age} = 20.8, SD_{age} = 1.81。うち女性 9 名)。

2.2. 手続き

タッチパネル端末(Gechic 製)を用いて，「事前主観評価」，「最終推論前の課題 (1 回目の推論を含む)」，「事後主観評価」，「最終推論課題 (2 回目の推論)」，「最終主観評価」を実施した。手続きの概要を図 1 に示す。実験参加者の体勢が前傾になるよう，タッチパネル端末は机の上に寝かせた状態で行われた。参加者の体勢を測定するため，「最終推論前の課題」の直前に，椅子の背もたれと背中の間に棒を入れ，背筋をまっすぐ伸ばすよう教示した(ベースライン体勢測定)。課題の開始以降はこの棒を取り外し，「課題中には体勢を崩してよい(背筋をまっすぐにし続ける必要はない)」ことを教示した。「最終推論前の課題」は，1 回目の推論および 3 つのフィラー課題(本稿では割愛)から構成され，これらの課題中には，参加者の体勢が横から動画で録画された(課題実施時体勢測定)。すべての参加者において、実験にかかった時間は 60~75 分程度であった。

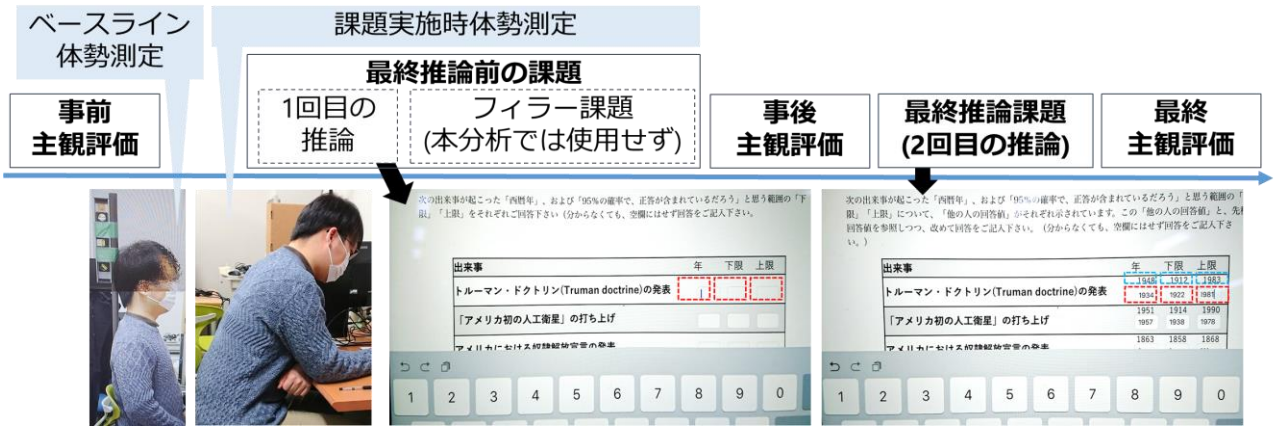


図 1　実験手続きの概要

2.3. 題材

・事前および事後の主観評価:「最終推論前の課題」の事前および事後において，参加者は実験の概要を聞いたうえで，「この課題に興味がある(課題への興味)」，「この課題は面白そうだ(楽しさ)」などの各質問に「0(全くそう思わない)~100(非常にそう思う)」とする Visual analog scale で回答した。

・推論課題: Yaniv & Kleinberger (2000)の修正版を使用した。参加者は，9 つの歴史上の出来事について「起こった西暦年(推論値)」,「正答が含まれていると思う範囲(下限と上限)」を 2 度，回答するよう求められた。1 回目の推論の際には，参加者は何も参照せずに回答した。この時点では，参加者は「後に 2 回目の推論を行う」ことを教示されなかった。2 回目の推論の際には，同じ 9 つの出来事が呈示され，参加者は「自身の 1 回目の推論値」と「他人の推論値(実際には乱数)」を参照し，必要であれば修正したうえで回答を行った(図 1 右下)。回答が数値であり，かつ 2 回の推論が行われるというこの題材を用いることで，「参加者がどの程度，他人の意見を受け入れようとしたか」を定量化することが可能となった(後述の「WOE」指標)。

・最終主観評価: 参加者は，「最終的に，自分の回答を正答へ近づけようとした(目標達成)」などの質問について「0(全くそう思わない)~100(非常にそう思う)」とする Visual analog scale で回答した。

2.4. 分析の指標

・最終推論前における主観の変化: 事前および事後の主観評価における回答値の「事後 ― 事前」の差を算出し,「値が大きいほど，主観評価が高まった(e.g.，より楽しいと感じた)」と見なした。

・目標達成動機: 最終主観評価における「目標達成」の回答値を，その参加者の「目標達成動機」と定義した。

・他人の意見の受け入れ・誤差・自信: 下記の式で定義される「Weight of Own Estimation (WOE)」[Yaniv & Kleinberger, 2000]を採用した。

$$|\text{他人の推論値} - \text{2 回目の推論値}| \div |\text{他人の推論値} - \text{1 回目の推論値}|$$

WOE の値が小さいほど，「他人の意見を受け入れた」ことを意味する。分析の際には，この WOE を各設問について算出した。なお Yaniv & Kleinberger (2000)の定義に従い，「他人の推論値が 1 回目の推論値と異なる」かつ「他人の推論値が，1 回目の推論値と 2 回目の推論値の間にある」ケースのみを分析に用いた。本研究でこのケースに該当した割合は，全体の 93%であった(Yaniv & Kleinberger (2000)では 95%が該当していたことから，この割合は妥当であると考えられる)。

また,「|正答 ― 推論値|」および「|上限 - 下限|」を，「参加者」と「他人」それぞれについて算出し，これらを「参加者の誤差」,「他人の誤差」，および「参加者の自信」,「他人の自信」として，それぞれ定義した。

・体勢: OpenPose [e.g., Cao, Simon, Wei, & Sheikh, 2017]を用いて，参加者ごとに動画から骨格を推定し，各フレームにおいて「ベースラインの体勢」と「課題実施時の体勢」のなす角度を算出した(図 2)。「1 回目の推論」における中央値と「3 つのフィラー課題」それぞれにおける中央値の，計 4 つの中央値の平均を，その参加者の「体勢」の指標とした。この値が大きいほど「前傾体勢が取られていた」と見なした。

3. 結果および考察

実験終了後のデブリーフィング時に，この実験の目的に気づいたか否かについて参加者に聞いたところ

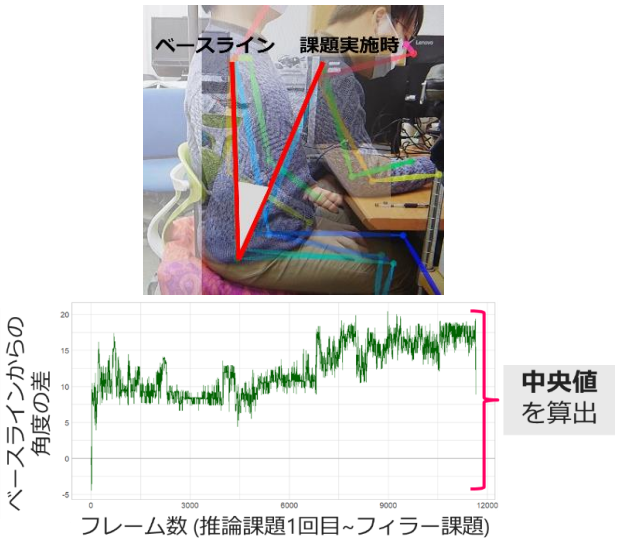


図 2　体勢の測定。ベースライン(課題開始直前)と課題実施時との角度の差を測定し，その中央値を「体勢」の指標とした(下のグラフは，ある一人の参加者の例)。

(自由記述回答および口頭回答)，目的に気づいた参加者は皆無であった。そこで，全参加者のうち，動画から OpenPose のデータを適切に取得できた 17 名を，分析の対象とした。本節では，以下に述べる(i)~(iii)の観点について検証を行った。

(i) 前傾体勢が，楽しさを仲介して動機づけの向上を促したか: 事前/事後における主観(楽しさなど)の変化，体勢，およびこれらの交互作用から，目標達成動機を予測する重回帰分析を行った。結果として，「体勢・楽しさの変化」の交互作用項が，係数が正の値で有意であった(係数 0.13, $p = .02$)となった。よって，前傾体勢が，楽しさを媒介として，目標達成動機を向上させていたことが示唆された(表 1)。

(ii) 目標達成動機が，推論課題において「他人の意見の受け入れ」を促したか: Yaniv & Kleinberger (2000) による「参加者の誤差，他人の誤差，参加者の自信，他人の自信の 4 つの独立変数から，WOE を予測する重回帰モデル」の，修正モデルを構築した。具体的には，独立変数に「目標達成動機」およびこれらの交互作用を加えたモデルを構築し，重回帰分析を行った。Stepwise AIC による変数選択の結果，目標達成動機と，参加者の誤差，他人の誤差，他人の自信とのそれぞれの交互作用項，および目標達成動機の主効果が選択された。また，目標達成動機の主効果の係数は負の値で有意であった(係数−0.01, $p = .04$)。以上から，目標達成動機が，他人の意見の受け入れに関与していたことが示唆された(表 2)。

(iii) 他人の意見を受け入れることで，実際に正答(目標)に近づくことができたか: (ii)で構築した重回帰モデルにおいて，従属変数を「誤差の減少(i.e., |1 回目の誤差 − 2 回目の誤差|)」に変更し，独立変数に WOE を追加したうえで，重回帰分析を行った。Stepwise AIC による変数選択を実施したところ，WOE の係数が負の値で有意となった(係数 −18.1, $p < .01$)。よって，他人の意見の受け入れが，より正確な推論(i.e., 目標の達成)に結びついていたことが確認された(表 3)。

表 1　目標達成動機を予測する重回帰分析

独立変数	係数	*p* 値
(切片)	85.8	< .01 **
体勢	0.22	.54
楽しさの変化	-1.16	.10 .
課題への興味の変化	0.80	.04 *
体勢*楽しさの変化	0.13	.02 *
体勢*課題への興味の変化	-0.05	.11

表 2　WOE を予測する重回帰分析

独立変数 (変数選択後)	係数	*p* 値
(切片)	2.06	<.01 **
参加者の誤差	-0.03	.03 *
参加者の自信	-0.00	.16
他人の誤差	0.13	.12
他人の自信	-0.02	.07 .
目標達成動機	-0.01	.04 *
参加者の誤差: 目標達成動機	0.00	.07 .
他人の誤差: 目標達成動機	-0.00	.09 .
他人の自信: 目標達成動機	0.00	.04 *

表 3　誤差の減少を予測する重回帰分析

独立変数 (変数選択後)	係数	*p* 値
(切片)	7.03	.19
WOE	-18.1	<.01 **
参加者の誤差	0.45	<.01 **
参加者の自信	0.14	< .01 **

注: 表 1~3 中の「:」は交互作用を示す。また有意水準の凡例は，「$p < .01$ **, $p < .05$ *, $p < .10$.」を示す。

4. 総合考察

「体勢が前傾であるほど，楽しさを仲介して目標達成動機が向上し，より正答に近づこうとする」という本研究の仮説は，一連の重回帰分析により一定程度，支持されたといえるだろう。本研究の重回帰分析では，体勢や動機づけのほか，「参加者の誤差」や「他人の自信」も WOE の変化を有意に予測していた。しかし，推論の誤差や自信が他人の回答を受け入れる度合いに影響するのは，ある程度は当然であると考えられる。これらの影響を考慮してもなお，体勢と楽しさ，動機づけの要因が少なからず有意となることが，本研究の興味深い結果といえるだろう。

近年では，体勢の操作(特に「前傾体勢」を作り出す)から人の判断を良い方向に導けることを示唆する研究も存在する[e.g., Shirasuna, Honda, & Ueda, 2019]。しかしこれらの研究では，体勢が判断の変容を促すことを検証するのみにとどまっており，体勢が「なぜ」または「どのようにして」判断の変容を促すのかなどというメカニズムの側面は検証されていなかった。本研究では，主観指標を取り入れたことで，体勢と判断との間に「楽しさ」や「達成動機」といった要素が媒介していることが示唆された。この知見は，人の身体状態と思考を結ぶメカニズムを解明する重要な布石となる可能性がある。ただし，因果関係について厳密に検証するためには，共分散構造分析やパス解析がより適していると考えられる。本研究では，データ数の不足などからこれらの分析を行えなかった。そのため，今後はデータ数を追加しモデルを組み直したうえで，より仮説の検証に合致した分析を試みる必要がある。

本研究の結果は，正確な推論(他人の回答の受け入れ)を促すには，課題環境の操作や楽しさの誘発を行うことが効果的であることを示唆している。この知見は，実世界における課題環境の設計など，実験室外の場面にも応用できるだろう。

参考文献

[1] Cao, Z., Simon, T., Wei, S. E., & Sheikh, Y. (2017). Realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 7291-7299).

[2] Carney, D. R., Cuddy, A. J. C., & Yap, A. J. (2015). Review and Summary of Research on the Embodied Effects of Expansive (vs. Contractive) Nonverbal Displays. *Psychological Science*, 26(5), 657–663.

[3] Honda, H., Hisamatsu, R., Ohmoto, Y., & Ueda, K. (2016). Interaction in a Natural Environment: Estimation of Customer's Preference Based on Nonverbal Behaviors. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction (HAI '16)* (pp. 93–96). New York: ACM.

[4] Lakoff, G. (2012). Explaining Embodied Cognition Results. *Topics in Cognitive Science*, 4(4), 773–785.

[5] Miragall, M., Vara, M. D., Cebolla, A., Etchemendy, E., & Baños, R. M. (2019). Leaning forward to increase approach motivation! The role of joy, exercise, and posture in achieving goals. *Current Psychology*, 1–10.

[6] Shirasuna, M., Honda, H., & Ueda, K. (2019). Can a forward posture enhance willingness to change one's own attitude in decision making? ~Nudging with embodied cognition approach~. In A. Goel, C. Seifert, & C. Freksa (Eds.), *Proceedings of the 41st Annual Conference of the Cognitive Science Society* (p. 3361). Austin, TX: Cognitive Science Society

[7] Yaniv, I., & Kleinberger, E. (2000). Advice Taking in Decision Making: Egocentric Discounting and Reputation Formation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *83*(2), 260–281.

受容主体の比喩性把握における指標と要素結合の影響
The effect of metaphor indicators and semantic valence on the metaphorical construal by readers

加藤　祥[†]，浅原　正幸[‡]
Sachi Kato, Masayuki Asahara
[†]目白大学，[‡]国立国語研究所
Mejiro University, National Institute for Japanese Language and Linguistics
s.kato@mejiro.ac.jp

Abstract

How do metaphor indicators and semantic valence affect metaphorical construal? To address the research question, we evaluated the figurative ratings for similes (with metaphor indicators) and their semantic valence (without metaphor indicators) by crowdsourcing. We investigated the differences in figurative ratings between similes and their semantic valence. The result shows that the metaphorical construal by readers is affected not by their semantic valence but by the wider contextual information. Furthermore, the result suggests that the effectiveness of metaphor indicators on metaphorical construal depends on the semantic valence types.

Keywords — Metaphor, Simile, Indicators, Semantic valence, Crowdsourcing

1. はじめに

受容主体が，ある表現を「比喩である」と把握する際，比喩表現であると判定するために何らかの要素が着目されていると考えられる．すなわち，ある表現が比喩表現と読み取られる場合，直喩であれば，比喩指標要素のような「何らかの言語形式」によって比喩表現であるということが把握され，比喩性の解釈につながる可能性がある．また，隠喩であれば，要素の結合が字義通りに解釈ができないことや，喩辞と被喩辞の関係が現実的ではないこと（要素結合の慣用からの逸脱）から，比喩表現の解釈につながる可能性がある．このように，比喩表現の有する何らかの要素が着目されていると考えられる．

この比喩指標要素と要素結合の逸脱はどのように比喩性の把握に影響を及ぼしているのだろうか．本稿では，言語の受容主体（読み手）が比喩性を把握するにあたり，比喩指標要素と要素の結合がどのように影響するのかを確かめる．そこで，比喩指標要素と要素の結合のどちらをも含む用例を用い，用例全体（比喩指標要素を含む直喩）と要素の結合（比喩指標要素を含まない隠喩）のそれぞれについて，比喩性の評定を調査した．具体的には，比喩指標要素を含めた用例全体（原文）と文脈を排除した要素の結合の 2 種類を提示し，Yahoo! クラウドソーシングにより比喩性の評定を収集し，差について検討した．その結果，要素結合そのものの影響は弱く，広く文脈が比喩性の把握に関わっている可能性が見られた．また，擬人・擬生・擬物・具象・抽象・その他の転換などの結合の種類ごとに傾向を調査した．その結果，結合の種類ごとに，比喩性の把握における比喩指標要素の有用性が異なるとわかった．

2. 関連研究と本研究

中村(1977)[1]は，受容主体の比喩性把握として，言語形式（A 型把握），言語単位の結びつきにおける慣用からの逸脱（B 型把握），言語的な意味と個別的な意味との対応における慣用からのずれ意識（C 型把握）を挙げている．それぞれ，指標比喩（直喩），結合比喩（隠喩など），文脈比喩にあたる．これらの把握は同表現においていずれか一つのみということではなく，たとえばA 型把握と B 型把握は同時に存在するものであり得る．しかし，比喩性があると把握する場合に，いずれの型の把握が最も有用であるのか，あるいは受容主体がどのような要素から比喩性を強く読み取る傾向があるのかという点は明らかではない．

中村（1977）[1] は，A 型把握における言語形式を整理して，1,617 類型の比喩指標要素を挙げている．加藤・浅原(近刊) [2]では，当該表現を偽と示す指標を文脈上広く収集し，さらに 300 種類以上の比喩指標要素例を追加取得した．Kikuchi, et. al. (2019) [3] は，中村(1977) [1]の比喩指標要素に基づき，コーパスから 827 例の指標比喩を収集し，喩辞と被喩辞，字義通りの解釈ができない要素の結合（隠喩に該当する）などの情報を付与した．本研究の A 型把握の検討は，これらの指標比喩データに基づく．

B 型把握の研究に関連し，喩辞と被喩辞の組み合わせにおける親密度や類似度により，直喩と隠喩のいず

れが選好されるかという観点での調査（Chiappe and Kennedy 2001[4], 楠見 2005[5], 岡ら 2019[6]など）は多い．これらの調査結果から，隠喩（B 型把握）のみでは比喩性の認識が不足する場合に，指標（A 型把握）の求められる傾向が予測される．しかし，言語形式（指標）は，要素を直接に結合させる特定の指標（「A のような B」「A みたいな B」など）に限定されるのではないため，Gibbs(2017) [7]は「A is B」と「A is like B」のみに焦点を当てた議論になりがちであると指摘する．様々な「何らかの言語形式」を含む実際の比喩表現において，指標として機能する要素が何であるのか，また，「何らかの言語形式」の有無が比喩性の認識に関わるのかという点に疑問が残る．

小松原(2016) [8]は，「まるで」が加わることで「よう」が比喩指標と定まる例を示し，指標が増えるごとに「直喩性」が増加すると指摘する．実際に，「まるで」「よう」の二つの指標を含む用例群の調査では，複数指標である原文が「自然さ」「適切性」「比喩性」において最も高い評定値となり，意味的な「まるで」と「よう」間の距離や「まるで」のみが比喩表現に用いられる場合の文法的制約などによって指標を減らすことはしにくく，指標が消去された隠喩形式で最も「比喩性」評定の下がる傾向が調査されている（Kato. et. al., 2020 [9]）．ただし，様々な比喩性の指標となる「何らかの言語形式」がどれだけあれば比喩性の把握に有効なのかは明らかでなく，指標比喩と考えられる様々な用例を用いた検証が求められよう．

本稿は，様々な言語形式を有する比喩表現の用例において，読み手が表現の比喩性を認識するにあたり，指標として機能する「何らかの言語形式」が比喩性の把握に有用なのか，あるいは比喩表現の中心となるような言語単位の結びつきこそが有用なのかを確かめたい．また，比喩表現の中心となる隠喩（言語単位の結びつきが慣用から逸脱しているということ）の比喩性が，指標によって把握されやすいとすれば，どのような指標が有用なのか確かめることで，比喩性の把握に有用な「何らかの言語形式」の収集が可能であろう．「何らかの言語形式」の整理を目指したい．

3. クラウドソーシングによる評定調査

いわゆる直喩の指標と，隠喩が成立する要素の結合のいずれが比喩性の把握に有用であるのかを調査するため，直喩形式の比喩表現を含むと判断された用例において，隠喩（言語単位の結合が慣用から逸脱している）が同時に成立している例を収集し，比喩性が認識される場合に，隠喩にあたる要素の結合の比喩性が特に有用なのか，あるいは言語形式が有用なのかを調査した．

調査対象として，Kikuchi, et. al. (2019) [3] が『現代日本語書き言葉均衡コーパス』（以下 BCCWJ）コアデータより収集した指標比喩用例（言語形式を含む）から，言語単位の結びつきが慣用から逸脱していると判断される結合（隠喩）を含む 777 例[2]を抽出した．

(1) まるで孔雀が羽を広げたみたいにダックスの尻尾ってきれいでしょう？

〔結合：尻尾がクジャクの羽〕

（サンプル ID：OC12_02735）[3]

すなわち，(1)であれば，「まるで～みたいに」という指標比喩の言語形式（直喩形式の指標）を含むと同時に，「（ダックスの）尻尾」と「孔雀が羽（を広げた）」という要素の結合（隠喩に該当する部分）が含まれる．但し，用例中の指標については，どこまでが比喩性の把握に有用な言語形式であるか不明な用例も多い．

(2) 恵さんは、その一万円札を見つめながらつぶやく。「あのとき、ほんとに自分が持っているなかでのすべてを、わたしにくれたっていうふうに思っているので、これはもう一生、お金っていうんじゃなく、自分の宝物としてずっと使わずに持っていたいですね」

〔結合：一万円札が宝物〕

（サンプル ID：PB1n_00024）

たとえば(2)では，「一万円札（お金）」と「宝物」が結合していることにより比喩性が判断されていたが，「とする」「いうんじゃなく」「これは」「っていうふうに思っている」などの様々な表現が比喩指標として機能している（加藤・浅原，近刊 [2]）可能性がある．そこで，比喩指標要素と定義される表現を 1 つ以上含む

[2] Kikuchi, et. al. (2019)[3] の 827 例のすべてに比喩的な結合が含まれるとは限らない．例えば，「空気のような存在」「どこかこの世ではない場所」のような提喩の例などで用例中に喩辞と被喩辞が明示されていないため結合が取得不能とされた例があった．このため，本データにおいて要素の結合が付与された用例 777 例のみを調査対象とした．

[3] 〔結合〕は注目している字義どおりの解釈ができない表現を表す．サンプル ID は BCCWJ 中の識別子．

用例全体を，広く「何らかの言語形式」を含む指標比喩と考えることにした．

また，用例に含まれる要素の結合は，用例によって3語～27語と語数のばらつきがあるとともに，1用例中に複数の結合（最大3件）が含まれる場合もある．777用例からは，意味的な慣用（原義・基本議的な意味）から逸脱していると判断された要素の結合として，計935件[4]が抽出された．

調査は，777用例と935件の合計1,712件について，「比喩性」の判断（「比喩表現であるか」）を問うた．また，結合のみの場合は文脈が与えられないため，表現の「新しさ」が際立つことや，表現の「わかりやすさ」の減じることが想定されたため，表現の「新しさ」と表現の「わかりやすさ」についてもあわせて質問項目とした．提示文には調査対象の用例と要素の結合のほか，約5,000件の国語辞書例文をフィラーとして加え，実験協力者が比喩表現についてのみ判定するのではないようにした．

実験協力者は，Yahoo! クラウドソーシングを用いて募集し，1例または1件につき各20名以上から回答を得た．評定は，0から5の6段階で付与された．

4. 結果：比喩性判定における指標の有無と結合数の影響

要素の結合がどの程度「比喩性」の判定に関わっているのか，用例全体（直喩形式）と要素の結合（隠喩形式）の評定差を算出した．また，「新しさ」・「わかりやすさ」の観点についても評定差を算出した．4.1節では，指標有の用例全体と指標無の要素結合との比喩性の評定差から，指標の有効性について検討する．4.2節では，用例に含まれる要素の結合数（隠喩数）の影響を確認する．

4.1 指標の有無の影響

まず，指標の有無が比喩性判定に与える影響を調べる．用例全体（直喩形式）と要素の結合（隠喩形式）のそれぞれの評定平均を表1に示す．用例全体のほうが，平均的に若干いずれの評定も高い傾向にあった．本調査の結果においては，「何らかの言語形式」があったほうが要素の結合（隠喩形式）のみよりも「比喩性」が把握しやすいと言えよう．但し，隠喩形式では文脈がないために「わかりやすさ」が低くなっており，わかりにくさによって「比喩性」が判定しにくいことが考えられる．「新しさ」の判定については，そもそも評定値が低く，表現に「新しさ」を感じることが少ないようであった．たとえば，「新しさ」の評定値が(3)は0.65（本調査の最低値）で，「手にする」という慣用表現である．(4)は0.68で，「教訓とする」は提喩の例である．

(3) 1回の公演で手にするお金は、交通費約2千円。
比：0.71 ，新：0.65，わ：4.00
〔結合：お金を手にする〕
比：1.90 ，新：1.30，わ：4.40
（サンプルID：PN5a_00005）[5]

(4) すべての都道府県で、阪神・淡路大震災を教訓とした見直しを行っているが、
比：0.75，新：0.68，わ：4.11
〔結合：震災が教訓〕
比：2.20，新：1.75，わ：4.15
（サンプルID：OW6X_00040）

比喩表現用例は慣用的な表現や，一般に比喩表現と判断しにくい提喩なども広く含むため，特に「新しさ」が低い用例は，「比喩性」についても低く評定される傾向が見られる．とはいえ，結合のみ（隠喩形式）よりも「何らかの言語形式」を伴う用例全体（直喩形式）のほうが，「比喩性」が高いと判定される傾向が見られるため，比喩性の把握において，比喩指標が有用な可能性があろう．

表1 評定平均

	比喩性	新しさ	わかりやすさ
用例全体（指標有）	2.74	1.97	3.06
結合（指標無）	2.53	1.73	2.70
差分（指標有−指標無）	+0.21	+0.24	+0.36

[4] 用例数777例について、結合数1 の用例633例+結合数2の用例128例 (128×2) + 結合数3の用例 16 (16×3) = 937結合から重複する（慣用表現の）結合2結合を除いた 935結合.

[5] 用例下の「比」・「新」・「わ」は、用例の「比喩性」・「新しさ」・「わかりやすさ」の評定の平均値を表す。結合下の「比」・「新」・「わ」は、結合の「比喩性」・「新しさ」・「わかりやすさ」の評定の平均値を表す。

4.2 要素の結合数（隠喩表現数）の影響

用例には，複数の比喩表現（要素の結合）が含まれることがある．複数の結合が含まれている用例は，用例全体の「比喩性」が高く評定される可能性が考えられた．そこで，用例中の結合数別に，結合数別の評定差（用例全体-結合）平均を表 2 に示す．

結合を 2 つ含む用例では，「比喩性」が高く判定される傾向が確認されている．

(5) いまの日本にも、江戸時代の私塾のごとく師弟関係が親子のような濃密な教育をつくることは可能だろうか。

比：3.46，新：1.73，わ：3.00

〔結合:師弟が親子〕

比：1.20，新：1.50，わ：3.00

〔結合:教育が濃密〕

比：1.45、新：2.50，わ：2.60

（サンプル ID：OY14_02912）

「比喩性」において用例全体のほうが各結合の平均よりも大幅に高い（+2.13）(5)のような例を見ると，指標と考えられる「ごとく」「ような」なども複数含まれており，結合というよりも複数の比喩表現が含まれることが明示的であり，比喩性の判断が高まったものと考えられる．

表 2 結合数別評定平均

		用例全体−結合（指標 有−無）		
結合数	用例数	比喩性	新しさ	わかりやすさ
1	633	+0.15	+0.22	+0.35
2	128	+0.58	+0.43	+0.45
3	16	+1.11	−0.45	+0.38
計／平均	777	**+0.21**	**+0.24**	**+0.36**

結合を 1 つのみ含む用例（指標の有無のみの影響が考えられる）については，表現の「わかりやすさ」において，若干の指標の影響が見られるものの，「比喩性」の把握においては大差が見られない傾向にあるといえる．(6)は，特に用例全体と結合のみの評定差が少ない（+0.01）例であるが，「石橋を叩く」という慣用的な表現を含む．このほか，「バカにする」「口にする」などをはじめ，慣用的と考えられる表現が含まれる例（109 件）では，「新しさ」が平均+0.007，「わかりやすさ」が平均+0.03 と，指標の有無の影響がほとんど見られない傾向が確かめられた．

(6) 知らないもの同士、特に個人間のやり取りですから、石橋は叩き過ぎるぐらいが丁度いいと思います。

比：3.57，新：1.97，わ：3.20

〔結合:石橋を叩くやり取り〕

比：3.45，新：1.45，わ：2.55

（サンプル ID：OC14_00035）

また，結合を 3 つ含む用例については，用例数が 16 件と少ないが，「新しさ」において，指標のない結合の平均評定値が，用例全体よりも高いという結果が見られている．たとえば，(7)は，「黒川（温泉郷）」が「生命体」，「黒川（温泉郷）」が「心を癒す」，「黒川（温泉郷）」が「理想郷」という 3 つの結合が指摘されている．(7)全体では，「黒川（温泉郷）」が「生命体のように心を癒す理想卿」というまとまりになっていることで，「新しさ」が減じた（-0.21）可能性がある．指標らしい言語形式が「よう」1 つのみであるために，すべての結合が，読み手（実験協力者）に比喩表現と判断されない可能性も考えられる．

(7) 黒川全体が一つの生命体のように都会人の心を癒してくれる理想郷となったのだ。

比：3.61，新：2.64，わ：2.81

〔結合:温泉郷が生命体〕

比：3.15，新：2.70，わ：1.50

〔結合:温泉郷が心を癒す〕

比：1.35，新：0.60，わ：3.90

〔結合:温泉郷が理想郷〕

比：2.70，新：2.10，わ：3.15

（サンプル ID：PM11_00207）

なお，最も「新しさ」の減じた（-0.75）用例は(8)であったが，(7)と同様の傾向が見られている．

(8) 砂の奥底深くに吸い込まれ、埋もれていくよう な感覚にとらわれることもないではなかったが、それでも、志摩子はしっかりと目を見開き、

比：3.20，新：2.47，わ：2.77

〔結合:砂に吸い込まれる感覚〕

比：3.10，新：1.45，わ：3.20

〔結合:砂に埋もれる感覚〕

比：3.65，新：1.65，わ：3.35

〔結合:感覚に囚われる〕

比：1.45，新：2.15，わ：3.10

（サンプル ID：PN5b_00017）

以上の結果から，結合を複数含む用例は，「比喩性」が高く評定される傾向が確認された．しかし，(7)(8)のように，結合単位に比喩指標要素や「何らかの言語形式」が必ず付されているのではないため，評定の平均値のみからは指標と結合のどちらが有用であるのか判定し難い．また，複数結合を含む用例の場合，結合にはいわゆる隠喩ではない比喩表現も含まれる．指標がどのような比喩表現の認識に影響を及ぼすのかという点が明らかではない．

以降では，結合の種別（隠喩（擬人化や具象化などの下位分類を含む）・換喩・提喩など）が指標の有無とどのように関わるのかを確かめ，さらに，種類別に用例の分析を試みる．

5. 結果：比喩種別に基づく検討

5.1 比喩種別（と隠喩の下位分類）

本節では比喩の種別（結合種別）に基づいた検討を行う．Kikuchi, et. al. (2019)[3] が付与した比喩の分類と隠喩下位分類（中村(1977)[1]の指摘した種類に基づく）を使用する．比喩表現は隠喩（下位分類を後述する）のほか，換喩・提喩・文脈・慣用・その他・指標外比喩に分類した．隠喩については下位分類 として，擬人・擬生・擬物・具象・抽象・その他の転換に分類した（隠喩であることを表すために M：を付す）．

以下の例はそれぞれの隠喩の下位分類に該当する用例を抜粋したものである．

a. 擬人化（物などを人に喩える）

例)「拡充を歓迎する」「方針案は（中略）約束する」

b. 擬物化（人を物などに喩える）

例)「浮かない顔だった」「家族の柱を失った」

c. 擬生化 （物などを動植物に喩える、活喩、準擬人化）

例)「才能を生かす」「経済成長」

d. 具象化（抽象物を具体物に喩える）

／抽象化（具体物を抽象物に喩える）

例)「ルールをゆがめる」「救済の流れ」「可能性が高い」

e. その他の転換（上記外の別種に喩える）

例)「シナリオを描く」「透明感のある歌声」「樹木が竜」

以下では，上記の分類に基づいた検討を行う．

5.2 節では結合の比喩種別ごとの平均評定値を確認する．5.3 節では，1 結合のみを持つ事例について，指標の有無の評定差を比喩種別ごとに確認する．5.4 節では複数結合をもつ事例について確認する．5.5 節では「比喩性」，5.6 節では「新しさ」「わかりやすさ」に対する指標の影響について考察する．

5.2 結合の比喩種別ごとの評定

935 件の結合種別ごとの評定平均の分布を表 3 に示す．うち，603 件と頻度の高い隠喩については下位分類（擬人・擬牲・擬物・具象・抽象・その他の転換：表中 「M：」とする）を示した．

「慣用」は辞書に記載があるなどで慣用表現と判断されたもの，「その他」は例示や指示など比喩とは判断されなかった例である．また，用例文中に含まれてはいるものの比喩指標に関わらない結合は「指標外」としてある．

表 3 結合（指標無）の比喩種別ごとの評定値

比喩種別	結合数	比喩性	新しさ	わかりやすさ
M:擬人	51	2.51	1.78	2.42
M:擬物	40	2.85	1.72	2.64
M:擬生	41	2.73	1.83	2.76
M:具象	165	2.36	1.74	2.73
M:抽象	3	2.90	1.70	1.20
M:その他	303	2.67	1.75	2.57
(隠喩小計)	(603)	(2.59)	(1.75)	(2.61)
換喩	36	2.27	1.81	2.73
提喩	100	2.60	1.80	2.67
文脈	8	1.88	1.80	3.48
慣用	134	2.20	1.61	3.12
その他	51	2.75	1.66	2.67
指標外	3	2.92	1.70	2.52
総計	935	2.53	1.73	2.70

これらの結合の種別によって，各評定の平均値に大差が見られるのではないが，「擬物」化や「擬生」化などの隠喩では，一般に比喩表現であることが読み取りやすく，「比喩性」が高めに把握されるという傾向がある．また，「慣用」表現は「わかりやすさ」が高くなり，「新しさ」が低いという評定傾向が見られている．

5.3 指標の有無についての比喩種別ごとの評定差

次に，これらの結合の種別が指標の有無とどのように関係するのかを確かめておく．表 4 は，表 3 の種別について，用例中に結合が 1 つのみ含まれる（指標の有無のみの差が判定可能と考えられる）633 例について，指標の有無について評定差を算出した（指標有り：用例全体の評定値から，指標無し：結合のみの評定値を引いた）表である．

表 4　結合種別の指標有無評定差（1 結合）

種別	件数	比喩性	新しさ	わかりやすさ
M:擬人	32	**0.51**	0.39	**0.68**
M:擬物	29	0.23	**0.46**	0.40
M:擬生	25	0.16	0.26	0.32
M:具象	88	**0.01**	0.13	0.17
M:抽象	3	**−0.01**	**0.76**	**1.29**
M:その他	208	0.28	0.32	**0.54**
換喩	22	0.32	0.07	0.26
提喩	67	0.21	0.18	0.37
文脈	6	0.37	0.01	−0.38
慣用	108	**−0.17**	0.01	−0.03
その他	42	0.13	0.30	0.47
指標外	3	0.66	0.78	0.42
総計	633	0.15	0.22	0.35

5.4 複数結合の比喩種別ごとの評定値

結合数が多い場合についても同様に集計を行った．表 5 には，2 つの結合を含む用例について，指標有り：用例全体の評定値から，指標無し：結合のみの評定値を引いた）一部の結果（高頻度）を示す．

組み合わせにおいて「慣用」の影響が強い傾向（比：-0.20，新：-0.09，わ：+0.72）や，「その他の転換」と「提喩」のようにいずれも比喩性に気づきにくい結合の組み合わせにおいて指標が「比喩性」に強い影響を及ぼす（比：+1.07）ことなどが確かめられた．

表 5　2 結合以上の種別組み合わせの評定値（抜粋）

種別	件数	比喩性	新しさ	わかりやすさ
M:具象_M:具象	17	0.42	0.32	0.21
M:その他_提喩	10	**1.07**	0.31	0.43
M:具象_M:具象	17	0.42	0.32	0.21
M:その他_M:その他	10	0.56	**0.51**	0.38
M:その他_M具象	8	0.47	0.48	0.21
M:具象_慣用	6	**−0.20**	**−0.09**	**0.72**
M:擬人_M:その他	5	0.45	0.43	0.25
M:その他_M:その他	10	0.56	**0.51**	0.38
2 結合以上の総計	128	0.58	0.43	0.45

5.5「比喩性」への指標の影響

表 4 から，「擬人」化（用例は 5.1 節の c を参照）のような，比較的比喩表現であると指摘されれば納得しやすいと考えられる種類の隠喩表現で，「比喩性」の認識における指標の有用性が考えられる（+0.51）．「擬人」化の要素結合は，表 3 では取り立てて「比喩性」が高いという評定が得られていないことから，指標が「比喩性」の認識に影響していると言えよう．

反対に，「慣用」表現（例：「施策の目玉」「機運を背景」など）は，指標がない結合そのものが慣用的であるために，指標の有無というよりも，用例文中では「比喩性」の意識されない可能性が高く，「比喩性」が下がる（-0.17）傾向となっている．同様に，「具象」化（用例は 5.1 節の d を参照）は，慣用表現とまでは言えないものの概念的慣用的な用例が多く，指標の有無によって「比喩性」に変化は見られなかった（+0.01）．用例数は少ないが，「具象」化と逆転的な「抽象」化でも同様の傾向が見られている（-0.01）．

5.6「新しさ」「わかりやすさ」への指標の影響

表 4 において，「擬物」化（+0.46），「擬人」化（+0.39）などで，用例全体（指標がある）の「新しさ」が高い評定となる傾向が見られた．指標や文脈的な表現によって，比喩表現であるということに気づく可能性が

ある．数は少ないが，「抽象」化（+0.76）も新しさが高く評定されている．(9)は，「良い旅をしたようだ」という現実的な表現が文脈に見られるため，「老婆の顔が詩となる」という該当部分の新しさが際立ったものと考えられる．(9)中における既存の指標比喩要素は「となる」であるが，該当部分が比喩表現であるとして機能する「何らかの言語形式」は，指標とされる要素に限定されていない可能性があろう．

(9) 老婆の顔が詩となる　（中略）良い旅をしたようだ

比：3.39，新：2.84，わ：2.05

〔**結合**：**老婆の顔が詩**〕

比：3.10，新：1.95，わ：0.85

（サンプル ID：OY14_12372）

また，(10)のように，結合のみでは比喩表現であることの記述が困難な場合，結合に指標要素「よう」が加わっているため，文脈によって「新しさ」が感じられるという評定になった例がある．このほかも，特に「新しさ」が文脈によって高く評定されたと考えられる例では，結合中に指標要素の含まれる場合が散見され，結合部分の記述のみでは，比喩的な結合ではなく，例示として読まれた可能性が考えられた（一般的に比喩指標と認識される要素が含まれる表現は，比喩表現でなくとも「比喩性」が高く評定される傾向がある．表 3 の「その他」を参照）．そのため，用例文脈に含まれる「何らかの言語形式」が比喩表現であるという認識に影響を及ぼし，「新しさ」が高く評定されたと考えられる．

(10) 私はすぐ先の納屋に向かって蹣跚と足を運んだ。人が見たら糸操りの人形のような歩きかただったろう。

比：4.43，新：2.57，わ：3.47

〔**結合**：**糸操り人形のような歩き方**〕

比：4.70，新：1.25，わ：3.75

（サンプル ID：PN2a_00017，擬物化）

また，「わかりやすさ」については，表 4 で「擬人」化（+0.68）と「その他の転換」（+0.54）で，用例全体（指標がある）のほうが高い評定となっている傾向がわかる．

「擬人」化は「比喩性」や「新しさ」においても指標のあることが評定値に影響を及ぼす傾向も見られているため，結合のみでは表現が不十分な例が多い可能性もある．(11)は，特に結合のみの「わかりやすさ」が低く評定されていた例である．用例全体では「そう」のような指標のほかに，「電球にかざすときらきら〜光り」という具体的な文脈が得られるため，情景の説明が得られることにより，比喩的な結合のみの「わかりやすさ」よりも高く評定されたのであろう．このように「わかりやすさ」が高い表現は，「比喩性」も高く評定される場合，「わかりやすさ」によって比喩表現であることが認識されやすくなる可能性も考えられる．「比喩性」の認識に有用な表現としては，指標要素に限らない広い文脈の影響を「何らかの言語形式」として考慮する必要があるといえる．

(11) コップに半分そそがれた液体は、電球にかざすときらきらしあわせそうに光り、

比：3.28，新：3.03，わ：3.06

〔**結合**：**液体がしあわせ**〕

比：2.50，新：2.60，わ：0.75

（サンプル ID：PB39_00023，擬人化）

「その他の転換」は，いずれも体（気体と液体など）や感覚（聴覚から触覚など），動植物間など，「擬人」化のように喩辞と比喩辞の間に大きな転換が見られない例である．(2)の「一万円札（お金）」と「宝物」，「ミモザ」と「梅」のようなほぼ同種に近い例など，提喩に近い例も多い．このような「M：その他」と分類された転換は，表 3 で 935 件中 303 件（32.4%）と，直喩の用例では出現割合が高いという特徴があるものの，比喩全体においてはそれほど頻度の高い種別ではなく，新聞の比喩表現調査でも 8.3%（加藤, 2020 [10]）にとどまる．そもそも小さな転換であるために，比喩表現であることを示し，「比喩性」を明示する指標が使われやすい傾向にあると考えられる．そのため，指標が用いられる場合に「わかりやすさ」の評定値が上昇するのであろう．

6. 考察

指標の有無による評定差は平均的に大きなものではなかったが，指標を含む用例全体もしくは，用例中に複数の結合が見られる場合に「比喩性」の上がる傾向が確認される．とはいえ，比喩の指標として機能する「何らかの言語形式」は複雑であり，結合が複数含ま

れる用例中の指標数を明確にとらえることも困難であった．しかし，結合の種類別に用例全体と結合のみの評定差を見ることで，比喩性の把握における指標の有用性が，比喩表現に含まれる比喩的な要素の結合の種類によって異なる傾向が明らかとなった．

「擬人」化のような一般的に認識しやすいと考えられる結合であっても，指標が比喩表現の認識に関わっている可能性が考えられる．比喩表現であると認識する際，結合そのもののみならず，文脈的な「何らかの言語形式」による把握がなされる例がある．このことは，反対に，「慣用」的な比喩表現が用例文中ではむしろその「比喩性」が意識されない可能性が高いため，かえって結合のみ（指標がない隠喩形式）で提示されると「比喩性」が高く評定されるという結果にも表れている．

また，いわゆる「よう」「みたい」などの既存の指標比喩要素に留まらない，用例全体としての「何らかの言語形式」の影響が見られたとも言える．当該表現の「比喩性」が広く前後の表現から認識される場合に「新しさ」があると認識される例や，「比喩性」の気づきに関わる「わかりやすさ」の認識が前後の説明を求める例などから，比喩指標は一般的に指標比喩とされる要素に限定的なものではなく，広く取得されるべきものであり，比喩性の把握に関わるものと言えよう．

7. まとめ

本稿は，受容主体たる読み手が表現の比喩性を認識する際，比喩的な言語単位の結合と，指標となる言語形式のいずれが有用なのかを明らかにすることを目指し，どのような「何らかの言語形式」とどのような要素結合が，比喩性の認識に影響しているのかを調査した．そこで，比喩（直喩）の指標が「よう」に代表されるいわゆる比喩指標要素に限定的ではない可能性を考え，既存の何らかの指標要素と，比喩的な言語単位の結合のどちらをも含む用例文全体を，指標比喩ととらえた．

比喩的な要素の結合と，用例全体の比喩性の評定を調査した結果，平均値ではいずれの評定値も指標が有る用例全体のほうが高い傾向はあったが（表 1），大差が見られたのではない．用例は複数の結合を含むことがあるため，複数結合の影響も確かめた．この結果（表 2），結合というよりも複数の比喩表現が含まれると明示されるために比喩性の評定が上がる，あるいは指標が少ないことによって比喩表現として認識されない可能性などが見られた．比喩的な結合の数が比喩性を高めるというのではなく，文脈や言語形式の影響が強いと考えられた．

また，比喩的な要素の結合の種別が，指標の有無に関わっている可能性を考え，結合の種類別に，言語形式の有無が比喩性の評定とどのように関わるのか分析した（表 3, 4）．結合の種類により，指標の有無による評定差が異なっていた．これらの結果からは，比喩的な言語単位の結合のみが有用なのではなく，周辺文脈を含む広い言語形式の影響が確かめられた．特に，いわゆる指標要素ではない，前後の表現や文脈的な説明が，比喩性の認識に関わっていることから，比喩用例を用いた分析が求められよう．

今後，広く比喩性の把握に有用な「何らかの言語形式」の整理を進める．本稿の調査でも取得された，当該比喩表現が比喩表現であるとの認識に関わると考えられた手がかり句の収集と整理を進め，大規模な比喩表現収集にも応用したい．

参考文献

[1] 中村明 (1977).『比喩表現の理論と分類』国立国語研究所報告 57 ，秀英出版.

[2] 加藤祥・浅原正幸 (近刊).「比喩表現の指標となる「同一性否定」の手がかり句」認知言語学会第 21 回全国大会発表論文集.

[3] Kikuchi, R., Kato, S. and Asahara, M. (2019). Collecting figurative expressions using indicators and a semantic tagged Japanese corpus, 15th Int. Cognitive Linguistics Conference.

[4] Chiappe, D. and Kennedy, J. M. (2001). Literal bases for metaphor and simile. Metaphor and Symbol, 16, 249-276.

[5] 楠見孝 (2005). 「心理学と文体論：比喩の修辞効果の認知」中村明ほか（編）『表現と文体』 明治書院, pp.491-501.

[6] 岡隆之介, 大島裕明, 楠見孝(2019)「比喩研究のための直喩刺激―解釈セット作成および妥当性の検討」『心理学研究』90(1), pp.53-62.

[7] Gibbs, R. W., Jr. (2017). “Metaphor wars: Conceptual metaphors in human life”. Cambridge University Press.

[8] 小松原哲太 (2016).『レトリックと意味の創造性: 言葉の逸脱と認知言語学』京都大学学術出版会.

[9] Kato, S., Nishiuchi, S. and Asahara, M. (2020). A quantitative evaluation of Japanese figurative expressions with multiple metaphor indicators. UK COGNITIVE LINGUISTICS CONFERENCE 2020.

[10] 加藤祥 (2020).「日本語比喩情報付与コーパスの作成と新聞における比喩実態調査の試み」松本曜教授還暦記念論文集刊行会（編）『認知言語学の羽ばたき― 実証性の高い言語研究を目指して ―』開拓社, pp.144-159.

資料

現代日本語書き言葉均衡コーパス（国立国語研究所）
https://www.ninjal.ac.jp/corpus_center/bccwj/

コーパス検索アプリケーション「中納言」1.1.0, 短単位データ 1.0, 長単位データ 1.0
https://chunagon.ninjal.ac.jp/

Yahoo! クラウドソーシング
https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/

構造的組み合わせによる事象融合の計算モデル
A Computational Model of Event Blending by Structural Combination

秋元 泰介
AKIMOTO Taisuke

九州工業大学
Kyushu Institute of Technology
akimoto@ai.kyutech.ac.jp

Abstract

This study, with an aim of computational implementation of story creativity in a cognitive system, proposes a computational model of event blending based on the conceptual blending theory proposed by Fauconnier and Turner. The proposed model composes the representation of a new event via structural combinations of two input events, based on the mapping between input events. Furthermore, this study conducted an experiment to compare the output of the implemented model with human-generated ideas. The result demonstrated the model's potential of producing interesting ideas from given events.

Keywords — Conceptual Blending, Story, Event, Memory, Computational Creativity, Cognitive System

1. はじめに

物語の認知の仕組みを明らかにすることは，人間のような人工知能を実現するための重要な課題の一つである．古くは Schank らにより，物語的な記憶構造に基づく人工知能・認知科学の研究が行われてきた[1, 2, 3]. Winston らの研究グループにおいても，物語を操る能力が人間の知能を特徴付ける要素であるという仮説[4]のもとに，物語の理解を中心に据えた人工知能研究が行われてきた. 日本の人工知能研究においては, 例えば岡田[5]や小方[6]の研究が挙げられる.

筆者は，特に，ストーリーを生み出す力が，人間的な知性ないし心を作るための基盤になると考える．これまで, 個体 (エージェント) が世界を表象する形として，「ストーリー」という概念を提案してきた[7, 8]．ここでストーリーと呼ぶのは，個体間のコミュニケーションを媒介する物語表現ではなく，物語的な構造を持つ内的表象である. 物語的な構造というのは, 端的に言うと複数の事象の並びのことであり，事象に関与する物や場所もそこに含まれる[1]．ストーリーは，過去の経験の記憶, 現在進行中の出来事, 想像による未来や虚構, 仮想，物語によるコミュニケーションを通して得られる情報などに共通する形として仮定される．そうすると, ストーリーを生成しながら物理的・社会的な環境と関わり合うこと，あるいは環境と関わり合いながらストーリーを生成することが，人間的な人工知能の基盤になる.

以上の考えのもとに，ストーリー生成を中心に据えた（人工）認知システムを作ること，またそれを通してストーリーを生み出す心の仕組みを探求すること，これが本研究の大局的な目的である.

人工知能研究において，ストーリーの創造性は様々な観点から研究されてきた．生成における中心的な処理に注目して分類すると，主に次のようなアプローチが挙げられる.

- プランニングによる登場人物の目標指向的な行動系列の生成[e.g., 10, 11].
- 物語構造のスキーマ的な形式化[e.g., 12, 13].
- 事例ベース推論や類推による生成[e.g., 14, 15].
- 物語の構造や生成過程の物語論的なモデル化ないしシステム化[e.g., 6, 16, 17].
- 統計的な機械学習やニューラル・ネットワークに基づくデータ駆動的な方法[e.g., 18, 19].

ストーリー生成は複合的な問題であるため，これらはそれぞれがその部分問題をなすという見方もできる. 実際，複数の方法や考え方を組み合わせている研究も多い. しかし，具体的なタスクや機能（何らかの目的に沿ってストーリーを生成・出力すること）を中心として，様々な方法を組み合わせてシステムを構成するというやり方では，総合的な認知システムの基盤にはならないだろうし，ストーリーを生み出す心の仕組みを全体的に捉えることもできないだろう.

まず, ストーリーの生成を, 心の具体的な機能や性質から切り離して，生成の原理的な仕組みを主題化する必要がある. ストーリー生成は，例えば，過去の経験の

[1] このような意味でのストーリーを認知システムの内部で如何に表現するかは難しい問題である．筆者は，マンガのような形で記号的かつマルチモーダルにストーリー＝世界を表現するのが理想的であると考えている[9]が，本稿で示すモデルでは簡易的に，述語項構造に相当するシンボリック表現と単語の分散表現を組み合わせた形で事象を表す.

想起，未来の予想や計画，他者とのコミュニケーション，他者の心的状態の想像，新しい道具や環境の考案等，心の様々な性質や機能の基盤になると考えられる．このような機能的な多面性は，認知システムが作動する文脈や環境との関係のもとに生じると仮定しておき，その根底をなす原理に焦点を合わせるべきであろう．

人工知能研究においては，具体的なタスクや問題を定め，目標指向的なプロセスとしてそれを定式化するというのが一般的である．ストーリー生成の場合は，ストーリー内のキャラクターの目標[10, 11]や，ストーリー外の（仮想的な）作者や語り手の目標に相当するもの[6, 14, 20]を，生成の主要な駆動力としている研究が多く見受けられる．しかし，目標指向的な見方は，ストーリーの生成を通して心の様々な機能や性質が生じるという筆者の考えには馴染みにくい．また，目標が如何に生じるのかという問題もある．

筆者は，ストーリーの生成を，ストーリーあるいは多数のストーリーを含む記憶システムの自己組織的ないし創発的な動きとして捉えるべきであると考える．目標に相当する要素は，ストーリーに内在するものとして，ストーリーの生成を通して生じる場合もあるという程度に考えておく（それが内側からストーリーの生成を方向付けたり，他のストーリーの生成に影響を与えたりすることもあるだろう）．ストーリーの生成を自己組織的な動きとして捉えることは，ストーリーが複雑な構造（例えば部分間や部分-全体間の相互依存性や，他のストーリーとの関係）を持つことや，ストーリーの生成が認知システムの総合的な働き（知覚-行動，記憶，概念的な認知等）を要するという点にも馴染みやすい．

以上の立場から，当面の研究の道筋の一つは，認知システムを構成する記憶システムの内部における，ストーリーの原始的で小さな動きを，計算のレベルで理論化していくことである．ここでストーリーの原始的な動きとして想定されるのは，例えば，結合，切断，変形，抽象，関連付け，一般化，類似，類比，類推，融合などである．実際は，それぞれが複合的かつ相互に絡み合うような処理になると考えられるため，それらを徐々に総合していくことも重要である．

本稿では特に，「融合」に焦点を合わせる．筆者はこれまで，Fauconnier と Turner [21]による Conceptual Blending 理論及びその計算モデル化に関する研究に示唆を得て，ストーリー融合の全体的な構想を示した[22]．本稿では，それを具体化していく過程における試みの一つとして，二つの事象を構造的に組み合わせて新たな事象を生成する計算モデルを提案する．

以降の構成は次のようになっている．2 節では，Conceptual Blending 理論及びその計算モデル化に関する研究を概観する．3 節では事象融合の仕組みを定式化し，4 節でその実装を示す．5 節では，提案モデルの創造性を，人による事象融合との比較を通して検証する．6 節でまとめと今後の展望を述べる．

2. Conceptual Blending 理論

Conceptual Blending 理論[21]の概要を，本稿で示すモデルに関わる部分を中心に説明する．この理論の計算モデル化に関する研究も概観する．

2.1 基本図式

Conceptual Blending 理論は，人の創造的かつ日常的な思考の仕組みを，複数の心的空間（情報の小さなまとまり）の概念的な融合として説明する．その基本的な図式は図 1 のように表される．

元になる心的空間を入力空間（input space）と呼び，それらの融合により生じる心的空間を融合空間（blended space）または単に blend と呼ぶ．また，二つ（複数）の入力空間の間の共通構造に相当するものが包括的空間（generic space）に反映される．包括的空間を通して，入力空間の間に，類似や同一性に基づく対応関係（cross-space mapping ないし counterpart connections）が構成される．これが融合における土台となる．また，blend は，入力空間から直接的に取り込まれる情報だけではなく，創発的構造（emergent structure）を含む場合がある．これは，例えば，複数の入力空間を組み合わせる際に生じる不調和を解消して，新しい意味的まとまりを構成するような動きを通して生じるとされる．

Conceptual Blending は，入力空間の間に，類似や同一性に基づく対応関係を構成することが生成の中心になるという点で，類推[23, 24]に似ている．しかし，類推

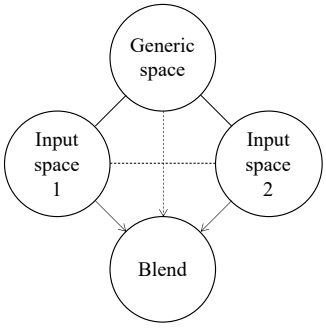


図 1 Conceptual Blending の基本図式（[21]に基づく）

が一般的に元領域（base）から対象領域（target）への転移という図式で説明されるのに対して，Conceptual Blending は複数の入力空間からそれらとは異なる何かを生み出すような図式になっている．

2.2 統合ネットワーク（Integration Network）

Fauconnier と Turner [21]は，Conceptual Blending の仕組みを様々な観点から述べているが，ここではその一つとして，概念空間間の関係を表す 4 種類の統合ネットワーク（simplex, mirror, single-scope, double-scope）を説明する．以下では入力空間が二つの場合を想定する．

Simplex ネットワークは，抽象的なフレームと具体的な要素を融合する．例えば，「家族」フレームと，複数の人（例: 「タロウ」と「アコ」）の融合により，「タロウはアコの父」のような意味が構成される．

Mirror ネットワークは，共通の組織化フレームにより構成される二つの入力空間を融合する．例えば，“Great American II [in 1993] is 4.5 days ahead of Northern Light [in 1853]”という表現の概念構造（blend）は，異なる時代における 2 隻の船それぞれの航海を融合して，新たに「競走」という意味が付加されたものとされる．

Single-scope ネットワークは，異なる組織化フレームによる二つの入力空間を融合するが，その際，何れか一方の入力空間のフレームが blend においても使用される．例えば，“Murdoch [CEO1] knocks out Iacocca [CEO2]”という比喩的な表現の概念構造（blend）は，「ビジネス」の状況を「ボクシング」のフレームに当てはめて再構成したものとされる．

Double-scope ネットワークは，異なる組織化フレームによる二つの入力空間を，新しい組織化フレームを構成することによって融合する．例えば，「デスクトップ・インタフェース」（blend）は，「事務作業」と「計算機コマンド」を，これらを組み合わせた新しいフレームにより融合したものとされる．

2.3 Conceptual Blending の計算モデル

Conceptual Blending 理論を計算のレベルへと精緻化する研究や，それをもとに創造的な計算システムを作る試みも行われている．例えば，Goguen と Harrell [25]は，詩的な物語を生成するシステムの一部として，二つの概念を融合する仕組みを形式化している．例として，「house」（家）の概念構造（“on land”, “live-in resident”）と「boat」（船）の概念構造（“on water”, “ride passenger”）を組み合わせて，「houseboat」という新しい概念構造を生成する問題が示されている．Confalonieri らの編著[26]では，Conceptual Blending の計算モデルに関するより体系的な研究プロジェクトが示されている．

Conceptual Blending の計算モデル化は様々な要素課題に分けることができる．まず，入力空間（多くの場合は houseboat のような概念構造）の間に，適切な包括的空間を構成することが一つの問題とされる．Eppe ら[27]の研究では，事例ベース推論の amalgam 理論[28]に基づいて，概念要素を適切なレベルまで一般化する仕組みを構築している．Besold [26: ch.5]は，類比を通した一般化について検討している．Hedblom ら[29]は，概念の非言語的な側面として，イメージ・スキーマに基づく包括的空間の形成を論じている．

Conceptual Blending の計算においては，一般的に，概念間の組み合わせ方に多数の可能性があり，その中から「良い」融合を選別するための基準を形式化することも一つの問題となる．例えば Eppe ら[27]の研究では，Conceptual Blending 理論における最適性基準（optimality principles）をもとに，blend における情報の量やバランス等の観点からそれを形式化している．一方，問題領域に特化した価値基準を導入する研究もある[26: ch.2].

上に挙げた研究の多くは，一般的な概念（例えば「家」と「船」）の融合を問題としている．このような処理もストーリーの創造性の基盤になると考えられるが，本研究は，ストーリーの具体的な内容を融合することに焦点を合わせる．その初歩的な試みとして，今回はストーリーの基本的な要素となる「事象」を融合する計算モデルを提案する．現状では，前述した既存の研究で示されている方法を参考にしている面も大きい．しかし，元の Conceptual Blending 理論[21]が示している例の多くは，具体的な状況やストーリーに相当する概念構造を扱っているため，ストーリーの融合を問題とすることは，Conceptual Blending の精緻化という点でも有意義であろう．

3. 事象融合の定式化

本稿で提案するモデルでは，事象融合を，二つの入力事象E_{L}とE_{R}を構造的に組み合わせて融合事象E_{B}を構成する処理として定式化する．

3.1 事象の表現

事象は，述語項構造ないし格フレーム[30]に相当する形で表現する．すなわち，動詞（的概念）と一つ以上の

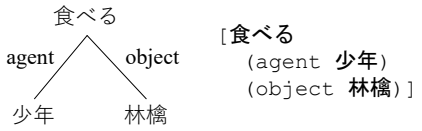


図 2 事象の構造

項(名詞的概念)を, 意味役割を明記して結合する形で, 事象を表す. 例えば,「少年が林檎を食べる」という意味の事象は図 2 のようになる.

以下では, ある事象E_xの動詞部をv_x, i 番目の項をe_i^xと表記する. 項e_i^xの意味役割(agent 等)を指す場合は$\mathrm{r}[e_i^x]$, 値(名詞的概念)を指す場合は$\mathrm{n}[e_i^x]$と表記する.

3.2 融合事象の基本要件

本研究はストーリーの創造性の根源的な原理に焦点を合わせるので, 何がストーリーの生成を方向付けるかについても, 具体的な目標や用途ではなく, 抽象的な水準で考える. Eppe ら[27]のように, Conceptual Blending の最適性基準[21]を参考にするという手段もあるが, まずはより広い観点から検討したい.

Boden [31]は, 創造性を端的に"the ability to generate novel, and valuable, ideas"と定義している. この定義にあるように,「新しさ」と「価値」が創造の基本的な条件になると考えられる. 新しさについては, Boden [31]の用語を使うと, 個人にとっての新しさ(psychological)と, 社会における歴史的な新しさ(historical)に分けられる. 一方, ストーリーの価値には, ストーリーを実行したり他者に伝えたりすることによって生じる社会的な価値と, 個体自身にとっての価値の両面がある. 例えば, 密林で暮らす中で, 新しくて効率的な狩猟方法を考案することは, 当の個体にとって有用であり, それを他者と共有すれば社会的な価値にもなる.

しかし, 新しさと価値は, 何れも時間的な文脈(社会的な時代背景や個体の発達過程)や, 用途に依存する面が大きい. そこで本研究では, これらをより原始的な水準へと抽象化し, 次の 2 つの要件を定める.

A) 差異: 入力事象に対する差異を生み出すことが「新しさ」の必要条件である.
B) 意味: 生成された事象が意味をなすことが「価値」の必要条件である.

これらをモデルの設計における基本的な指針とする.

なお, ここで「意味をなす」というのは, 現実世界において成立するか否かということではない. 例えば, [**食べる** (agent **林檎**) (object **少年**)]という事象は, 現実世界では起こり得ないが, 空想的な世界においては成立し得る. 一方, [**食べる** (agent **林檎**) (from **月**)]のような事象は意味をなしにくいだろう.

3.3 包括的空間と事象間マッピング

事象融合における主要な処理の一つは, 包括的空間を通して, 入力事象間に対応関係(マッピング)を構成することである.

Conceptual Blending 理論[21]における包括的空間は, 入力空間間を包括するカテゴリ的な語やフレーズにより表されている場合が多い(実際のところ, この理論には計算レベルで見ると曖昧な点が多くある). これを表面的に真似て, WordNet のような階層的語彙体系(シソーラス)を利用するという手段も考えられるが, 筆者は, 広い意味での類似に基づいて入力事象間に対応関係を構成することが包括的空間の基本的な役割であると解釈する.

提案モデルでは, 事象を構成する要素(概念)間の類似度を計算する仕組みの一つとして, 単語の分散表現モデルの一つである word2vec の skip-gram [32]をここに位置付ける. 加えて, 事象の述語項構造を構成する関係(意味役割)もまた, 要素間の類似を構成する要因の一つと見なせる. 以上の考えに基づいて, 入力事象間のマッピングを以下のように定義する.

まず, 事象間マッピングを, 動詞と項それぞれの 1 対 1 対応を表す集合とし,

$$M_{\mathrm{L,R}} = \{m_1, \ldots, m_n\} \tag{1}$$

と表す.

ここで, 二つの事象それぞれの動詞部は常に対になると仮定する. 項の対応関係は, 以下の類似度計算式に基づいて決める.

$$\begin{aligned}\mathrm{sim}\left(e_i^{\mathrm{L}}, e_j^{\mathrm{R}}\right) = \mathrm{match}\left(\mathrm{r}\left[e_i^{\mathrm{L}}\right], \mathrm{r}\left[e_j^{\mathrm{R}}\right]\right)\alpha \\ + \cos\left(\mathrm{n}\left[e_i^{\mathrm{L}}\right], \mathrm{n}\left[e_j^{\mathrm{R}}\right]\right)(1-\alpha)\end{aligned} \tag{2}$$

match( )は, 二つの項の意味役割が一致する場合 1, 不一致の場合 0 を取る. cos( )は, 項の値に対応する単語ベクトル間のコサイン類似度である. αはこれらの比重を決める係数であり, $0 \le \alpha \le 1$とする.

事象間マッピングにおいては, 上記の類似度がより高い項どうしを優先的に対応付け, 類似度が閾値β以下の項間は対にしないこととする. 対応する項が無い場合は空記号 ε と対にする.

例えば, E_{L}が[**ノックアウトする** (agent **ボクサー**

(1)) (counter-agent **ボクサー**(2))], E_Rが[**爆破する** (agent **兵隊**) (object **ビル**)]の場合の可能なマッピング$M_{L,R}$の一つは，{(**ノックアウトする，爆破する**)，(agent:**ボクサー**(1)，agent:**兵隊**)，(counter-agent:**ボクサー**(2)，ε)，(ε，object:**ビル**)}となる．重み係数αや閾値βの値によって，「ボクサー(2)」と「ビル」が対になる可能性もある．

3.4 事象融合のモード

本モデルでは，2.2 節で説明した 4 種類の統合ネットワークの中の，single-scope と double-scope に対応する融合方法を扱う．それぞれ SS 及び DS モードと呼ぶ．

以下に示される方法は，体系的な検討に基づくものではなく，single-scope と double-scope の各融合を具現化する方法を模索する過程で出来たものである．何れも数ある可能性の中の一つに過ぎない．

3.4.1 SS モード

SS モードでは，二つの入力事象に主従関係が付与される[2]．以下ではこれらを主事象，従事象と呼び分ける．図 3 にこの構造を例示する．このモードは，まず，主事象の述語項構造を融合事象に反映する．そして，事象間マッピングを通して，従事象の要素の一部を，主事象の要素と対にする形で融合事象に取り込む．その後，対になった単語を意味的に合成する．動詞部は，“v_d as-if-to v_s”（v_s するかのように v_d する）という直喩の形で合成する．ここで v_d は主事象の動詞，v_s は従事象の動詞を表す．項対の合成方法は DS モードと共通化されているため後の 3.5 節で説明する．

3.4.2 DS モード

DS モードでは，二つの入力事象をほぼ同等に扱い，二つの述語項構造を意味的に重ね合わせる形で組み合わせる．図 4 にこの構造を例示する．

動詞部は“v_1 by v_2”（v_2 することによって v_1 する）という形で合成される．このように合成すると，基本的に，v_2 が v_1 を行う「手段」となる．動詞の並べ方には，“v_L by v_R”（LR 形式）と“v_R by v_L”（RL 形式）の 2 通りがある．

融合事象の述語項構造は，二つの述語項構造を構造的に重ね合わせることによって新たに構成される．事象間マッピング（$M_{L,R}$）において，対になった項の意味役割に相違がある場合は，v_1 側の入力事象における意味役割が優先される．

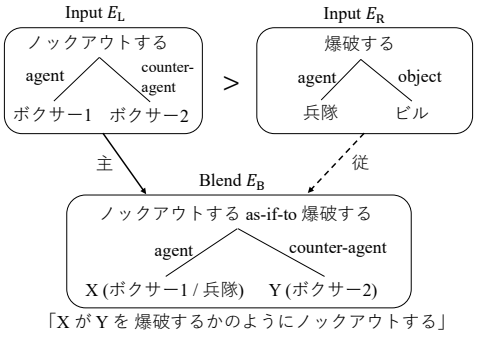


図 3 SS モードによる融合の例

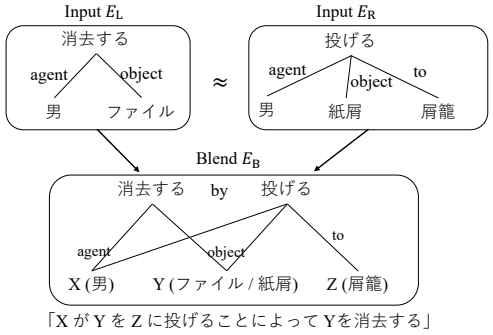


図 4 DS モードによる融合の例.

図 4 の融合事象は，$M_{L,R}$ = {(**消去する， 投げる**)，(agent:**男**， agent:**男**)， (object:**ファイル**，object:**紙屑**)，(ε，to:**屑籠**)}の時に構成される構造である．この融合事象の述語項構造は，[**消去する** by **投げる** (agent[1, 2] X) (object[1, 2] Y) (to[2] Z)]と表される（項の値は後述する合成処理により決まる）．意味役割の後の角括弧内の番号は，それがかかる動詞（v_1 と v_2）を表す．

3.5 対になった項の値の合成

3.4 節で述べた融合処理によって対になった項の値（単語）を合成する操作を 3 種類定義する．各操作は，単語対から可能な値の集合を返す．

最初の操作は，二つの単語 w_1 と w_2 の単純な組み合わせである．これは次のように定義される．

$$\sigma_c(w_1, w_2) = \begin{cases} \{(w_1), (w_2), (w_1, w_2)\}, & (w_1 \neq w_2) \\ \{(w_1)\}, & (w_1 = w_2) \end{cases} \quad (3)$$

融合事象において対になった項の値には，まずこの操作が適用されて，一方を取る場合と，両方を取る場合に

[2] 実はこの解釈には少し不十分な点がある．2.2 節で挙げた「ボクシング＋ビジネス」の例は，単純な主従関係ではなく，一方の構造（フレーム）に，他方の内容を当てはめるような形になっている．この部分は今後の研究で修正・拡張することになるだろう．

分岐する. 一方を取る場合は, それが融合事象における項の値となる. 両方の値を取る場合は, 二つの単語を直喩（σ_{simi}）または複合語（σ_{comp}）の形で意味的に合成する．これらの操作は次のように定義される.

$$\sigma_{\mathrm{simi}}(w_1, w_2) = \{(w_1 \text{ like } w_2), (w_2 \text{ like } w_1)\} \quad (4)$$

$$\sigma_{\mathrm{comp}}(w_1, w_2) = \{(w_1 w_2), (w_2 w_1)\} \quad (5)$$

全体として，二つの異なる単語の対には 6 パターンの合成がある．例えば，図 3 の agent 部分の可能な値は，{(ボクサー), (兵隊), (ボクサー like 兵隊), (兵隊 like ボクサー), (兵隊ボクサー), (ボクサー兵隊)}である.

4. 実装

以上の定式化に基づいて，事象融合の計算モデルを構築した．実装言語は Scala である．このモデルは，外部から与えられた二つの入力事象をもとに一つの融合事象を生成する．これらの事象は前述した述語項構造の形式で表されるが，テンプレートを用いた簡易的な文生成処理により，融合事象の文表現も出力される.

モデルは以下の設定項目に従って作動する.

- 融合モード: {SS, DS}
- SS モードにおける主事象: {L, R}
- DS モードにおける動詞順序: {LR, RL}
- 項の意味的合成方法: $\{\sigma_{\mathrm{simi}}, \sigma_{\mathrm{comp}}\}$
- 事象間マッピングの重み係数α及び閾値βの値.

これらを決めることで解空間が限定される．そして，入力事象に対する差異を基準とする選択を経て，最終的に一つの融合事象が生成される.

なお，本モデルは将来的な拡張を見据えて設計されているため，現段階では概念的または仕組み的に冗長に見える部分もあるだろう.

4.1 構造的図式

図 5 は，本モデルにおける事象融合を構造的に表した図式である．E_{L}とE_{R}は外部から与えられる入力事象である. 本モデルでは, 包括的空間に相当する構造は明示的に表現せずに，それを通して形成される事象間マッピング$M_{\mathrm{L,R}}$をもとに事象を融合する．$C_{\mathrm{L,R}}$は，融合の過程で作られる可能な組み合わせ構造の集合である．その中の一つを選択して最終的な融合事象E_{B}が構成される. この選択は, 入力事象に対する差異に基づいて行われる. この差異を計算する際にも, 入力事象と組み合わせ構造の間にマッピング$M_{c_i,\mathrm{L}}$及び$M_{c_i,\mathrm{R}}$が構成される.

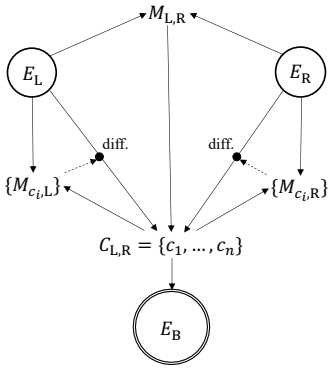


図 5 事象融合の構造的な図式

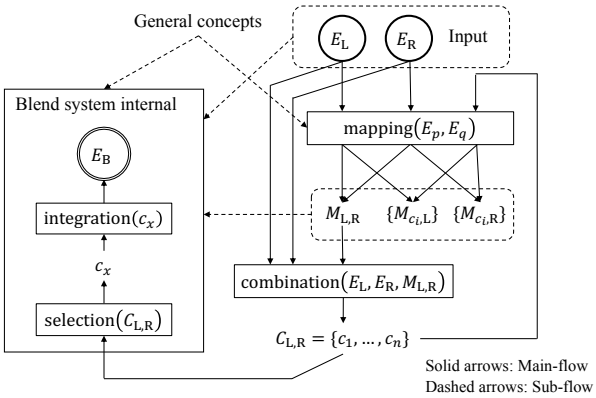


図 6 事象融合の処理の流れ

4.2 処理の流れ

事象融合の処理の流れは図 6 のようになっている．以下，手続きに沿って説明する.

(1) mapping$(E_{\mathrm{L}}, E_{\mathrm{R}})$: 入力事象間にマッピング$M_{\mathrm{L,R}}$を構成する.

(2) combination$(E_{\mathrm{L}}, E_{\mathrm{R}}, M_{\mathrm{L,R}})$: 入力事象間のマッピングに基づいて, 可能な組み合わせ構造の集合$C_{\mathrm{L,R}}$を構成する．この段階では，SS モードまたは DS モードによる述語項構造の融合（3.4 節）と，対になった項に対する単純選択操作（σ_{c}）が適用される.

(3) selection$(C_{\mathrm{L,R}})$: 組み合わせ構造の集合において，4.3 節で述べる基準により，入力事象対に対する差異が大きいものを一つ選択する.

(4) integration(c_x): 選択された構造の項部分で対になった単語を，3.5 節で述べた 2 種類の意味的合成方法, すなわち直喩（σ_{simi}）または複合語（σ_{comp}）の何れかの形で合成する．この結果が融合事象E_{B}となる.

図 6 中の general concepts（一般概念）は，skip-gram [32]により構築された単語のベクトル表現であり，mapping 処理における事象要素間の類似度計算（式 2）や，後述する差異の計算において使用される.

4.3 組み合わせ構造の選択基準

複数の組み合わせ構造の中からの選択 (selection) は，入力事象に対する差異に基づいて行われる．この計算方法を以下に説明する．

まず，組み合わせ構造c_iと一方の入力事象E_xの間の差異を，事象間マッピング$M_{c_i,x}$における各対の非類似度の平均とし，次のように定義する．

$$\mathrm{diff}(c_i, E_x) = \frac{1}{|M_{c_i,x}|}\sum_j \left(1 - \cos\left(\mathrm{n}\left[m_j^{c_i}\right], \mathrm{n}[m_j^x]\right)\mu_j\right) \quad (6)$$

$\mathrm{n}\left[m_j^{c_i}\right]$と$\mathrm{n}[m_j^x]$はそれぞれ，$M_{c_i,x}$における$j$番目の対における項の値または動詞を表し，$\cos(\,)$はこれらの単語間のコサインである．但し，一方が空（ε）の対は計算の対象外とする．μ_jについては以下で説明する．

式 6 において，c_i側の値（$\mathrm{n}\left[m_j^{c_i}\right]$）が二つの単語の組み合わせの場合は，特別に次のような処理がなされる．まず，二つの単語ベクトルの重心をその値のベクトルと見なす．しかし，二つの単語の重心ベクトルは，元の二つの単語両方との類似度が高くなる傾向がある（例えば，「兵隊+ボクサー」は，「兵隊」と「ボクサー」両方に似ている）．そのため，重心ベクトルによる類似度をそのまま用いると，単語の組み合わせにより生じる意味的な変化が差異の値に反映されない．そこで，似ていない単語が組み合わせられる程，新たな意味が生じて入力事象に対する差異が大きくなると仮定し，式 6 における各対の類似度（cos）にかかる係数μ_jを次のように定義する．

$$\mu_j = \begin{cases} 1, & \left(\left|\mathrm{n}\left[m_j^{c_i}\right]\right| = 1\right) \\ \cos\left(\mathrm{n}_1\left[m_j^{c_i}\right], \mathrm{n}_2\left[m_j^{c_i}\right]\right), & \left(\left|\mathrm{n}\left[m_j^{c_i}\right]\right| = 2\right) \end{cases} \quad (7)$$

この値が小さい程，差異の値が大きくなる．

selection 処理では，$\mathrm{diff}(c_i, E_\mathrm{L})$と$\mathrm{diff}(c_i, E_\mathrm{R})$の合計が上位 20%に入るものの中から，乱数により一つが選択される．この 20%という値に深い意味はないため，任意の値に変更してもよい．

5. 人による事象融合との比較

モデルの創造性の程度や性質を検証するための実験を行った．この実験は，何らかの仮説を検証することではなく，人との比較を通して相対的にモデルの性質を分析することを意図したものである．

表 1 実験用の入力事象対

	E_L	E_R
P1	学生が教授を論破する [論破する (agent 学生) (counter-agent 教授)]	ボクサー1がボクサー2をノックアウトする [ノックアウト (agent ボクサー(1)) (counter-agent ボクサー(2))]
P2	男が女にキスする [キスする (agent 男) (counter-agent 女)]	兵隊がビルを爆破する [爆破する (agent 兵隊) (object ビル)]
P3	未亡人が外国に旅立つ [旅立つ (agent 未亡人) (to 外国)]	栗鼠（りす）が団栗（どんぐり）を探す [探す (agent 栗鼠) (object 団栗)]
P4	老人がファイルを消去する [消去 (agent 老人) (object ファイル)]	秘書が紙屑（かみくず）を屑籠（くずかご）に投げる [投げる (agent 秘書) (object 紙屑) (to 屑籠)]
P5	警官がパトカーを運転する [運転 (agent 警官) (object パトカー)]	白熊が海豹（あざらし）を追う [追う (agent 白熊) (counter-agent 海豹)]
P6	忍者が城に忍び込む [忍び込む (agent 忍者) (to 城)]	医者が国王を診察する [診察 (agent 医者) (counter-agent 国王)]

5.1 方法

表 1 に示す 6 対の入力事象を用意した．作成者は筆者であり，本モデルの仕組みを考慮して作られている点には留意が必要である．これらの事象対を用いて，計算モデルによる融合事象と，同様の状況で人により作成された融合事象を比較するアンケート調査を行った．

5.1.1 モデルによる融合

計算モデルに表 1 に示した 6 つの入力事象対を与えて，それぞれから 2 つ，合計 12 個の融合事象を用意した．その一覧を表 2 の融合事象 C 欄に示す．入力事象対 P1–3 には SS モード，P4–6 には DS モードを適用する．各入力事象対について，SS モードにおいては，主事象がE_Lの場合とE_Rの場合の 2 通り，DS モードにおいては動詞の並びが LR 形式の場合と RL 形式の場合の 2 通りの出力を用意した．それぞれについて，6 回生成を行い，その結果の中から筆者が一つを選抜した．なお，6 回のうちの 3 回は項の意味的合成に直喩（σ_simi）を用い，残りの 3 回は複合語（σ_comp）を用いた．事象間マッピングにおけるパラメータは，経験的に，入力事象間（$M_{\mathrm{L,R}}$）においては$\alpha = 0.2, \beta = 0.2$，入力事象と組み合わせ構造の間（$M_{c_i,\mathrm{L}}$と$M_{c_i,\mathrm{R}}$）においては$\alpha = 0.9, \beta = 0.0$とした．

5.1.2 人による融合

人による融合事象は，情報工学系の大学生 4 名により作成された．各作成者には，表 1 に示した 6 対の入力事象（文）が示されたカードが渡され，それぞれにつ

いて，「二つの事象文の“意味”をクリエイティブに融合して新しい事象文（1 文）を創ること」及び「なるべく平易な文体で書くこと」が指示される．一人あたりの所要時間は概ね 15 分であった．各事象対について合計 4 つの融合事象が得られるため，その中から筆者が面白いと思うもの 2 つを選抜し，前述した計算モデルによる 12 個の融合事象と組にした．人による融合事象は表 2 の融合事象 H 欄に示されている．

5.1.3 アンケート

以上の方法で作成された12組の比較データを用いて，アンケート調査を行った．回答者には，元になっている入力事象対と，比較対象である二つの融合事象文が「2 つの事象の意味を混ぜ合わせて新しい事象を作るという課題の答え」であることが伝えられる．この時，作成者に関する情報は示されない．コンピュータによる出力があることも明示されないが，実験の趣旨として，人工知能研究に関する調査であることは伝えられる．

回答者は，各組について次の3つの質問に回答する．

Q1. どちらがよりクリエイティブですか？（一方または引分を選択）

Q2. それぞれについて，どのくらいクリエイティブかを 7 段階で採点してください．（1〜7 点）

Q3. それぞれについて，文の意味が通りますか？（はい／いいえ）

Q1 と Q2 は創造性の程度を総合的に測るための質問であり，「クリエイティブ」をどのように解釈するかは個々の回答者に委ねる．Q3 は，3.2 節で述べた「意味」の要件に対応する質問である．

回答の制限時間は 15 分とした．融合事象の提示順序が回答に影響を与える可能性があると考え，約半数の回答者には No.1 から 12 という順序で，残る半数にはその逆順で提示した．

5.2 結果と考察

上記アンケートの回答を45名の大学生（情報工学部，18〜23 歳の男女）から集めた．各質問項目の結果を表 2 にまとめる．全体として，人による融合事象が，何れの質問項目においても，モデルを上回っている．しかしながら，Q1（勝数）や Q2（創造性の点数）においてはモデルと人の間に大きな差は見られない．また，いくつかの組（No. 2, 4, 6, 7）においては，Q1 及び Q2 の値においてモデルが人を上回っている．

モデルが人を上回った組を見ると，モデルの出力が他の組よりも面白かったというよりも，人側の融合事象が簡素である場合が多いようである．人工知能の立場から見ると，例えば，表 1 の P3 から「未亡人が仕事を探す」（表 2，No. 6）という事象を作ることにも，かなり高度な認知が介在しているように思われるが，人の評定はあまり高くなかったようである．

一方，文の意味が通るかどうかを問う Q3 については，モデル側，特に DS モード（No. 7–12）において低い値となっている．DS モードは比較的複雑な構造を生成するため，簡易的な文生成処理がその意味を適切に表現できていないという問題もあるだろう．しかし，意味が通らないことが，必ずしも創造性の勝数（Q1）や点数（Q2）を下げる要因にはなっていないようである．人は，不手際のあるアイディアにも面白さや奇抜さを見出すことができるということだろう．また，奇抜なアイディアの意味が解釈困難であることも珍しくない．筆者としては，表 2 の融合事象の中に，全く意味を成さないものはないと考えている．

しかし，ここで一つ問題になるのは，今回の実験状況において，人が融合事象文を解釈すること自体に，創造的ないし想像的な認知が介在するという点である．例えば，モデルによる融合事象 No. 9（表 2）は，「警官白熊が、海豹を追うことによって、パトカーを運転する」である．これは，白熊（の警官）が普通に車を運転するのではなく，海豹を追うような行為をすることによって車が走る，という状況を想像すれば意味が成り立つ．車中で白熊が海豹を追うという状況は想像しにくいかも知れないが，どこか広い所で白熊が海豹を追うと車が遠隔操作されるとか，車中の白熊が VR 空間において海豹を追うと車が走る，などという状況は想像できる．人は，このように想像力を駆使して融合事象文の意味を解釈することができる．モデルによる融合事象 No. 8 や 11 も，解釈を広げれば意味をなすだろう．しかし，事象融合は認知システムの内的な動きとして位置付けられるため，上記のような意味も含めて，まとまりのある事象ないしストーリーが生成されるべきである．Conceptual Blending 理論[21]においては，融合を通して新たに生じる構造のことを創発的構造と呼んでいる．上の例はやや極端かも知れないが，このような創発的な生成の仕組みについては，今後さらなる検討が必要である．

次に，計算モデルと人の間の質的な違いに着目する．計算モデルによる融合方法は，大きく分けて 2 種類（SS と DS）に決まっているため，複数の出力を並べると，形式的に単調な印象を受けるだろう．一方，人はより多

表 2 計算モデルによる融合事象と人による融合事象の比較結果

No. [入力]	融合事象（文） C: 計算モデル [動作設定]	融合事象（文） H: 人 [作成者 ID]	Q1. 勝数: C–H [引分]	Q2. 平均点 [SD] C	Q2. 平均点 [SD] H	Q3. “はい”の割合 (%) C	Q3. “はい”の割合 (%) H
1 [P1]	学生が、ボクサーのような教授を、ノックアウトするかのように論破する。[by SS(L, Simi)]	教授は学生に言葉という暴力でノックアウトされた。[by H1]	16–**22** [7]	4.49 [1.56]	**4.67** [1.63]	80.0	**97.8**
2 [P1]	学生ボクサーが、教授ボクサーを、論破するかのようにノックアウトする。[by SS(R, Simi)]	ボクサー1 が世界王者をノックアウトする。[by H3]	**31**–12 [1]	**4.67** [1.79]	3.33 [1.88]	68.9	**100.0**
3 [P2]	兵隊のような男が、女に、爆破するようにキスする。[by SS(L, Simi)]	兵隊がキスしている男女を爆破する。[by H3]	16–**21** [8]	4.84 [1.70]	**5.04** [1.76]	79.5	**97.8**
4 [P2]	男兵隊が、キスするかのようにビルを爆破する。[by SS(R, Simi)]	兵隊がビルの中にいた女にキスすると、ビルが爆破した。[by H2]	**24**–15 [6]	**5.30** [1.58]	4.64 [1.71]	72.7	**97.8**
5 [P3]	栗鼠未亡人が、外国へ旅立つ。[by SS(L, Simi)]	栗鼠の顔をした未亡人が団栗を探すために外国に旅立つ。[by H4]	7–**25** [13]	3.44 [1.53]	**4.62** [1.51]	55.6	**93.3**
6 [P3]	未亡人のような栗鼠が、団栗を、旅立つように探す。[by SS(R, Comp)]	未亡人が仕事を探す。[by H3]	**27**–14 [4]	**4.20** [1.78]	3.11 [1.98]	48.9	**100.0**
7 [P4]	老人のような秘書が、紙屑のようなファイルを、屑籠へ投げることによって、消去する。[by DS(LR, Simi)]	執事がファイルを消去する。[by H3]	**25**–12 [7]	**4.40** [1.57]	3.56 [1.76]	91.1	**100.0**
8 [P4]	秘書老人が、ファイル紙屑を、消去することによって、屑籠へ投げる。[by DS(RL, Comp)]	年老いた秘書がくずかごにファイルを投げる。[by H4]	16–**19** [10]	3.80 [1.86]	**3.82** [1.73]	15.6	**95.3**
9 [P5]	警官白熊が、海豹を追うことによって、パトカーを運転する。[by DS(LR, Comp)]	警官が海豹を運転する。[by H4]	9–**22** [13]	4.05 [1.80]	**4.89** [1.80]	28.9	**55.6**
10 [P5]	警官のような白熊が、パトカーを運転することによって、海豹を追う。[by DS(RL, Simi)]	白熊の警官がパトカーに乗って犯人の海豹を追う。[by H1]	11–**23** [11]	4.20 [1.64]	**5.07** [1.24]	71.1	**93.2**
11 [P6]	忍者のような医者が、国王のような城を診察することによって、(城に) 忍び込む。[by DS(LR, Simi)]	忍者が医者のふりをして、城に忍び込み国王を診察するふりをして暗殺した。[by H2]	14–**28** [3]	3.98 [2.03]	**4.91** [1.95]	20.0	**100.0**
12 [P6]	医者のような忍者が、城のような国王に、忍び込むことによって、(国王を) 診察する。[by DS(RL, Simi)]	城に忍び込んだ医者が忍者を診察する。[by H4]	19–19 [7]	**4.27** [1.97]	4.22 [1.70]	40.0	**92.9**
Total			215–**232** [90]	4.30	**4.32**	56.0	**93.6**

様な形で事象を混ぜ合わせているように見える．例えば，人による融合事象 No. 5（表 2）は，「栗鼠の顔をした未亡人が団栗を探すために外国に旅立つ」である．この文からは，身体（栗鼠の顔をした未亡人）や目的（団栗を探すために旅立つ）の合成操作が読み取れる．このような事例に特化した融合方法を定式化することはできるかも知れないが，状況（入力事象対）に応じて柔軟に多様な構造を生み出すためには，与えられた入力事象だけを見て処理を行うという現在の枠組みでは不十分である．前述した創発的構造の問題にも通じるが，二つの事象の融合という比較的原始的な動きであっても，記憶や常識（に相当する何らかの仕組み）を含む認知システムの総合的な働きとして扱う必要がある．

6. まとめと展望

本稿では，二つの事象を構造的に組み合わせて新しい事象を構成する事象融合の計算モデルを提案した．人による事象融合との比較を通して，提案モデルによる創造的な事象生成の可能性を多少は示すことができたものの，モデルに含まれる処理はまだ限定的である．今後取り組むべき主な問題を以下に挙げる．

SS モードの融合方法（比喩的な合成）は比較的一般的であると思われるが，DS モードの融合方法（述語項構造の手段的な重ね合わせ）はやや特殊かも知れない．新しい構造を作って融合するという問題は，入力事象間の直接的な組み合わせという枠を超えて，より総合的な認知プロセスとして考えるべきだろう．この問題は，5.2 節で述べたように，創発的構造を生み出す仕組みにも関連する．その他，simplex 及び mirror ネットワークに相当する融合方法も検討中である．

現在のモデルでは，入力事象対に対する差異を，生成の基本的な駆動力としている．この差異の計算をより質的なものにすることも課題の一つである．この点については，Conceptual Blending の最適性基準[21, 27]が参

考になるかも知れない.

事象融合は認知システムの内部に位置付けられるため, 入力事象対を外部から受け取るだけではなく, 自らそれを形成することもできなければならない. これについては, 多数のストーリー (記憶) の中から, 創造的な融合が生じるような事象 (ストーリー) どうしを自動的に関連付ける仕組みが主な問題となる.

事象融合からストーリー融合への拡張の道筋の一つとして, 事象融合による局所的な処理がストーリーの全体構造に波及するような仕組みを考えていく予定である. これもまた創発的構造に関わる問題である.

本研究の主目的は, 認知システムにおけるストーリー生成の原理を探求することであるが, Conceptual Blending 理論の計算モデル化としての側面もある. 現時点では, Conceptual Blending の計算モデルとしての新奇性や貢献は十分に明確化されていないため, 他の研究との理論的な関連付けや比較を通してそれを明確にしていくことも今後の課題の一つとしたい.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18K18344 の支援を受けた.

参考文献

[1] Schank. R. C., & Abelson, R. P. (1977). *Scripts, plans, goals, and understanding: An inquiry into human knowledge structures*. Lawrence Erlbaum.
[2] Schank, R. C. (1982). *Dynamic memory: A theory of reminding and learning in computers and people*. Cambridge University Press. (黒川 利明・黒川 容子 (訳) (1988). ダイナミック・メモリ. 近代科学社)
[3] Schank, R. C. (1990). *Tell me a story: Narrative and intelligence*. Northwestern University Press. (長尾 確, 長尾 加寿恵 (訳) (1996). 人はなぜ話すのか. 白揚社)
[4] Winston, P. H. (2012). The right way. *Advances in Cognitive Systems*, 1, 23-36.
[5] 岡田 直之 (2009). 脳に宿る心―認知科学・人工知能から神秘の世界に迫る. オーム社.
[6] Ogata, T. (2016). Computational and cognitive approaches to narratology from the perspective of narrative generation. In T. Ogata, & T. Akimoto (Eds.), *Computational and Cognitive Approaches to Narratology* (pp. 1-74). IGI Global.
[7] Akimoto, T. (2018). Stories as mental representations of an agent's subjective world: A structural overview. *Biologically Inspired Cognitive Architectures*, 25, 107-112.
[8] Akimoto, T. (2019). Narrative structure in the mind: Translating Genette's narrative discourse theory into a cognitive system. *Cognitive Systems Research*, 58, 342-350.
[9] 秋元 泰介 (2019). 世界をストーリーとして表象する Cogmic Space のコンセプト. 第 63 回ことば工学研究会資料 (pp. 83-101).
[10] Meehan, J. R. (1980). *The metanovel: Writing stories by computer*. Garland Publishing.
[11] Riedl, M. O., & Young, R. M. (2010). Narrative planning: Balancing plot and character. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 39, 217-267.
[12] Pemberton, L. (1989). A modular approach to story generation. *Proc. 4th Conference on European Chapter of the Association for Computational Linguistics* (pp. 217-224).
[13] Bringsjord, S., & Ferrucci, D. A. (1999). *Artificial intelligence and literary creativity: Inside the mind of BRUTUS, a storytelling machine*. Lawrence Erlbaum.
[14] Turner, S. R. (1994). *The creative process: A computer model of storytelling and creativity*. Lawrence Erlbaum.
[15] Ontañón, S., & Zhu, J. (2011). The SAM algorithm for analogy-based story generation. *Proc. 7th AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment* (pp. 67-72).
[16] Gervás, P. (2016). Computational drafting of plot structures for Russian folk tales. *Cognitive Computation*, 8, 187-203.
[17] 小方 孝 (2007). プロップから物語内容の修辞学へ―解体と再構成の修辞を中心として. 認知科学, 14, 532-558
[18] Fan, A., Lewis, M., & Dauphin, Y. (2018). Hierarchical neural story generation. *Proc. 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (Vol. 1, pp. 889-898).
[19] McIntyre, N., & Lapata, M. (2009). Learning to tell tales: A data-driven approach to story generation. *Proc. Joint Conference of the 47th ACL and IJCNLP* (pp. 217-225).
[20] Pérez y Pérez, R., & Sharples, M. (2001). MEXICA: A computer model of a cognitive account of creative writing. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 13, 119-139.
[21] Fauconnier, G., & Turner, M. (2002). *The way we think: Conceptual blending and the mind's hidden complexities*. Basic Books.
[22] Akimoto, T. (2019). Theoretical framework for computational story blending: From a cognitive system perspective. *Proc. 10th International Conference on Computational Creativity* (pp. 49-56).
[23] Gentner, D., & Forbus, K. D. (2011). Computational models of analogy. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2, 266-276.
[24] Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1995). *Mental leaps: Analogy in creative thought*. MIT Press. (鈴木 宏昭・河原 哲雄 (監訳) (1998). アナロジーの力. 新曜社.)
[25] Goguen, J. A., & Harrell, D. F. (2010). Style: A computational and conceptual blending-based approach. In S. Argamon, K. Burns, & S. Dubnov (Eds.), *The structure of style* (pp. 147-170). Springer-Verlag.
[26] Confalonieri, R., Pease, A., Schorlemmer, M., Besold, T. R., Kutz, O., Maclean, E., & Kaliakatsos-Papakostas, M. (Eds.) (2018). *Concept invention: Foundations, implementation, social aspects and applications*. Springer.
[27] Eppe, M., Maclean, E., Confalonieri, R., Kutz, O., Schorlemmer, M., Plaza, E., & Kühnberger, K. U. (2018). A computational framework for conceptual blending. *Artificial Intelligence*, 256, 105-129.
[28] Ontañón, S., & Plaza, E. (2010). Amalgams: A formal approach for combining multiple case solutions. *LNCS 6176* (pp. 257-271). Springer.
[29] Hedblom, M. M., Kutz, O., & Neuhaus, F. (2016). Image schemas in computational conceptual blending. *Cognitive Systems Research*, 39, 42-57.
[30] Fillmore, C. J. (1969). Toward a modern theory of case. In D. A. Reidel & S. A. Schane (Eds.), *Modern studies in English* (pp. 361-375). Prentice-Hall.
[31] Boden, M. A. (2009). Computer models of creativity. *AI Magazine*, 30(3), 23-34.
[32] Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality. *Proc. 26th international conference on neural information processing Systems* (pp. 3111-3119).

歩行者が街中でナビゲーションを行った時に見られる視線：道に迷う人と迷わない人の視線の違い
Gaze pattern characteristics during way-finding in real world

中澤 剛[†], 野中 哲士[‡]
Go Nakazawa, Tetsushi Nonaka
[†]神戸大学大学院, [‡]神戸大学大学院
Graduate School of Human Development and Environment,
Kobe University
194d105d@stu.kobe-u.ac.jp

概要
人が目的地までの経路をナビゲートする時, 近道を発見し目的地に短距離で到着する人と,近道を発見せず回り道で到達してしまう人に分かれる. 今回の研究では, 其々のパターンに見られる視線を計測した。この計測データから, 近道を発見する人がナビゲーション中に見せる視線の動きと, 遠回りをする人がナビゲーション中に見せる視線の動きの違いを分析する.

キーワード：ナビゲーション, Way finding, 探索行動, 視線計測

1. はじめに

人が街中を歩く時, 道に迷いやすい人と迷わない人がいる. さらに, 街が大都会のような複雑なエリアであればあるほど, 人は道に迷い易くなる. この問題を解決する為に, これまでは地図アプリを代表とするナビゲーションツールが開発されてきた. そして昨今は技術発展が著しく, AR(Augmented Reality)や MR(Mixed Reality)を使った新しい形式のナビゲーションツールが登場し始めている.これらの技術は, 実世界に CG で道標や目印を表示する事で歩行者を目的地まで誘導する. この形式のナビゲーションツールがユーザーに使い易い体験を提供する為には, 歩行者が歩行中に見ている場所や視線の動きを明確にする必要がある.

そこで今回は JR 大阪駅周辺のおよそ 800m 四方のエリアで歩行ナビゲーション実験を行い, 視線の動きを計測した. そこから回り道をした歩行者が道に迷ったポイントで見せた視線の動きと, 近道をした歩行者が道に迷ったポイントで見せた視線の動きの差を分析した.

また, 近道を発見や人のナビゲーションシステムに関する既存の研究は VR 空間で行われたものが多く[1][2][3], 現時点では実世界での研究が少ない. そこで今回の実験では, 実世界でかつ迷い易い都市の駅周辺を実験場所に設定した.

2. 実験方法

Foo et al (2005) の実験方法を参考にした.実験場所は大阪駅周辺エリア(約 800m 四方)で,「Home 地点」「Start 地点」「Goal 地点」を設定し, 被験者には「Start 地点」から「Goal 地点」へ歩いてもらった.ナビゲーションは以下の手順で行った.

1. ランドマークとして機能する大阪駅付近を「Home 地点」とし, そこを起点にして北側へ一辺およそ 300m の正三角形を描き, 左側の頂点を「Start 地点」, 右側の頂点を「Goal 地点」と定める.
2. 被験者には実験前に,「Home 地点」→「Goal 地点」→「Home 地点」→「Start 地点」の順で案内する.
3. 「Start 地点」に到着したら被験者に視線計測機と GPS を装着し,「Goal 地点」まで歩いてもらう.
4. 被検者が「Start 地点」→「Goal 地点」まで歩いた距離と時間を基に, 目的地に短距離で到着した群と長距離で到達した群に分類する. 歩行距離が被験者全体の歩行距離の平均値より短かった被験者は短距離で到達した群, 長かった被験者は長距離で到達した群に分類した.
5. 各被験者の視線計測データから, 歩行中に迷った地点を定義する. 迷った地点を定義する際, 以下の基準を設けた.

   - 立ち止まった地点
   - 歩行速度が約 0.6km/h 減速した地点
   - 引き返した地点

   但し, 信号や人混み等の立ち止まらざるを得ない地点や減速せざるを得ない地点は迷い地点から除いた. 今回の実験では確認した迷った地点

の個数は，短距離で到達した群が平均３地点，長距離で到達した群が平均 5.5 地点だった．

6. それぞれの群から，道に迷った地点周辺で見せる視線にどんな差があるかを分析する．

図１　実験エリア

それぞれの迷った地点における固視ポイントを分類し，頻度を算出する．今後はより詳細な分析を進めていく．

3.　実験結果

実験には 8 名の被験者が参加した．,ナビゲーションにかかった最長の時間は 27 分 28 秒で，最短の時間は 10:20 だった．ナビゲーションにかかった最長の歩行距離は 1622m で，最短の歩行距離は 767m だった．また，被験者が信号待ちなどで停止していた時間を省いた，移動に要した時間(表 1)も算出した．

表１　被験者の歩行距離と歩行時間

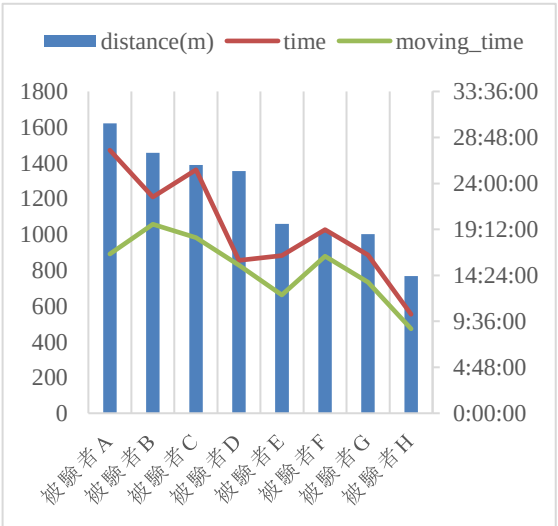


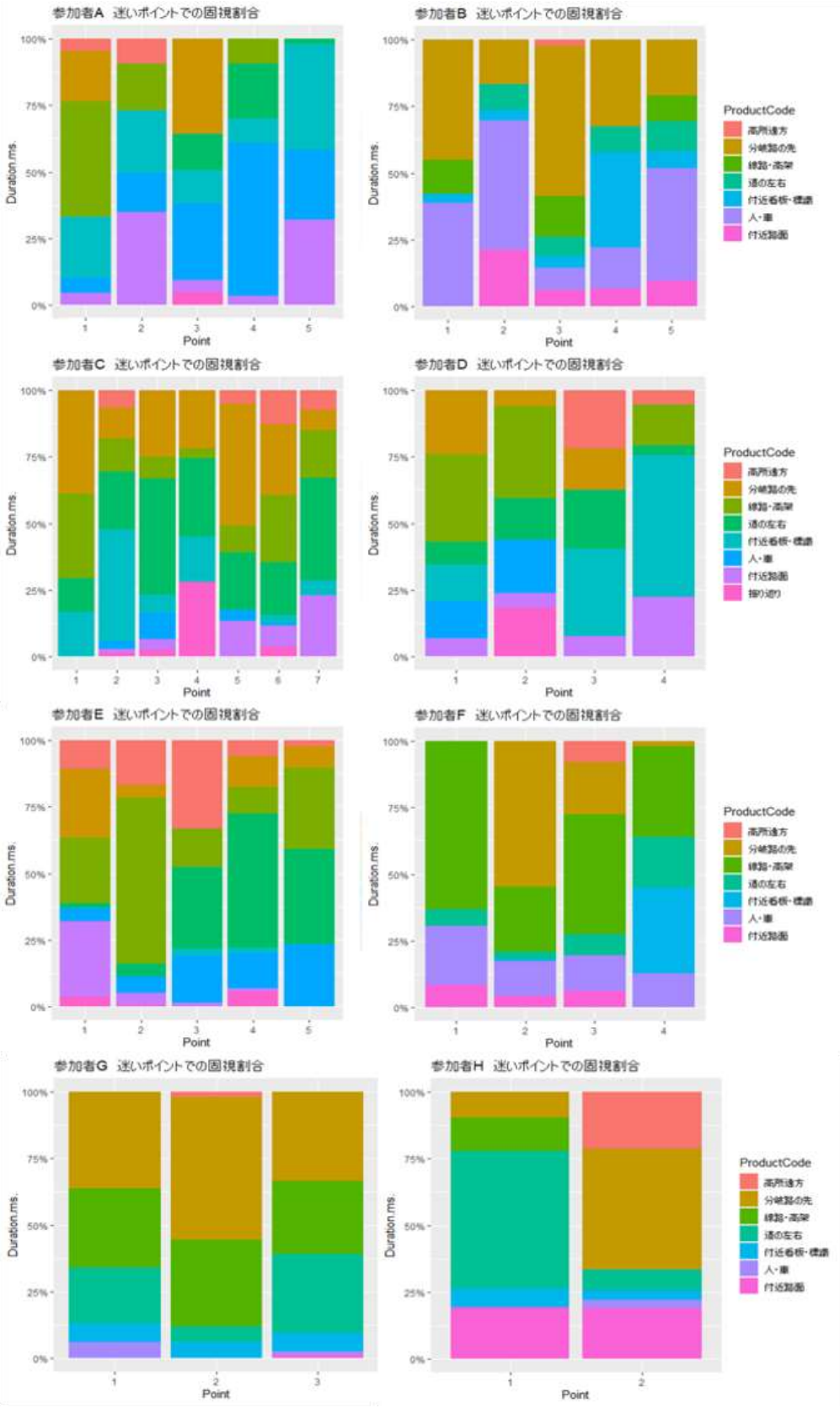
図２　被験者の歩行経路

また、迷った地点での視線計測では，固視ポイントに以下のいずれかのタグを付与した．

- 高い所にある遠方のランドマーク（ビル・タワー等)
- 線路，高速道路，高架橋
- 道の左右の建物（壁面）
- 近い看板，標識，ショーウィンドウ
- 遠い看板，標識，ショーウィンドウ
- ヒト，車など
- 付近の地面
- 正面
- 振り返り
- 分岐路の先

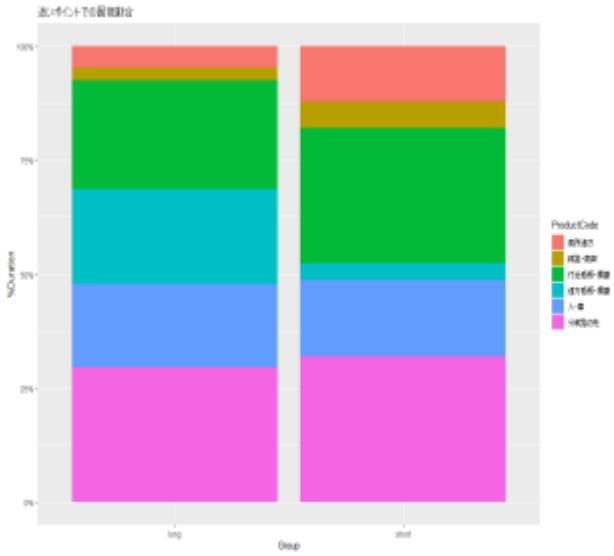
被験者８名の各迷ったポイントにおける固視ポイント割合を示した(表 2)．８名の各被験者を識別する為に A~H までのアルファベットを付与すると，各被験者が実験中に迷った地点の数は，順に 5 か所，5 か所，7 か所，4 か所，5 か所，4 か所，3 か所，2 か所である．表 2 の棒グラフの数が被験者の迷った地点の数にあたる．また表 2 では固視ポイントから「道の左右の建物（壁面)」「付近の地面」「正面」「振り返り」を場外する事で，意図的に見た標的のみに限定した．

表２　被験者が迷った地点の固視ポイント割合



次に，被験者を「目的地まで長距離かけて到着したグループ」（以下「長距離グループ」）と「目的地まで短距離で到着したグループ」（以下「短距離グループ」）にグループ分けして，2 グループ間の固視ポイント割合を比較した（表 3）．グループ分けは，被験者の歩行距離が平均以上の被験者を「長距離グループ」，歩行距離が平均以下の被験者を「短距離グループ」に分類した．

表 3　「長距離」「短距離」グループ別
迷った地点の固視ポイント割合



「長距離グループ」は，看板・標識を比較的多く見ていることが分かった．特に遠方にある看板・標識を「短距離グループ」より多く見ていることが分かった．

「短距離グループ」は，高所遠方と線路・高架を比較的多く見ていることが分かった．

次に PERMANOVA を用いて「長距離グループ」「短距離グループ」の間で迷ったポイントの割合の分布に差があるかについての検定を行った．

その結果，Pr(>F) = 0.04729 であった．Pr(>F)が 0.05 未満なので，グループ内の視線割合の変動よりも，グループ間の視線割合の変動の方が大きいことが示された．つまりグループ間の視線割合には統計的に有意な差があることが分った．

4.　考察

本研究では，大阪駅周辺の 800m 四方のエリアで，人が目的地までの経路をナビゲートする時の視線データと GPS データを計測し，「短距離グループ」と「長距離グループ」が迷ったポイントで見た対象の割合を比較した．

その結果，長距離グループは看板・標識，を比較的多く見ていることが分かり，「短距離グループ」は高所遠方と線路・高架を比較的多く見ていることが分かった．

「短距離グループ」に分類された 4 名の被験者は全員近道を発見し近道を進むことが出来た一方で，「長距離グループ」に分類された被験者 4 名のうち 3 名は近道を発見することが出来ず，実験前に案内した経路に沿ったナビゲーションを行った．

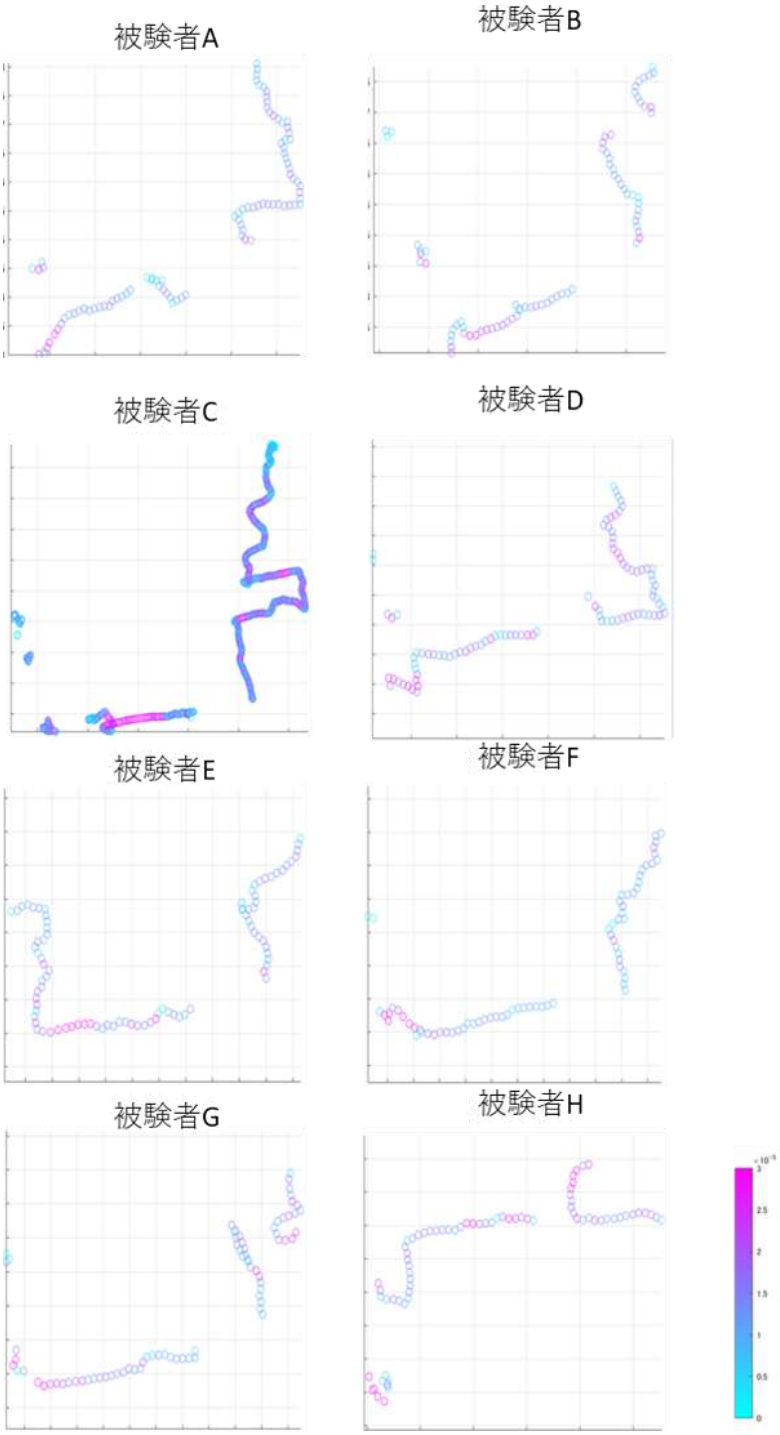
「短距離グループ」が近道を発見できた考察として，高所遠方と線路・高架を比較的多く見ている事に起因していると考える．これらを活用すると実験エリアを大きな枠で捉えることが出来る可能性があるからだ．例えば高層ビル等の高所遠方は，自分の位置と進んだ距離を把握する為に有効なランドマークである．また線路・高架は不変で安定しているので，進行方向を確認する為に有効である．これらのランドマークを活用してナビゲーションを行った結果，実験のスタート地点からゴール地点までの方角と距離感を把握しやすくなり，実験前に案内された遠回りの経路を使わずに近道を発見することが出来たのだと考えられる．

一方，「長距離グループ」は看板・標識を比較的多く見ていたことから，身近にある手掛かりを道標としてナビゲーションに活用していた事が考えられる．

また，「長距離グループ」は「短距離グループ」と比較して道に迷ったポイントの数も多かった。「長距離グループ」の迷いポイントは平均 5.23 回で，「短距離グループ」は平均 3.5 回だった．迷いポイントが多くなった理由は，「長距離グループ」よりも多くの道標を記憶する必要があり，それが困難だからだと考える．「長距離グループ」がナビゲーションに活用していた看板・標識は，「短距離グループ」がナビゲーションに活用していた線路・高架，高所遠方よりも実験エリアに沢山存在する．また，似ている物も多く点在しているので，沢山の道標を正確に記憶する必要がある．本実験での「長距離グループ」の平均歩行距離は約 1400m なので，その道のりに在る道標を記憶するのは負担が大きかったのではないかと考察できる．

本実験は大阪駅周辺で行った為，様々なランドマークを活用してナビゲーションを行うことが出来た．今後は，様々な環境下で何をランドマークとして活用すると効率的なナビゲーションを実現できるかを検討する必要がある．また本実験では GPS を活用したが，実験中に被験者が屋内に入った時の GPS データは得られなかった（表 4）．駅構内やビル内などの環境下でのナビゲーション戦略も屋外とは異なることが予想できる．よって構内での実験も今後検討する必要がある．

表 4　被験者の GPS データのプロット



文献

[1] Foo, P., Warren, W.H., Duchon, A., & Tarr, M.J. (2005). “Do Humans Integrate Routes Into a Cognitive Map? Map- Versus Landmark-Based Navigation of Novel Shortcuts”, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition,* 31,(2), 195-215.

[2] Zhao, M., & William H. Warren, W.H. (2015). “How You Get There From Here: Interaction of Visual Landmarks and Path Integration in Human Navigation”, *Psychological Science,* 26(6), 915 – 924.

[3] Warren, W.H. (2019) “Non-Euclidean navigation”, *Journal of Experimental Psychology,* 222, jeb187971. doi:10.1242/jeb.187971

周辺視における仮想的運動情報がフランカー効果に与える影響
Effects of peripheral motion information on the flanker task.

小田切 史士[†]，中山 真嘉[‡]，鈴木宏昭[§]
Hitoshi Otagiri, Mahiro Nakayama, Hiroaki Suzuki
[†]青山学院大学社会情報学研究科，[‡]青山学院大学教育人間科学部，[§]青山学院大学
Graduate School of Social Informatics, College of Education, Psychology and Human Sciences, Aoyama Gakuin University
h.otagiri0128@gmail.com

Abstract
人間の視覚は中心視と周辺視に分かれ，中心視から離れると共に視力は低下することが知られている．そのため，注意を向けていない遠くの刺激は処理できないと考えられる．一方，注意を向けていないとしても，周囲の情報を潜在的には処理していることも知られている．本研究は，ターゲット刺激とその処理に影響を及ぼす周辺刺激との距離を操作した時に，視覚処理が無意識に働くのかについて，フランカー課題と線運動錯視を用いて検討を行った．その結果，刺激間の距離がある程度離れた場合でも線運動錯視は生じ、動的情報ならそれが主観的なものであっても，人間の無意識は処理可能なことが示唆された．

Keywords — attention, peripheral vision, flanker task, illusory line motion.

1. はじめに
人間は注意を向けていない周辺情報であっても，潜在的には処理していることが知られている．例えばEriksen & Eriksen [1] らは実験参加者に周辺に提示されたアルファベットは無視した上で，文字列の中心のアルファベットに対応するキーを入力することを求めた．その結果，入力するキーが周辺と一致している場合よりも，一致しない場合の反応速度が遅くなることが示された．この結果はフランカー効果と呼ばれ，アルファベットに限らずガボールパッチの向き [2] など様々な刺激を用いて再現性が確認されている．

しかし周辺情報と対象との距離が離れている場合でも，人間の潜在処理過程が周辺情報の処理を行えるのかについてはよくわかっていない．人間の視覚は中心視と周辺視に大別され，中心視から離れると共に視力は急激に低下する．例えば注意の対象から視角が 15° 離れると文字のカテゴリ化ができなくなり，さらに 25° 離れると認識が不可能になると知られている [3] .そのため距離が遠い刺激は処理されないと考えるのが自然に思える．一方で，例えば周辺視であっても表情が識別可能であることを考慮すると [4] ，遠く離れた刺激を潜在的には処理していたとしてもおかしくはない.

本研究は，視界の中心に提示するターゲット刺激に影響を及ぼす刺激を周辺に提示する際，視覚処理が距離の影響を受けるのかについて，空間に配置されたオブジェクトの処理が要求されるフランカー課題と，主観的な動的情報を含む線運動錯視 (illusory line motion) の 2 種類の刺激を用いて検討を行う.

まず実験 1 では，フランカー課題として 5 つの矢印列の中央の矢印に対して，その向きに応じて左右のボタン押し反応を要求するものを用いた．中央の矢印と周囲 4 つの矢印の向きが一致している場合，反応速度は早まるのに対して，中央の矢印のみが周囲とは反対を向いている場合，反応が遅くなる．この周囲の矢印と中央の矢印との間隔を “近距離” “中距離” “遠距離” の 3 種類に操作した場合における，実験参加者の反応速度への影響を検討する．仮に注意が向いていなくとも，遠く離れた位置に提示した矢印の向きも人間の潜在処理過程が処理可能な場合，距離を問わずにフランカー効果が現れることが予想される．逆に処理不可能な場合は近距離でのみフランカー効果が見られ，他の距離では周辺に提示した矢印の向きの影響を受けず (周辺と向きが一致していても反応が速まらず，周辺と反対を向いている時には反応が遅延しない) にボタン押しがなされると予想される.

2. 実験 1
2.1 実験参加者
青山学院大学での募集に応じた学生ならびに卒業生 15 人に対して行った.

2.2 実験素材
実験参加者から 60cm 離れた位置に置かれた液晶ディスプレイ (Diamondcrysta Color RDT242WH) に

画像が呈示された.

提示画像は注視点とフランカー画像の 2 種類が存在した. 注視点は画面の中心に視野角 1° ×1° の白い十字が描画されたものを用いた. フランカー画像は画面の中心に視野角 1° ×1° の大きさの矢印が 5 つ横並びに描画されたもので, 5 つの矢印が全て右あるいは左を向いている一致試行 (←←←←←あるいは→→→→→) , 中央の矢印のみが周囲とは反対を向いている不一致試行 (←←→←←あるいは→→←→→) が存在した. また 5 つの矢印の配置間隔は全てが均等で視野角 6.5° の範囲に収まる“近距離”, 右から数えて 2 つ目と 4 つ目の矢印が中央の矢印から大きく離れ, 視野角 19.5° の範囲に 5 つが収まる“中距離”, 2 つ目と 4 つ目が更に中央の矢印から離れ, 視野角 32.5° の範囲に収まる“遠距離”が存在した. またいずれの場合も画像の背景は灰色で統一されていた.

2.3 手続き

まず準備として, 参加者の頭部を顎台の上で固定した後に, キーボードの右矢印の上に右人差し指を, 左矢印の上に左人差し指を乗せさせた.

次にディスプレイの中心に注視点が 500msec 提示され, 目線を動かさないように教示を行った. その後にフランカー画像が提示されることを伝えた (図 1) . フランカー画像は左右どちらかの矢印キーを入力するまでディスプレイに映り続け, 中央 (注視点の位置) に提示された矢印が右の場合は右の矢印キーを, 左の場合は左の矢印キーを出来るだけ早くかつ正確に入力することを求めた.

課題説明後, 実際の課題のイメージを掴ませるために練習を 12 回 (各距離における左右それぞれの一致試行ならびに不一致試行を 1 回ずつ) 行った. その後, 本番として 300 試行 (近距離, 中距離, 遠距離毎に一致試行, 不一致試行を左右ぞれぞれ 25 回ずつ) が 1 度に 60 回ずつの 5 セットに分ける形で行われ, セット間に必ず 30 秒の休息が設けられた.

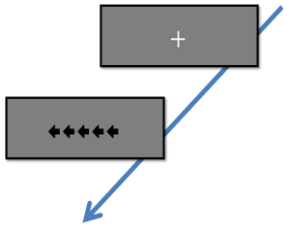


図 1 実験 1 の提示例.
(近距離一致試行の画像を加工) .

3. 結果

プログラムエラーにより実験が正常に行われなかった 1 人を除く 14 人を分析対象とした. 300 試行のうち, 左右の入力が間違っていたものを除外した上で, 距離毎の一致試行と不一致試行の平均反応速度を算出した. 距離と矢印の向き (一致不一致) を要因とする被験者内二要因分散分析を行ったところ, まず距離の主効果 ($F(1.03, 13.42) = 41.093$, $p < .01$) と向きの主効果 ($F(1, 13) = 117.100$, $p < .01$) が認められた. また交互作用が有意となったため ($F(1.39, 18.12) = 74.545$, $p<.01$) , 単純主効果の検定を行ったところ, まず近距離における矢印の向きの単純主効果が有意となり ($F(1, 13) = 137.470$, $p<.01$) , 近距離の時に一致試行の方が不一致試行よりも反応が速いことが示された. また一致試行における距離の単純主効果と, 不一致試行における距離の単純主効果もそれぞれ有意となり (順に $F(1.10, 14.30) = 10.595$, $p<.01$; $F(1.05, 13.75) = 63.831$, $p<.01$) , 多重比較を行った結果, 近距離条件と中距離条件の一致試行, ならびに近距離条件と遠距離条件の一致試行の反応速度に差があること, また近距離条件と中距離条件の不一致試行, ならびに近距離条件と遠距離条件の不一致試行の反応に差があることが示された.

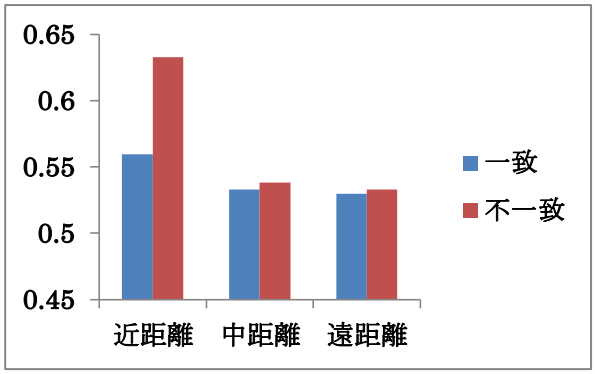


図 2 実験 1 の各距離における
一致試行と不一致試行の平均反応速度.

4. 考察

5 つの矢印のうち, 中央の矢印の向きに合わせてキー入力を求めるフランカー課題を行う際に, 周囲の矢印の距離を離した場合にもフランカー効果が現れるのかについて, “近距離”“中距離”“遠距離”の 3 種類の提示範囲を用いて検討を行った.

近距離の時に一致試行と不一致試行の間の反応速度

に有意差が認められたものの，中距離や遠距離の場合においては差が見られず，刺激間の距離があいてしまうとフランカー効果が見られないことが示された．また距離毎における一致試行同士，あるいは不一致試行同士を比較すると，近距離の時に他の距離の時よりも反応速度が低下する影響が見られた．意外なことに一致試行においても近距離の時の方が中距離，遠距離の時よりも反応速度が低下している．これは恐らく，中距離と遠距離の時には周辺の矢印の向きの処理がなされず，中央の矢印のみが処理されたのに対して，近距離では 5 つの矢印全てが処理されたために，かえって反応に時間を要していたのだと思われる．

重要な点として，中距離や遠距離の場合においては一致試行と不一致試行の間の反応速度に差が無く，フランカー効果が見られないことが示された．しかしこの結果から，周辺視では視覚処理が全くなされていないとは限らない．周辺視における動的情報を認識する能力は視力の低下より緩やかであることが知られており，例えば怒りの表情を動画として周辺視に提示した場合，静止画の時よりも正確に感情を認識できることが報告されている [4] ．また周辺視野に一定の方向へと移動するランダムドット・パターンを提示すると自己移動の錯覚（liner vection）が生じるなどの報告例が存在している [5] ．

そこで実験 2 では主観的な運動情報を有する課題として線運動錯視（illusory line motion，以降 ILM）を用いて再度，“近距離”“中距離”“遠距離”の各場合における実験参加者の反応速度への影響を検討した．ILM とは線分を提示する直前にどちらかの端に先行刺激を提示すると，実際には動きがないにもかかわらず，線分が先行刺激の提示位置から伸びるように見える錯視である（図 3）．ILM は触覚刺激や聴覚刺激を用いた場合でも確認されており，空間的注意の作用によって生じる現象であると言われている [6] [7] ．まず先行刺激が提示されることで観察者の注意が引き付けられ，続く線分の処理は注意の向いている先行刺激の提示された位置に近い方から優先的に行われる．その結果，線分が端から端へ引かれたような印象を伴うというものである．

ILM を用いた研究は一般的には線分を提示するのが主流であるが，本研究では矢印を提示する．仮に周辺視で主観的な運動情報の処理がなされる場合，離れた距離に先行刺激を提示したとしても，矢印が先行刺激側から伸びるように提示されていれば ILM が生じ，キー入力が速まることが予想される．逆に主観的な運動情報を処理できないのであれば，反応速度に変化は見られないと考えられる．

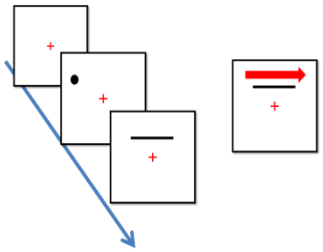


図 3 線運動錯視（Illusory Line Motion）．先行刺激（丸）を予め提示すると，線分が先行刺激の提示位置から伸びるような印象を伴って知覚される．

5. 実験 2

5.1 実験参加者

青山学院大学での募集に応じた学生 15 人に対して行われた．

5.2 実験素材

フランカー画像の提示を取りやめ，新たに先行刺激画像とターゲット画像の二種類を用意した点以外は実験 1 と同じである．

先行刺激画像は実験 1 で使用したフランカー画像の 5 つの矢印のうち，最も外側に当たる左右 2 つの矢印のどちらかと同じ位置に視野角 1° ×1° の大きさの菱形を提示したものが用いられた．ターゲット画像はディスプレイの中央に視野角 1° ×4° の大きさの矢印を 1 つだけ提示したものを用いた．なお菱形が提示された方から矢印が伸びるように提示されたものが一致試行であり，反対に菱形に向かって矢印が伸びる形となるものが不一致試行であった．また先行刺激画像が提示されずブランクとなった後に，ターゲット画像のみが提示される基準試行も今回は設けられた．

5.3 手続き

後述の点を除き，全て実験 1 と同様に行われた．

まず実験開始前に視力検査を行うと伝えた上で，近距離の一致試行と基準試行の左右をそれぞれ 1 回ずつ提示し，矢印が「右から伸びるように見えた」「左から伸びるように見えた」「上下に伸びるように見えた」「伸びるようには見えなかった」のいずれかに回答するよ

うに求めた．これは実験参加者の視力が正常であり，ILM が生じていることを確認するために行われた．一致試行の時に先行刺激側から矢印が伸びていると答えなかったもの，あるいは基準試行の時に矢印は伸びていないと答えなかったものは分析対象外とした．

ディスプレイに注視点が提示された後，先行刺激画像かブランクが 500msec 提示されてからターゲット画像が提示された（図 4）．実験 1 同様，ターゲット画像の矢印の向きと一致するキー入力を出来るだけ早くかつ正確に入力することを求めた．

先行刺激画像が提示されずにターゲット画像のみが提示される基準試行が新たに設けられたため，練習は 12 回から基準試行の左右それぞれを 1 回ずつ加えた 14 回へ増加し，本番も基準試行の左右それぞれ 25 回ずつを加え，350 回に増加した．また 1 セットの回数も 70 回へと増加した．

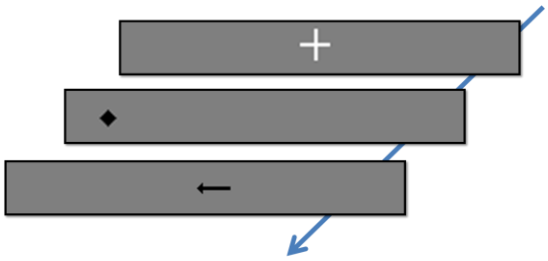


図 4　実験 2 の提示例．
（中距離不一致試行の画像を加工）．

6.　結果

視力に異常が見られた者は存在しなかった．矢印キーの入力ミスの数が標準偏差±2SD を越えた 2 人を除外し，13 人を分析対象とした．

各々の 350 回の試行のうち，左右の入力が間違っていたものは除外した上で，距離毎の一致試行と不一致試行の平均反応速度を算出したものから，基準試行の平均を差し引いた値を分析に用いた．距離と矢印の向き（一致不一致）を要因とする被験者内二要因分散分析を行ったところ，向きの主効果（$F(1, 12) = 15.580$, $p < .01$）が認められた．また交互作用が有意となったため（$F(2, 24) = 5.275$, $p < .01$），単純主効果の検定を行ったところ，近距離における矢印の向きの単純主効果と中距離における矢印の向きの単純主効果が有意となり（順に $F(1, 12) = 15.285$, $p < .01$; $F(1, 12) = 8.475$, $p < .05$），近距離の時に一致試行の方が不一致試行よりも反応が速まることが示され，また中距離の時にも一致試行の方が不一致試行よりも反応が速まることが示された．

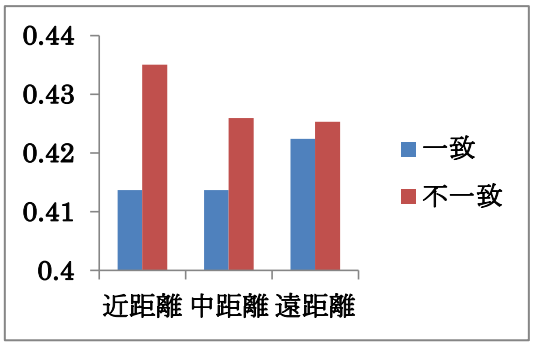


図 5 実験 2 の各距離における
一致試行と不一致試行の平均反応速度．
（基準試行を差し引く前のもの）．

7.　考察

先行刺激と矢印からなる ILM を提示する際に，先行刺激を“近距離”“中距離”“遠距離”の 3 種類の位置に提示した場合にも ILM が生じるのかについて検討を行った．

その結果，近距離と中距離の両方の距離の時に，一致試行と不一致試行の反応速度に有意差が認められる結果が得られた．実験 1 とは異なり中距離においても，一致試行と不一致試行の反応速度に差が見られていることから，周辺視であっても主観的な運動情報は処理されていることが確認された．

中距離に先行刺激を提示した場合でも ILM が生じたことから，注意を向けていなくとも運動情報は，潜在的に処理されていると考えられる．特に，動的に知覚されるが，実際には動いていない刺激を用いた場合でも，運動情報は処理可能であることが示された．

しかし実験 1 のフランカー課題は一度に 5 つの矢印が提示されていたのに対して，実験 2 ではまず先行刺激として菱形が 1 つ，その後に矢印が 1 つと常に画面上に提示されるオブジェクトの個数は 1 つであった．注意の範囲は処理対象となるオブジェクトの個数が増えると縮小することが指摘されていることを踏まえると [8]，実験 2 において中距離でも ILM が成立したのは，画面上に一度に提示されているオブジェクト数が少なかったため，注意の範囲が広がっていたことに起因しているかもしれない．

そこで実験 3 では再度 ILM を用いるが，先行刺激を

左右の矢印に差し替え，また提示範囲を近距離と中距離の 2 種類に絞って検討する．もし先行刺激の形を矢印にすることで反応速度に影響が見られるのであれば，先行刺激の矢印がフランカー課題における周辺刺激と同じように機能すると考えられる．即ち，先行刺激とターゲット刺激それぞれの矢印の向きが一致する時には反応速度が速まり，逆に矢印の向きが不一致となる場合は反応が遅延すると予想される．逆に先行刺激を矢印にしたことによる影響が見られない場合は，先行刺激の矢印の向きを問わず，ターゲット刺激の矢印の向きが先行刺激側から伸びるように提示された場合に反応が速まり，先行刺激側に伸びる場合には遅延すると予想される．

8. 実験 3

8.1 実験参加者

青山学院大学での募集に応じた学生 15 人に対して行われた．

8.2 実験素材

実験 2 で用いた先行刺激画像を視野角 1° ×1° の大きさの矢印に差し替えた点，実験 2 までとは異なり遠距離のパターンが無くなった点以外は全て実験 2 と同じであった．

また先行刺激が左右の向きを有する矢印へと変わったため，先行刺激とターゲット刺激ともに矢印の向きが一致する場合と（DirectionCongruent, 以降 DC）不一致となる場合（DirectionIncongruent，以降 DI），先行刺激の矢印に誘導された先にターゲット刺激の矢印が提示される運動一致の場合と（MotionCongruent, 以降 MC），誘導先にターゲット刺激が提示されず運動不一致となる場合（MotionIncongruent，以降 MI）の要素からなる以下の 5 つに試行パターンを分類した．まず向き・運動共に一致する DC-MC 試行（先行刺激の矢印が内側を向いており，ターゲット刺激の矢印も同じ方向を向いている）．向きは一致しているが運動が不一致となる DC-MI 試行（先行刺激が外側を向いており，ターゲット刺激も同じ方向を向いている）．向きは不一致となるが運動は一致となる DI-MC 試行（先行刺激が内側を向いているが，ターゲット刺激は先行刺激側に向かっている），向き・運動共に不一致となる DI-MI 試行（先行刺激が外側を向き，ターゲット刺激は先行刺激とは反対側を向いている），加えて先行刺激なしの基準試行が存在した．

なお先行刺激を矢印にした影響が見られる場合，反応が速まるのは DC-MC 試行と DC-MI 試行の 2 つであり，DI-MC 試行と DI-MI 試行は反応が遅延すると予想される．逆に矢印にした影響が見られない場合は，DC-MC 試行と DI-MI 試行の反応速度が速まり，DC-MI 試行と DI-MC 試行の反応は遅延すると予想される．

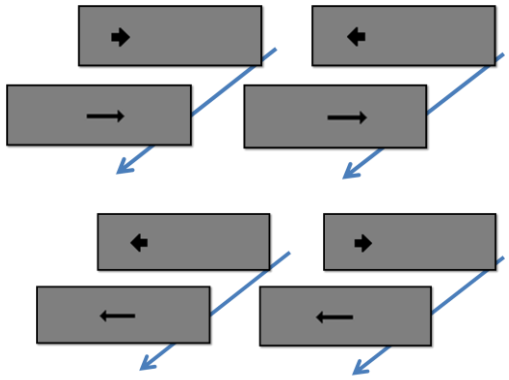


図 6 実験 3 の提示例．
右上が DC-MC 試行，左上が DI-MI 試行．
右下が DC-MI 試行，左下が DI-MC 試行．

8.3 手続き

後述の点を除き全て実験 2 と同じ方法で行われた．まず実験参加者の視力が正常であることを確認するために提示されたのは，DC-MC 試行と基準試行となっていた．実験 3 では先行刺激の提示距離に関しては“近距離”と“中距離”の 2 種類のみであった．また練習は各距離と試行の左右それぞれを 1 回ずつの合計 18 回行われ，その後 90 回を 1 セットとして合計 450 回が行われた．

9. 結果

視力に異常が見られるものは存在しなかった．矢印キーの入力ミスの数が標準偏差±2SD を越えた 1 人を除く，14 人を分析対象とした．

左右の入力が間違っていたものを除外した上で，距離毎の各試行の平均反応速度を算出したものから，基準試行の平均を差し引いた値を分析に用いた．距離と試行パターンを要因とする被験者内二要因分散分析を行ったところ，試行パターンの主効果（$F(1.69, 22.02) = 7.956$, $p < .01$）が認められた．また交互作用が有意

となったため（$F(3, 39) = 7.956$, $p<.05$），単純主効果の検定を行ったところ DC-MC 試行における距離の単純主効果が有意傾向となり（$F(1, 13) = 3.958$, $p<.10$），近距離の時の方が中距離の時よりも DC-MC 試行の反応が速まることが示唆された．また近距離における試行パターンの単純主効果と中距離における試行パターンの単純主効果が有意となった（順に $F(1.62, 21.08) = 10.170$, $p<.01$; $F(3, 39) = 3.232$, $p<.05$）．多重比較の結果，近距離の時は DC-MC 試行の方が DC-MI 試行よりも反応が速いこと，DC-MC 試行の方が DI-MC 試行よりも反応が速いこと，DI-MI 試行の方が DI-MC 試行よりも反応が速いことが示された．また中距離の時は DI-MC 試行に対する DI-MI 試行の反応速度の速まりが有意傾向となった．

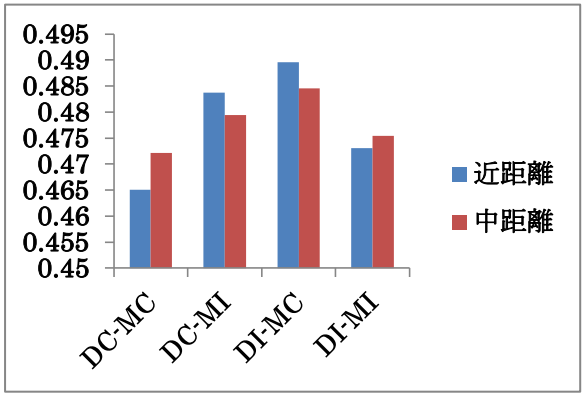


図 7 実験 3 の平均反応速度．（基準試行を差し引く前のもの）．

10. 考察

先行刺激を左右の矢印に差し替えた上で，近距離と中距離の 2 種類の距離で再度，ILM を用いて検討を行った．その結果，近距離では DC-MC 試行が DC-MI 試行や DI-MC 試行よりも反応が速まる影響が見られた．また DI-MI 試行の方が DI-MC 試行よりも反応が速いことも示された．また中距離では有意傾向ではあるものの，DI-MI 試行の方が DI-MC 試行よりも反応が速い効果が見られた．

仮に先行刺激の向きがフランカー効果のように機能するのであれば，DC-MI 試行も反応が速まるはずである．しかし近距離条件で反応速度が速まったのは，先行刺激側から矢印が伸びるように提示された DC-MC 試行と DI-MI 試行であった．また先行刺激の向きがフランカー効果のように機能する場合，DI-MI 試行の反応が速まる効果は見られないはずである．これらのことから，先行刺激の矢印の向きはフランカー効果のような役割を果たさなかったと考えられる．

ただし有意傾向ではあるものの，同じ DC-MC 試行において中距離よりも近距離の時に反応が速まる結果が得られていることから，先行刺激の矢印はフランカー効果のようには機能しなかったものの，実験参加者の注意を誘導する影響は生じていたと考えられる．顔のイラストを線分の上に先行刺激として提示し，その目線が線分の左右どちらかの端を見ている時にも ILM が生じるという報告が存在する [9]．これは注意がイラストの目線の先に誘導される結果，ILM が生じていると考えられる．そのことを踏まえると，近距離では矢印の形状（向き）の処理が可能だったことによって，先行刺激の向きが処理され，注意が内側方向へと誘導されたことによって，同じ方向を向くターゲット矢印への反応が速まったと考えられる．

重要な点として，中距離では近距離で見られた有意差が得られなかったことから，中距離においても主観的な運動情報は処理されるという実験 2 の結果が再現されなかったように思える．しかし中距離の DC-MC 試行は統計的な有意差こそ見られていないものの，数値上は最も速い反応速度となっている．そして有意傾向ではあるものの，DI-MC 試行に対して反応が速まっていた DI-MI 試行は，二番目に速い試行パターンであり，近距離条件においても両者の試行パターンには差が見られている．DC-MC 試行と DI-MI 試行はともにターゲット刺激の矢印の向きが先行刺激側から伸びるように提示されたパターンとなっていた．その点を加味すると統計的な有意にこそ至らなかったものの，実験 2 同様，周辺刺激として提示された矢印が先行刺激として機能し，ILM が生じていたことが示唆されていると考えられる．

11. 総合考察

人間は注意の範囲外に提示された刺激を意識的には処理できないとしても，無意識には処理可能かどうかを検討するため，ターゲットとなる刺激と周辺情報となる刺激を提示する際に，刺激の距離や刺激のタイプ(空間における矢印の向きの処理が重要となるフランカー課題と空間的注意によって仮想的な運動が知覚される ILM) を操作することで 3 つの実験を行った．

実験 1 ではフランカー課題として 5 つの矢印列を用

いて，周辺情報となる左右 4 つの矢印の距離が“近距離”“中距離”“遠距離”の各場合に，フランカー効果が生起するかどうかを検討した．その結果，近距離においてのみフランカー効果が見られた．中距離と遠距離において，周辺刺激とターゲット刺激の矢印の向きの一致，不一致が反応速度に影響していないことから，周辺視では物体の形状が処理されていないと考えられる．

続く実験 2 では，課題を ILM に差し替えた上で，先行刺激の提示位置を“近距離”“中距離”“遠距離”にした場合にも ILM が生じるのかについて検討を行った．その結果，近距離だけでなく中距離においても，一致試行と不一致試行の反応速度に有意差が認められる結果が得られた．このことから注意を向けていなくとも動的情報は広い範囲で潜在的に処理されることが示された．特に ILM は実際には静止画を用いた刺激であり，主観的な動的刺激であっても運動情報は処理可能であることが示された．

実験 3 では ILM の先行刺激を矢印に変更した上で，“近距離”“中距離”の二種類の場合についての影響を検討した．もし先行刺激の矢印がフランカー課題における周辺刺激と同じように機能するのであれば，先行刺激とターゲット刺激それぞれの矢印の向きが一致する時には反応速度が速まり，逆に矢印の向きが不一致となる場合は反応が遅延することが予想された．しかし結果は，近距離では DC-MC 試行と DI-MI 試行の反応が速まる影響が見られ，先行刺激の向きを問わず，先行刺激側からターゲット刺激の矢印が伸びるように提示された場合，即ち ILM が成立するパターンにおいてのみ反応が速まっていた．一方，中距離では数値上は DC-MC 試行が他の試行よりも速いものの統計的な差は認められず，実験 2 の結果が再現されなかったように思われる．しかし DI-MI 試行が DI-MC 試行よりも反応が速まることが示唆された点も加味すると，実験 2 同様，注意を向けていなくとも周辺視における運動情報が処理されていたと考えられる．

以上より本研究の結果をまとめると，視野角 19.5°に収まる範囲に提示された刺激に対しては，注意を向けていないとしても動的情報が潜在的に処理されることが示唆された．また実験 2 以降の提示刺激として用いた ILM は，観察者には運動情報として知覚されるが，実際には静止画による刺激である．そのため仮想的な動的刺激を用いた場合でも潜在的に処理されることが示唆されたと言えるだろう．

しかし実験 3 において，近距離では DC-MC 試行の反応が速まる影響は見られたものの，中距離では有意に至らなかった点には疑問が残されている．この点については，注視点についての教示方法に問題があった可能性が考えられるかもしれない．本研究では注視点を提示し，目線を動かさないように指示をするのみであった．そのため実験参加者毎に教示をどの程度守れていたかについては個人差が大きくなり，先行刺激側に大きく目線が動いてしまった者とそうではない者との間で結果に差が生まれていた可能性が考えられる．ただし従来の ILM を用いた研究の多くは目線については本研究と同程度の教示をするのみで，目線を固定するための特別な処置を行っていない [7] [8] [10] ．また注視点から半径 1° の円形範囲を越えて視線が外れたものを除いた場合と，それらを含んだ場合との間において，ILM は同様に成立し差が見られないことを報告した事例も存在する [9] ．それらの点も踏まえると注視点の教示方法に問題があった可能性は考えにくい．

また本研究では実験 1 でフランカー課題を用いた都合，実験 2 以降でも提示するターゲット刺激を矢印とし，また評価尺度も反応速度となっていた．通常 ILM を用いた研究では矢印ではなく線分を提示し，左右どちらに伸びたように知覚されたかについて回答を求める形式を取っており，反応速度を用いない．これらの通常とは異なる手続きが何らかの影響を齎した可能性が考えられるかもしれない．

今後は矢印と線分の場合や，反応速度ではなく知覚された方向を尋ねるのみにするなど，呈示刺激と評価尺度を統制することで，より細かく検討していく必要があるだろう．

12. 参考文献

[1] Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noiseletters upon the identification of a target letter in anonsearch task. *Perception and Psychophysics*, **16**, 143-149.

[2] 金子利佳・熊田 孝恒・福永克己 (2011)．フランカー課題における特徴類似性と弁別カテゴリーの影響 心理学研究, **82**, 141 - 149.

[3] 吉田宏子・中溝幸夫・近藤倫明 (2011)．自閉症児における周辺視野の視覚情報処理特性 心理学研究, 82, 265 - 269.

[4] 藤村 友美・鈴木 直人 (2010). 周辺視野と中心視野における動画表情の認識 心理学研究, **81**, 348 - 355.

[5] 狩野千鶴 (1991) . 自己運動知覚と視覚系運動情報. 心理学評論, **34**, 240-256.

[6] 和田祐一 (2007) . 触覚における線運動錯視と視覚手掛かり刺激の影響 心理学研究, **78**, 173 - 181.

[7] Shimojo, S., Miyauchi, S., & Hikosaka, O. (1997). Visual motion sensation yielded by non-visually driven attention. *Vision Research*, **37**, 1575 - 1580.

[8] 熊田 孝・菊池 正 (1988). 位置の再認における空間的注意の分布 心理学研究, **59**, 99 - 105.

[9] Bavelier, D., Schneider, K. A., & Monacelli, A. (2002). Reflexive gaze orienting induces the line-motion illusion. *Vision Research*, **42**, 2817-2827.

[10] Blanco, M. J., & Soto, D. (2009). Unconscious perception of a flash can trigger line motion illusion. *Experimental Brain Research*, **192**, 605 - 613.

誤謬推論と Unconditional Presupposition*

山森　良枝
Yoshie Yamamori
同志社大学
Doshisha University
yy080707@gmail.com

概要

本研究では、条件文の形式を持ちながら、前件と後件の間に依存関係がないという特徴を持つ Biscuit Conditional、(後件の明示されない前提が強化された)unconditional presupposition を投射する unconditional sentence 、および、誤謬推論を比較し、その異同を糸口に、誤謬推論が生じるメカニズムの解明を目指す。

キーワード：誤謬推論, Biscuit Conditional, Unconditional Presupposition

1. はじめに

一般的に条件文は、(1)のように、前件 P が条件、後件 Q がその帰結を表すという意味で P と Q の間に依存関係があることを示す。

(1) If John comes (P), Mary will leave (Q).

ところが、推論の中には、前件と後件の間に因果/依存関係が存在しない間接的論証の形態を取るものがある。「論理的に誤った推論」と言われる誤謬推論もその１つである。本研究では、条件文の形式を持ちながら、前件と後件の間に因果/依存関係がない点で、誤謬推論と共通した特徴を持つ、Biscuit Conditional、および、前件ではなく、後件の明示されない前提が強化された unconditional presupposition を投射する条件文 (unconditional sentence)と誤謬推論の比較を通して、その異同を明らかにし、誤謬推論のメカニズムの解明を目指す。

2. 誤謬推論

誤謬推論には様々なタイプがある。次の<帰ナチ法>と呼ばれる事例はその１つである。

(2) {ヒトラー/ナチ}が X を支持した(P)。
　　従って、X は悪である(Q) 。

(2)は、X の支持者が話し相手である場合、相手の論拠を排除し、Q の受容を促すことを目的とし、また、X の支持者が話し相手ではない場合には、audience に対して Q の受容を促すことを目的とする。 どちらの場合も、(2)は、P から直接的に Q を論証するのではなく、P 以外の明示されない命題「{ヒトラー/ナチ}は悪である」を前提に Q を導く間接的な論証の形態を持つ。これに類似した論証形態に三段論法(3)の前提(3a)を省略した(4)の省略三段論法がある。

(3)　三段論法
　a. すべての人間は死ぬ　(前提)
　b. ソクラテスは人間だ (前提)
　c. ソクラテスは死ぬ　(結論)
(4)　省略三段論法
　b. ソクラテスは人間だ (前提)
　c. ソクラテスは死ぬ　(結論)

(3a)は commongGround（CG） の一部である。そのため、(4)では((3a)が省略されていても)CG を利用して論理的に妥当な推論が可能になる。
　誤謬推論の(2)でも、common ground の一部である省略された前提「{ヒトラー/ナチ}は悪である」((5a))を介して Q が導出されると考えられる。

(5) a. {ヒトラー/ナチ}は悪である
　b. {ヒトラー/ナチ}が X を支持した(P)
　c. X は悪である(Q)

ただ、(4)の(省略)三段論法では、「人」の範疇に入る

* 本研究は科学研究費基盤研究 C(課題番号 20K00557、研究代表者 山森良枝)による支援を受けている。

ものは全て「死ぬもの」の範疇に入るため、(4)は論理的に妥当な推論である。これに対して、(2)では省略された前提-(5a)-が CG の一部であっても、全ての「{ヒトラー/ナチ}が支持したもの」が「悪」の範疇に入るわけではない。そのため、(2)は論理的に妥当な推論ではない。

また、(6a)も省略された前提(7)を介して(6b)の読みを示唆する誤謬推論の例である。ただし (5a)とは異なり(7)-前提-は CG の一部として認識されない可能性がある。その場合、(6a)が(6b)のように解釈される可能性は極めて低くなる [1]。

(6)a. Make America great again. Vote Trump.
≈ b. If you want to make America great again, you have to vote for Trump.
(7) Trump will make America great again, if he is elected president.

(Schaden, 2017)

以上の 3 例（(1)(4)(6a)）の比較から、誤謬推論は次のような特徴を持つと言えるだろう。

①前件と後件の間に論理的依存関係/因果関係がない間接的論証の形態を取る。
②省略された前提を介して推論が行われる。
③論理的妥当性を欠く。
④省略された前提は常に CG の一部であるわけではない。CG に含まれない場合、Q の受容を促す効果は生じない。

以下では、まず§3 では、誤謬推論同様、前件と後件の間に論理的依存関係/因果関係がない Biscuit Conditional、§4 では、後件の明示されない前提（無条件の前提(unconditional presupposition)）だけを投射する条件文(unconditional sentence）と誤謬推論をそれぞれ比較し、その異同に基づいて、誤謬推論を引き起こす仕組みについて検討する。

3. Biscuit Conditionals

Austin(1956)が Biscuit Conditional（BC）と呼ぶ条件文には、前件と後件の間に依存関係がない(8)－(10)のような例がある。(坂原(1985)では BC を擬似条件文(Pseud Conditional)と呼んでいる。)

(8) There are biscuits on the sideboard if you want them. (Austin, 1956)
(9) There is beer in the fridge, if you're thirsty.
(10) If you want to come, you have the right.

冒頭(1)の Standard conditional(SC)と BC の間には、次の(i)(ii)の違いがある。

(i) SC は対偶に言い換えられるが BC は言い換えられない
(ii) BC は後件の主節が真であることを示唆するが SC は示唆しない

(Austin,1956)

Franke(2007)によれば、BC は、context set c の "if p, q" による更新(update) として捉えられ、(11)のような意味を持つと言う。（c は common ground:CG -背景/文脈-の略。）

(11) c + "if p, q" = (c∩p∩q)∪(c∩~p)

(11)は、(a) p による c の update の結果、仮定的文脈 c+p が生じると、(b) q が c+p において評価され、(c)その結果が c に再統合されることを表している。しかし、BC の(8)や(10)の(語用論的な)意味が

[1] Clark(1996)は、語用論的推論(pragmatic inference)は協調的な相互行為(interaction)を必要とする、あるいは、common ground を含む、とする。これに対して、Schaden(2017)は、(6a)の前提(7)は common ground (CG)の一部ではありえないとし、多くの argumentation(推理、議論)は参与者間の対立的選好を含み、極端な例の中には、debate のように、議論がゼロ-サムゲームの様相を呈するものもあることから、この種の議論は、kumbaya pragmatics(偽りの協調)では説明できない、と述べている。ただし、(7)は CG の一部ではないので、(7)を前提として共有し得る聞き手だけに(6b)の解釈が成立する。この点を考慮すると、広義には「前提の共有」が誤謬推論の成立に関係しているということができる。なお、後で触れる Volokh(2003)は、誤謬推論を正しい推論結果を知らない agent が意思決定(decision making)するためのヒューリスティクスとして捉えている。

(12)(13)の r にあることを考慮すると、(11)は r がどのようにして生じるのかを説明できない。

(12) There are biscuits on the sideboard if you want them. → Take biscuits if you want. (r)
(13) If you want to come, you have the right. → You may come if you want. (r)

そこで、例えば(9)の BC では、(14a-d)のように、p、q 双方が r の前提を構成しており、r は(“c＋p”ではなく)“p＋q “を前提に生じると考えることができる(山森,2018a,b ; 2020)。

(9) There is beer in the fridge (q), if you’re thirsty (p). → you may drink beer (r).
(14) a. If you are thirsty, you may drink beer. (p→r)
b. If there is beer in the fridge, you may drink it. (q→r)
c. You are thirsty or there is beer in the fridge. (p ∪ q)
d.Either way, you may drink it. (r)

前提の投射に関する Karttunen and Peters (1979) スタイルの結合アプローチを仮定すると、(14a-d)の流れは次のように記述することができる。

(15) (p ∩q)) → r or (p ∩ (c ∩ q)) → r

(15)は、p と q の間に依存関係が成立しない BC では、q の前提が p によって充たされないので、p がそのまま q に投射され、r が得られた時点、即ち、r の前提が(p+q)/(p+(c+q))により充たされた時点で、投射が完結し、BC の解釈として r を得ることを表している。

以上を踏まえて、BC と誤謬推論を比較すると、次のようになる。

①BC も誤謬推論も前件と後件の間に論理的依存関係がない間接的論証の形態を持つ。
②BC は“p+ q”もしくは“p＋(c+q)” を前提に r を示唆/導出するのに対して、誤謬推論の前提は省略されている。
③BC は後件の主節が真であることを示唆するが、誤謬推論は論理的に誤った推論であり示唆しない。

従って、BC と誤謬推論は①以外に共通点がなく異なるタイプの推論であると結論付けられる。

4. Unconditional Presupposition

ここでは、条件文の形式をもちながら、前件ではなく、後件の明示されない前提が強化された unconditional presupposition を投射する条件文(unconditional sentence: US)について見てみよう。

左から右へと前提を投射する前提の結合アプローチ(Karttunen & Peters,1979)を仮定すると、(16a)は(16b)の前提を持つ、つまり、(16b)が前提として投射される、と考えられる。ところが、実際に投射されるのは、(16b)ではなく、(条件文主節の明示されない前提が強化された)「無条件の前提(unconditional presupposition) 」(以下、UP)と呼ばれる(16c)である。((16b)の[John]$_F$の $_F$は、John が焦点(focus)であることを表している。ここでは、*too* が UP=(16c) のトリガーである。(16)については、§6 で触れる。)

(16) a. If the bottle is empty, then [John]$_F$ drinks *too*.
b. If the bottle is empty, there is someone other than John who drinks.
c. There is someone other than John who drinks.
(Rooij, 2007)

Rooij (2007)によると、UP は条件節と主節の独立性の問題に還元される現象だと言う。一般的に、“p→q"は質量含意を表す。従って、p と q が相互に独立している場合、p→q は論理的妥当性を欠く。そこで、Rooij は、p と q がある文脈において相互に独立しているというのは、p の真偽とは無関係に q と¬q が可能であり、同時に、q の真偽とは無関係に p と¬p も可能な場合である、という「弱い独立性」の概念を仮

定する。すると、(i) “p→q_χ”の q がχ[2]を前提として持つ場合、(Karttunen and Peters (1979)スタイルの結合アプローチを仮定すると)、“p→χ”が成立する。また、(ii)文脈σにおいて、p とχが互いに独立しており、かつ、‘p→q_χ’が適切である場合、文脈σでは「p は可能である」も「χは必然である」も成立する。(ii)はχが前提されていることを意味している。従って、条件節 p と主節 q が無関係であることが前提されている場合にχが強化される。また、Rooij は、最も自然なデフォルト・ルールとして、$\Box\chi\rightarrow\Diamond K(a, \chi)$、即ち、「話者が$\chi$を前提として持つとき、話者以外の agent a もχと整合的な前提を持つ」を設定し、UP の生成には、χが当該文脈において予め前提されていなければならない、と主張する。

以上の Rooij の議論が支持されるためには、条件節と主節が無関係ではないと判断される場合には、UP が生じないことを確認する必要がある。文化や文脈から条件節と主節が無関係ではないと判断される(17a) の前提は(17b)であり UP は生じないことが確認できる。

(17) a. If Jane takes a bath, Bill will be annoyed that there is no more hot water.
b. If Jane takes a bath, there will be no more hot water. (Beaver, 1995)

このことを Beaver(1995)の言葉で言えば、

(18) 我々は p と q が独立しているとも独立していないとも考えることができるが、独立していると考えた方がより適切である場合に、UP が生じる、

ということになる。

5. 誤謬推論と Unconditional Presupposition

以上を踏まえて、誤謬推論と UP を持つ条件文（unconditional sentence: US）を比べると次のようになる

①Rooij の分析によると、“p→qχ” の q がχを前提として持つ文では、p と q が相互に独立し、かつ、χが当該文脈において前提されている場合に、χが強化され投射される。誤謬推論も p と q が互いに独立している環境で生起し、q は省略された前提を介して導出される。

②誤謬推論では省略された前提が強化され、それ(だけ)が投射されることはない。

③UP の生成には、発話時以前の段階で、UP が話者と話者以外のエージェントの共有知識として文脈/CG に含まれていることが重要である。誤謬推論でも省略された前提が話者と話者以外のエージェントの共有知識として文脈/CG に含まれていない場合、結論(Q)の受容を促す効果は生じない。

従って、誤謬推論と UP だけを投射する US は、両者の意味の核心に関わる②を除けば、ほぼ同じ特徴を持つ。まず①が示すとおり、誤謬推論は UP と同じ論理構造と生成メカニズムを持つと考えられる。また、③が示す通り、誤謬推論で重要な役割を担う省略された前提が CG の要素であるかどうかは、誤謬推論だけでなく UP の成否にも関わる重要な問題であり、省略された前提の共有は話者と話し相手との文化や文脈の共有の度合いに依存する。ただ、UP と誤謬推論は、前件 p の真偽とは無関係に後件に q と¬q が可能であり、同時に、q の真偽とは無関係に前件に p と¬p も可能な場合である、という「弱い独立性」を示す同じ推論メカニズムを持つ。それにも拘らず、なぜ UP と誤謬推論が異なる意味を表すのか(cf.②)という点については未だ不分明である。

そこで再度、UP が生起する unconditional sentence（US）を見ることにしよう。US には、(16a)以外に次のような例がある。(イタリックで表示された形式は、UP のトリガーである。)[3]

(16) a. If the bottle is empty, then [John]$_F$ drinks *too*.

[2] ((16)では、(16c)が‘John drinks too.’(q)の隠れた前提χに相当する。

[3] Rooij (2007: 4)は、(16a)(19a)(20a)の US について、以下のように述べている: Example (16a) was explicitly discussed by Karttunen and Peters (1979), (19a) is mentioned by Gazdar (1979), while (20a) is discussed by Van der Sandt (1988). （なお、(16a)(19a)(20a)の例文番号は Rooij (2007)のものではなく、本文中の番号に差し替えられている。）

b. If the bottle is empty, there is someone other than John who drinks.
c. There is someone other than John who drinks.

(19) a. If I torture him, Boris *regrets* laughing at me.
b. If I torture him, Boris has laughed at me.
c. Boris has laughed at me.

(20) a. If John has sprayed DDT, he *knows* that his stick insects are dead.
b. If John has sprayed DDT, John's stick insects are dead.
c. John's stick insects are dead.

(Rooij, 2007)

(16a)(19a)(20a)はどの例も、後件に UP ((16c)(19c)(20c))のトリガーを含む。先述した通り、US では後件の省略された前提が強化され、それだけが投射されるが、強化され投射される（省略された）前提は、当該文脈において予め前提されていなければならず (Rooij, 2007)、一般的には、話者と話し相手との文化や文脈の共有の度合いに依存して想起される(Beaver, 1995)。

ただ、(16a)(19a)(20a)の主節に含まれる UP のトリガー：*too, regret, know* は、以下に示す通り、話者と話し相手との文脈や文化の共有とは無関係に、(16c)(19c)(20c)の UP を示唆することができる。まず、(16a)の *too* は、日本語の「も」同様、それと同じ節内の焦点要素に対して、対照集合(alternative set)を設定する機能を備えているので、(16a)では、焦点の *John* 以外に、瓶の中の酒を飲んだ人(の集合)がいることが示唆される。また、(19a)(29a) の *regret, know* は、補文が真の命題を表す(という前提を持つ)叙実動詞に分類される (Kiparsky and Kiparsky, 1970)。そのため、*regret, know* は、補文命題の (19c)(20c)を文脈とは無関係に前提として与えることができる。以上のことは、UP が話者と話し相手との文化や文脈の共有の度合いに依存しなくても生じることを示している。つまり、§5 において、誤謬推論と US の共通点であるとした文脈への依存性(cf. §5 ③)は、必ずしも、UP の派生に必要な条件ではない[4]。

それでは、UP と誤謬推論の生成過程はどこが違うのか。次に、誤謬推論の生成過程を見てみよう。

6. Slippery slope

このセクションでは、誤謬推論の 1 つである slippery slope（すべり坂論法）を例に、誤謬推論が持つ推論の仕組みについて考える。以下では、擬似的な対当方形という装置を使って、slippery slope の推論プロセスを分析できることを示そう。

6.1 現象

Volokh(2003:1031-1032)によれば、slippery slope は、正しい推論結果（答え）が分からない場合に生じる推論の形態であり(cf.注 1)、「agent が最も好ましいと考える決定 A が、最終的に、他者が A と対立する決定 B を持ちだす確率を実質的に増大させる、という状況のレッテル」と定義することができる。Slippery slope にはたくさんの事例がある。次の 2 例は、Vokokh(2003)からの例である。

(21) 私は partial-birth abortion bans (A)に反対する。なぜなら、それがより広範な妊娠中絶の禁止 (B)につながるかもしれないからだ

(22) 私は gun registration (A)に反対する。なぜなら、それが gun prohibition (B)につながるかもしれないからだ

「私が A を支持することが、他者が(A と対立する) B を持ちだすことにつながるとすれば、A を支持することは理にかなったことなのか」という疑問に直面したとき、「私」は、A が他者を B へと導く全てのメカニズムー論理的なものか心理的なものか、ある

[4] ただし、(16c)(19c)(20c)の UP が適切に理解されるためには、当該の発話文脈に適切に投射され、common ground を更新(update)するものでなければならない。このように見ると、(16c)(19c)(20c)の UP は、§5 ③とは無関係に文法的要因だけで伴立され得る前提であるかもしれないが、投射されるべき適切な文脈/背景がなければ、UP が成立する世界に関する全称量化の解釈が与えられることになる。しかし、(16c)(19c)(20c)にそのような読みは生じない。この事実は「…UP が話者と話者以外のエージェントの共有知識として文脈/CG に含まれていることが重要である」という§5 ③と無関係ではない、という考え方を支持するものである。

いは、漸進的なものか突発的なものかーについて考慮しなければならない。

そこで問題になるのが、A と B は論理的には区別できるが、それにもかかわらず A は B を導く助けとなり得るのか、という点である。例えば(22)では、政府がどこに銃があるのかを把握していない場合、銃を没収するためには、全戸を対象に調査を実施する必要がある。しかし、全戸調査は費用がかかるだけでなく、情報提供者の負担が重いため、不人気で、協力を得にくいことが予測される。そのため、財政的にも政治的にも高くつく可能性がある。ところが、銃登録が実現すれば、話は別である。銃の引き渡しを嫌がる登録者の住居の調査は、(特に、銃引き渡し法が 1 つのタイプの銃だけを禁じている場合や、銃が既に稀な地域、あるいは、人口の一部だけをカバーする場合)、財政と政治の両面で、より安価なものになる。実際、Vokokh によれば、銃規制に反対していた Pete Shields という人物が、(slippery slope のメカニズムがどのように作動するのかについて明確に述べてはいないものの)、銃の登録は銃の禁止への第一歩だと公言していた、と言う。こうした論証の滑り(slippage)は、いつもではないが、不完全な知識とその結果生じる我々の活動や決定事項への監視が不十分な場合、無視できない程度に生じ、実質的なリスクをもたらす、と言う[5]。

COVID-19 の流行の初期段階に日本で盛んに主張された(23)のような言説も slippery slope の例だと考えられる。

(23) 私は PCR 検査の拡充（A）に反対する。
なぜなら、医療崩壊 (B) につながるからだ。

ここでも問題になるのは、A と B は論理的に区別できるにもかかわらず、A から B を導くことができるのか、という点である。COVID-19 の感染者の実態を政府が把握していない状況において、感染を抑制するには、徹底的な PCR 検査を実施して、感染者を見つけ出し、分布状況を把握する必要がある。しかし、徹底的な PCR 検査を実施すれば、費用だけでなく、医療の受容力が弱い場合には、感染者の数が隔離・入院可能な限度を超え、医療崩壊を引き起こす可能性がある。ところが、PCR 検査を抑制すれば、話は別である。実際よりも感染者数を低く見せかけることで、費用や医療崩壊を抑制することが可能になり、財政的にも政治的にもより安くあげることができるからである。実際、厚労省や東京都新型コロナウイルス感染症対策本部会議の委員である大曲医師らは、医療崩壊を理由に PCR 検査の実施を制限すべきであると繰り返し主張してきた。

6.2. 滑りの仕組み

(23)に見られる(24)のような論証の滑りは、COVID-19 について不十分な知識しかない流行初期の状況で生じた現象である。しかし、《検査の拡充》（A）と《医療崩壊》（B）は論理的に区別されるにも拘らず(cf. (25)(26))、《検査の拡充》が結果的に《医療崩壊》を招くという推論が生じるのはなぜなのだろう。

(24)《検査拡充 → 感染者数増 → 医療崩壊》
(25)《検査制限 → 感染者数減 → 医療保全》
(26) 《検査拡充 → 実態把握 → 封じ込め》

従来の語用論的な推論モデルでは、(27a)から(27b)が示唆される経済性の高い会話の含意を、Grice(1975)の協調の原則を構成する量や質の公理[6]に基づいて説明してきた。たとえば、(28)のような量の尺度を仮定すると、左端に位置付けられる some 以外の量化表現は必ず some を含意することができるが、some からそれ以外の量化表現を含意することはできないことが分かる。これが、一方向にのみ作用する非対称的な推論が(27b)の含意を生じる要因である。

(27) a. Some student did well.
b. Not every student did well.
(28)《some < many < most < every》

しかしながら、知識が不十分で、正しい推論結果（答え）が分からない場合に生じる slippery slope を、量と質の公理に基づいて説明することは難しい。むしろ、slippery slope がどのようにして生じるのかを明らかにするためには、当該 agent の志向性や選好

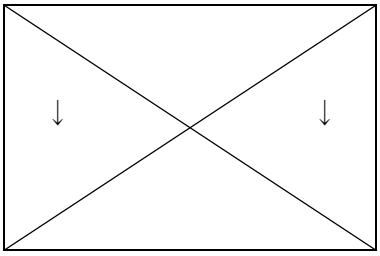
[5] David Lamb, Down the slippery slope: Arguing in applied ethics 120 (1988)

[6]量の公理：必要で十分な情報を与えよ
質の公理：真実を言え

といった、量や質の公理に含まれない要因について考える必要がある。また、そのために、それらを(28)の尺度のような分析装置の中に収容する何らかのモデルを考案しなければならない。

ここでは、「検査拡充」「検査制限」「感染封じ込め」「医療崩壊」のうち、「検査の量」について対立する「検査拡充」と「検査制限」が水平軸の両極を占め、「結果」について対立する「感染封じ込め/医療保全」と「医療崩壊」が垂直軸の両極を占め、これら４つの要素の含意関係を表す(29)の擬似的な対当方形を考えてみよう。

(29) 検査拡充 ← (反対) → 検査制限



感染封じ込め ← (反対) → 医療崩壊
医療保全

今の時点で考えられる４つの要素の関係は次のようなものである。まず、同じ垂直軸上にある「検査拡充」は「感染封じ込め/医療保全」を含意し、「検査制限」は「医療崩壊」を含意する関係にある。一方、(29)の対角線上にある「検査拡充」と「医療崩壊」、および、「検査制限」と「感染封じ込め/医療保全」は矛盾する関係にある。(29)は、対立する情報を分離するだけでなく、我々が現在行っている推論過程を可視化するために情報の相互的な関係をモデル化したものである。矛盾する関係にある「検査拡充」から「医療崩壊」は含意されないことが分かる。

では、次に逆の状況を考えてみよう。COVID-19 に関する知識が不十分な状況では、その状況に限定される固有の情報に加えて、当該 agent の「検査数」と「医療」への影響に関する信念や志向性が推論に優先的に反映される可能性が高くなる、と考えることは妥当だと思われる。そのような場合に、「検査拡充」が「医療崩壊」という結論を導く論証の滑りが生じる、と考えることができる。言い換えれば、「何を重視するか」についての agent の志向性や選好が、正確な知識や情報に優先されるということになるのだが、これは認知の領域においては問題ないが、論理の領域にうまく翻訳することはできないものである。

誤謬推論が持つこの側面は、UP と誤謬推論の違いを考える上で重要である。§4 で触れた通り、Beaver(1995)が UP について、(18) (以下に再掲)のように述べている通り、UP では p と q が独立していて、q だけで UP を与えることができる。

(18) 我々は p と q が独立しているとも独立していないとも考えることができるが、独立していると考えた方がより適切である場合に、UP が生じる。

誤謬推論でも形式的には p と q が独立している「論理的に誤った推論」に含まれるのだが、認知の領域においては、agent の志向性や選好を、正確な知識や情報に優先して、推論に利用することができることを考慮すると、(UP とは逆に)、誤謬推論において、p と q は独立していないと言うことができる。

重要なのは、UP は後件に含まれるトリガーの語彙的意味という文法的な情報により伴立され投射されるのに対して、誤謬推論で見られる論証の滑りは、agent の志向性や選好が優先される認知環境の中で作られる、ということである。

なお、今後、詳細に検討しなければならないが、以上の slippery slope を生じる仕組みは、<帰ナチ法>と呼ばれる(2)や(6a)など、slippery slope に属さない誤謬推論の事例にも適用可能なものであると見なすことができるだろう。

7. おわりに

本稿では、前件と後件の間に依存関係が存在しないという点で共通する Biscuit Conditional, US,および誤謬推論の比較を通して、誤謬推論が生じる仕組みの解明を試みた。まず、BC では “p(前件)+ q(後件)”を前提に r が示唆されるが、誤謬推論では前提が省略されており、両者は異なるタイプの推論であることを示した。また、誤謬推論と UP はどちらも省略された前提を介して導出されるが、UP には明示的なトリガーがあるのに対して、誤謬推論には明示的なトリガーが存在しないことを示した。その上で、誤謬推論の 1 つである slippery slope（すべり坂論法）に対して、擬似的な対当方形を用いて命題間の含意関係をモデル化することにより、slippery slope の生成プロセスをう

まく分析できることを示した。即ち、誤謬推論は論理の領域においてはpとqが独立した「論理的に誤った推論」の形式を持つが、認知の領域においては、agentの志向性や選好を、正確な知識や情報に優先して利用することができ、実質的に、pとqは独立した関係にはないことを示した。

参照文献

[1] Austin, John L. 1956. Ifs and cans. *Proceedings of the British Academy* XLII, 107-132.

[2] Beaver, David 1995. Presupposition and Assertion in Dynamic Semantics. *Ph.D. thesis*、*CCS*. Edinburgh, UK.

[3] Gazdar, Gerald 1979. Pragmatics, *Implicature, Presuppositions, and Logical Form*, Academic Press, New York.

[4] Grice, Paul 1975. Logic and conversation. In P.Cole and J.Morgan (eds.) *Syntax and Semantics 3: Speech Acts*, Academic Press, New York. 41-58.

[5] Karttunen, Laurie and Stanley Peters 1979, Conventional implicature. C.K.Oh and D. Dinneen (eds.) *Syntax and Semantics, Presuppostion.* Vol. 11, 1-56. Academic Press. New York..

[6] Kiparsky, Paul and Kiparsky, 1970. "Fact" In Bierwisch, M. and K. Heidolph (eds.) *Progress in Linguistics* 143-173. Mouton. The Hague.

[7] Schaden, Gerhard 2017. Rational Interaction and the Pragmatics of the Slippery Slope and 'Guilt by Association'.

[8] 坂原 茂. 1985.『日常言語の推論』東京 : 東京大学出版会.

[9] Sandt, Rob van der 1988. *Context and Presupposition*, Croom Helm, London.

[10] Rooij, Robert van 2007. Strengthening conditional presuppositions. *Journal of Semantics* 24(3). 289-304.

[11] Volokh, Eugene 2003 The mechanismis of the slippery slope. *Harvard Law Review*. 116(4): 1026-1137.

[12] Yamamori Yoshie 2018a. Presupposition and implicature in chimerical conditionals. In Time Lichte and Christian Wurm (eds.), *Workshop on Ambiguity: Perspectives on Representation and Resolution*, ESSLLI (30th European Summer School in Logic, Language and Information), Sofia, Bulgaria: 1-3 (website).

[13] 山森良枝(2018b) 「Biscuit Conditional - 疑似条件文について」『第 35 回日本認知科学会大会発表論文集』:pp. 869-876.

[14] 山森良枝(2020)「擬似条件文と文脈調整」『神戸大学言語学論叢』12: pp. 11-143.

日本語版 Remote Associates Task は洞察を測定するか？
Does a Japanese Remote Associates Task measure insight?

西田 勇樹[†,*]，服部 雅史[†]，織田 涼[‡]
Yuki Nishida, Masasi Hattori, Ryo Orita
[†]立命館大学，[‡]東亜大学
Ritsumeikan University, University of East Asia
[*]yuki-n@fc.ritsumei.ac.jp

概要
本研究の目的は，織田・服部・西田 (2018) によって開発された日本語版遠隔連想課題 (remote associates task; RAT) が洞察を測定する課題として妥当かどうか検討することである。243 名の実験参加者は，RAT，洞察課題，語彙力テスト，創造性課題に取り組んだ。実験の結果，(a) RAT と洞察課題の間に正の相関関係が認められたが，その効果は小さいこと，(b) RAT と創造性課題の成績は関連性が認められないこと，(c) RAT と語彙量に強い正の相関があることがわかった。本研究では，洞察 RAT の洞察問題としての基準関連妥当性を確認することができなかった。

キーワード：洞察問題解決 (insight problem solving)，遠隔連想課題 (remote associates task)，創造性 (creativity)

1. 導入

洞察問題解決や創造性の研究でよく用いられる課題として遠隔連想課題 (remote associates task; RAT) がある。オリジナルの英語版 RAT は，呈示される 3 つの英単語全てと共通する英単語 1 語を発見する課題である (Mednick, 1962)。RAT は，ワンショット型の洞察問題解決（たとえば，図 1 の 8 枚硬貨問題など）と異なり複数の問題セットから構成されている。そのため，類似の問題を繰り返し出題することができ，柔軟に実験計画を組み立てることができるといった長所を持っている。英語以外の言語でも RAT の作成が進んでおり (e.g., Chermahini, Hickendorff, & Hommel, 2012)，近年では日本語版が開発されている（寺井・三輪・浅見, 2013; 織田・服部・西田, 2018）。本研究の目的は，織田ら (2018) が開発した RAT（以下，洞察 RAT）の妥当性を検討することである。

洞察問題解決には，研究者の間で共有されている次の八つの特徴がある (Batchelder & Alexander, 2012)。(a) 問題を解くときに用いられる心的イメージ（問題表象）が複数存在する，(b) 初期に構築された問題表象が問題解決を阻害する，(c) 誤った問題表象から抜け出すには適切な問題表象を見つけなければならない，(d) 気晴らしによって問題解決の成績が促進し（孵化効果），的確な問題の手がかりを得たときに成績が促進する，(e) 適切な問題表象の発見は即座に解に結びつく，(f) 問題解決者のすでに持っている知識で解くことができる，(g) 解の発見によって Aha 体験と呼ばれる閃きと驚きの感覚 (Aha 体験) をともなうことがある，(h) 問題を解くことのできなかった問題解決者に答えを呈示すると即理解され，Aha 体験をともなう。前者の Aha 体験を内因性 Aha 体験，後者を外因性 Aha 体験と呼ぶ (Rothmaleretal, Nigbur & Ivanova, 2017)。少なくともこれらの特徴を有する問題は洞察問題と呼ぶことが可能である。

織田ら (2018) は，上記の洞察問題の特徴をいくつか有する洞察 RAT を作成した。洞察 RAT では，問題語として呈示される三つの漢字（たとえば，「住」，「在」，「汚」）の後ろに結びついて熟語となる漢字 1 字（「職」）を発見することが求められる。洞察 RAT は，問題語の二つとは結びつくが，残りの一つとは結びつかない固着解（「宅」）を有している。洞察 RAT は，固着解のない日本語版 RAT（寺井ら，2013）に比べて Aha 体験が強く感じられるという特徴を有する。加えて，織田ら (2018) の実験 2 は，固着解の回答によって Aha 体験が強く経験されることを明らかにしている。我々が知る限りで，こうした洞察問題の特徴を踏まえて作成された RAT は他にない。

洞察 RAT は，以上のように洞察問題の特徴を持つと考えられるが，もしそうならば，洞察 RAT を洞察問題解決能力測定のテストとして使える可能性がある。繰り返し出題することによって洞察問題解決能力を測定することができれば，交絡変数の影響を抑えた洞察過程の精緻な検討が可能となり，問題解決や創造性などの思考研究を支える有益な道具としての活用も期待される。しかし，洞察 RAT の洞察能力測定に関する基準関連妥当性は，まだに明らかになっていない。そこで，本研究では洞察 RAT の洞察問題としての基準関連妥当性を検討する。

洞察 RAT の成績は，洞察問題解決の成績だけでなく，複数の要因とも相関すると考えられる。第一の要因は

表 1 洞察RAT 25問の問題語とデータ

問題番号	刺激語					本研究				織田ら (2018) 実験 2			
	問題			正解	固着		固着	Aha体験			固着	Aha体験	
	A	B	C	X	Y	正答率	回答率	内因性	外因性	正答率	回答率	内因性	外因性
1	専	入	祈	念	門	28.4	26.0	2.7	3.4	18.2	60.6	4.5	4.0
2	短	延	使	命	期	36.3	10.7	3.5	4.0	27.3	66.7	4.4	4.5
3	伝	到	船	来	達	42.8	35.8	3.0	3.4	42.4	39.4	4.3	3.9
4	独	献	脂	身	立	23.3	29.8	3.1	3.5	33.3	51.5	4.4	3.8
5	終	休	錆	止	日	31.6	14.4	2.3	2.5	21.2	51.5	3.0	2.6
6	製	構	指	図	造	21.4	18.1	3.5	3.8	18.2	36.4	3.7	3.7
7	素	個	習	性	人	18.1	34.9	3.3	3.7	24.2	54.5	4.1	4.0
9	話	技	療	法	術	24.7	53.0	2.6	3.3	33.3	51.5	4.2	4.3
10	輸	混	止	血	入	51.2	22.8	3.2	3.7	51.5	39.4	4.6	4.6
11	達	芸	使	者	人	45.6	39.5	3.2	3.6	45.5	54.5	4.5	4.1
12	電	暴	鼓	動	力	42.3	27.0	3.0	3.6	45.5	36.4	4.2	4.1
13	果	食	皮	肉	物	27.9	33.5	2.8	3.6	30.3	36.4	4.1	4.0
14	適	見	談	合	当	27.9	12.1	2.4	3.2	15.2	51.5	3.6	3.2
16	愛	必	秒	読	着	5.1	7.9	2.0	2.7	9.1	48.5	3.3	3.3
18	筋	入	換	金	力	29.3	23.7	2.8	3.4	39.4	48.5	4.0	4.4
19	民	家	飼	主	族	20.9	10.7	2.8	3.3	12.1	48.5	4.8	3.9
20	労	火	願	力	災	41.9	16.3	2.6	2.6	54.5	42.4	3.2	3.3
21	在	住	汚	職	宅	23.3	15.8	3.0	3.8	24.2	36.4	3.9	3.8
22	決	予	割	算	定	35.8	14.4	2.9	3.7	24.2	48.5	4.0	4.3
25	運	活	服	用	動	23.7	17.7	3.2	3.8	30.3	36.4	4.0	4.0
28	停	廃	拍	車	止	39.1	39.1	3.1	3.5	45.5	39.4	3.8	4.1
31	王	男	派	手	子	10.7	10.7	3.1	3.4	15.2	33.3	3.6	3.7
33	幻	視	盗	聴	覚	43.7	13.5	3.0	3.7	39.4	33.3	4.0	4.2
37	密	温	側	室	度	42.3	34.9	3.0	3.4	36.4	39.4	4.2	4.2
38	無	人	陳	情	口	23.3	2.8	2.8	3.2	9.1	42.4	3.3	3.0

注) 問題番号は織田ら (2018) に対応する。正答率と固着回答率の単位は%。すべての問題の呈示回数は分析対象の参加者数 (本研究 で n = 215，織田ら (2018) 実験 2 で n = 33)に等しい。内因性Aha体験は正解語を回答したときの平均評定値。

創造性である。創造性の定義には要素間の新しく有効な組み合わせを形成することが含まれており (Mednick, 1962; Plucker , Beghetto, & Dow, 2010)，実際に多数の研究がRATを一般的な創造性の指標として扱っている (e.g., Ansburg, 2003; Benedek, Panzierer, Jauk, & Neubauer, 2017; Rowe, Hirsh, & Anderson, 2007)。また，洞察 RAT では，問題解決者が固着から逸脱しようとするために，新しい組み合わせを発見する創造性課題のプロセスが反映されると予想される。第二の要因は語彙である。RAT は熟語を発見する課題であるため，語彙量が少なければ答えを発見することができない。実際に RAT (Bowden & Jung-Beeman, 2003) の成績と語彙力テストの間に相関関係 (r = .42) が確認されている (Lee, Huggins, & Therriault, 2014)。このように洞察 RAT も複数の要因から影響を受けている可能性が高い。

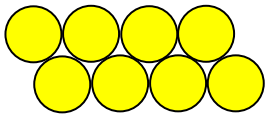
本研究は，語彙量，創造性の成績の影響を除いた分析を行い，洞察 RAT の基準関連妥当性を検討する。また本研究でも内因性および外因性 Aha 体験を測定し，固着回答が Aha 体験に与える影響を検討する。

2. 方法

参加者 参加者 243 名（男性 87 名, 女性 145 名，無回答 3 名，M_{age} = 39.0, SD_{age} = 11.2）が実験に参加した。参加者は，クラウドワークスで募集された実験参加に応募し，それぞれの所有する PC のブラウザ上で実験を実施した。参加者は参加の報酬として，1320 円を受け取った。

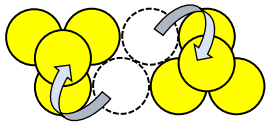
洞察 RAT 織田ら (2018) で用いられた洞察 RAT のうち，固着解の回答率の高い洞察 RAT 25 問（表 1）が選ばれた。洞察 RAT は，2 問の練習試行と 25 問の本試行で構成された。1 試行につき 1 問の洞察 RAT を出題

8枚硬貨問題



8 枚のコインが並んでいます。コインを 2 枚だけ動かして，すべてのコインが他の 3 枚と接するように配置してください。正解するためには，コインを 2 つのまとまりに分ける必要があります。

答え



警察官問題

ある女性は運転免許を持っていませんでした。しかし，彼女は踏み切りで止まらずに，一方通行の交通標識を無視して3ブロックも逆走しました。警察官はその一部始終を見ていましたが，女性を逮捕しようとしませんでした。なぜ警察官は女性を逮捕しなかったのでしょう？

答え　女性は歩行者だったから

馬問題

男は馬を60ドルで購入し，同じ馬を70ドルで売りました。その後，同じ馬を80ドルで買い戻して，また90ドルで売りました。男は最終的にいくら儲けたことになるでしょう？

答え　20ドル

図 1　洞察課題

し，参加者の問題の回答と Aha 体験を測定した。織田ら (2018) と同様に問題の答えがわかった場合の Aha 体験を内因性 Aha 体験，呈示された答えを確認した場合の Aha 体験を外因性 Aha 体験として測定した。

洞察 RAT を解く参加者は，問題語の呈示の後，答えがわかったときに画面上のボタンを押した。それぞれの問題の制限時間は 45 秒であった。ボタン押しの後，「答えを思いつたとき『ああ，そうか！』と感じましたか？」の質問が呈示された。参加者は，「1: まったく感じなかった」,「2: 少し感じた」,「3: ある程度感じた」,「4: 強く感じた」,「5: 非常に強く感じた」の 5 件法で内因性 Aha 体験の強さを評定した。その後, 参加者は，洞察 RAT の回答として漢字 1 字をタイピングで入力した。参加者が洞察 RAT に正解した場合，フィードバックの後に次の試行にうつった。参加者の回答が不正解の場合および制限時間が経過した場合には，フィードバックの後に問題語，正解語および質問項目が呈示された。質問項目として「答えを思いつたとき「ああ，そうか！」と感じましたか？」と呈示された。参加者は，「1: まったく感じなかった」,「2: 少し感じた」,「3: ある程度感じた」,「4: 強く感じた」,「5: 非常に強く感じた」の 5 件法で外因性 Aha 体験の強さを評定し，次の試行にうつった。参加者は 13 試行目で休憩を取ることができた。

洞察課題　洞察問題は，空間，数学，言語のサブカテゴリーによってわけられる (Dow & Mayer, 2004)。そこで空間的洞察問題として 8 枚硬貨問題 (eight-coin problem; Ormerod, MacGregor, & Chronicle, 2002)，言語的洞察問題として警察官問題 (Lazy policeman; Weisberg, 1995)，数学的洞察問題として馬問題 (Horse trading; Weisberg, 1995)，を使用した（図 1）。

参加者は，8 枚硬貨問題，警察官問題，馬問題の順に洞察課題 (以後, 本実験で用いた洞察問題を洞察課題と呼ぶ) を解いた。8 枚硬貨問題を解く参加者は，5 分間の制限時間で画面上の硬貨を動かして問題を解いた。硬貨の配置は画面の「最初から」のボタンで初期位置に戻すことができた。答えの位置に硬貨が配置された場合か制限時間が経過した場合に, 8 枚硬貨問題を終えた。次の馬問題および警察官問題では 1 試行の練習試行を行ったあとに，本試行の 2 問を解いた。参加者は，呈示された問題文を読み 3 分間の制限時間で画面上のテキストボックスの中に答えを記入した。参加者の回答が正解不正解に関わらず，答えを記入した場合か制限時間が経過した場合に問題が終了した。分析では，それぞれの洞察課題に解けたときに 1 得点を付与し，本試行の三つの洞察課題の総合点（最大 3 点）を参加者ごとに算出した。

語彙量測定課題　語彙量を測定する課題として百羅漢（近藤・天野, 2013）を用いた。近藤・天野 (2013) で掲載されている 100 問の百羅漢のうち 20 問を選んだ。百羅漢の選定過程で，近藤・天野 (2013) の項目反応理論の結果から困難度の高さで問題を 5 つのグループにわけた。それぞれのグループの中で識別力が高い問題 4 問を選んだ。ただし，同じ漢字が含まれる問題を除い

た。本研究で用いられた百羅漢は練習試行の 2 試行と本試行の 20 試行で構成された。

百羅漢に取り組む参加者は，画面上に呈示された漢字 1 字または最大 3 字の熟語（たとえば，「筏」）を見て，漢字の読み仮名をひらがなでタイピング入力した。入力は予測入力の変換候補が出力されないようにされた。ひらがなを入力した後，「回答」のボタンで答えを提出することができた。読み方がわからない場合は，「スキップ」のボタンで問題を次の試行にうつることができた。参加者は，10 試行目で休憩を取ることができた。

創造性測定課題　創造性を測定する課題として alternative use test (AUT; Guilford, 1967) を用いた。AUT では，日常的な道具（たとえば，新聞紙）の新しい使い方を答えることが求められる。本研究の AUT は，1 回の練習試行と 2 回の本試行で構成された。参加者は，練習試行で「ペットボトル」，本試行で「新聞紙」と「靴」の新しい使い方の回答を求められた。練習試行終了後，参加者は，「『新聞紙』の新しい使い方をできるだけたくさん答えてください。できるだけ典型的なアイデアをさけ，型破りなアイデアを考えるよう努力してください。」と文面で教示され， 5 分間の制限時間でテキストボックスにアイデアをタイピングで記入した。一つのアイデアが記入できたら「回答」ボタンを押して提出できた。提出後，テキストボックスが空白になり，制限時間が経過するまでいくつでもアイデアを回答することができた。制限時間経過後，同様の手続きで，靴の新しい用途を求められた。

AUT で得られた回答は流暢性，柔軟性，創造性の三つの指標から得点化された。流暢性を二つのテーマの回答数の平均として算出した。柔軟性は各参加者の AUT の回答がいくつのカテゴリーに分類されたかを指標とした。柔軟性の得点に関して，著者を含む 2 名の評定者（著者の 1 名，男性 1 名）に各参加者が回答したアイデアのカテゴリー数の評定を求めた。創造性は，Silvia et al. (2008) と同様，各参加者の回答がどの程度創造的であるか前述の 2 名の評定者に評定を求めた。それぞれの回答に対して「1: 全く創造的ではない」から「5: 非常に創造的である」の 5 件法で評定させた。各参加者の二つのテーマを通した回答の得点の平均値を創造性の得点とした。評定者間の評定が一致することを確かめるために，カテゴリー数と創造性の得点が評定者間で相関することを確認した, $r = .906$, $p < .0001$; $r = .449$, $p < .0001$。

手続き　参加者は，URL から実験実施のための Web ページにアクセスした。実験課題は課題 1, 2, 3 の 3 つのパートに分かれていた。課題 1 は洞察 RAT，課題 2 は洞察課題，課題 3 は百羅漢および AUT で構成されていた。参加者は課題 1，2, 3 の順に取り組んだ。課題 1 と課題 2 のパートが終了したときは実験を中断することができた。それぞれのパート終了ごとに，8 桁のユーザーID が画面に表示された。参加者は，すべての課題終了後に三つのユーザーID を実験者に報告した。

3. 結果

全参加者のうち，データが保存されなかった 10 名，同じ課題を繰り返し実施したと見られる 6 名，途中でプログラムが動かなくなり中断した 1 名，課題 1 の事後に問題の答えを調べたと答えた参加者 2 名，課題 2 の事後に洞察課題を一つでも見たことがあると答えた 3 名，課題 3 の事後に全ての課題は同一の参加者が実施したかの質問に対して「いいえ」を答えた 6 名の合計 28 名を分析対象外とした。最終的に 215 名の参加者を分析対象とした。また洞察 RAT では本試行のすべての回答を，正解語，固着語，それ以外の語の 3 つに分類した。全 25 問の正答率と固着回答率，および Aha 体験の評定平均値を表 1 に示した。

固着回答の効果　まず洞察 RAT の固着回答が Aha 体験に与える影響を検討した。まず制限時間内に反応した試行のみを取り出し，参加者の回答ごとの内因性 Aha 体験を比べた。参加者の回答の種類（正解/ 固着/ その他）を固定効果とし，問題と参加者個人を変量効果とする，一般化線形混合効果モデルを実施した。応答変数の分布を正規分布，リンク関数を Identity とし，自由度の推定には Kenward-Roger 法を用いた。その結果，回答の種類の効果が有意となった，$F(2, 3504) = 540.27$, $p < .0001$。Bonferroni 法の多重比較の結果，正解 ($M = 2.9, SD = 1.1$)，固着 ($M = 2.2, SD = 1.0$)，その他 ($M = 2.0, SD = 0.9$) の順に内因性 Aha 体験が高かった, ps $< .0001$。続いて，固着回答の有無で外因性 Aha 体験を比べた。不正解試行の回答のみを分析対象とした。固着回答の有無を固定効果とし，問題と参加者個人を変量効果とする，一般化線形混合効果モデルを実施した。その結果，固着回答の効果は認められなかった, $F(1, 3600) = 0.26$, $p = .610$。

表 2　各課題の相関係数と要約統計量

	1	2	3	4	5	6	7
1. 洞察 RAT-正答数							
2. 洞察 RAT-固着回答数	− .384 ***						
3. 洞察課題	.143 *	− .140 *					
4. 百羅漢	.366 ***	− .380 ***	.142 *				
5. AUT-流暢性	− .025	.189 **	− .033	− .012			
6. AUT-柔軟性	− .019	.126 †	.006	.007	.922 ***		
7. AUT-創造性	.055	− .049	.283 ***	.031	.062	.132	
平均	7.6	5.7	1.4	14.3	4.3	3.3	2.1
標準偏差	3.2	3.1	0.9	2.9	2.6	1.6	0.3
最小, 最大	1, 16	0, 13	0, 3	4, 19	0, 14	0, 8	1, 2.9
中央値	8	6	1	15	3.5	3	2.1
歪度	0.1	0.1	0.2	− 0.6	1.0	0.6	− 1.1
尖度	− 0.6	-0.5	− 0.8	0.5	1.0	0.2	4.7

注） RAT: 遠隔連想課題，AUT: Alternative Use Task, † : $p < .10$, *: $p < .05$, **: $p < .01$, ***: $p < .001$

他の課題成績との相関　洞察 RAT と他の課題成績との関連性を調べるために，相関係数を算出した （表 2)。洞察 RAT の正答数と固着回答に有意な負の相関が認められ, 洞察課題, 百羅漢と有意な正の相関が認められた。一方，洞察 RAT の正答数と AUT のすべての指標との間に有意な相関は認められなかった。また固着回答数は，洞察課題と百羅漢との間で負の相関が認められ，AUT の流暢性と正の相関が認められた。

重回帰分析　洞察 RAT の成績は洞察課題の成績だけでなく，複数の課題成績と関連する。そこで，語彙量，創造性の影響を除いたときに，洞察 RAT がどの程度洞察課題の成績から説明できるのか確かめる分析を行った。各参加者の洞察 RAT 正答の有無を応答変数，洞察課題, 百羅漢および AUT の創造性の評定値を説明変数とする重回帰分析を実施した, $_{adjusted}R^2 = .13$, $F(3, 211) = 11.71$, $p < .0001$。その結果，洞察課題の成績と洞察 RAT の関連性は認められなかった, $\beta = .19$, $t = 1.30$, $p = .194$。一方，百羅漢の成績が高い人ほど，洞察 RAT の成績が高くなることが示され，$\beta = .39$, $t = 5.48$, $p < .0001$，創造性の関連性は認められなかった, $\beta = .21$, $t = 0.29$, $p = .77$。

4. 考察

本研究の目的は，洞察 RAT が洞察を測定する課題として基準関連妥当か検討することであった。まず洞察 RAT の成績と洞察課題の成績，百羅漢の成績が相関することを確認した。しかし，洞察課題，百羅漢，創造性を説明変数，洞察 RAT の成績を応答変数とした重回帰分析では，百羅漢にのみ強い関連性が見られた。本研究では，洞察 RAT の洞察問題としての基準関連妥当性を確認することができなかった。

実験結果は，洞察 RAT がどういった能力を反映するものであるかについて，さらに詳細に検討していく必要があることを示している。織田ら (2018) は，洞察 RAT では固着解の回答によって成績が低下し，固着解のない RAT に比べて内因性 Aha 体験が強く経験され，固着回答によって Aha 体験が強く経験されることを確認されている。これらは，洞察 RAT が洞察問題の特徴を有しているという意味で，洞察問題として妥当であることを示している。しかし，本研究では洞察 RAT の基準関連妥当性を確認することはできなかった。ただし，個別の洞察 RAT によっては語彙力の影響を除いても洞察課題を測定する課題が存在するかもしれない。特に，一つのセットとしての洞察 RAT だけでなく，その中の個別の RAT の特性が異なる可能性もあり，今後はそういった観点からも検討進めていく必要がある。

本研究の結果は, 洞察 RAT が創造性課題のアイデア生成プロセスとほとんど無関係であることを示している。創造性の定義として要素間の新しく有効な組み合わせを形成することが含まれている (Mednick, 1962; Plucker , Beghetto, & Dow, 2010)。特に，洞察 RAT は，問題解決者が固着から逸脱しようとするために，新しい組み合わせを発見する過程が強く反映されると予想された。しかし，従来の RAT と創造性課題の関連性を検討した研究と同様 (e.g., Chermahini et al., 2012; Lee et al., 2014)，洞察 RAT と創造性課題の成績に関連性は見られなかった。Lee et al. (2014) は，RAT は Raven's

advanced progressive matrices (APM: Raven, 1965) など収束的思考のテストと強い正の相関関係にあり，AUT などの拡散的思考のテストと弱い相関関係であることを指摘している。洞察 RAT も同様に，拡散的思考よりも収束的思考を反映した問題解決なのかもしれない。

また，本研究は固着回答によって Aha 体験が強く経験されるか検討し，正解，固着，その他の回答の順に内因性 Aha 体験が強く経験されることを確認した。この結果は，洞察 RAT で初めて明らかになった特徴である。一方，織田ら (2018) と異なり，固着回答の有無によって外因性 Aha 体験の強さは変わらなかった。これは手続きの違いによるのかもしれない。織田ら (2018) 実験 2 では，問題の答えがわかったときに最大 6 個の漢字を回答することができたのに対し，本研究の手続きでは 1 個の漢字のみ回答を許された。そのため，本研究では固着回答が検出されにくく，回答時の試行錯誤のプロセスが少ない。固着を経ても外因性 Aha 体験が強くならなかった理由は，本研究では試行錯誤のプロセスが少なかったためと考えられる。また表 1 から本研究の内因性および外因性 Aha 体験は，織田ら (2018) 実験 2 の同じ問題に比べて弱いことがわかる。このことも同じく，回答時の試行錯誤のプロセスが少なかったためと考えられる。したがって，Aha 体験の強さは，固着回答だけでなく回答時の試行錯誤のプロセスによっても変わると考えられる。Aha 体験を測定し，実験間で比較する場合は，手続きを統一する必要がある。

今後の課題として，洞察問題としての基準関連妥当性のある RAT のレパートリーを増やす必要がある。そのためにもまずは，どの RAT が洞察課題の成績を予測しうるのか確認し，そうした RAT がどのような特徴をもつのか検討する必要がある。その特徴を踏まえた上で，織田ら (2018) の洞察 RAT の作成方法をもとに，レパートリーを増やすことができるだろう。また Batchelder & Alexander (2012) があげている孵化効果や手がかりの効果といった，他の洞察問題の特徴に関する検討も行う必要があるかもしれない。

文献

Ansburg, P. I., & Hill, K. (2003). Creative and analytic thinkers differ in their use of attentional resources. *Personality and Individual Differences*, *34*, 1141–1152.

Batchelder, W. H., & Alexander, G. E. (2012). Insight problem solving: A critical examination of the possibility of formal theory. *The Journal of Problem Solving*, *5*, 56−100.

Benedek, M., Panzierer, L., Jauk, E., & Neubauer, A. C. (2017). Creativity on tap? Effects of alcohol intoxication on creative cognition. *Consciousness and Cognition*, *56*, 128–134.

Bowden, E. M., & Jung-Beeman, M. (2003). Normative data for 144 compound remote associates problems. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, *35*, 634–639.

Chermahini, S. A., Hickendorff, M., & Hommel, B. (2012). Development and validity of a Dutch version of the Remote Associates Task: An item-response theory approach. *Thinking Skills and Creativity*, *7*, 177–186.

Dow, G. T., & Mayer, R. E. (2004). Teaching students to solve insight problems. Evidence for domain specificity in training. *Creativity Research Journal*, *16*, 389–402.

近藤 公久・天野 成昭 (2013). 百羅漢 ~実験参 加者の言語能力差の統制のための漢字テスト 日本認知科学会テクニカルレポート No. 69.

Lee, C. S., Huggins, A. C., & Therriault, D. J. (2014). A measure of creativity or intelligence? Examining internal and external structure validity evidence of the Remote Associates Test. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, *8*, 446–460.

Mednick, S. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, *69*, 220-232.

織田涼・服部雅史・西田勇樹 (2018) 洞察問題としての日本語版 Remote Associates Task の作成 心理学研究, *89*, 376–386.

Ormerod, T. C., MacGregor, J. N., & Chronicle, E. P. (2002). Dynamics and constraints in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *28*, 791–799.

Plucker, J. A., Beghetto, R. A., & Dow, G. T. (2004). Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potentials, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational Psychologist*, *39*, 83–96.

Raven, J. C. (1965). *Advanced Progressive Matrices Set I and II*. London: H.K. Lewis.

Rothmaler, K., Nigbur, R., & Ivanova, G. (2017). New insights into insight: Neurophysiological correlates of the difference between the intrinsic "aha" and the extrinsic "oh yes" moment. *Neuropsychologia*, *95*, 204–214.

Rowe, G., Hirsh, J. B., & Anderson, A. K. (2007). Positive affect increases the breadth of attentional selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*, 383–388.

Silvia, P. J., Winterstein, B. P., Willse, J. T., Barona, C. M., Cram, J. T., Hess, K. I., ... Richard, C. A. (2008). Assessing creativity with divergent thinking tasks: Exploring the reliability and validity of new subjective scoring methods. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, *2*, 68–85.

寺井 仁・三輪 和久・浅見 和亮 (2013). 日本語版 Remote Associates Test の作成と評価 心理学研究, *84*, 419–428.

Weisberg, R. W. (1995). Prolegomena to Theories of Insight in Problem Solving: A Taxonomy of Problems. In R.J. Sternberg & E. J. Davidson (Eds.), *The nature of insight* (pp. 157–196). Cambridge, MA: MIT Press.

学校地域間連携活動における多重混成のなかでの境界横断：複数の動態的境界の横断による視点交流に着目して

Boundary crossing on school-community partnership: Focusing on perspective interaction through crossing dynamic contexts

中野 綾香[†]
Ayaka Nakano

[†]東京大学大学院教育学研究科
Graduate School of Education, the University of Tokyo
nakano@p.u-tokyo.ac.jp

概要

本稿は，学校地域間連携活動における境界の重層的な横断によるボランティア間の相互作用に着目する．分析の結果，ボランティアは，活動への十全的な参加度合いを境界として実践的知識をやり取りし，外部からの異質な視点を用いて，他者からの知識を解釈，調整して自らの実践へと適用していた．また，協働的な実践を通じたボランティア間の関係性構築により，企業生活などの外部活動に関する視点交流が行われ，実践にて存在した境界の低減，世代性という新たな境界の生成という境界の動態性が示された．

キーワード：学校地域間連携活動，ボランティア，多様な境界設定の可能性，境界の動態性，インフォーマルな学習

1. 問題と目的

現代社会において，単一的領域内での影響から人びとの動きや社会的事象を捉えることは十分とは言えず，異なる社会的文脈間の横断を考慮することにより，複雑に絡み合った事象を理解することが可能となる（福島 2001, pp.155-159；香川, 2012）．このような異なる社会的文脈間の横断は，文脈横断論（香川, 2011）などに基づいて検討が進められているが，横断する境界とは，分析対象に合わせて研究者視点から設定した単一的なものが多い（e.g. Hopkins, et al., 2019；Spillane, et al., 2018）．一方で，当事者自身が捉える境界とは動態的なものであり，アイデンティティ，身体的位置，道具，他者の行為の動きや関係性の相互作用のなかで，時に消失し，時に強く現れて可視化されるものである（香川, 2011）.そのため，境界横断に関する議論を進める際には，特定の境界の在り方を自明視することなく，多様な境界設定の可能性の検討が必要となる（Cash, et al., 2006；香川, 2008）．このような可能性を踏まえた研究として，Hong, et al.（2009）がある．Hong らは，多国籍企業における本社と支社，取引先との境界横断に着目した分析を進めている．ここでは，Carlile（2002, 2004）の枠組みを用い，当事者間に存在する統語的境界としての情報量の差異や，意味的境界としての文化的差異，実践的境界としての実践における慣習的差異を捉えることにより，境界横断による知識の実践場面への転用，適用としての学習特性を明らかにしている．

本稿では，学校地域間連携活動において存在する重層的な境界存在の可能性に迫りつつ，それらを横断することによってボランティアに生じる相互作用に関する検討を進める．改正社会教育法施行に際する地域学校協働活動推進事業の開始により，学校地域間連携活動が学校の補完的役割を担うのみの存在ではなくなりつつある．ここでは，子どもの成長を後押しするとともにボランティアとの相互作用のなかで行われる生涯学習の場として当該活動が捉えられるようになり，実際，外部から多種多様な専門性を有する人材がボランティアとして参加している（潮田・中野, 2018）．多種多様なボランティアの参加による，子どもたちの興味関心の醸成への肯定的影響も取り上げられる（Jarrott, et al., 2019；Norouzi, et al., 2015）．一方，子どもたちとともに当該活動の場を生成するボランティア間で生じる相互作用を捉える研究は過少である．実践のもとでのボランティアの経験を捉えることは，子どもへの支援に留まらない学校地域間連携活動の在り方を探る上でも有効となる．

2. 対象と方法

2.1. 調査対象・調査方法

本研究は 2016 年 4 月から 2020 年 1 月までの期間に行われた．調査対象は首都圏に位置する公立中学校の S 中学校に設置されており，学校地域間連携活動を実施する学校支援組織「S 中サポート」（以下，S サポ）である．2020 年 1 月現在，S サポの活動として平日の放課後に図書室において実施される居場所づくり教室，定期試験前学習教室，漢字・数学・英語検定対策教室，高校入試面接対策教室，休日に開催される数学教室・英語教室，S 中学校のカリキュラム内に組み込まれて正規の授業内で実施されるキャリア教育が行われている．また，年に 1 回 S 中学校区に位置する商店街の祭りにおいて，S 中学校茶道部員が地域住民に対して抹茶を振る舞う催しを支援している．S サポへは，S 中学校区の内外から幅広い年齢層のボランティアたちが参加しており，ほぼ毎回活動に参加する人たちから年に数回，もしくは単発的に参加する人たちまで多様な参加形態の人たちが集っている．

本研究における調査は，①S サポにおけるフィールドワーク，②S サポに参加するボランティアへのインタビュー調査によって行われた．フィールドワークに関しては，2016 年 4 月から 2020 年 1 月までの期間において長期縦断的に実施した．フィールドワークの実施，並びにフィールドノーツの作成にあたっては，Emerson, et al.（1995），佐藤（2002）を参照し，フィールドワークの最中には紙へのメモを可能な限り行ない，フィールドワーク終了後には出来る限り早くフィールドノーツに出来事を書き留めることを心がけた．インタビュー調査に関しては，2016 年から 2019 年までの間に S サポのボランティア参加者 10 名に対して 1 回あたり平均 1 時間半，平均 2 回の半構造化インタビュー調査を行なった．

2.2. 分析方法

本稿における分析は，事例研究の手法を用いて行われた．フィールドノーツや授業場面のトランスクリプトなどを参照し，異質性が高いと判断可能なボランティア 2 名を選定して，学校地域間連携活動における両者の相互作用に関する分析を進めた．選定されたボランティア間の相互作用生起場面の選定にあたっては，George & Bennett（2013）にて示される事例研究の手順を参照し，選定する事例が研究目的に沿っているかを考えた．事例を記述する際には，Yin（2017）を参照し，演繹的に理論に基づきながら，ボトムアップで機能的に事例を分析し，事例に関して詳細に記述する説明的叙述を組み合わせることにより，事例研究で示される結果の妥当性を担保した．事例を分析する際には，異質性の高いボランティアとして選定された 2 名における相互作用について，Hong, et al.（2009）による境界横断を伴う知識の動きを分析枠組みとして分析を進めた．

3. 結果

本項では，異質であると選定されたボランティア V1 と V2 との相互作用による V2 における変化を，関係論的に事例研究によって捉える．なお，本事例研究は，V1 に対するインタビュー（2018 年 2 月 14 日・2019 年 7 月 17 日），V2 に対するインタビュー（2018 年 2 月 24 日・2019 年 7 月 20 日），2016 年 4 月から 2020 年 1 月までに実施されたフィールドワークに関するフィールドノーツを複合的に参照することにより記述する.また，〈 〉の中身は，文脈を補足するために筆者自身が加筆した部分である．

3.1.本事例研究における対象者の概要

本事例では，V1 と V2 間において複数の境界横断のなかで生じる相互作用を対象とする．V1 は S サポの実践共同体への十全的な参加をなしている 70 代前半のボランティアである.情報・通信関連の企業退職後に，地域野球部の仲間であった地域住民の薦めによって 2011 年に S サポに参加した．企業時代に築いた人脈を利用して外部組織などとのコミュニケーションを取ることが可能であり，積極的に S サポにおける学校地域間活動の様子を外部に発信しているが，企業退職後ということもあり実践を伴う活動への参加は，主に S サポ関連のものに限定される傾向がある.V1 は，S サポの活動にはほぼ毎回参加しており，数学教室や図書室居場所づくり，キャリア教育という幅広い活動に参加している． V2 は，S サポの実践共同体への周辺的な参加をなす 20 代半ばのボランティアであり，教育・研究関連の職業に従事している．大学の先輩の紹介により 2017 年から S サポに参加しており，企業就職後も半年に数回 S サポの数学教室に参加している. V2 は V1 が外部組織において S サポの活動に関する説明を行なう際の同行，会食への参加を行なっており，S サポ活動外においても V1 との相互作用を生じさせる機会

を有する.V2 が学生時代に就職活動をする際には，V1 を中心として S サポに参加する社会人経験のあるボランティアたちから助言を受けていた.V2 は S サポに参加するボランティアのなかでも V1 と密なコミュニケーションを取っている一人である.

3.2. 重層的な境界横断を通じた他者視点の実践への適用

V2 は自ら実践を行なう上で，以下の過程にて V1 の視点を取り込み，それを自ら解釈し直して実践への適用を進めている．S サポへの参加当初，V2 は，従来自分自身の周囲にあった環境とは学業成績面，素行面で非同質的な子どもたちに直面することで，子どもたちとの接し方に苦慮していた.ここで，V2 は，学習支援において V1 が意識的に行なっていた，子どもの横の席に座り対等な目線になりながら学習支援を行なうという行為を目にする．V1 は，学習支援活動が始まる前，もしくは問題についての個別的な支援を行なう際に，子どもたちと数学の話ではなく部活動や趣味の話をすることで，子どもたちの数学に対する苦手意識緩和を試みていた．V2 自身も，子どもたちと雑談をすることから学習支援を行ない，身近な話題に寄せながら子どもたちに向き合うという実践を行なうようになる.V2 は，S サポ以外の外部団体でも子どもを対象としたボランティア活動に従事しており，その実践から人見知りでぶっきらぼうな態度を取る子どもであっても，小さな努力を目に見えるかたちで褒めることが重要であるという視点を得ている.このような外部での経験を，V1 による雑談を通じた緊張緩和という実践に基づきつつ，V2 は S サポの文脈において再解釈する．ここでは，V2 が授業中に些細なことを見つけて褒めるなかで子どもたちの苦手意識を緩和させ，学習支援開始前や支援の最中だけではなく活動終了後にも子どもたちの愚痴や悩みを聞くなどの行為を意識的に行なうことで，子どもとの関係性構築に向けた実践を行なった.

ここでは，十全的な参加状態にある V1 から V2 に対して，学習において困難を抱える子どもたちへの学習支援時の対応という実践的知識の転用が生じ，情報量の差異としての統語的な境界を越える文脈横断がなされている．また，単に V2 が視点を受動的に取り込むだけではなく，他者の実践を意図的に自らの実践のなかに取り込み，慣習化しつつ，外部活動で得た異質な情報を用いて視点の再解釈を行っている．これにより，転用された実践的知識の基盤となっていた V1 の価値観をそのまま取り込むのではなく，他者による知識の意味づけを越えて（意味的な境界横断），V2 自らの意味理解のなかで実践的知識の実践への適用がなされる（図 1）.

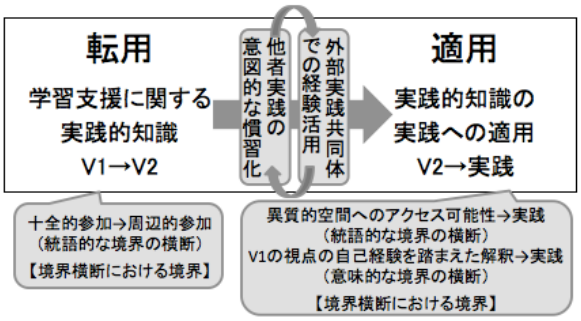


図 1　重層的な境界横断を通じた視点としての知識の動き

3.3.外部活動に関する視点交流による境界低減

V1 と V2 は，学校地域間連携活動にて実践を重ねて関係性を構築すると同時に，活動後にボランティア間で開催される反省会としての昼食会やインフォーマルな食事会，V1 が外部にて行なう会議への同行を通じて相互理解を深めている．このように，両者間において学校地域間連携活動での実践に留まらない交流がなされた結果，企業生活等の外部活動に関する視点のやり取りがなされるようになる.V1 は，企業時代から何らかの実践を行なう際には，その実践の相手先となる他者がどのように感じるかを考えて，相手先が喜んでくれることを想像しながら業務に当たることを意識的に行なってきたという．そして，V1 は，企業生活において相手志向のもとで行なった実践について語りつつ，行為の宛先を考えることを，S サポでの文脈に置き換えて，S サポの実践内でも行なっている．V2 は，V1 との交流を進めるなかで，V1 が示す相手志向を意識することになる．ここでは，業務の相手先がどのような努力のもとで成果物を生成し，自らの業務がそのような努力にどのように貢献できるかについて思考を巡らせて，業務にあたるとともに，V1 の精緻的なロールモデル化を進めていく.

ここでも，業務経験量としての統語的な境界を横断するかたちで，仕事に関する実践的知識が V1 か

らV2に対して転用され，V2においては自己の業務文脈に沿って知識を再解釈する意味的な境界横断が生じている．一方で，S サポの実践を行う際に両者において存在していた十全的な参加の度合いなどの境界の影響は見られなくなっている．このような 実践的知識の転用は，V1 自身の「自らの経験を若者に伝えたい」という心持ちから生じている．これは，V1 における世代間継承の志向性とは，V2 などの若者の存在があってこそ成り立つものであることを意味する．これにより，V2 はV1 の視点を取り込むのみの受動的な存在ではなく，V1 が有する世代間継承への志向に応える行為を無意識的に行う能動的な存在となる．ここでは，S サポの実践において意識された境界は低減する一方，高齢期における「世代性」（深瀬・岡本, 2010；McAdams, et, al., 1993）という新たな境界が生成される（図 2）．

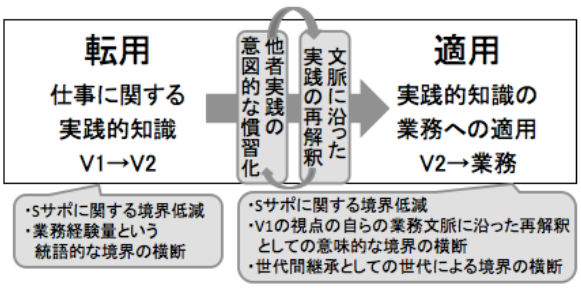


図 2　S サポに関する境界低減と新たな境界生成による知識の動き

4.　考察

4.1. S サポを基盤とした仮想的実践場面への境界横断

本稿では，S サポという学校地域間連携活動での実践を通じた関係性を構築して，S サポ外部においても交流を重ねることにより，協働的な実践による実践的知識に留まらず，外部活動における視点のやり取りにまで発展する飛躍可能性が示された.ここでやり取りされる視点は，直接ほかの文脈に適用されるのではなく，他者の実践での様子等を踏まえて詳細に捉え直しつつ，自らの業務の文脈に沿ったかたちで再解釈されることにより，実践へと適用される.すなわち，V1 との交流のなかで V2 は，一旦その文脈を抜け出して視点について解釈したのちに業務への適用を図っているといえる（Schütz & Luckmann, 1988）.ここでは，現在位置する文脈ではなく，業務場所を想定してはいるが実際の場所ではない仮想的な第三の文脈が生成される.V2 はこのような仮想的実践場面において，今後自らが行なう予定である業務を，V1 の視点からどのように捉えて実践していくかをシミュレーションするなかで，V1 の視点を取り込み，自らの業務の文脈に沿った解釈を行なっていく.このような仮想的実践場面において，実際に行為を生じさせる前に，前もって行為の地図を描き，行為による結果を想定することは投企として示されており（Schütz, 1980 , pp.94-103），外部実践に関する視点転用と適用が生じる際には，この仮想的実践場面への横断がなされることになる（図 3）

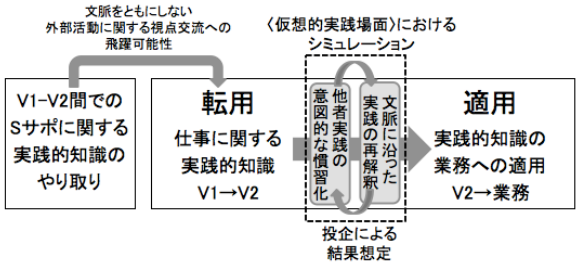


図 3　協働的な実践における視点交流の飛躍可能性とそれに伴う仮想的実践場面での投企

4.2. インフォーマルな学習の場としての学校地域間連携活動

本稿では，異質性が高いと選定されたボランティア 2 名における，学校地域間連携活動を通じた相互作用を捉えることで，ボランティアが他者の実践を自らの実践のなかに取り込んでいく過程を示した．また，S サポ実践における関係性構築を通じて，実践以外の外部活動についての視点交流が行われるようになり，他者が人生経験のなかで培ってきた経験を自らの糧として活かしていく際の構造が明らかとなった．これは，学校地域間連携活動にて存在するボランティアにおけるインフォーマルな学習を示している．インフォーマルな学習とは，教育機関のカリキュラムの外部で生じ，外部の基準や組織的に権威づけられた指導者の存在抜きに生じる学習とされており，ここでは学習と行為は継ぎ目のない連続体として存在し，当事者によって学習と認識されないという特徴を有する（Livingstone, 1999; 2001）．本稿では，従来，学校地域間連携活動において，子どもの学習を支援する存在として捉えられる傾向にあったボランティアにおいて，暗黙的に存在するインフォーマルな学習の存在を示している．同時に，インフォーマルな学習とは，ボランティア活動の実践

を行うことを通じてのみ生じるのではなく，ボランティア間での関係性構築を通じて，当該実践に留まらない他者の人生経験からの学習がなされることが明らかとなった．

5. 総合考察

本稿では，学校地域間連携活動に存在する多種多様な境界設定の可能性の考察を通じて，ボランティアにおいて生じる活動実践，及び実践から派生した外部活動に関する相互作用を捉えた．これにより，境界の複雑性，動態性とともに，複数の境界を横断することによる仮想的実践場面の生成や，ボランティアにおける学校地域間連携活動における実践的知識に留まらない視点の交流の存在が明らかとなった．従来，学校地域間連携活動においてボランティアは，子どもに奉仕する存在として捉えられる傾向にあり，ボランティアとは子どもの学びを支援するという，あくまで支援者の存在にすぎなかった．本稿では，学校地域間連携活動におけるボランティア同士の相互作用に着目することで，視点交流を通じた変化としてのボランティアのインフォーマルな学習を示している．これは，子どものみではなく，参加者であるボランティアも実践を通じて学ぶことができることを示しており，学校地域間連携活動におけるボランティアについての捉え方，活動自体の意味を拡張した点で，意義を有するといえる．一方で，事例分析の対象としたボランティアの異質性の高さに関しては，フィールドノーツ等以外からの更なる検証が必要である．また，本稿によって示されたインフォーマルな学習が，ボランティアにとってどのような意義があるのかについての検証は，今後の研究課題とする．

文献

[1] Carlile, P. R. (2002). A pragmatic view of knowledge and boundaries: boundary objects in new product development. *Organization Science, 13*, 4, 442-455.

[2] Carlile, P. R. (2004). Transferring, translation, and transforming: An integrative framework for managing knowledge across boundaries. *Organization Science, 15*, 5, 555-568.

[3] Cash, D. W., Adger, W. N., Berkes, F., Garden, P., Label, L., Olsson, P., Pritchard, L., & Young, O. (2006). Scale and cross-scale dynamics: Governance and information in a multilevel world. *Ecology and Society, 11*, 2, 8.*79*, 230-240.

[4] Emerson, R. M., Fretz, R. I., & Shaw, L. L. (1995). *Writing ethnographic fieldnotes*. Chicoga: University of Chicago Press.（エマーソン, R. I・フレッツ, R・ショウ, L. 佐藤 郁哉・好井 裕明・山田 富秋 (訳) (1998). 方法としてのフィールドノート：現地取材から物語作成まで 新曜社）

[5] 深瀬 裕子・岡本 祐子 (2010). 老年期における心理社会的課題の特性：Erikson による精神分析的個体発達分化の図式第Ⅷ段階の検討. 発達心理学研究, *21*, 3, 266-277.

[6] 福島 真人 (2001). 状況・行為・内省　茂呂雄二 (編著) 状況論的アプローチ３：実践のエスノグラフィ　金子書房

[7] George, A. L., & Bennett, A. (2005). *Case studies and theory development in the social science*. Cambridge, Mass: MIT Press.（ジョージ, A・ベネット, A. 泉川 泰博（訳）(2013). 社会科学のケース・スタディ―理論形成のための定性的手法 勁草書房）

[8] Hong, J. F. L., Snell, R. S., & Easterby-Smith, M. (2009). Knowledge flow and boundary crossing at the periphery of a MNC. *International Business Review, 18*, 539-554.

[9] Hopkins, M., Weddle, H., Gluckman, M., & Gautsch, L. (2019). Boundary crossing in a professional association: The dynamics of research use among state leaders and researchers in a research-practice partnership. AERA Open, 5, 4, 1-12.

[10] Jarrot, S. E., Stremmel, A. J., & Naar, J. J. (2019). Practice that transforms intergenerational programs: A model of theory and evidence informed principles. *Journal of Intergenerational Relationships, 17*, 4, 488-504.

[11] 香川 秀太 (2008). 「複数の文脈を横断する学習」への活動理論的アプローチ―学習転移論から文脈横断論への変移と差異―. 心理学評論, *51*, 4, 463-484.

[12] 香川 秀太 (2011). 状況論の拡大：状況的学習・文脈横断・そして共同体間の「境界」を問う議論へ. 認知科学, *18*, 4, 604-623.

[13] 香川 秀太 (2012). 看護学生の越境と葛藤に伴う教科書の「第三の意味」の発達―学内学習-臨地実習間の緊張関係への状況論的アプローチ―. 教育心理学研究, *60*, 167-185.

[14] Livingstone, D. W. (1999). Exploring the icebergs of adult learning: Findings of the first Canadian survey

of informal learning practice. *CJSAE, 13*, 2, 49-72.

[15] Livingstone, D. W. (2001). Adult' informal learning: Definitions, findings, gaps and future research. *Wall Working Paper*, *21*, 1-49.

[16] McAdams, D. P., Aubin, E. D. S., & Logan, R. L. (1993). Generativity among young, midlife, and older adults. *Psychology and Aging, 8*, 2, 221-230.

[17] Norouzi, N., Chen, J-C., & Jarrot, S. E. (2015). Intergenerational explorations: Where everyone has a purpose. *Journal of Intergenerational Relationships, 13*, 3, 260-265.

[18] 佐藤 郁哉 (2002). フィールドワークの技法：問いを育てる・仮説をきたえる 新曜社

[19] Schütz, A. 森川 眞規雄・浜 日出夫 (訳) (1980). 現象学的社会学 紀伊國屋書店

[20] Schütz, A., & Luckmann, T. (1988). *Strukturen der lebnswelt*. Luchterhand Verlag. (シュッツ, A.・ルックマン. T. 那須 壽 (訳) (2015). 生活世界の構造 ちくま学芸文庫)

[21] Spillane, J. P., Hopkins, M., & Sweet, T. M. (2018). School district educational infrastructure and change at scale: Teacher peer interactions and their beliefs about mathematics instruction. *American Educational Research Journal, 55*, 3, 532-571.

[22] 潮田 邦夫・中野 綾香 (2018). 地域×学校×退職者×大学生×…＝∞：地域学校協働活動参加のすすめ　学事出版.

[23] Yin, R. K. (2017). *Case study research and applications: Design and methods*. California: Sage Publications.

Building Mental Model Applied to Smartphone Application with ACT-R Cognitive Architecture

Ze Yang, Shota Matsubayashi, Kazuhisa Miwa, Xin Yao

Graduate School of Informatics, Nagoya University
yang@cog.human.nagoya-u.ac.jp

Abstract

This paper proposed two approaches to explain the processes of building and developing mental model applied to smartphone applications. Firstly, we developed two versions of money manager smartphone application. And we did empirical studies to collect user behaviors data and built their mental maps to explain how the users build and change their mental model. Secondly, this research tries to describe the underlying mechanism of the development of mental model based on ACT-R cognitive architecture. The proposed simulation model consists of two sub-functions: *declarative sub-function* and *perceptual sub-function*. Furthermore, it tries to provide a strong proof to describe the mental model mechanisms based on comparing the results between empirical study and ACT-R simulation study.

Keywords — ACT-R, Mental model, Cognitive Architecture, smartphone application, HCI

1. Introduction

In this era of rapid technological advances, the applications play key role in facilitating the development of our daily life and society including communication, education, business and entertainment [1]. In the field of mobile applications, there are special challenges for manufactories to consider how to design a convenient and useful application.

Our study attempts to explain the processes of building and developing mental model applied to smartphone applications in empirical study and simulation study. We did empirical studies to verify how the users build and change their mental model with their mental map. To describe the underlying mechanism of the development of mental model, we designed the cognitive architecture to simulate the processes of building mental model. Finally, we proposed the potential to compare the results between empirical study and simulation study. It can provide the strong proof to describe the mechanisms of mental model.

2. Theory

2.1 Cognitive model

Cognitive architectures offer a computable platform that represents well-established theories about human information processing [2]. With cognitive architectures, it is possible to simulate cognitive mechanisms and structures such as visual perception or memory retrieval. ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational) [3] is the well-developed cognitive architecture used for modeling cognitive mechanisms and human behaviors [4]. In addition, cognitive architecture is both a computational theory of human cognition and a simulation program.

2.2 Mental model

The mental model is defined as an explanation of the human cognitive processing [5]. The cognitive processing of human leading to outcome are a black box, which can be viewed in terms of its inputs and outputs, without any knowledge of its internal workings [6]. It is obviously difficult to explain why such a result is obtained and how mental model is built and developed. However, cognitive models offer explanations about mental processes influencing usability [7]. In general terms, cognitive modeling with ACT-R has the potential to construct mental model and help us to understand the underlying mental mechanisms [8].

3. Empirical Study

3.1 Application design

To compare initial mental model and final one, two types of application are necessary. Thus, we developed two kinds of money manager applications (a fully version and a simplified version). Both applications work equally because they have the same 18 items to implement the main function. But they are some different parts of interface. The differences of their interface design are shown in Table 1.

Table 1 Application interface comparison

		Fully Application	Simplified Application
Main menu		4	3
	Log	Yes	Yes
	Input	Yes	No
	Analysis	Yes	Yes
	Others	Yes	Yes
Max Menu-depth		5 layers	3 layers

3.2 Empirical study

Our goal of empirical study is to demonstrate how users build their mental model while using two different applications sequentially [10]. We measured the states of users' mental model twice; at the time when they used simplified application and fully application. Twenty one participants from Nagoya university took part in the study. At first, they used simplified version application to learn the function of application in advance. Secondly, they used the fully version application to complete task shown as bellow.

- **Task Goal:** *When you travelled abroad in China, you have already stored all your expenses in RMB (Chinese currency). After you came back to Japan, you should calculate how much money your spent in 円.*

3.3 Mental map construction

After participants completed the tasks, we measured the current state of users' mental model by the Mismatching score [9] of each users' mental map. Card sorting method was conducted to measure the users' mental map. In this method, participants were required to sort the 18 cards of application items after completing the task by application. We calculated the Mismatching score between each users' mental map and application structure map. We obtained the data about the process of building and developing the users' mental model.

4. Simulation Study

The empirical study [10] shows that the changes of human mental model after using different versions of applications with same functions. However, the processes of building and developing the human mental model are not clear. Our goal in simulation is to develop an integrated ACT-R cognitive model and simulate the processes of building and developing mental model. By combining application operational information with human perceptual information, integrated model can simulate human thought more closely. Our ACT-R model includes two functions: *Declarative function (DF)* and *Perceptual function (PF)*. Our proposed ACT-R model is developed to illustrate how users build their mental model and change their own mental model while using application to implement tasks.

4.1 ACT-R Model Structure

Our ACT-R model used various modules to implement users' searching, selecting and perceptual behaviors. In the *DF,* information about application structure is processed by the declarative module and its buffers. In the *PF,* visual information and motor movement are controlled by three self-design chunks. Then, the production rules govern the model behavior, which are the core part of ACT-R model. Our proposed ACT-R model is shown in Figure 1.

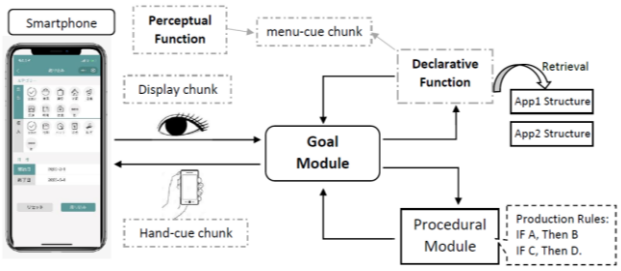


Figure 1 The proposed ACT-R Model Structure

General ACT-R model has five main modules including declarative module, visual module, manual module, procedural module and goal module. On the other hand, our proposed ACT-R model includes two functions and the comparison of them are shown in Table 2.

Table2 Modules of two functions

Module	**DF**	**PF**
Declarative module	Yes	Yes
Visual module	No	Yes
Manual module	No	Yes
Procedural module	Yes	Yes
Goal module	Yes	Yes

Firstly, to simulate the mental map in empirical study, the information of application structure is used to build up representation chunks in declarative module and its buffer. If

the representation chunk is retrieval, it will be used to track the task searching path. The *DF* is used to construct an associated map with the connection nodes between all items in the application. For example, Log-item is a father-node and List-item is a child-node. The relationship between Log- and List-items are connected.

Secondly, to simulate the human behaviors, the *PF* is used to control perceptual information. The *PF* includes three self-design chunks, such as *display chunk, hand-cue chunk and menu-cue chunk,* which are processed by the imaginal module. The imaginal module is used to learn new information and can be checked as working memory. The *display chunk* instead of visual module is consisted of seven slots to define the perceptual information. The perceptual information of items is explained by display chunk, e.g. what size, color, or position the item has. The *hand-cue chunk* instead of manual module is used to detect the hand operations. The *menu-cue chunk* is used to retrieve the structure information of *DF*.

5. Discussion

In the empirical study, we can obtain two mental maps for each participant. Comparing the differences between two mental maps, it can explain the processes of building and developing mental model. Furthermore, in the simulation study, we attempt to explore users' mental processes with ACT-R cognitive model. Comparison between the results of empirical study and computer simulation can provide the strong proof to describe the mechanisms of mental model.

Reference

[1] S. Siuhi, J. Mwakalonge, (2016), "Opportunities and challenges of smart mobile applications in transportation", journal of traffic and transportation engineering, 3(6), pp.582-592

[2] Nele.R, Sabine.P, (2014), "ACT-R Meets Usability", The Sixth International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Application, pp.62-65

[3] J. R. Anderson,（2007), "How Can the Human Mind Occur in the Physical Universe?", New York: Oxford University Press.

[4] Sabine.P, Nele,R, (2014), "Combining cognitive ACT-R models with usability testing reveals users mental model while shopping with a smartphone application", International Journal on Advances in Intelligent Systems, vol 7, No. 3&4.

[5] C.D.Wickens, (2008),"Multiple resources and mental workload", Human Factors: J. of the Human Factors and Ergonomics Society, vol.50, no.3, pp.449–455.

[6] Sabine.P, (2017), "Predictive Cognitive Modelling of Applications", Proceedings of the 12th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications, pp.165-171.

[7] G. Bailly, A. Oulasvirta, D. P. Brumby, and A. Howes, (2014), "Model of visual search and selection time in linear menus", Proc.32nd Annual ACM Conf. Hum. factors Computer Syst. (CHI '14), pp. 3865–3874.

[8] B. Mehlenbacher, T. Duffy, and J. Palmer, (1989), "Finding information on a menu: linking menu organization to the user's goals", Human-Computer Interact., vol.4, no.3, pp.231‐251.

[9] Martin Schmettow & Jan Sommer, (2016), "Linking card sorting to browsing performance – are congruent municipal websites more efficient to use?", Behaviour & Information Technology, vol.35, No.6, pp.452-470.

[10] Xin.Y, (in press), "The Influence of Human Errors on the Construction and Transfer of Users' Mental Models", Bulletin of the Graduate School of Informatics.

愛好家の存在を意識させ ギャンブラーへの潜在的態度を肯定化できるか

Awareness of Recreational Gamblers Is Effective to Change Implicit Attitudes Towards Gamblers Positively

清水 佑輔†，岡田 謙介†，唐沢 かおり†
Yuho Shimizu, Kensuke Okada, Kaori Karasawa

†東京大学
The University of Tokyo
yuhos1120mizu@gmail.com

概要

ギャンブル依存者と愛好家からなるギャンブラーに対して，少なからず否定的態度が存在する．そこで本研究では，シナリオ実験を行い，一般的に受容されやすい愛好家というサブカテゴリーを顕現化することで，ギャンブラーに対する潜在的態度が肯定化するか検討した．結果，愛好家のシナリオを読んだ群ではギャンブラーに対する潜在的態度が肯定化した．依存者に対する態度変容を促す研究への，知見の応用などについて論じた．

キーワード：ギャンブル愛好家，ギャンブル依存者，潜在的態度，潜在連合テスト

1. 序論

ギャンブル行為を日頃から行うギャンブラーの中には，ギャンブル依存者（以下，依存者と略す）とギャンブル愛好家（以下，愛好家と略す）が存在する．前者は臨床的に意味のある機能障害または苦痛を引き起こすに至る持続的かつ反復性のある問題賭博行動（高橋・大野, 2015）を行う人々を指す．一方で後者は，ギャンブルに対して適度な関心を持ち，賭けが成功する確率をある程度理解した上で，ギャンブルに臨む人々を指す（Abt, McGurrin, & Smith, 1985）．依存者に対して一般に否定的態度が存在し，これは依存者の自尊心低下や不安の増大といった，精神的健康に対する悪影響を及ぼす（Corrigan & Watson, 2002）ため，問題視されている．このような背景を踏まえ，どうすれば否定的態度を軽減できるか検討することは，依存者の精神的健康の維持や，適切な治療のために重要である．

一方，愛好家はギャンブルを適度に楽しむ人々として一般に受容されている（Campell & Smith, 2003）．依存者や愛好家に対する態度を検討した研究では，愛好家への態度の方が一般に肯定的であることが示されている（Donaldson, Langham, Best, & Browne, 2015; Palmer, Richardson, Heesacker, & DePue, 2018）．また，ギャンブラーというカテゴリーに対する印象は否定的である（Horch & Hoidgins, 2013）ことから，ギャンブラーというカテゴリーに当てはまる典型的なステレオタイプは，賭博に依存し，のめりこんでいる否定的な姿であると言える．一方，愛好家への態度は肯定的であるが，ギャンブラーというカテゴリーの典型例であるとは認知されていないと考えられる．

しかし，日本における依存者と愛好家の数を比べると，愛好家も多く見られると言える．日本医療研究開発機構の調査（松下, 2017）によると，生涯において一度でもギャンブル依存症になったことがあると疑われる人の割合は，全人口のわずか3.6%に留まっていた．一方で，愛好家に関する全国的な統計は見当たらないものの，大学生におけるギャンブル行為への接触の実態を調査した高田・湯川（2011）では，参加者の 18%が現在何らかのギャンブルを行っていると回答した．同様に，大学生のギャンブル経験の有無を尋ねた品川（2010）では，参加者の 39%が少なくとも一度ギャンブルを行ったことがあると回答した．以上のことから，依存者と同様に，愛好家も多く存在すると考えられる．

このように，ギャンブラーの中には依存者と愛好家というサブカテゴリーが存在するが，愛好家という存在を顕現化する際，これがサブタイプ化される，あるいはサブグループ化される可能性がある．サブタイプ化は，対象がカテゴリーの中で例外的であると認識されることであり，ギャンブラー全体への態度を変化させないと考えられる（Weber & Crocker, 1983）．一方，サブグループ化は， 他の集団成員と異なり何らかの類似点を持つ人々に関する情報を統合し，下位集団を作ること（Maurer, Park, & Rothbart, 1995）である．サブグループ化は，意識された対象の重要性が向上し，カテゴリー全体を新たな見方で捉えるようになるという点で肯定的である（Richards & Hewstone, 2001）．以上のことから，ギャンブラーにおける，典型的なステレオタイプに沿う依存者に相対して，反ステレオタイプ的

な愛好家がサブグループ化されることで，ギャンブラー全体に対する態度が肯定化する可能性がある．

一方，これまでギャンブラーに対する態度は，主に顕在的指標によって測定されてきた（e.g., Ladouceur, Ferland, Vitaro, & Pelletier, 2005）．しかし，特に賭博行為は社会的にスティグマ化されており（Preston, Bernhard, Hunter, & Bybee, 1998），顕在的指標は社会的望ましさ傾向の影響を受けやすいと考えられる．以上のことから，本研究では，ギャンブラーに対する潜在的態度に着目し，潜在連合テスト（Implicit Association Test (IAT); Greenwald & Banaji, 1995）を単一カテゴリーに対して使用できるように変形した Single-Category Implicit Association Test (SC-IAT; Karpinski & Steinman, 2006）を用いて測定する．

本研究の目的は，依存者，愛好家というサブカテゴリーをシナリオによって顕現化し，その前後でギャンブラー全体に対する潜在的態度変化が生じるかどうか検討することである．

2. 方法

2.1 実験参加者

東京都内に在学する健常な大学生 40 名 (男性 20 名，女性 20 名，18-25 歳) が実験に参加した．平均年齢は男性 21.2 歳 (SD = 1.39)，女性 20.3 歳 (SD = 1.65) であった．本研究は東京大学倫理審査専門委員会の承認を受けて実施した (審査番号: 19-96). なお，本論文に関して，開示すべき利益相反関連事項はない．

2.2 シナリオ

典型的な依存者のシナリオと，それを改変した愛好家 (依存症の基準に一切当てはまらない) についてのシナリオ (Horch & Hodgins, 2008; 付録を参照) を用いた．著者が日本語に翻訳し，バイリンガルの研究協力者に修正を依頼する形で，シナリオの妥当性を維持した．愛好家シナリオは依存者シナリオと同様の長さで，文章の数も等しくした．依存者および愛好家に対する印象をより強めるため，各シナリオの最後の一文は斜字，太字，波線によって強調した．

2.3 潜在的態度

Karpinski & Steinman (2006) に倣った SC-IAT によって，潜在的態度を測定した．SC-IAT は Windows10 の PC 上で OpenSesame3 を用いて作成した．SC-IAT の手続きについて Table 1 に示した．ポジティブな単語は「偉大な，豪華な，満足な，面白い，すばらしい」であり，ネガティブな単語は「邪悪な，憂鬱な，悲惨な，薄暗い，おそろしい」とした (e.g., Yi & Kanetkar, 2010)．ギャンブラーに関する単語は「ギャンブラー」のみを用いた (e.g., Ronay & Kim, 2006)．参加者は画面中央に出てきた単語が左側のカテゴリーに含まれるならばキーボードの E キーを，右側のカテゴリーに含まれるならば I キーを押して解答した．カテゴリー分けを正確かつ素早く行うように指示した．各条件は 1 回の練習試行 (24 語) と 2 回の本番試行 (24 語×2 回) から成っていた (Yi & Kanetkar, 2010).

SC-IAT の得点化は Plotka, Blumenau, & Vinogradova (2016) に倣い，以下のように行った．まず，反応時間が 400 ミリ秒未満のもの，10000 ミリ秒より大きいもの，およびカテゴリー分けを誤った試行を分析から除外することとした．また，各ブロックの第一試行は大半の参加者の反応が大幅に遅れる傾向があったため，分析から除外した．そして IAT を用いた研究において標

Table 1

SC-IAT の手続き

ブロック	試行数	種類	左 (E キー)	右 (I キー)
p1	24	練習試行	ネガティブ	ポジティブ+ギャンブラー
p2	24	本番試行	ネガティブ	ポジティブ+ギャンブラー
p3	24	本番試行	ネガティブ	ポジティブ+ギャンブラー
n1	24	練習試行	ネガティブ+ギャンブラー	ポジティブ
n2	24	本番試行	ネガティブ+ギャンブラー	ポジティブ
n3	24	本番試行	ネガティブ+ギャンブラー	ポジティブ

注) ブロック p1, p2, p3 を先に行うか, n1, n2, n3 を先に行うかはランダムに決定された。

準的な方法である，D スコア

$$D = \frac{1}{2}\left(\frac{M_{n2} - M_{p2}}{SD_{n2p2}} + \frac{M_{n3} - M_{p3}}{SD_{n3p3}}\right)$$

を算出した．上式において，M_i はブロック i の反応時間の平均，SD_{ik} はブロック i, k を合わせた標準偏差である．D スコアは，ギャンブラーに対する潜在的態度が肯定的であるほど高得点となる指標である．|D| < 0.15 では潜在的連合なし，0.15 < |D| < 0.35 ではやや潜在的連合あり，0.35 < |D| < 0.60 では中程度の潜在的連合あり，|D| > 0.60 では強い潜在的連合ありと判断した (Plotka et al., 2016).

2.4 顕在的態度

社会的距離感尺度 6 項目 (Martin, Pescosolido, & Tuch, 2000; 付録を参照) によって，シナリオの主人公 (依存者, 愛好家) に対する否定的態度を測定した．著者が日本語に翻訳し，バイリンガルの研究協力者に修正を依頼する形で，尺度の妥当性を維持した．「1: とてもしたい」から「4: とてもしたくない」の 4 件法で回答を求め，合計を得点とし (α = .86)，得点が大きいほど，顕在的態度が否定的であることを示した．

2.5 操作チェック

操作チェックとして，シナリオの主人公に関する 4 つの文章 (付録を参照) に対して，それぞれ 2 件法 (正しい, 正しくない) で尋ねた．両群において同じ項目を用いた．2 問以上誤答した参加者のデータは，シナリオの内容を正確に理解できていないものとみなし，分析から除外することとした．

2.6 デモグラフィック項目

参加者が最近行っている金銭を賭けたギャンブルについて，パチンコや競馬などの 10 種類 (「その他」を含む) のうち，最近行っているものとその実施頻度を尋ねた (高田・湯川, 2011)．加えて，国籍，性別，年齢を尋ねた．

2.7 実験手続き

参加者に対し，本研究では「ギャンブラーに関するカテゴリー分け課題」を実施すると伝えた．謝礼は図書カード 500 円分であった．参加者は参加同意書を提出したあと，ギャンブラーに関する SC-IAT に取り組んだ．次に依存者 (依存者シナリオ群)，あるいは愛好家 (愛好家シナリオ群) に関するシナリオのいずれかを読んだ．どちらの群に割り当てられるかはランダムに決定され，シナリオを読むにあたり，制限時間は設けなかった．なお，このシナリオで想定するギャンブルとは全て合法的なものであり，主人公は実在している人物と一切関係がないことを伝えた．十分に内容が理解出来たら，参加者は再度ギャンブラーに関する SC-IAT 課題に取り組んだ．2 回の SC-IAT において，ポジティブ条件とネガティブ条件の実施順はランダムに決定された．SC-IAT の全試行終了後，シナリオの主人公に関する社会的距離感尺度に回答した．最後に，シナリオの内容に関する項目 (操作チェック) とデモグラフィック項目に回答した．一人当たりの実験時間はおよそ 30 分であった．

3. 結果

3.1 実験参加者

分析には，統計ソフトウェア R (ver. 3.6.2) を用いた．課題および質問紙について，回答に不備がある者はいなかった．シナリオの内容に関する項目 (操作チェック) において，全参加者の正答率は 95.6%であり，半分以上誤答した者はいなかった．また，最近金銭を賭けたギャンブル経験があると回答した者は 3 名 (男性 3 名，女性 0 名) であり，詳しい内容を尋ねたところ (複数回答可)，競馬と「その他」が 2 名ずつであった．最もギャンブル頻度が高かった者で週 2 回程度であり，ギャンブルに依存しているとは言えないものであった．

SC-IAT について，反応時間が 400 ミリ秒未満の試行が全試行の 10.2%を占め，20%を超える参加者は 7 名見られた．これは，先行研究で行われた SC-IAT では，1 つのカテゴリーに複数の刺激語を含むのが一般的であったのに対し，本研究では刺激語が「ギャンブラー」だけであり，課題が相対的に容易であったためと考えられる．よって本研究では，反応時間が 300 ミリ秒未満のもの，10000 ミリ秒より大きいもの，およびカテゴリー分けを誤った試行を分析から除外した．その結果，反応時間によって除外された試行は全体の 0.24%であり，2%以上の参加者はいなかった．カテゴリー分けの誤答率は全体で 3.56%であり，10%以上の参加者はいなかった．以上を考慮し，40 名全員のデータを分析に用いた．

3.2 顕在的態度

社会的距離感の平均点は，依存者シナリオ群で 20.3 (SD = 1.37)，愛好家シナリオ群で 14.6 (SD = 2.85) であった．シナリオ (依存者シナリオ，愛好家シナリオ) と性別を参加者間要因の独立変数，社会的距離感を従属変数とした 2×2 の分散分析を行ったところ (Figure 1)，シナリオの主効果が見られた ($F(1, 36) = 65.6, p < .001$)．一方，性別の主効果および，シナリオ×性別の交互作用効果はいずれも有意なものではなく (順に $F(1, 36) = 0.42, p = .52$; $F(1, 36) = 2.72, p = .11$)，両群ともに有意な男女差は見られなかった．

3.3 潜在的態度

シナリオを読む前における，全参加者の D スコアの平均は-0.08 ($|D| < 0.15$) であり，ギャンブラーに対する潜在的態度は肯定的でも否定的でもなかった．次に，シナリオ (依存者シナリオ，愛好家シナリオ) を参加者間要因の独立変数，測定時点 (シナリオ前後) を参加者内要因の独立変数，D スコアを従属変数とした 2×2 の分散分析を行ったところ (Figure 2)，シナリオ×測定時点の交互作用が見られた ($F(1, 38) = 5.70, p = .02, \eta^2 = .08$)．一方，シナリオと測定時点の主効果はいずれも見られなかった (順に，$F(1, 38) = 0.62, p = .43$; $F(1, 38) = 0.04, p = .85$)．シナリオ×測定時点の交互作用について詳細に検討するため，それぞれの単純主効果の検定を行ったところ，愛好家シナリオ群において，シナリオを読む前より読んだ後のほうが高いという有意差が見られた ($t(19) = 2.17, p = .04, d = .40$, 95%CI = [-0.04, 0.89])．すなわち，愛好家シナリオ群では潜在的態度が肯定化していた．一方，依存者シナリオ群では，シナリオ前後の有意差は見られなかった ($t(19) = 1.36, p = .19$)．また，シナリオを読む前において，依存者シナリオ群と愛好家シナリオ群の有意差は見られなかった ($t(37.7) = 1.19, p = .24$) が，シナリオを読んだ後において愛好家シナリオ群のほうが高いという有意差が見られた ($t(37.9) = 2.46, p = .02, d = .78$, 95%CI = [0.16, 1.49])．

4. 考察

本研究では，愛好家サブカテゴリーに注目させた場合，ギャンブラーへの潜在的態度が肯定化するかどうか検討した．その結果，愛好家というサブカテゴリーを顕現化することが，潜在的態度に肯定的影響を与えることが示された．また，顕在的態度は愛好家よりも依存者に対して否定的であり，先行研究 (Donaldson et al., 2015; Palmer et al., 2018) と同様の結果であった．

シナリオ前後の D スコアの変化より，愛好家シナリオ群において，参加者のギャンブラーに対する潜在的態度が肯定化したと考えられる．これは，ギャンブラーの中に愛好家という肯定的なサブグループが形成され，愛好家の相対的な重要性が向上し，カテゴリー全体に対する見方が変化した結果である (Richards & Hewstone, 2001) と考えられる．以上の知見は，大学の心理学関連の講義などの教育現場で，依存者への否定

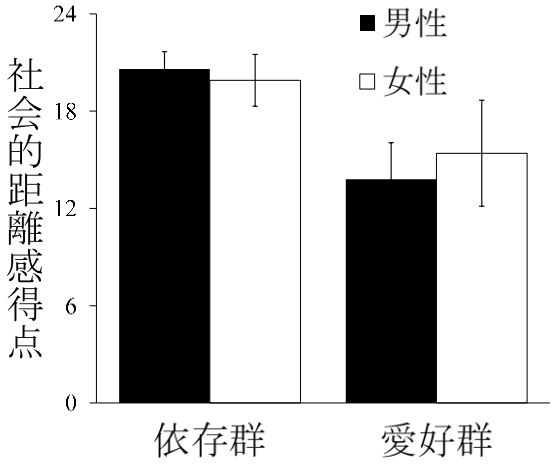


Figure 1. 各群の性別ごとの社会的距離感得点
注）依存群は依存者シナリオ群，愛好群は愛好家シナリオ群を表す。エラーバーは標準偏差を表す。

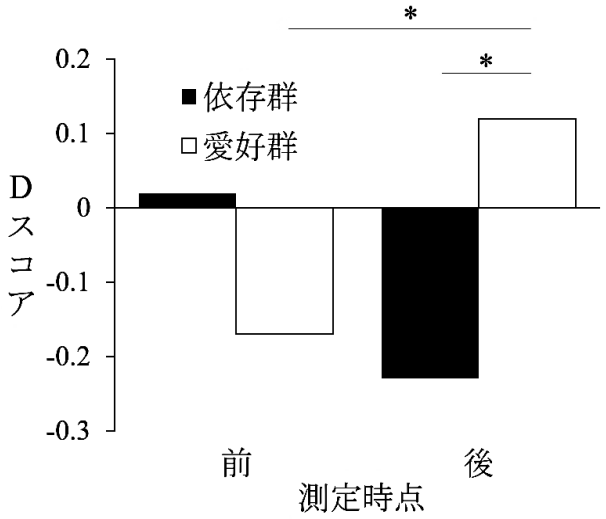


Figure 2. シナリオ前後のDスコア。
注）依存群は依存者シナリオ群，愛好群は愛好家シナリオ群を表す。*$p < .05$

的態度の変容を促す介入として活用できると考える．例えば，依存者と肯定的な接触機会をもつことは否定的態度の軽減に有効であると言われているが (e.g., Hing, Russell, & Gainsbury, 2016; Holmes, Corrigan, Williams, Canar, & Kubiak, 1999)，依存者の知人がいない人は，このような接触機会をもつのが難しい．それに比べ，本研究のように，ギャンブラーの中のギャンブル愛好家を強調するという手法は容易で，より多くの人に対して同時に実施できることから，利用可能性が高いと考えられる．

本研究では，愛好家サブカテゴリーに関して，潜在的指標を用いた知見を得ることができたが，以下のような限界点も存在する．第一に，シナリオについて参加者がどの程度リアリティを持って想像できていたかを確認していない点である．参加者がシナリオから抱くイメージは，個人差が大きい可能性がある．よって，呈示された場面に対してどの程度具体的に想像したかという側面も，今後の研究で検討する必要があるだろう．第二に，本研究は，大学生 40 名をサンプルとしており，より一般的なサンプルによる追試が必要であるという点である．大学生は他の世代に比べてギャンブル依存症に陥りやすい (Horch & Hodgins, 2013) が，彼らが周囲に援助を要請する際に妨げとなる否定的態度は，同世代の若者から向けられるものだけではない．よって，他世代の人々が抱く否定的態度の在り方についても検討していくことが重要だと考えられる．第三に，本研究の手続きを，依存者に対して実施した場合について検討できていない点である．本研究では，健常な参加者が保持する潜在的態度の変容に着目したが，依存者自身においても何らかの効果が見られる可能性があり，今後検討していく余地があると考える．

以上のような限界点はあるが，本研究で得られた知見は依存者への否定的態度の軽減につながるものであると言える．依存者への態度を考察する際に，愛好家というサブカテゴリーを利用するという観点は，これまで十分な検討が為されてこなかった．よって，本研究の知見をより詳細に分析し，実用的な場面で活用することを目指した今後の研究が求められるだろう．

文献

Abt, V., McGurrin, M. C., & Smith, J. F. (1985). Toward a Synoptic Model of Gambling Behavior. *Journal of Gambling Behavior*, *1*(2), 79–88. https://doi.org/10.1007/BF01019860

American Psychiatric Association. (2013). *Desk Reference to the Diagnostic Criteria from DSM-5*. Arlington, VA. (米国精神医学会 高橋 三郎・大野 裕 (監訳) (2015). DSM-5 精神疾患の分類と診断の手引 医学書院)

Campbell, C. S., & Smith, G. J. (2003). Gambling in Canada—From Vice to Disease to Responsibility: A Negotiated History. *Canadian Bulletin of Medical History*, *20*(1), 121–149. https://doi.org/10.3138/cbmh.20.1.121

Corrigan, P. W., & Watson, A. C. (2002). The Paradox of Self-Stigma and Mental Illness. *Clinical Psychology: Science and Practice*, *9*(1), 35-53. https://doi.org/10.1093/clipsy.9.1.35

Donaldson, P., Langham, E., Best, T., & Browne, M. (2015). Validation of the Gambling Perceived Stigma Scale (GPSS) and the Gambling Experienced Stigma Scale (GESS). *Journal of Gambling Issues*, *31*, 163-200. https://doi.org/10.4309/jgi.2015.31.8

Greenwald, A. G., & Banaji, M. R. (1995). Implicit Social Cognition: Attitudes, Self-Esteem, and Stereotypes. *Psychological Review*, *102*(1), 4-27. https://doi.org/10.1037/0033-295x.102.1.4

Hing, N., Russell, A. M. T., & Gainsbury, S. M. (2016). Unpacking the Public Stigma of Problem Gambling: The Process of Stigma Creation and Predictors of Social Distancing. *Journal of Behavioral Addictions*, *5*(3), 448–456. https://doi.org/10.1556/2006.5.2016.057

Holmes, E. P., Corrigan, P. W., Williams, P., Canar, J., & Kubiak, M. A. (1999). Changing Attitudes About Schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, *25*(3), 447-456. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.schbul.a033392

Horch, J. D., & Hodgins, D. C. (2008). Public Stigma of Disordered Gambling: Social Distance, Dangerousness, and Familiarity. *Journal of Social and Clinical Psychology*, *27*(5), 505–528. https://doi.org/10.1521/jscp.2008.27.5.505

Horch, J. D., & Hodgins, D. C. (2013). Stereotypes of Problem Gambling. *Journal of Gambling Issues*, *28*, 1–19. https://doi.org/10.4309/jgi.2013.28.10

Karpinski, A., & Steinman, R. B. (2006). The Single Category Implicit Association Test as a Measure of Implicit Social Cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, *91*, 16-32. https://doi.org/10.1037/0022-3514.91.1.16

Ladouceur, R., Ferland, F., Vitaro, F., & Pelletier, O. (2005). Modifying youths' perception toward pathological gamblers. *Addictive Behaviors*, *30*(2), 351-354. https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2004.05.002

Martin, J. K., Pescosolido, B. A., & Tuch, S. A. (2000). Of Fear and Loathing: The Role of 'Disturbing Behavior,' Labels, and Causal Attributions in Shaping Public Attitudes toward People with Mental Illness. *Journal of Health and Social Behavior*, *41*(2), 208–223. https://doi.org/10.2307/2676306

松下 幸生 (2017). 国内のギャンブル等依存に関する疫学調査―全国調査結果の中間とりまとめ 久里浜医療センター Retrieved from https://kurihama.hosp.go.jp/about/pdf/info_20171004.pdf (2020 年 4 月 27 日)

Maurer, K. L., Park, B., & Rothbart, M. (1995). Subtyping versus subgrouping processes in stereotype representation. *Journal of Personality and Social Psychology*, *69*(5), 812–824. https://doi.org/10.1037/0022-3514.69.5.812

Palmer, B. A., Richardson, E. J., Heesacker, M., & DePue, M. K. (2018). Public Stigma and the Label of Gambling Disorder: Does it Make a Difference? *Journal of Gambling Studies*, *34*(4), 1281-1291. https://doi.org/10.1007/s10899-017-9735-x

Plotka, I., Blumenau, N., & Vinogradova, Z. (2016). Research of Implicit Attitudes towards Gambling for Gamblers and Non-gamblers. *Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference*, *1*, 498–514. https://doi.org/10.17770/sie2016vol1.1529

Preston, F. W., Bernhard, B. J., Hunter, R. E., & Bybee, S. L. (1998). Gambling as stigmatized behavior: Regional relabeling and the law. *The Annals of the American Academy of Political and*

Social Science, *556*(1), 186-196. https://doi.org/10.1177/0002716298556001014
Richards, Z., & Hewstone, M. (2001). Subtyping and Subgrouping: Processes for Prevention and Promotion of Stereotype Change. *Personality and Social Psychology Review*, *5*(1), 52-73. https://doi.org/10.1207/S15327957PSPR0501_4
Ronay, R., & Kim, D. Y. (2006). Gender Differences in Explicit and Implicit Risk Attitudes: A Socially Facilitated Phenomenon. *British Journal of Social Psychology*, *45*(2), 397–419. https://doi.org/10.1348/014466605X66420
品川 由佳 (2010). 大学生のギャンブル依存に関する調査 総合保健科学: 広島大学保健管理センター研究論文集, *26*, 51-57.
高田 琢弘・湯川 進太郎 (2011). 大学生のギャンブル接触の実態とパーソナリティ特性 筑波大学心理学研究, *42*, 35-41.
Weber, R., & Crocker, J. (1983). Cognitive Processes in the Revision of Stereotypic Beliefs. *Journal of Personality and Social Psychology*, *45*(5), 961-977. https://doi.org/10.1037/0022-3514.45.5.961
Yi, S., & Kanetkar, V. (2010). Implicit Measures of Attitudes toward Gambling: An Exploratory Study. *Journal of Gambling Issues*, *24*, 140-163. https://doi.org/10.4309/2010.24.9

付録

依存者に関するシナリオ (Horch & Hodgins, 2008)

太郎はあなたの大学の学生です．先月太郎はいつもより多くのお金を賭けるようになりました．同じような興奮を得るためには，以前よりももっとギャンブルをしなければならないことにも彼は気づいていました．彼は何度かギャンブルを減らそうとしたり止めたりしようとしましたが，その度に興奮して眠れなくなり，再びギャンブルを始めました．彼の家族は，彼がひどく変わってしまったことや，彼が誰なのかさえ分からなくなったような気がすると訴えています．また，経済的な援助をしなければならないことに憤りを感じ始めています．***ギャンブラーというカテゴリーの中には，太郎のようなギャンブル依存者が非常に多く存在します．***

愛好家に関するシナリオ (Horch & Hodgins (2008) **のものを改変**)

太郎はあなたの大学の学生です．先月太郎はいつも通りの金額で賭けを行いました．趣味として，以前と変わらずギャンブルを楽しめています．彼は学業やサークルが忙しい時はギャンブルを減らしたり止めたりすることができており，時間に余裕があるときに節度を持ってギャンブルをするようにしています．彼の家族は彼が自分を律しながらギャンブルを楽しんでいる様子を見守っています．また，経済的な援助をする必要がない状態で，一切憤りを感じることもありません．***ギャンブラーというカテゴリーの中には，太郎のようなギャンブルを趣味として程よく楽しめる人が非常に多く存在します．***

社会的距離感尺度 (Martin et al., 2000)

あなたが以下の状況になったら，どれくらいそれをしたいと思うと思いますか？
(4 件法; 1 とてもしたい，2 たぶんしたい，3 たぶんしたくない，4 とてもしたくない)
(1) 太郎の家の隣に引っ越す．
(2) 太郎と友達になる．
(3) 太郎と夕方から夜にかけて一緒に過ごす．
(4) 太郎と仕事場で一緒に働く．
(5) 太郎のような人々のための集合支援住宅が近所にできる．
(6) 太郎が家族の一員となる．

シナリオの内容に関する項目

先ほど読んでいただいた太郎についてのシナリオにおいて，以下の項目にお答えください．
(2 件法; 1 正しい，2 正しくない)
(1) 太郎は大学生である．
(2) 太郎は先月いつもより多くの金額を賭けた．
(3) 太郎はなかなか自力でギャンブルを止めることができていない．
(4) 太郎の家族は，太郎に経済的な援助をする必要がない．

記号コミュニケーションシステムの形成過程を再現する解釈学的循環の計算モデル

齊藤 優弥†，金野 武司‡
Yuya Saito, Takeshi Konno
† 金沢工業大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻，‡ 金沢工業大学 工学部 電気電子工学科
Kanazawa Institute of Technology, College of Engineering,
† Electrical Engineering and Electronics,
‡ Electrical and Electronic Engineering
b1512436@planet.kanazawa-it.ac.jp, konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

本研究では，人間が記号的なコミュニケーションにおいて字義通りの意味と言外の意味（二重の意味）を共有･学習するメカニズムを，メッセージ付きコーディネーションゲームを用いた計算機シミュレーションにより調査した．結果，我々が構築した計算モデルが，他者の言外の意味を同義語および同音異義語の数から推定する方法を持つ場合に，人間どうしの実験データをより良く再現することを確認した．本論ではこの結果に基づき，人間が持つ記号への意味づけとその共有のメカニズムを議論する．

キーワード：実験記号論，意味論，語用論，メッセージ付きコーディネーションゲーム

1. はじめに

人は記号に対して何らかの意味付けを行い，それらを使って他者とコミュニケーションを行なっている．その時使われる記号には，記号と直接的に結びついている字義通りの意味と，間接的に結びついている言外の意味がある．例えば，話相手から「郵便受けを見て来て」と発話された時，郵便受けを確認してその中に郵便物が有ったなら，聞き手は相手の発話がその郵便物を持って来てほしいという依頼であったと解釈するであろう [1]．しかし，話し手のその時の意図によっては，発話内容の字義通りに，郵便受けをただ目視して来てほしいという依頼である可能性も有り得る．このように，話し手の意図によって表現の意味が変化する状況に対しても，人は話し手の意図を推定し，その意図に応じて字義通りの意味と言外の意味をそれぞれ理解することができる．ところが，このような二重の意味を創り，他者と二者間で共有するメカニズムは未だ明らかにされていない．

この問に対して金野らは，二者間で字義通りの意味と言外の意味の両方をやりとりするゲーム課題（メッセージ付きコーディネーションゲーム）を作成し，人どうしでの実験室実験を実施した [2]．さらに構成論的アプローチに基づいて計算モデルを作成し，計算機シミュレーションを実施した [3]．しかしこの計算機シミュレーションでは，前述のゲーム課題を計算機どうしで行うため，そのシミュレーション結果が人どうしの実験に見られるものと機能的に同様のものであるかはわからない．そこで河上らは，人と計算モデル間でゲーム課題を実施し，計算モデルの機能的妥当性を検証した [4, 5]．これらの研究から，我々は計算モデルと人の間で解釈学的循環 [6, 7] と呼ばれる字義通りの意味と言外の意味の学習プロセスを循環させる構造が形成され，その循環が収束した結果として意味が共有されることに気づいた．しかし，その循環を収束させるメカニズムはまだ計算モデルとして構築できていない．

そこで我々は，解釈学的循環を収束させる 2 つのメカニズムとして，心的シミュレーションと呼ばれる自身が扱う言外の意味を決定する仕組みと，やりとりされる記号と行動の対応関係から言外の意味を推定する仕組みを考案し，これらによって言外の意味と字義通りの意味の学習が収束することを計算機シミュレーションによって確認した [8]．また，言外の意味の推定には相互情報量を用いる MI 推定と，同義語と同音異義語をそれぞれ数える SH 推定を検討し，SH 推定の方が推定精度が高く，ゲーム課題において相手との移動する部屋の一致率も高くなることを確認した．しかしこれらの推定方法が人どうしでゲーム課題を行った場合での課題成績の推移をどの程度再現するかについては分析していなかった．そこで本研究では，計算機シミュレーションでの結果に対して課題成績による成功群と失敗群への分離を行い，人どうしにおける成功群と失敗群との質的類似性を明らかにすることを目的とする．

2. 実験課題

本研究では，実験記号論 [9] に基づいて実験室実験を設計・実施した．実験では，参加者 2 人が情報端末を介して相手と簡単なゲーム課題に取り組む（図 1）．両者は意味が定まっていない単純な 4 つの記号（■, ■, ■,■）の中から 1 つを選択し，互いにメッセージとして送り合う．その際，画面下に表示される「メッセージ送信」のボタンをタップすることで，選択した記号は即座に相手に届けられ，相手が持つ端末の画面上に表示される．そのため，参加者はメッセージを送る順番によって先手と後手を調整することができた．メッセージ交換後，参加者は端末画面に表示された 4 つの部屋の内のひと部屋にランダムに配置された自分の駒を，その場に留まらせるかもしくは隣接する部屋へ移動させる操作を行い，移動後の部屋を相手と同じ部屋にすることが要求された．この時，参加者は互いに相手の駒がどの部屋に配置されているのかはわからないようになっていた．参加者両者が駒の移動先を決定すると，移動後の結果が両者の端末画面に表示された．そして相手と部屋を一致させることができたら得点として 2 点が加算され，不一致であれば 1 点が減点されるようになっていた．この課題において，メッセージの交換から部屋の移動，結果の確認までを 1 ラウンドとして，次のラウンドでは両者の駒は再びランダムに部屋に配置された．人どうしの実験の場合，1 度の実験で参加者はこれを 60 ラウンド繰り返した．

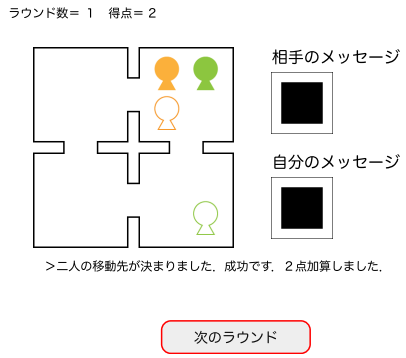


図 1　ゲーム課題中の端末画面の表示一例

このゲーム課題ではメッセージを交換する際に，先手は現在地，後手は両者が共通して選択できる移動先を伝えることができれば，安定して得点を得ることができる．この時，メッセージとして交換する記号の意味には，ただ記号と各部屋を直接的に結びつけた字義通りの意味を取り決めるだけではなく，先手・後手の文脈に応じて，その部屋が「現在地」なのか「移動先」なのかという言外の意味を取り決めなければならない．

3. 計算モデル

前述のゲーム課題に取り組む計算モデルの学習メカニズムは，失敗学習モデル [5] をベースに作成されている．このゲーム課題の中で記号コミュニケーションシステムを形成していくためには，計算モデル内でメッセージの送信タイミング，メッセージ，部屋の位置のそれぞれが決定される必要がある．そのため，我々が構築する計算モデルには，メッセージの送信タイミングを決めるテーブル（4×100：現在地 × 送信時刻），部屋の位置とメッセージの対応関係を学習するメッセージテーブル（4×4：部屋の位置 × 記号），そして移動前の部屋の位置と相手のメッセージに対する移動先の関係を学習する行動テーブル（$4 \times 4 \times 4$：現在地 × 記号 × 行き先）の 3 つが備わる．各テーブルの初期値には 0 から 1 の実数乱数を設定し，確率分布を構成することによってメッセージの送信タイミング，送信するメッセージ，移動先の部屋の位置がそれぞれ決定される．

ゲーム課題に取り組む中で計算モデルは，互いの駒が移動した部屋を一致させることができたとき，該当するテーブル要素に 1 をセットし，それ以外の要素すべてを 0 にするという学習を行う．この方法により，計算モデルは以降のラウンドにおいて成功事例を 100%の確率で再現する．もし移動後の部屋が一致しなかったとしても，メッセージテーブルに関する学習は行われる．メッセージテーブルからは，計算モデルは，字義通りの意味と自身が持つ言外の意味の解釈から，相手が扱う言外の意味がその部屋に「いる」なのか「行く」なのかを推定することができる．そして推定した意味に応じて事前に行動シミュレーションを実行する．その結果から，移動先に対する一致確率の予想に基づいて，行動テーブルの数値を修正する．この，予想に基づいて自身の行動を評価・修正するメカニズムは先行研究 [3] において「先行的行動価値修正」と呼ばれる仕組みである．上記のメカニズムは初期段階における二者間での語彙形成を早める効果があることが確認されている [5].

3.1 解釈学的循環

前述の仕組みを備えた計算モデルを作成し，人と計算モデル間でゲーム課題を実施したところ，参加者は移動先の部屋の一致率をうまく上げていくことができ

なかった [5]．この計算モデルでは，字義通りの意味を学習するために必要な言外の意味が，課題に成功する組み合わせに初期状態から固定されていた．本来であれば，ゲーム課題に取り組む中で，使われる記号に「この部屋にいる」と「その部屋に行く」のどちらの言外の意味が対応づけられているのかを定めていかなければならない．しかし，この計算モデルでは初期状態から，先手は「この部屋にいる」，後手は「その部屋に行く」をそれぞれ記号に対応づけるように固定されていた．すると，ゲーム課題の初期段階で相手の扱う言外の意味が最適解（ゲーム課題に成功する組み合わせ）と異なっていた場合，計算モデルが学習した字義通りの意味は間違ったものになってしまい，意味を正しく取り決めることができない．つまり，字義通りの意味と言外の意味それぞれの決定は相互依存関係にあり，相手と言外の意味を共有した状態で字義通りの意味を取り決めつつ，課題に対して最適な言外の意味に修正・変更していくプロセスが必要だということである（図 2）．ここで述べている相互依存関係こそ解釈学的循環 [6, 7] であると我々は考えている．

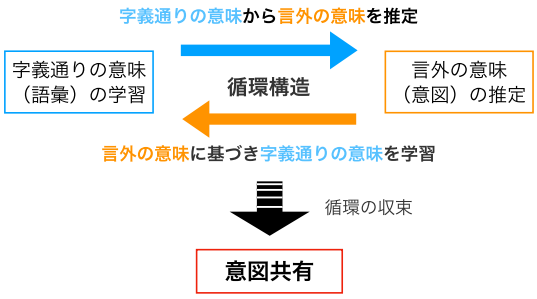


図 2　解釈学的循環と意図共有

3.2　解釈学的循環を収束させるメカニズム

解釈学的循環を形成・収束させるためには，主に 2 つの問題を解決しなければならない．1 つは，自分が送る記号にどのような言外の意味を付与するのか，つまり自分の意図の選択・決定に関する問題，そしてもう一つは，相手がどのような言外の意味を記号に付与しているのかを正しく知らなければならないという問題である．まず，我々が用意したゲーム課題では，たとえ参加者が扱う言外の意味が同じであっても，互いに行き先あるいは現在地を伝え合ってしまうようなことをすれば課題を成功させることはできない．そして相手が扱う言外の意味を正しく知ることができなければ字義通りの意味を決めることもできず，これもまた課題を成功させることができない．以上 2 つの問題を解決するメカニズムとして，我々は心的シミュレーション [10] と，相手の言外の意味を推定する仕組みを計算モデルに導入することを提案した [8]．そして 2 つのメカニズムを実装した計算モデルを以降，循環収束モデルと呼ぶ．

3.2.1　心的シミュレーション

心的シミュレーションは，仮想的な意図を形成し，他者の行動を予測する仕組みのことである [10]．例えるならば，将棋やチェスのようなボードゲームにおいて，相手がどのように駒を動かしてくるのかを予測することである．このような予測は，仮想的に構成された心的なシミュレーションによって実現されていると考えられる．そこで本研究では，計算モデル内で仮想的にメッセージ付きコーディネーションゲームを実施することによって心的シミュレーションを実現する（図 3）．また，人が心的シミュレーションを行う際には，それまでに学習した情報を用いてシミュレートしていると考えられるため，計算モデルの場合においても各種テーブルは最新の学習状態を用いることにした．この仕組みによって，計算モデルはゲームを成功に導く言外の意味（先手が現在位置，後手が移動先をそれぞれ伝える）を探し出すことができるようになると期待される．

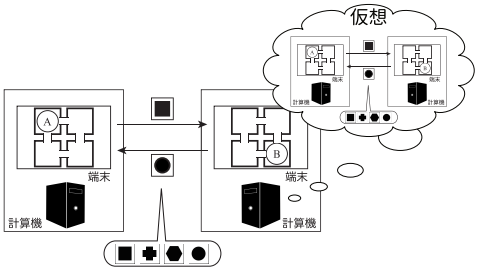


図 3　心的シミュレーション

3.2.2　相手の言外の意味の推定

相手が扱う言外の意味は，心的シミュレーションとは異なり，相手から送られてくる情報を元に推定する必要がある．相手から送られてくる情報とは，メッセージの記号と送信タイミング，移動前の部屋の位置と移動後の部屋の位置，以上の 4 つである．これらの情報を用いた言外の意味の推定方法として，先行研究 [8] では相互情報量による推定（以降，MI 推定と呼ぶ）と，同義語と同音異義語の数による推定（以降，SH 推定と呼ぶ）の 2 つが検討された．

MI 推定は，(1) 式を用いて，メッセージの記号を移動前の部屋 p_s と対応づけた場合と，移動後の部屋 p_e と対応づけた場合それぞれの相互情報量を計算し，情

報量が高い方を相手の言外の意味であると判断する．

$$MI(m|p_x) = \sum_{p_x}^{n}\sum_{m}^{n} p(m,p_x)\log_2\frac{p(m,p_x)}{p(m)p(p_x)} \quad (1)$$

where

$$p_x \in \{p_s, p_e\}$$

この推定方法は，ある程度の頻度が蓄積されることで正しく対応関係を推定することができる．そのため，ゲーム初期段階における推定精度は低くなってしまうことが予想される．

SH 推定は，記号と部屋の対応関係について，同義語（複数の記号が同時に 1 つの部屋を表すケース）と同音異義語（1 つの記号が同時に複数の部屋を表すケース）の数を計算する．そしてこの計算を移動前の部屋と移動後の部屋それぞれに対して行い，同義語と同音異義語の数が少ない方を曖昧性が少ない対応関係とみなし，それを相手が扱う言外の意味であると判断する．この推定方法は MI 推定と異なり，多くの頻度を蓄積する必要が無いため，ゲーム初期段階での推定精度が MI 推定よりも高くなることが予想される．

4. 推定方法の検証と結果

MI 推定と SH 推定のそれぞれを循環収束モデルに実装し，MI 推定どうしと SH 推定どうしでそれぞれ 500 ペアずつの計算機シミュレーションを行うことによってその効果の違いを調査した．

まず，それぞれの計算モデルのゲームにおける 12 ラウンドごと[1]の移動する部屋の一致率について，結果を成功群と失敗群に分けたものの推移を図 4 に示す．これと同時に，図には人どうし（20 ペア）でのゲーム結果を成功群 13 ペア，失敗群 7 ペアに分けた場合の推移をそれぞれ記載した．ここで，成功群と失敗群は，メッセージを使わずに実現できる一致率の最大値（1/2）よりも有意に高い一致率となったペアを成功群とし，他方を失敗群とした．また，計算モデルの群分けについても人どうしと同様に 49-60 ラウンドの結果を用いて行なった．

この結果を見ると，SH 推定の成功群と人どうしの成功群それぞれの一致率の推移は数値的によく一致する結果となった．これに対して MI 推定の成功群は，1–48 ラウンドの期間で一致率が他の成功群より低く，その上昇パターンも異なる傾向を示した．失敗群については，人どうしで 32 ラウンドまで上昇傾向にあった部屋の一致率が，33–60 ラウンドにかけて低下するという特徴的なパターンが見られ，SH 推定の場合においても同様のラウンド期間で部屋の一致率が低下し，SH 推定の失敗群と人どうしの失敗群とで同様のパターンが出現した．

[1]このメッセージ付きコーディネーションゲームでは，部屋の初期位置の組み合わせが全 12 パターンになる．初期位置の偏りが出ないよう，シミュレーションでは 12 ラウンドですべてのパターンが出現するようにした．そのため，分析では 12 ラウンドごとの部屋の一致率を見ることにした．

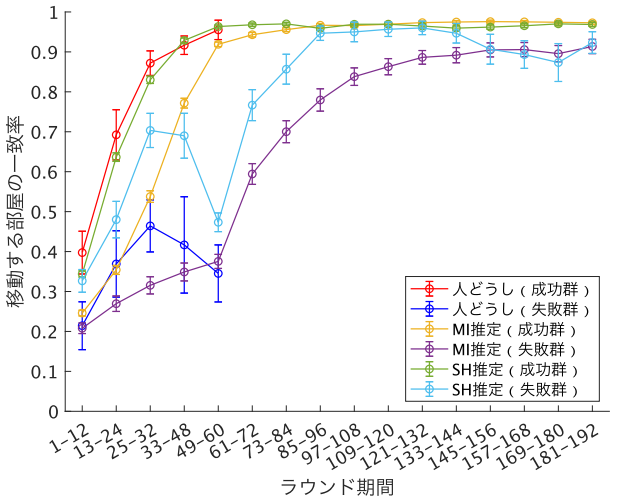


図 4　人どうしと循環収束モデル 2 種の一致率の推移

次に，それぞれの推定方法がどの程度相手の言外の意味を推定できていたのかを確認する．計算機シミュレーションの結果から，計算モデルが用いていた言外の意味と推定結果を比較し，一致していない場合を 0，一致していた場合を 1 として，12 ラウンドごとの推定精度を 0 から 1 の範囲で算出した．MI 推定ならびに SH 推定の 12 ラウンドごとの精度の推移は図 5 のようになった．

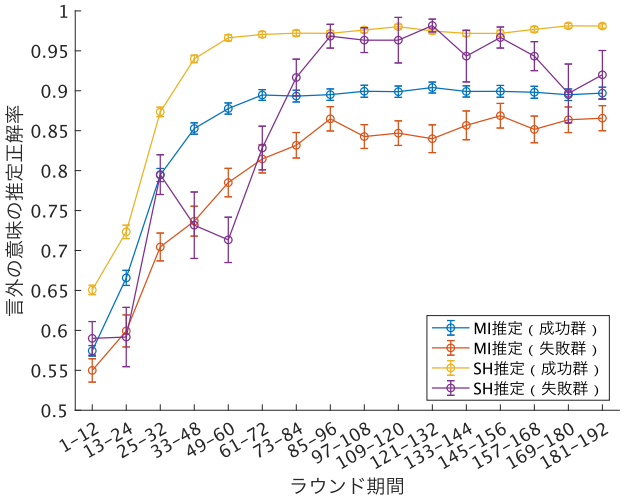


図 5　12 ラウンドごとの言外の意味の推定精度の推移

MI 推定と SH 推定それぞれの成功群に注目すると，SH 推定の推定精度は MI 推定のものよりも高い精度を終始維持し続けていることがわかる．次に SH 推定

の失敗群に注目すると，25-32 ラウンドでは推定精度が急激に上昇しているが，その後の 33–60 ラウンドでは推定精度が低下してしまっている．また，61–120 ラウンドは上昇した推定精度が 121–192 ラウンドでは不安定になり低下してしまっている．この SH 推定失敗群について，部屋の一致率の推移と推定精度の推移のパターンを見比べた時，部屋の一致率と言外の意味の推定精度それぞれにおける低下タイミングが一致していることがわかる．

5. 議論

本研究では循環収束モデルを用いて，MI 推定と SH 推定のそれぞれで 500 ペアずつの計算機シミュレーションを実施し，移動する部屋の一致率の推移を人どうしでの実験と同様に成功群と失敗群に分けて分析を行なった（図 4）．すると成功群については，SH 推定の部屋の一致率の推移は人どうしのものと数値的に近い結果となったが，MI 推定は 1–60 ラウンドにおける一致率の上昇が他よりも低い状態が続く傾向を示した．これは，言外の意味の推定精度について SH 推定と MI 推定を比較した時，SH 推定の方が高い推定精度であったからだと考えられる．また，MI 推定の特徴として，記号と行動の対応関係についてある程度の頻度が積もらなければ正しい推定を行うことができないため，頻度の積もっていないゲーム初期段階では SH 推定よりも低い推定精度となってしまい，その後も推定精度は SH 推定より低い状態になったのではないかと考えられる．

失敗群については，SH 推定の場合のみ，人どうしの結果と同様に 33–60 ラウンド間で部屋の一致率が低下するというパターンを示した．SH 推定は MI 推定と異なり，記号と行動の対応関係について部分的な整合性を基に他の記号と行動の対応関係をも推定するため，一部の推定が間違っていた場合にそれが他の推定結果にも影響を及ぼし，全体的に間違った推定結果となる性質を持っている．これによって SH 推定は素早く部屋の一致率を上昇させることができる反面，部分的な推定の間違いによる特徴的なパターンが出現したのではないかと我々は考えている．

MI 推定と SH 推定それぞれについて，人どうしの実験結果から見られる移動する部屋の一致率のパターンとの類似性に注目すると，MI 推定よりも SH 推定の方が人どうしのパターンに近いことがわかる．このことから，人は字義通りの意味と言外の意味を学習する過程で形成される循環構造を収束させるメカニズムとして，部分的な整合性から曖昧性の少ない対応関係を選択することによって相手が扱う言外の意味を推定する，SH 推定に近いメカニズムで推定を行なっていると考えられる．

6. むすび

本研究では，メッセージ付きコーディネーションゲームを用いて，人が字義通りの意味と言外の意味を他者と共有・学習するメカニズムを調査した．特に我々は，字義通りの意味と言外の意味を学習する過程で形成される循環構造（解釈学的循環）を持つ計算モデルについて，心的シミュレーションのメカニズムと相手が扱う言外の意味を推定するメカニズムがその循環を収束させることを計算機シミュレーションによって確認した．さらに，計算モデルは言外の意味の推定に同義語・同音異義語の数を用いる方法をとることで高い推定精度を実現し，課題に成功した群と失敗した群共に，人どうしでメッセージ付きコーディネーションゲームを行なった場合の課題成績の推移パターンに類似したパターンが示されることを明らかにした．

謝辞

本研究は，MEXT/JSPS 科研費 「共創言語進化」 #4903, JP17H06383 の助成を受けた．ここに記し謝意を表します．

文献

[1] Frith, U.: AUTISM: Explaining the Enigma, *Blackwell Publishing*, pp. 219–220(邦訳) (1989).
[2] 金野 武司, 森田 純哉, 橋本 敬: 言語的コミュニケーションシステムの創発に関する実験的アプローチ, 計測と制御, Vol. 53, No. 9, pp. 801–807 (2014).
[3] 金野 武司, 橋本 敬, 李 冠宏, 奥田次郎: 記号コミュニケーションにおける言外の意味の推論に基づく先行的行動価値修正メカニズムの役割, 日本認知科学会第 *32* 回大会予稿集, pp. 477–486 (2015).
[4] 河上 章太郎, 金野 武司: 記号コミュニケーションにおいて言外の意味を推定する計算モデルの人への効果, 日本認知科学会第 *34* 回大会予稿集, pp. 1209–1213 (2017).
[5] 河上 章太郎, 金野 武司: 失敗事例を含む語彙表形成の仕組みが二者間での記号システムの成立に与える効果, *HAI* シンポジウム *2017* プロシーディングス (2017).
[6] 津田 一郎: ダイナミックな脳—カオス的解釈, 岩波書店 (2002).
[7] Carston, R.: Thoughts and Utterances: The Pragmatics of Explicit Communication, *Blackwell*(2002) .
[8] 河上 章太郎, 金野 武司: ことばの言外の意味の修正過程における字義通りの意味の解釈破棄の効果 実験室実験と計算機シミュレーションによる検証 *HAI* シンポジウム *2020* オンライン予稿集, pp. P–35 (2020).
[9] Galantucci,B.: An experimental study of the emergence of human communication systems, *Cognitive science*, 29(5), pp. 737–767 (2005).
[10] Gordon,R.: Folk Psychology as Simulation, *Mind and language 1*, pp. 71–158(1986).

脳波の被験者間相関解析に基づく音楽聴取の大衆嗜好性
An EEG inter-subject correlation analysis on public preference of popular music

上野 芙優[†]，嶋田 総太郎[‡]
Fuyu Ueno, Sotaro Shimada

[†]明治大学大学院理工学研究科，[‡]明治大学理工学部
[†]Graduate School of Science and Technology, Meiji University,
[‡]School of Science and Technology, Meiji University
fuyu4111@gmail.com

概要

少数の被験者が音楽 (ポップス) を聴いている時の脳活動を EEG (脳波計) で計測し，脳波の被験者間相関 (inter-subject correlation: ISC) 解析によって大衆の曲の好みを予測できるかどうかを検証した．その結果，大衆がより好む年間チャート上位の曲（1〜50 位）の ISC 値はやや下位の曲（51〜100 位）の ISC 値よりも有意に大きいことが分かった．したがって，脳波の被験者間相関解析より算出した ISC 値が音楽に対する大衆嗜好性を予測する指標となる可能性が示唆された．

キーワード：音楽認知，脳活動計測，大衆嗜好性

1. 目的

現在まで，音楽の感情的な経験に関連する脳活動や，音楽療法による注意障害などの高次脳機能障害やうつ病などの精神疾患の治療など，音楽が脳活動に与える影響に関する研究は多く行われてきた．しかし，音楽に対する嗜好性と脳活動の関係については，まだあまり明らかではない．

Dmochowski ら[1]による研究では， 20 種類の CM を視聴している時の，比較的少数（十数名程度）の被験者から得られた脳波（EEG）の被験者間相関（ISC）を調べた。ISC 解析とは，被験者の脳活動と他の被験者の脳活動がどの程度類似しているのかを定量的に求める解析手法である[2][3]．その結果，CM に対する被験者自身の好みよりも，全米チャートに基づく一般大衆の好みのほうを ISC 値はよりよく予測できることが報告されている．

一方，音楽に対する大衆の好みを ISC 値から予測できるかどうかはまだ明らかになっていない.そこで本研究では，商用の音楽チャートを大衆の音楽の好みの指標とし，少数の被験者の脳波 ISC 値から音楽に対する大衆の嗜好性を予測できるかを検証する．

2. 方法

2.1. 被験者

聴覚正常な 17 名（女性 7 名, 21.4±0.69 歳　平均±標準偏差）が実験に参加した．

2.2. 音楽刺激

大衆の好みの指標としてビルボードジャパンの 2017 年のランキングを用い，1〜100 位の中から 5 位ごと計

クリップ	ランキング	タイトル	年	アーティスト	ジャンル
1	1	恋	2016	星野源	J-pop,Dance pop
2	5	二人セゾン	2016	欅坂46	J-pop
3	10	サイレントマジョリティー	2016	欅坂46	J-pop
4	15	願いごと持ち腐れ	2017	AKB48	J-pop
5	20	RAIN	2017	SEKAI NO OWARI	J-pop,Post-rock
6	25	ハッピーエンド	2016	back number	J-pop
7	30	EXCITE	2017	三浦大知	J-pop,R&B
8	35	ヒカリノアトリエ	2017	Mr.Children	J-pop,Rock
9	40	Doors 〜勇気の軌跡〜	2017	嵐	J-pop
10	45	意外にマンゴー	2017	SKE48	J-pop
11	50	HANABI	2008	Mr.Children	J-pop,Rock
12	55	CQCQ	2017	神様、僕は気づいてしまった	J-pop,Rock
13	60	KNOCK KNOCK	2017	TWICE	K-pop
14	65	おとなの掟	2017	Doughnuts Hole	J-pop
15	70	CHARM	2017	WANIMA	J-pop,Rock
16	75	Just You and I	2017	安室奈美恵	J-pop
17	80	キスは待つしかないのでしょうか？	2017	HKT48	J-pop
18	85	ひまわりの約束	2014	秦基博	J-pop
19	90	空	2017	GENERATIONS from EXILE TRIBE	J-pop
20	95	BANG BANG BANG	2016	BIGBANG	K-pop,Dance pop,Trap,R&B,Seoul
21	100	シェイク・イット・オフ 〜気にしてなんかいられないっ！！〜	2014	テイラー・スウィフト	Pop

図１　楽曲リスト（実験で使用した曲の詳細）

21 曲を実験で使用した（図１）．各曲必ずサビが入るように62秒に編集し，ランダム順に被験者に呈示した．

2.3. 手順

被験者は研究室内の椅子に着席し，呈示される曲を聴取し，聴取時の脳波計測を脳波計により行った．全曲聴取後に，各曲について評価させるアンケートに移った．各曲の好感度・楽しさ・聴取頻度・覚醒度を-5～5 の 11 段階で評価させた．

2.4. 測定方法

脳波計(g.USBamp, g.tec, Austria)を用いて脳波測定を行った．脳波測定の電極にはアクティブ電極を使用した．計測箇所は国際 10-20 法の 30 か所（Fp1, Fpz, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FC3, T7, C5, C3, Cz, C4, C6, T8, TP7, CP5, CP3, CP4, CP6, TP8, P7, P5, P3, Pz, P4, P6, P8, O1, O2）とし, AFz を接地電極, 右耳朶を参照電極とした．また，眼球運動を計測するため右眼窩上下に電極を配し眼電図（EOG）を計測した. 0.5~100 Hz のバンドパスフィルタをかけ，サンプリング周波数 512 Hz で記録した．

2.5. 分析方法

脳波解析には MATLAB（The MathWorks, Massachusetts, USA）および MATLAB 上で動作する脳波解析ソフト（EEGLAB14.1.1b, Swartz Center for Computational Neuroscience, San Diego, USA）を用いて，データの周波数帯域を 1~60Hz に限定するようフィルタリングを行い, 50Hz の電源ノイズの低減（Clean Line）を行った後，独立成分分析（ICA）を行い，瞬目によるアーティファクトを除去した．除去後のデータを用いて, CorrCA，被験者間相関（ISC）解析を行った．

CorrCA は，被験者間相関が最大になるように，脳波データの重みを算出する一種の主成分分析手法である[4][5]．本研究では，被験者間の相関を最大にする重み w を算出，脳波データ x から成分 y を抽出し，寄与率の高い第１～３成分の重みづけ和を以下の ISC 解析に使用した（図２）．

被験者間相関（ISC）解析については，　本研究では，ある被験者の脳活動をデザインマトリクスのモデルとして用いて他の被験者の脳活動とのフィッティングの程度を GLM（General Linear Model：一般線形モデル）を用いて計算し ISC 値とした．これを全てのペア間で算出し，その平均値をその曲の ISC 値として用いた（図３）．

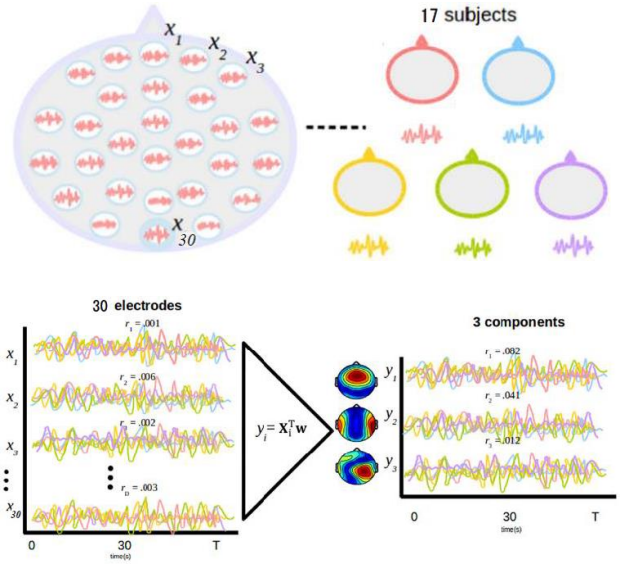


図２ CorrCA（[6]より改変）

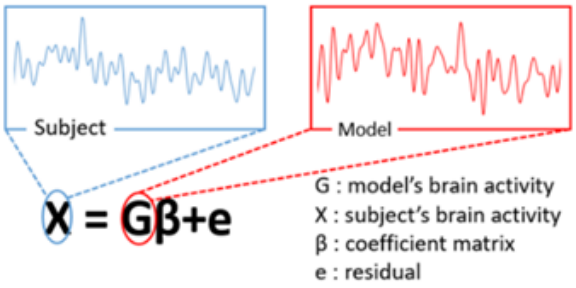


図３ GLM を用いた ISC 解析[7]

3. 結果

3.1. 脳波の主成分分析

CorrCA によって抽出された第１～３主成分の重みづけマップを図４に示す．これらの主成分は，全３０主成分の内，被験者間で相関の高い上位３主成分であり，被験者間で共通する脳活動成分の重みを示している．

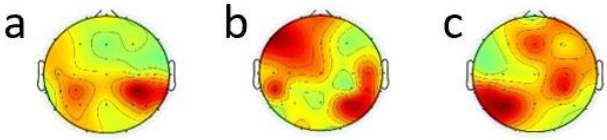


図４ 各脳波主成分の重みづけ（a-c: 第１-３主成分）

3.2. チャート上位曲と下位曲の ISC 値の比較

上述の重みを用いて算出した脳活動データに対して ISC 解析を行った．その結果，チャート上位（1～50 位以内）10 曲の ISC 値の平均（1.73±10.4, 平均±標準偏差）とチャート下位（51～100 位）10 曲の ISC 値の平

均（-0.27±10.3, 平均±標準偏差）の間には有意差があった（$t(542) = -1.97$, $p = 0.025$）（図５）.

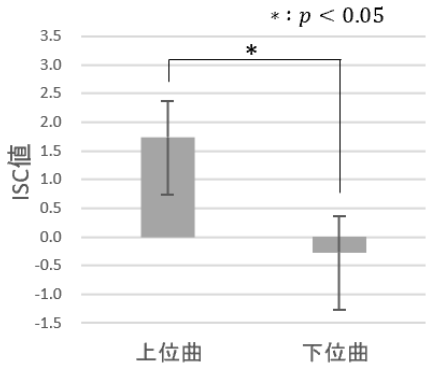


図５ チャート上位曲と下位曲の ISC 値

3.3. チャート上位曲と下位曲の被験者の評価の比較

被験者による各曲の好感度・楽しさ・聴取頻度・覚醒度に対する評価では, チャート上位（1〜50 位以内）10 曲とチャート下位（51〜100 位）10 曲の評価の平均の間に, 全ての項目において有意差がなかった（好感度：$t(18) = -0.164$, $p = 0.436$；楽しさ：$t(18) = -1.127$, $p = 0.863$；聴取頻度：$t(18) = -0.899$, $p = 0.19$；覚醒度：$t(18) = -0.215$, $p = 0.416$）（図６）.

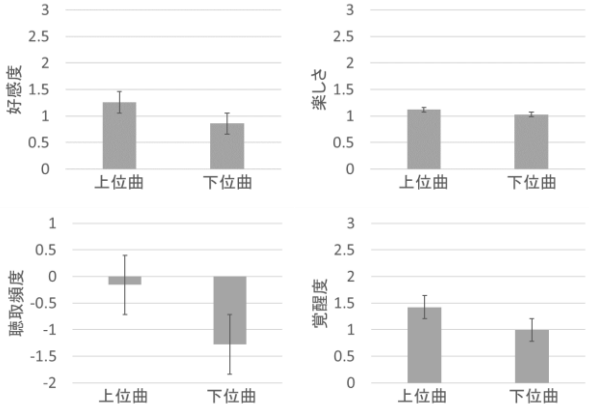


図６ チャート上位曲と下位曲の被験者の評価

3.4. 被験者の評価と ISC 値の比較

被験者の各曲の好感度と ISC 値には関係性があるのか, 被験者のその他の評価（楽しさ, 聴取頻度, 覚醒度）と ISC 値には関係性があるのか調査した. 全被験者の曲の評価（好感度・楽しさ・聴取頻度・覚醒度）の値の平均から順位付けし, 上位 10 曲の ISC 値と下位 10 曲の ISC 値の平均を算出したところ, それらの間に, 全ての項目において有意差がなかった（好感度：$t(542) = -0.551$, $p = 0.291$; 楽しさ：$t(542) = 1.524$, $p = 0.936$；聴取頻度：$t(542) = 0.842$, $p = 0.8$；覚醒度：$t(542) = 2.788$, $p = 0.997$）（図７）.

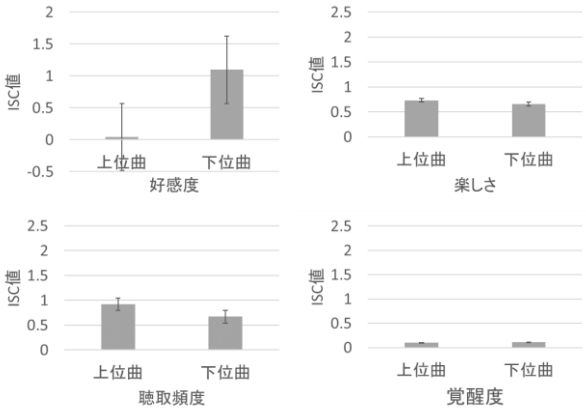


図７ 被験者の評価（好感度, 楽しさ, 聴取頻度, 覚醒度）による各上位曲・下位曲の ISC 値

4. 考察

本研究の結果より, 大衆がより好む年間チャート上位曲の ISC 値はチャート下位曲の ISC 値よりも有意に大きいことが示された（図５）. 一方, 被験者の好感度の主観的評価による上位曲と下位曲の間に ISC 値の有意差がなかったこと（図７）から, ISC 値は被験者の好みではなく大衆の好みを反映していると考えられる. これは, ISC 値から, CM に対する被験者自身の好みよりも, 一般大衆の好みを予測できることを報告した先行研究[1]の結果と一致しており, 本研究では CM のような動画ではなく音楽でも類似の結果を示せたといえる. このことから, 音楽に対する大衆の好みを予測する手法として, 被験者間相関解析が有効であることが示唆された.

被験者の評価によるチャート上位曲の好感度とチャート下位曲の好感度の間には有意差がなかったこと, 被験者の評価による他の項目でもチャート上位曲と下位曲の間には有意差がなかったこと（図６）はやや意外な結果だといえる. 被験者の各曲の聴取頻度や, 聴取時の楽しさや覚醒度においても, 大衆の好みとは関係性が見られなかった. しかし, どの項目においても上位曲と下位曲の間に有意差はなかったが, 上位曲の方が高い値を示す結果となっているので, 被験者数を増やすことによって, 有意差が見られる可能性はある. また, 音楽の好みを判断する要素として, 音楽の好みが分かれる 5 つのジャンル（リラックスするような穏やかな曲, 歌手や国のスタイルに誠実な曲, クラシックやジャズなどの洗練された曲, 力強いエネルギッシ

ュな音楽のような激しさの曲，ラップやファンクやアシッド・ジャズのような現代的な曲）が報告されている[8]．このことから，各被験者の好みのジャンルが異なっていたことが評価の値のばらつきに繋がった可能性もある．

また同様に，被験者の評価による楽しさ，聴取頻度，覚醒度の上位曲と下位曲の ISC 値の間にも有意差がなかったことから，ISC 値と被験者の各曲の聴取頻度や，聴取時の楽しさや覚醒度には，関係性が見られなかった（図７）．一方，脳活動は無意識的な情報処理プロセスを反映しており，主観的評価とは必ずしも一致しないが集団的に共有された音楽情報処理の側面を抽出できると考えられる．つまり，音楽聴取時の脳活動（ISC 値）は，大衆で共通した無意識的な反応（感情）を表している可能性があるため，ISC 値と被験者の主観的評価には関係性が見られなかったと考えられる．

以上から，音楽聴取により人々に沸き起こる，言葉では表すことができない無意識的な感情は，大衆の音楽の嗜好性に影響を及ぼすと考えられる．しかし，音楽に対する主観的評価は個人差が大きく，それが音楽の多様性を育んできた側面があるが，研究を難しくしている要因でもある．

音楽の好みを主観的評価により判断する際には，音楽聴取時に喚起された無意識的な感情の他に，前述した音楽の好みのジャンルや，聴取者の社会的・文化的背景に影響を受けると考えられる．文化の違いによる音楽の好みの違いに言及した研究では，痛みを緩和するための音楽の好みは，文化的背景に関連していて，白人はオーケストラを好み，アフリカ系アメリカ人はジャズを好み，台湾人はハープ音楽を好むと報告されている[9]．一方で，アメリカ人と中国人に西洋音楽と伝統的な中国の音楽を聴取し，喚起された感情を評価させたところ，2 つの異なる文化間で同じような感情が共有されたという報告もある[10]．このように，主観的に評価される音楽の好みは，様々な要因に影響を受け，聴取者の文化や社会で異なっている．一方で，音楽の嗜好性に影響を与える，音楽聴取により喚起される感情などの無意識的側面は，社会的・文化的背景に影響されず，同じような反応が誘発される可能性がある．

したがって，本研究において，脳波の被験者間相関解析より算出した ISC 値は，無意識的に喚起される普遍的な感情に影響受けた，音楽に対する大衆嗜好性を予測する指標となる可能性が示唆された．

参考文献

[1] Domochowski, JP., Bezdek, MA., Abelson, BP., Johnson, JS., Schumacher, EH., & Parra, LC., (2014) “Audience preferences are predicted by temporal reliability of neural processing.”, Nature communications, 5, 4567.

[2] Simony, E., Honey, C. J., Chen, J., Lositsky, O., Yeshurun, Y., Wiesel, A., & Hasson, U., (2016) “Dynamic reconfiguration of the default mode network during narrative comprehension.”, Nature communications, 7, 12141.

[3] Hasson, U., Nir, Y., Levy, I., Fuhrmann, G., & Malach, R., (2004) “Intersubject synchronization of cortical activity during natural vision.”, Science, 303(5664), 1634-1640.

[4] Domochowski, JP., Sajda, P., Dias, J., & Parra, LC., (2012) “Correlated components of ongoing EEG point to emotionally laden attention – a possible marker of engagement?”, Frontiers in human neuroscience, 6, 112.

[5] Jäncke, L., & Alahmadi, N., (2016) “Detection of independent functional networks during music listening using electroencephalogram and sLORETA-ICA.”, Neuroreport, 27(6), 455-461.

[6] Ki, J. J., Kelly, S. P., & Parra, L. C., (2016) “Attention Strongly Modulates Reliability of Neural Responses to Naturalistic Narrative Stimuli.”, Journal of Neuroscience , 36(10), 3092-3101.

[7] 平子・嶋田, (2017) “動画授業視聴時の生徒間脳活動相関解析”, 日本認知科学会第34回大会発表論文集, 1121-1123.

[8] Rentfrow, PJ., Goldberg, LR., & Levitin, DJ., (2011) “The structure of musical preferences : a five-factor model.”, Journal of personality and social psychology, 100(6), 1139-57.

[9] M, Good., BL, Picot., SG, Salem., CC, Chin., SF, Picot., & D, Lane., (2000) “Cultural differences in music chosen for pain relief.”, Journal of holistic nursing, 18(3), 245-60.

[10] Cowen, AS., Fang, X., Sauter, D., & Keltner, D., (2020) “What music makes us feel : At least 13 dimensions organize subjective experiences associated with music across different cultures.”, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 117(4), 1924-1934.

物語の階層的理解構築過程の特徴づけ
Characterizing a process of constructing hierarchical comprehension of narratives

布山 美慕[†]，日高 昇平[‡]
Miho Fuyama, Shohei Hidaka
[†] 早稲田大学，[‡] 北陸先端科学技術大学院大学
Waseda University, Japan Advanced Institute of Science and Technology
miho02@sj9.so-net.ne.jp, shhidaka@jaist.ac.jp

概要
物語読解では，単語や文といった局所的意味の理解と，物語全体の意図といった大局的意図の理解が相互依存的になされる．この物語における局所/大局的理解の関係性を調べるため，本研究では，布山・日高（2019）で提案された 2 つの課題を用い，オンラインでの認知心理実験を行なった．その結果，両課題の成績（正答や参加者間相関）に正の相関傾向が示唆され，局所/大局的理解の関係が示唆された．
キーワード:物語理解（Narrative comprehension），Macrostructure（Macrostructure），解釈学的循環 (Hermeneutic circulation)

1. 研究の背景と目的：物語の大局的理解と局所的理解の相互依存性
私たちが物語を理解する際には，一語一語の理解，文の理解，ある程度の文のまとまり（段落・章など）の意図理解，物語全体の意図の理解，というように階層的な理解が相互依存的な関係を持ちながらなされると考えられる．たとえば，ある段落の意図を理解するには，それを構成する文や単語の意味理解が必要である．一方，単語や文の意味も文脈依存的なため，その理解には当該段落全体の意図の理解が必要となる．この物語の複数抽象度の理解の循環的な関係性は，文学理論では解釈学的循環として言及されてきた [1]．また，認知心理学分野の文章理解研究分野では，この階層度の異なる理解の存在が，Microstructure-Macrostructurec[8] として言及されてきた．しかし，そもそも大局的な理解についての既存の実証的研究は事後的な報告データに依存しており，動的に階層的理解が構築される過程の解明は不十分である．

布山・日高（2019）[3] では，局所的な意図の理解を時系列で観測する課題として “意味的段落分け課題” を，大局的な意図の理解を時系列で観測する課題として “元童話推定課題” を提案した．そして，布山・日高（2019）では，これらの課題を用いることで，局所的な意図理解と大局的な意図理解の間に一定の関係性があることを示唆した．しかし，布山・日高（2019）では，実験参加者数が各課題 10 名ずつと比較的少数であったため，非線形分析を含む統計的分析が十分行えず，局所/大局的理解の相互依存的関係性の探索には不十分な点が残った．本研究では，オンライン実験で各課題 100 名ずつのデータを取得し，布山・日高（2019）の結果の再現性を確認するとともに，非線形分析等を試みてより詳しい局所/大局的理解の相互依存的関係の構造を調べることを目的とした．

クラウドソーシングを用いたオンライン環境下の認知心理実験については，知覚系の実験を除き様々な既存の認知心理実験結果が，オンライン実験でも再現することが報告されている [4]．一方で，本研究の課題は，特に次に説明する元童話推定課題がやや理解が難しい課題であるため，オンライン実験で十分課題の意図が伝わるか不明である．したがって，オンライン実験結果が，布山・日高（2019）の結果を再現するかも確認しながら分析を行う．

2. 実験方法
課題内容の概要は元童話推定課題および意味的段落分け課題ともに布山・日高（2019）に準拠する．ここでは，各課題の概要とオンライン実験での変更点を中心に述べる．

2.1 元童話推定課題と意味的段落分け課題の概要
元童話推定課題と意味的段落分け課題で共通して使用する実験素材として，よく知られた古典的な童話を元に，物語構造を登場人物の関係を相同に保ち（類推的な物語構造の保存），登場人物や物語の舞台設定などを変更した物語（以降これを類推物語と呼ぶ）を実

験者が創作した．なお，今回の類推物語は，次に説明するように，2 つの童話を元にし途中で元童話を変化させて創作したものである．

元童話推定課題では，実験参加者は読んでいる類推物語が「10 の童話リストの中のどの童話を元に創作されたかと思うか」3 文読むごとに，画面上のリストから選択して回答する．実験参加者が，ある類推物語の概要を推定できるならば元童話を当てられるはずであり，この意味で元童話推定の成績は物語全体の抽象度の高い意図推定の指標とみなせる．

布山・日高（2019）では 4 つの類推物語を実験素材として用いたが，本研究ではそのうち 1 つの類推物語を選んで使用した．選択の基準は，布山・日高（2019）にて，元童話が複数回変化したものとして実験参加者から推定され，局所/大局の関係性を調べる上で最も情報があると判断した 1 つの類推物語を選んだ（布山・日高（2019）の中の類推物語 4 を選んだ）．

選択した類推物語は 143 文からなり,『眠れる森の美女』と『浦島太郎』を元に作成されている．作成した実験者の意図としては，44〜47 文目で元にする童話を『眠れる森の美女』から『浦島太郎』に変化させた．しかし，布山・日高（2019）の結果から，実験素材の文章に曖昧性があったため，多くの実験参加者が,『眠れる森の美女』→『浦島太郎』→『眠れる森の美女』→『浦島太郎』，と計 3 回元童話が変化したと判断していた．変化数が多いほど，意味的段落分けとの動的な関係性を調べやすくなる側面があると考え，本類推物語を選択した．

意味的段落分け課題では，実験参加者は同じ類推物語を 1 文ごと提示され，次の文が読めない条件において，その文で（意味的な）段落が終わると思う程度を 5 件法で回答する（「1. 全く終わると思わない」「2. あまり終わると思わない」「3. どちらとも言えない」「4. やや終わると思う」「5. 強く終わると思う」から選択）．意味的段落分けは，明示された文から 1 つの意図を反映する文の集合を推定する課題とみなせ，相対的に抽象度の低い骨子の部分的な構築過程を反映する課題とみなせる [2, 9].

2.2 オンライン実験の方法

オンライン実験は，クラウドワークス社を通じて実験参加者を募集し，Qualtrics（オンライン上でアンケートや心理実験を提供できるサービス）上で行なった．実験参加者には，クラウドワークス上に実験の最後に表示される数字を記入することで，550 円（税込）の謝金を支払った．

実験参加者は，Qualtrics 上で実験参加の同意を示したあと，Instructional manipulation check (IMC) に回答し，次に本課題（元童話推定課題か意味的段落分け課題のどちらか）に回答し，再度 IMC 回答を経て，読書経験などのアンケートに回答して終了となる．ここで，IMC とは，課題文を丁寧に読んでいるかチェックする本課題とは別の課題である．本研究では，本課題前後の IMC に一問でも不正解があった参加者データは分析から除いた．

意味的段落分け課題は 2020 年 7 月 2 日に，元童話推定課題は 2020 年 7 月 24 日に，それぞれ実施した．

2.3 実験参加者

実験参加者はクラウドワークスを通じて募った 20 歳以上の日本語母語話者，各課題 100 名である．実験参加者は，両課題のうち，どちらか一種類のみ参加した．

3. 実験結果

IMC の回答に依拠して有効データを限定した結果，元童話推定課題の有効データ数は 77，意味的段落分け課題の有効データ数は 81 となった．これらのデータを分析対象とした．

3.1 対面実験とオンライン実験の結果の比較

まず，布山・日高（2019）の結果とオンライン実験の結果を比較する．布山・日高（2019）の結果が少数サンプルという課題がある一方で，オンライン実験には実験課題の参加者理解が十分か不明という課題がある．両実験結果に一貫性があるか調べることで，両実験結果の信頼性を検討する．

3.1.1 元童話推定課題

図 1 に，オンライン実験と対面実験の元童話推定課題回答結果を，質問番号（3 文ごとに 1 問）に対する時系列で示した．オンライン実験と対面実験で類似の回答傾向が確認できる．つまり，対面での実験結果と同様のタイミングで，オンライン実験でも，実験参加者が，順に『眠れる森の美女』→『浦島太郎』→『眠

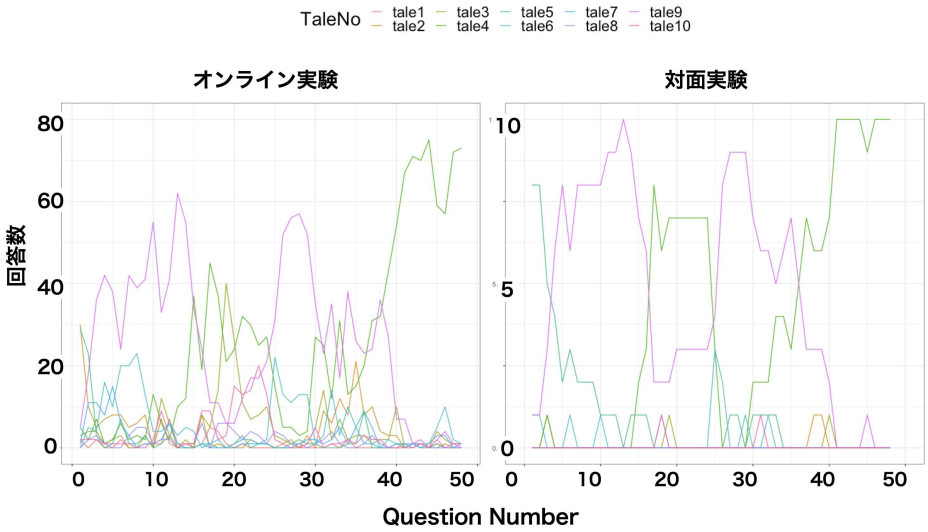


図 1　元童話推定課題のオンライン実験と対面実験結果比較．オンラインと対面でほぼ類似の回答傾向が確認できる．tale9（ピンク色）が『眠れる森の美女』，tale4（緑色）が『浦島太郎』の回答を示す．

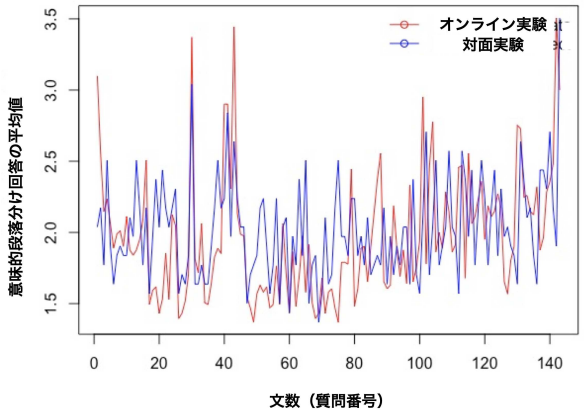


図 2　意味的段落分け課題のオンライン実験と対面実験結果比較．オンライン（赤線）と対面（青線）でほぼ類似の回答傾向が確認できる．

れる森の美女』→『浦島太郎』と元童話回答を変化させる傾向が確認できる．

3.1.2　意味的段落分け課題

図 2 に，オンライン実験と対面実験の意味的段落分け課題回答結果を，文の数に対する時系列で示した．このグラフでは，それぞれの実験の全実験参加者の回答（5 件法の 1〜5 の回答の値を便宜上間隔尺度と見なした）を平均し，示した．両実験の回答の平均が類似の傾向をもつことが確認できる．この二系列の相関係数は 0.38，$p < .001$ であり，有意な相関があることが示唆された．

3.1.3　まとめ

オンライン上での元童話推定課題および意味的課題の回答結果は，いずれも，対面での実験の回答結果と類似の傾向を持つことが示唆された．また，本稿では省略するが，両課題の回答の主成分分析を行なった結果も布山・日高（2019）をほぼ再現し，データの構造の類似性を確認した．

3.2　元童話推定課題と意味的段落分け課題の関係性分析

布山・日高（2019）では，元童話推定課題と意味的段落分け課題の関係性を，元童話推定課題の正答率と，意味的段落分けの実験参加者間相関の関係で検討した．一方，今回の類推物語では，元童話の正解として実験者が想定した正解が，文章の曖昧性のため，必ずしも “正解” としてふさわしいか疑問がある．そこで，元童話推定課題の実験参加者間の回答の一致率を正答率相当と見なし，この一致率が 5 割より大の文集合（71 文，以降一致率 5 割大文）と，5 割以下の文集合（72 文，以降一致率 5 割以下文）に分け，それぞれの文集合に対する意味的段落分け課題の参加者間の相関を比較した．ここで，参加者間の相関分析は，81 人

の中から順に 2 人ずつペアとし，それぞれの相関係数および p 値を網羅的に求めた．

この分析の結果，元童話推定課題回答の一致率 5 割大文に対する参加者間相関 $p < .01$ の比率は 37%（全 3240 ペア中 1193 ペア）に対し，一致率 5 割以下文に対する参加者間相関 $p < .01$ の比率は 35%（全 3240 ペア中 1137 ペア）となった．意味的段落分け回答の相関が（$p < .01$ 基準で）有意な参加者組数が，元童話推定課題の回答の一致率が高い方がやや多い傾向がみられた．一致率 5 割大文の方が，意味的段落分け回答の相関の p 値が有意に小さいか調べるため，両群の p 値に対して対応ありの t 検定を行なった．その結果，$t(3239) = -3.79, p < .001$ となり，有意に元童話推定課題回答の一致率が高い（5 割より大）方が，意味的段落分け被験者間相関が有意となることが示唆された．

次に，元童話推定課題回答の一致率 5 割大文と，5 割以下文で，意味的段落分け課題の正答（正しく元の段落終端を推定できているか）の傾向の違いを調べた．この分析では，意味的段落分け課題の回答を全実験参加者で平均し，各文での平均値が全回答の平均値より大きければ，当該文が（被験者間で）平均的に段落終端と推定されたと見なす．そして，意味的段落分け課題の正答を信号として，この平均的な段落終端推定が信号を検出できたかを信号検出理論で検討した [5]．具体的には，信号検出の指標である $d-prime$（信号とノイズの平均値が，両分布の平均的な分散のいくつ分離れているかに相当する指標）を算出した．

その結果，一致率 5 割大文の $d-prime = 0.80$ に対し，一致率 5 割以下文の $d-prime = 0.05$ となった．この結果は，元童話推定課題回答一致率 5 割大文では信号とノイズを弁別できている（意味的段落分け回答が元の段落分けを弁別可能）のに対し，一致率 5 割以下文では信号とノイズをほぼ弁別できないことを示唆する．

以上をまとめると，意味的段落分け回答の参加者間相関係数や $d-prime$ が，元童話推定課題回答の一致率が高い文集合に対して高くなる傾向が確認された．

4. 総合議論および現在行なっている分析と今後の展望

以上の結果から，まず，オンライン実験の結果と布山・日高（2019）の結果は一貫性を持つことが示された．したがって，オンライン化したことによって回答の傾向は変化せず，また少数サンプルであっても大規模サンプルに類似の回答傾向であったことが示唆される．この結果から，元童話推定課題および意味的段落分け課題は，オンライン実験でも十分実施可能であり，今後他の類推物語を用いたオンライン実験や，さらに大規模な参加者規模での実験による研究が期待できる．

次に，オンライン実験の結果でも，元童話推定課題と意味的段落分け課題の間には有意な関係性があることが示唆された．この結果は，物語の局所的理解と大局的理解の間に関係性があることを実証的に示唆する．これまでの物語読解の研究では，局所的理解に基づき大局的理解が構築される面が強く示唆されてきた [8]．しかし，本意味的段落分け課題では次の文が読めない条件で回答するため，段落をまたぐことによる物語情報の変化（局所的情報の差分）を使って段落を推定できない．そのため，物語が全体として何を意図しているかを推定し，トップダウンで局所的な段落を推定した可能性がある．今後両課題の間の関係性をより具体的に調べることで，局所的理解/大局的理解の間の関係性を具体的にモデル化することを目指す．

現在論文準備中のため本稿には未掲載であるが，元童話推定課題および意味的段落分け課題回答の主成分分析も行なっており，布山・日高（2019）と類似の結果を得た．すなわち，元童話推定課題では元童話を広く探索する時期と二つの童話から選択する時期が第一主成分と第二主成分から確認された．また，意味的段落分けの遅延座標系での主成分分析では，第 1〜3 主成分からなる時系列構造が，元童話推定課題の回答の変化と関連することが示唆されている．

加えて，オンライン実験でより大規模にデータを取得した理由の 1 つである非線形分析でも，興味深い結果が得られ始めている．具体的には，多様体学習の一種である，Isomap[6] や LLE（局所線形埋め込み）[7] を用いて意味的段落分け回答を分析したところ，元童話推定課題の回答がクラスタリングされる傾向が確認できた．この結果は，各課題の回答の構造の解明および両課題の回答の関係性推定に利用できると期待する．

今後はこれらの追加分析を進め，物語の局所的理解と大局的理解の関係のモデル化を目指す．

謝辞

本研究は科学研究費補助金若手研究 A(16H05860) の補助，および早稲田大学特定課題研究助成費（課題番号：2019C-602，2020R-058，2020E-053，2020C-390）を受けた．

文献

[1] Gadamer, H. G. (1975). Wahrbeit und Methode. Grundzüge einer philosophischen Hermeneutik. J.C.B. Mohr (Paul Siebeck) Tügbingen（轡田収訳（1986）『真理と方法』法政大学出版局.）

[2] Fuyama, M. & Hidaka, S. (2018). Can readers recognize unit of summarization for reading?: an analysis of text segmentation task. *The Proceedings of the 28th Annual Conference of the Japanese Neural Network Society*, 108-109.

[3] 布山美慕 & 日高昇平. (2019). 物語の大局的理解と局所的理解の相互依存関係の分析., 日本認知科学会第 36 回大会論文集，244–253.

[4] 眞島良全 (2019). クラウドソーシングを認知科学研究に使うべきだろうか., 認知科学. 26(2), 272–281.

[5] Stanislaw, H., & Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior research methods, instruments, & computers*, 31(1), 137-149.

[6] Tenenbaum, J. B., De Silva, V., & Langford, J. C. (2000). A global geometric framework for nonlinear dimensionality reduction. *science*, 290(5500), 2319-2323.

[7] Roweis, S. T., & Saul, L. K. (2000). Nonlinear dimensionality reduction by locally linear embedding. *science*, 290(5500), 2323-2326.

[8] van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). Strategies of Discourse Comprehension. New York: Academic Press. Academic Press Inc.

[9] Zacks, J. M., Speer, N. K., & Reynolds, J. R. (2009). Segmentation in reading and film comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General*, 138(2), 307-327.

仮説形成に関わる類推能力の発達
Development of Analogical Reasoning for Hypothesis Formation in Preschool Children

山本 希[†]，今井 むつみ[‡]
Nozomi Yamamoto, Mutsumi Imai
[†]京都大学，[‡]慶應義塾大学
Kyoto University, Keio University
yamamoto.nozomi.78s@st.kyoto-u.ac.jp

概要
本研究では，仮説形成に関わる類推能力の発達を扱った。4-6 歳児を対象に作成した課題を用いて，この能力は幼児期に存在するのか，存在するとすれば，具体的に，どのような関係性の類推が可能になり，何が発達するのか検討した。その結果，①仮説形成に関わる類推能力は幼児期から発達がみられること，②特に「大小に注目した関係」を扱った類推が，年中から年長にかけて発達が見られることが示唆された。

キーワード：仮説形成, 類推, 思考, 幼児, 発達

1. 背景

類推は，科学的発見の文脈において，新たな仮説の形成に関係することが示されている。たとえば，植田（2000）は，研究者を対象に行った調査で，収集した 42 事例のデータのうち約 45%（19 事例）で類推が行われていたことから，実際に類推が科学者の科学的発見をもたらすことを示した。

このような類推能力はいつ獲得されるのか。Levinson & Carpenter（1974）は，類推は 9 歳前後で使用可能になると述べた。Goswami（1991）は，関係性の抽象度や対象間の表面的な類似度によって必要となる能力が異なり，領域ごとに関係に基づく類推ができるようになる時期が異なると主張した。

これらの先行研究は，a・b 間で想定される関係性に気づき，それと同様の関係が c と共に満たされる選択肢を見つけるという課題（以降「a:b::c:d 課題」，図 1）の形態を用いて実施された。しかし，このような課題では，参加者はベース（a・b 間の関係性）に対応する c のペアを探索・写像するばかりで，上述した科学的発見に必要な類推能力は検討されていないと考えられる。なぜなら，科学的発見における類推では，「既知の分野のある事象が，直面する問題と構造が似ている」といった気づきが仮説の発見につながるが，従来の類推の発達研究では，このようなベースを発見し，それと同じ関係性を課題中に見つける認知過程を検討する研究は見られない。

そこで，本研究では，提示するオブジェクトを a と b の 2 つに限定し，c と d 両方の選択を参加者に求めることで，科学的探究場面における類推能力をより検討できると考え，この類推能力が 4-6 歳の間で発達が見られるのか，みられるとすれば，具体的にどのような関係性の類推が可能になるのかについて検討した。

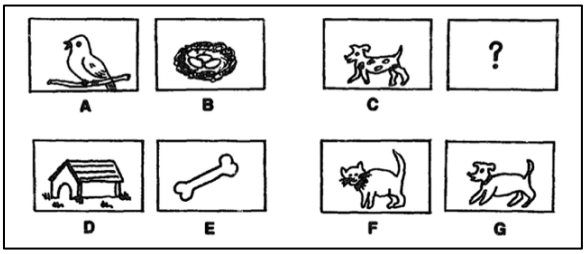


図 1 Goswami ら（1990）による a:b::c:d 課題の例[1]

2. 調査

調査では，Goswami & Brown（1990）で使用された a:b::c:d 課題（図 1）を参考に，「おなかまさがしゲーム」という課題を作成した。本課題は，図形型 3 問，イラスト型 3 問の計 6 問から構成される。 図形型の 3 問は，知識を用いずルールのみを検出する力を測り，イラスト型の 3 問は，日常経験から得たモノ同士の関係性の知識を類推に用いて新たなベースを類推で探す能力を測ることが目的だ。扱った関係性は，図形型で「大きくなる関係」,「丸くなる関係」,「青くなる関係」，イラスト型で「育つ関係」，「切る関係」，「住む関係」である。

調査の手順と内容例を表 1 に，調査協力者の概要を

[1] a:b::c:d 課題は，たとえば「鳥（a）：鳥の巣（b）」の絵カードが提示された場合，「犬（c）」に対して適切なイラストを「犬小屋（d）・骨（e）・猫（f）・犬（g）」から選ぶという課題である。このときの答えは「犬小屋（d）」であり，「骨（e）」・「猫（f）」・「犬（g）」がフィラーにあたる。フィラー群には c の「犬（c）」とテーマ・カテゴリ的に近いものが使用されており，表面的類似性よりも抽象的な関係理解が必要な内容となっている。

表 2 に示す。表 1 について，a・b は教示に用いたもので，c・d・Filler1（以下 F1）・Filler2（以下 F2）の 4 枚が選択肢にあたる。本研究においては，c・d（イラスト課題では c1 と d1，c2 と d2）を正解とした。

評価方法について，提示された a→b に対し，正しい c→d を選べた場合は 2 点，それ以外（d→c・答えないなども含む）の回答は 0 点とした。図形型課題では 1 問につき最高 2 点が得点となる。イラスト型課題では，1 問につき正解を 2 ペア（c1 と d1 ペア，c2 と d2 ペア）設けたため，1 問につき最高 4 点が得点となる。

表 1　調査の手順と内容例

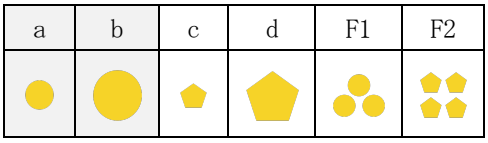
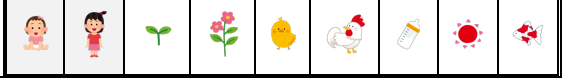
手順	説明・発言例
1	カードを 1 枚ずつ見せ，形や色・名前を言ってもらう。
課題例	図形 1 問目（大きくなる関係） a / b / c / d / F1 / F2  イラスト 1 問目（育つ関係） a / b / c1 / d1 / c2 / d2 / F1 / F2 / F3 
2	a・b を提示し，「これと同じつながりのお仲間さんはあるかな？ないかな？」と聞き，回答を記録。×6 問

表 2　調査協力者概要

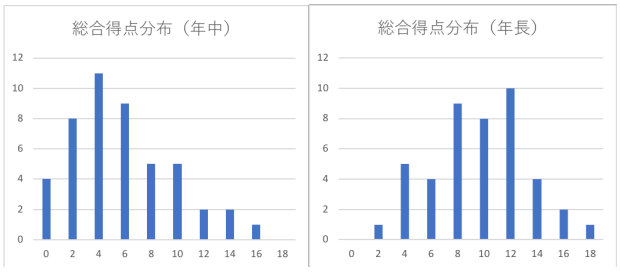
	男（人数）	女（人数）	合計（人数）	平均月齢	標準偏差
年長群	21	23	44	69.32	3.12
年中群	22	25	47	55.96	3.09
TOTAL	43	48	91	62.42	7.39

3.　結果と考察

本研究の目的は，幼児期において，仮説形成に関わる類推能力の発達はみられるのか，みられるのであれば，具体的に，どのような関係性の類推が可能になったのか検討することであった。以下では，まず，課題の結果を年中・年長群間で比較したのちに，具体的に，どのような関係性の類推が可能になったのか検討した。

■年齢群による比較（総合得点）

幼児を年齢で 2 群（年中群・年長群）に分け，総合得点の群間比較を行った。その結果，年中群の正答率は 32.167%，年長群の正答率は 53.556%であった（図 2）。Shapiro-Wilk normality test で分布の正規性が棄却されたため（年長群：$p = .238$，年中群：$p = .014$），Wilcoxon 検定を行った。両群の代表値の差がどの程度有意であるかを検討した結果，総合得点の代表値の差は 1%水準で有意であり，年長群の得点の方が高かった（$W = 486$，$p < .001$）。このことから，仮説形成に関わる類推能力は，幼児期の段階から，年齢に従って向上する可能性が示唆された。

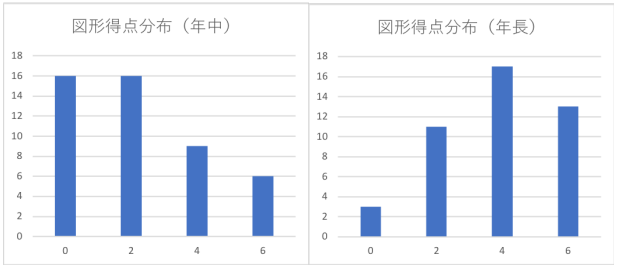


(1)　年中群　　(2)　年長群

図 2　総合得点の分布

■年齢群による比較（図形型得点）

課題の結果，図形型課題の全体の正答率は 49.817%であった。2 群間で比較した結果，年中群の正答率は 36.833%，年長群の正答率は 63.667%であった（図 3）。Shapiro-Wilk normality test で分布の正規性が棄却されたため（年長群：$p < .001$，年中群：$p < .001$），Wilcoxon 検定を行った結果，図形型課題の得点における 2 群間の代表値の差は 1%水準で有意だった（$W = 587.500$，$p < .001$）。



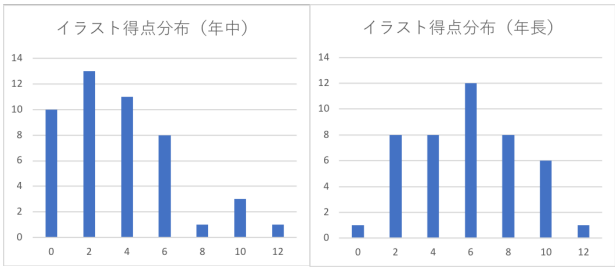
(1)　年中群　　(2)　年長群

図 3　図形得点の分布

■年齢群による比較（イラスト型得点）

課題の結果，イラスト型課題の全体の正答率は 38.825%であった。2 群間で比較した結果，年中群の正答率は 29.750%，年長群の正答率は 48.500%であった（図 4）。

Shapiro-Wilk normality test で分布の正規性が棄却されたため（年長群: $p = .034$, 年中群: $p < .001$），Wilcoxon 検定を行った結果，イラスト型課題の得点における 2 群間の代表値の差は 1%水準で有意であった（$W = 593.500$, $p < .001$）。



(1) 年中群　　(2) 年長群

図 4 イラスト得点の分布

以上の結果から，図形型・イラスト型課題の両方において，年中・年長群間の得点の差が 1%の有意水準で認められた。

■群間で特に発達が見られた関係性

各問のうち，特に 2 群間での結果に差が見られた関係性は，図形型課題では 1 問目の「大きくなる関係」（$\chi^2 = 18.400$, $p < .001$）であった。ここでは，「小さい丸(a)」と「大きい丸(b)」の提示に対して，「小さい五角形(c)」と「大きい五角形(d)」を置けるかを検討した。

4. 総合考察

本研究では，以下の 2 点について検討した:

(1) 仮説形成に関わる類推能力が，幼児期において発達がみられるのか

(2) (1)が確認された場合，具体的に，どのような関係性の類推が可能になったのか

これらの点について，主に以下の 2 点が明らかとなった。なお，1 点目は (1) について，2 点目は (2) について言及したものである。

1 点目は，「仮説形成に関わる類推能力は幼児期から発達がみられるのか」という仮説が支持された点である。課題の得点を年中・年長群間で比較した結果，総合得点，図形型課題の得点，イラスト型課題の得点のすべてにおいて，年中群の得点よりも年長群の方が有意に高かった。この結果から，科学的探究場面における類推能力は，幼児期においても発達することが示された。

2 点目は，具体的に「図形の大小に注目した関係性」を扱った類推が，年中から年長にかけて特に発達が見られると示唆された点である。すべての課題の成績が一様に上がるわけではなかった点において，これは，関係性の抽象度や表面的な類似度によって類推能力を獲得する時期は異なると主張した Goswami (1991) の主張が支持されたと考えることができる。

5. 参照文献

- 植田一博. (2000). 「科学者の類推による発見」. 『人工知能学会誌』, 15(4), 608-617.
- Goswami U. (1991). Analogical Reasoning: What Develops? A Review of Research and Theory. *Child Development*, 62, 1-22.
- Goswami U., Brown AL. (1990). Higher-order structure and relational reasoning: Contrasting analogical and thematic relations. *Cognition*, 36, 207-226.
- Philip J. Levinson., Robert L. Carpenter. (1974). An Analysis of Analogical Reasoning in Children. *Child Development*, 45, 857-861.

特性不安の個人差が実車走行時の各場面に及ぼす影響
Effects of Individual Differences in Trait Anxiety on Driving Behavior in Each Scene of Public Road

大岸 真理子[†]，相根 隆人[‡]，西崎 友規子[†]
Mariko Ogishi, Takahito Sagane, Yukiko Nishizaki
[†]京都工芸繊維大学，[‡]現代自動車日本技術研究所
Kyoto Institute of Technology, Hyundai Motor Japan R&D Center, Inc.
maaariko0112@gmail.com

概要
本研究では，ドライバの個人特性として特性不安に焦点を当て，実公道走行データを用いて，特性不安の個人差が運転行動に及ぼす影響を分析した．
その結果，高速道路から一般道に合流する際，最低速度，最大ブレーキ圧，隣車線の確認回数に差が認められた．このことから，特性不安が高い人はより慎重に運転することが示唆される．今後は十分な実験参加者人数の確保，運転シーンの統制を行った上でのさらなる検討が必要である．

キーワード：運転特性，ドライバ特性，特性不安

1. はじめに

自動車の事故低減および運転負担軽減を実現する自動運転・運転支援システムにおいて，ドライバ特性や運転行動の個人差を考慮した開発が進められている．ここで，自動車運転中に発生する個人差のひとつとして，リスク回避行動が挙げられる．蓮花らは，リスク回避行動は個人差が大きく，運転態度もその影響を受けるとしている[1]．回避行動が不安関連の障害と診断された人の特徴として挙げられている[2]ことも合わせて考えると，不安傾向の高い人は，自動車運転時に回避行動を行う傾向にある可能性が考えられる．回避行動とは，「生命体が嫌悪的な刺激にさらされないように前もって行動すること」 [2]とされており，自動車運転時の回避行動は「事故を起こさないように慎重に運転し，急激な変化を起こさないこと」と捉えることができる．しかし，このような行動は周囲の運転状況に適応せず，却って事故の原因となる可能性もある．慎重な運転として，速度を落とす，ブレーキを頻繁に踏むなどの行動が考えられる．例えば，制限速度よりも遅い速度で走行した場合，制限速度で走行している後続車から追突されたり，現在，社会問題とされている煽り運転のターゲットとなる可能性もある．また，ブレーキを頻繁に踏んだ場合も同様の危険性が考えられる．そこで本研究では，不安傾向の高いドライバが実走行において，上述したような不安全な運転行動を行う傾向にあるのか探索的に検討することを目的とする．

石橋らのドライバの運転スタイルの分類では，「運転に対する不安傾向」がひとつの因子として掲げられている[3]．ここでの「運転に対する不安傾向」は，“歩行者をひいてしまわないか，いつも心配している”，“自分が車の事故を起こすことを気にしている”という 2 つの質問への回答によって測定されており，「事故を起こすかもしれないという不安」に限定されている．また，石橋らの研究では，この「事故を起こすかもしれない不安」がドライバのどのような認知，心理的特性に起因しているかは明らかにされていない．本研究では，ドライバ自身が意識して主観的に回答できるレベルの「運転に対する不安」ではなく，運転場面に依存せず，元来の気質として備えている特性不安に焦点を当てることとした．それにより，気質的に不安傾向があるドライバの無意識の運転行動について，明らかにできると考える．

不安傾向の個人差は，特性不安という不安を抱きやすい性格傾向で測ることができ，これは比較的安定した不安傾向の個人差として現れる心理的特性であるとされている．特性不安は，State-Trait Anxiety Inventory（以下，STAI）を用いて測定することができる．STAI とは Spielberger らによって提唱された特性不安尺度であり，中里らによって日本語に翻訳された．この尺度（全 20 項目）は，例えば「泣きたいような気持になる」，「物事を難しく考えすぎてしまう」といった質問項目に対し，「まったくない」から「はっきりある」の 4 件法で評価するものであり，各項目の点数を合計し，総得点に応じてⅠ～Ⅴの 5 段階（特性不安が，Ⅰ：非常に低い，Ⅱ：低い，Ⅲ：普通，Ⅳ：高い，Ⅴ：非常に高い）に分けられる．臨床的な治療が必要なレベルに限らず，一般の人においても特性不安には個人差が生じるとされている．

なお，特性不安の個人差と運転行動との関連に関して，特性不安と運転行動質問紙（Driving Behavior

Questionnaire : DBQ)）[4]との関係性を調査した研究[5]はあるが，実際の運転行動との関係性の検証は行われていない．また，臨床的な治療が必要な不安症患者が抗不安薬を服用した際の運転行動の安全性を評価した研究[6]はなされているものの，健常なドライバの特性不安の個人差を扱った研究はほとんど行われていない．

そこで，本研究では，日常運転時で無意識化に特性不安が引き起こす不安全な運転行動を定量的にとらえることを目的とする．そのため，実際の運転環境に伴う心理的な刺激の再現性を優先して，実際の公道走行データの分析を試みた．

2. 実験

2.1. 実験参加者

普通免許を保有する社会人 18 名（22～62 歳，*M*=44.00 歳，*SD*=8.3）が参加した．全員に対し，日本語版の STAI を用いて特性不安の個人差を測定し，総得点が 33－43 点の中群 8 名，44－80 点の高群 10 名の 2 群に分けて分析を行った．

なお，本実験は京都工芸繊維大学倫理委員会の承認を受けて実施された．

2.2. 走行実験

走行実験は普通乗用車を用い，東京都・神奈川県内の公道で行われ，市街地，自動車専用道路を含む約 42km のコースであった．運転席には実験参加者が座り，助手席と後部座席には実験者 2 名が同乗した．走行コースの概要を事前に説明した上で，実験中の走行指示は助手席に座っている実験者が口頭で行った．走行指示は，運転者からの質問が無い限り，日常の運転行動を抽出するためにコース指示（右左折，合流）のみであった．車両データとして，車速[km/h]・アクセル開度[%]・ブレーキ圧[%]・ブレーキ状態[on:1,off:0]を取得し，実験参加者の運転中の様子と実験参加者視点での実験車両前方の様子も動画で記録した．

2.3. 分析に用いたシーン

実験コースの中から，特性不安の影響を受けると考えられるシーンとして，自動車運転時の不安を類型化した研究[7]を参考にし，以下の(a)～(c)を切り取って分析を行った．これらのシーンの様子をそれぞれ図 1 ～図 3 に示す．

(a) 横断歩道のある交差点での左折

このシーンの定義は，「実験車両が交差点手前の信号で停止し，発車したところから，横断歩道前で停止するまで」とした．

(b) 合流地点

このシーンの定義は，「高速道路走行後の料金所を出てから，車線に入るまで」とした．

(c) 自動車専用道路での車線変更

このシーンの定義は，「実験車両が自動車専用道路内で 3 車線の区間を走行中に，追い越しや後続車に道を譲るために車線を変えること」とした．実験コース内に自動車専用道路は 2 ヵ所あったため，このシーンに関しては 2 ヵ所について分析を行った．

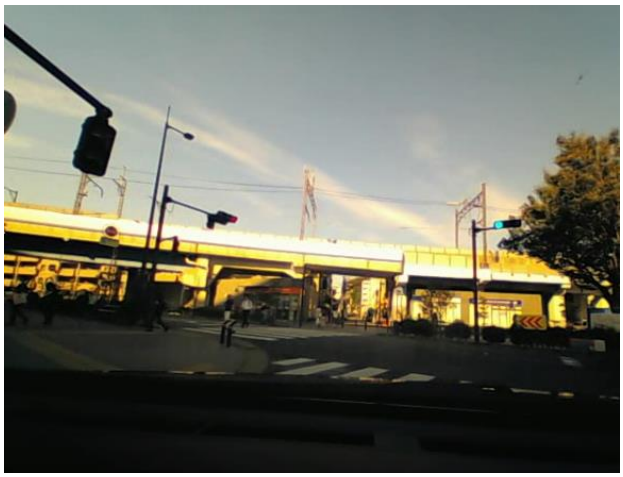


図 1　横断歩道のある交差点での左折(a)

図 2　合流地点(b)

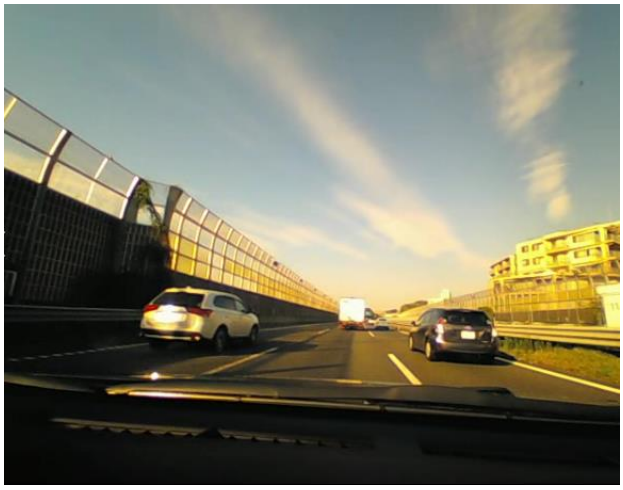


図 3　自動車専用道路での車線変更(c)

2.4. 仮説

1 章で述べた自動車運転時の回避行動を基に，2.3 節の各シーンについて次のような仮説を立てた．

(a) 横断歩道のある交差点での左折

発進後，目の前の横断歩道を歩行者や自転車が渡っており，すぐに停止する必要がある．そのためアクセルを強く踏んだり，スピードを出し過ぎたりすることは，素早い回避行動が取れない危険な行為であると考えられる．このことから，その区間でのアクセル開度・速度はともに特性不安が高い人の方が低い人よりも最大値が小さくなる．また，ブレーキ圧に関しては，よりしっかり止まるために，特性不安が高い人の方が低い人よりも強くブレーキを踏み，ブレーキ圧が高くなる．

(b) 合流地点

このシーンでは，隣の料金所から自分が入ろうとしている車線に車両が来る可能性があるため，周りの車両に注意を払いながら運転する必要がある．このことから，特性不安の高い人は低い人に比べて速度の最小値小さくなり，ブレーキ圧の最大値は高くなる．また，特性不安の高い人の方が低い人よりも隣車線の確認回数が多くなる．

(c) 自動車専用道路での車線変更

先行研究において[7]，車線変更は不安発生の起因となるコンテキストであるとされている．そのため，特性不安の高い人は車線変更の回数が少なくなる．また，各車線の滞在時間について，右側車線は追い越し車線であり，左側車線と中央車線より速い速度を出す必要があることから，特性不安の高い人は自ら進んでいくことは少なく，左側車線と中央車線での滞在時間が長くなる．

3. 結果

3.1. 横断歩道のある交差点での左折

運転行動指標として最大アクセル開度，最大速度，最大ブレーキ圧を用いた．3 つの運転行動指標について，中群と高群それぞれについて，平均値と標準偏差を算出した（表 1），

3 つの指標それぞれについて，中群と高群間の平均値の差の検定を行った結果，全てにおいて，中群と高群間に有意な差は認められなかった（最大アクセル開度（$t(9) = 0, p = 1.00, n.s.$），最大速度（$t(9) = -0.79, p = .448, n.s.$），最大ブレーキ圧（$t(9) = -0.33, p = .746, n.s.$））．

表 1　横断歩道のある交差点での分析結果

運転行動指標	中群		高群	
	平均値	*SD*	平均値	*SD*
最低アクセル開度 [%]	20.00	4.23	20.00	7.79
最大速度 [km/h]	8.64	2.15	9.76	2.51
最大ブレーキ圧 [%]	2.28	2.29	2.85	3.38

3.2. 合流地点

運転行動指標として最低速度，最大ブレーキ圧，隣を走行している車両を確認した回数を用いた．3 つの運転行動指標について，中群と高群それぞれについて，平均値と標準偏差を算出した（表 2），

3 つの指標それぞれについて，中群と高群間の平均値の差の検定を行った結果，最低速度は，中群よりも高群の方が有意に遅いことが明らかになった（$t(12) = 2.33, p < .05$）．また，最大ブレーキ圧は，中群よりも高群の方が有意に強い傾向が見られた（$t(15) = 1.76, p < .10$）．隣を走行している車両を確認した回数は，中群よりも高群の方が有意に多いという傾向が認

められた（$t(16) = -1.83, p < .10$）.

表２　合流地点での分析結果

運転行動指標	中群		高群	
	平均値	*SD*	平均値	*SD*
最低速度 [km/h]	25.39	4.42	20.81	2.75
最大ブレーキ圧 [%]	1.18	0.59	2.05	1.28
確認回数 [回]	1.3	1.0	2.2	1.1

3.3. 自動車専用道路での車線変更

運転行動指標として，車線変更回数，各車線の滞在時間を用いた．2 つの運転行動指標について，中群と高群それぞれについて，平均値と標準偏差を算出した（表３，表４），

2 つの指標それぞれについて，中群と高群間の平均値の差の検定を行った結果，2 ヵ所の自動車専用道路どちらにおいても，全てにおいて，中群と高群間に有意な差は認められなかった（1 か所目：車線変更回数（$t(16) = -0.97, p = .345, n.s.$），左側車線（$t(16) = 0.15\ p = .882, n.s.$），中央車線（$t(16) = -1.42, p = .176, n.s.$），右側車線（$t(16) = 1.07, p = .300, n.s.$），2 ヵ所目：車線変更回数（$t(16) = 0.04, p = .967, n.s.$），左側車線（$t(16) = -0.59\ p = .560, n.s.$），中央車線（$t(16) = 0.74, p = .470, n.s.$），右側車線（$t(16) = -0.07, p = .945, n.s.$））.

表３　自動車専用道路（1 ヵ所目）での分析結果

運転行動指標	中群		高群	
	平均値	*SD*	平均値	*SD*
車線変更回数 [回]	5.5	0.9	6.3	2.2
左側車線の滞在時間割合	0.16	0.07	0.15	0.10
中央車線の滞在時間割合	0.50	0.18	0.61	0.14
右側車線の滞在時間割合	0.34	0.23	0.24	0.17

表４　自動車専用道路（2 ヵ所目）での分析結果

運転行動指標	中群		高群	
	平均値	*SD*	平均値	*SD*
車線変更回数 [回]	5.8	1.7	5.7	3.0
左側車線の滞在時間割合	0.30	0.23	0.37	0.25
中央車線の滞在時間割合	0.48	0.26	0.41	0.17
右側車線の滞在時間割合	0.22	0.20	0.22	0.23

4. 考察

まず，(b)合流地点では，最低速度は中群よりも高群の方が有意に遅く，最大ブレーキ圧は中群よりも高群の方が有意に強い傾向が見られた．また，隣を走行している車両を確認した回数は，中群よりも高群の方が有意に多いという傾向が見られた．これについて，最低速度と最大ブレーキ圧の結果から，高群の方がより速度を抑えるためにブレーキを強く踏んでいた可能性が示唆される．また，隣を走行している車両を確認した回数については，高群の方がより注意深くなり，回数が多かったと考えられる．

一方，(a)横断歩道のある交差点の左折と(c)自動車専用道路での車線変更では有意な差異が認められなかった．これについて，まず(a)横断歩道のある交差点の左折シーンでは，運転行動指標として最大アクセル開度，最大速度，最大ブレーキ圧を用いたが，高群と中群の間に有意差は認められなかった．しかし，ドライバによって，左折前の信号で停止した際に先頭であったか，前に他車両がいたかという状況に違いがあった．そのため，前者の状況と後者の状況に大別した分析を行ったところ，最大速度において後者の状況の方が有意に速いことが明らかになり（$t(9) = 6.80, p < .05$），最大アクセル開度において後者の状況の方が有意に強いという傾向が見られた（$t(9) = 2.16, p < .10$）．このことから，運転行動は停止する際の自車の置かれている状況に影響を受ける可能性が考えられる．

(c)自動車専用道路での車線変更では，実験時の交通量や交通状況などを統一するために，車線の変更回数を自動車専用道路内でのみ分析した．しかしながら，特性不安レベルによる違いは，より交通状況が複雑な場合に生じると考えられる．実験条件を統制するため

に混雑度の少ない走行区間と時間帯を選定した結果，交通状況の複雑度が減り，特性不安が運転行動として表出しなかった可能性がある．

5. おわりに

本研究は実公道での走行データを用いて，特性不安の個人差が運転行動に及ぼす影響について分析した．その結果，高速道路から車線に合流するシーンでは運転行動指標に有意な差が現れ，特性不安が高い人の方がより慎重な運転行動を行う傾向にある可能性が示された．

しかしながら，本研究で用いた公道走行実験データは 18 名分であり，特性不安の得点に応じて２群に分類した上で交通環境による群分けを行ったところ１群の人数が 0 名となる場面もあり，統計的な検討には不十分であった．また，横断歩道のある交差点の左折のシーンでは停車時の実験車両の状況が異なったり，車線変更に関して市街地のような複雑な交通状況では交通環境が統制できないなど，分析を行うのに十分なデータを切り出すことが難しかった．今後はデータ数を増やす工夫を行い，さらに，ドライバの年齢や運転経験を考慮した検討が望ましい．

文献

[1] 蓮花一己，(2000) “運転時のリスクテイキング行動の心理学的過程とリスク回避行動へのアプローチ”, 国際交通安全学会誌，Vol. 26, No. 1, pp. 12-22.
[2] 疋田一起，山本竜也，首藤祐介，坂井誠，(2017) “回避行動とネガティブな反復的思考が抑うつと不安に及ぼす影響”， 中央大学心理学研究科・心理学部紀要，Vol.17, No. 1, pp. 47-52.
[3] 石橋基範，大栗政幸，赤松幹之，(2004) “ドライバ個人特性の評価指標の開発”, マツダ技報, No. 22, pp. 155-160.
[4] Reason J, Manstead A, Stradling S, Baxter J, Campbell K, （1990） “Errors and violations on the roads: A real distinction?”, Ergonomics, Vol.33, No. 10-11, pp. 1315-1332.
[5] Siamak Pourabdian and Hiva Azmoon , （2013） “The Relationship between Trait Anxiety and Driving Behavior with Regard to Self-reported Iranian Accident Involving Drivers”, International Journal of Preventive Medicine, Vol. 4, pp. 1115-1121.
[6] Verster, Joris C., Veldhuijzen, Dieuwke S., Volkerts, Edmund R., (2005) “Is it Safe to Drive a Car when Treated with Anxiolytics? Evidence from onthe- Road Driving Studies During Normal Traffic”， Current Psychiatry Reviews, Vol. 1, No. 2, pp. 215-225.
[7] 松浦隆信，佐藤啓太，(2017) “臨床心理学に基づく自動車運転における不安の類型化と対策”， 自動車技術開論文集, Vol. 48, No. 1, pp. 141-146.

この論文は諸事情により掲載が取り下げられました。

この論文は諸事情により掲載が取り下げられました。

この論文は諸事情により掲載が取り下げられました。

この論文は諸事情により掲載が取り下げられました。

この論文は諸事情により掲載が取り下げられました。

この論文は諸事情により掲載が取り下げられました。

この論文は諸事情により掲載が取り下げられました。

大学生のセルフコントロール方略が主観的 Well-being に及ぼす影響

Effects of Self-control Strategies on Subjective Well-being in University Students

江 維豪[†]，正田 悠[‡]
Igou Kouu, Haruka Shoda
[†]神戸大学大学院国際文化学研究科
Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University
205c114c@stu.kobe-u.ac.jp

概要

本研究は，セルフコントロール（self-control）の個人差が主観的 Well-being にいかなる影響を与えるのかを調べた．具体的には，2 種類のセルフコントロールと外的要因による行動のコントロールを対象に，これらの制御方略が主観的 Well-being の構成要素である生活満足感と感情に対していかなる異なる効果を持つのかを調べた．パス解析を行った結果，セルフコントロールの種類によって，有意に関連する主観的 Well-being の要素が異なるということが示された．特に，調整型セルフコントロールが高い大学生は，生活満足感が高い傾向にあることが示された．

キーワード：主観的 Well-being（subjective well-being），セルフコントロール（self-control），生活満足感（life satisfaction）

1. 背景

Seligman（2000）はポジティブ心理学が 3 つのレベルの研究領域から構成されると述べている．それぞれ，「ポジティブ感情と主観的評価のレベル」，「ポジティブなパーソナリティと認知のレベル」，「ポジティブな制度と環境のレベル」である．このうち，「ポジティブ感情と主観的評価のレベル」とは，人が感じた快感情とその感情を体験したとき生じる主観的評価に関するものである．このような快感情を体験することで，人は健康な心理的状態や身体状態を維持することができ，より良いパフォーマンスを発揮することが知られている．このポジティブ感情と主観的評価のレベルにおける中核的概念が主観的 Well-being（Subjective well-being）である．

Diener（2003）によると，主観的 Well-being とは，人がある時点において，あるいは長期間にわたって自分自身の生活に対して行う主観的評価である．主観的 Well-being は認知的側面である「生活満足感」と感情的側面である「ポジティブ感情とネガティブ感情」の二側面によって構成される．生活満足感とは，人の生活またはその特定の側面に対する自己評価であり，個人が自分自身に対するある「標準」を構築し，自分の生活をその標準の間のギャップとして定義することもできる．つまり生活満足感は相対的な概念であり，他人または自分自身の期待と比較しながら生じる概念である．例えば，低経済状況のもとで生活してきた若者は，そもそも自分の生活に対する期待水準が低いため，生活水準が低くても生活満足感が低下しない（岩田，2015）．その一方で，感情的側面においては，ポジティブ感情が高いほど，また，ネガティブ感情が低いほど主観的 Well-being の水準が高いといえるが，ポジティブ感情とネガティブ感情は両極的な連続的概念ではなく，快—不快または活性—非活性の二軸に依存する直交的な概念である（阿久津，2008）．つまり，ポジティブ感情とネガティブ感情が同時に高い水準で存在する可能性もある．

このように，人の主観的 Well-being の水準は生活満足感と感情的評価によって規定され，この 2 つの概念を巡って他の概念との関連を調べる研究が数多くなされてきた．例えば，「自尊感情」は生活満足感とポジティブ感情との間に正の関連，ネガティブ感情との間に負の関連があることが指摘されている（鈴木, 2002）．さらに，ストレス状況から立ち直る力である「レジリエンス」と最善な人生を過ごすための能力である「強み」も同様に主観的 Well-being との間の関連が示されている（中嶋・堀内・青木・矢島，2006；鈴木，2006）．以上の知見で示されているように，主観的 Well-being の水準（高い水準の生活満足感とポジティブ感情）は他の精神的健康指標とかかわることがわかってきた．

しかし，青年期の主観的 Well-being について，これまでの研究は，Seligman（2000）が指摘したように，ストレス状況における青年を支援するための受動的，ネガティブな側面に焦点を当ててきたため，能動的な能力やポジティブ的な心理状態との間の関係を調べる研究はそれほど多くない．Huppert（2009）は主観的 Well-being に影響する要因として，自律能力，目標志向，社会とのやり取りなどの主観的 Well-being の機能的要

素を示した．これらの機能的要素と主観的 Well-being との相関関係を調べることにより，より広い視野で青年期の主観的 Well-being を考察することができ，学校教育場面における学生支援方針の参考にもなると考えられる．

本研究は主観的 Well-being に影響を及ぼす要因の一つとして，機能的要素であるセルフコントロール能力に注目する．セルフコントロールとは，直接的な外的強制力がない場面で，自発的に自分自身の行動を制御することである（Thoresen & Mahoney, 1974）．セルフコントロールの実行によるものごとの達成経験が人の主観的 Well-being に正の影響を与えることも示されている（Seligman, 2014）．しかし，セルフコントロールはいくつかの方略を包含する構成概念であり，異なる種類のセルフコントロールが必ずしも主観的 Well-being に対して同じような効果を示すわけではない（Quyang, Zhu, Fan, Tan, & Zhong, 2015）．例えば，セルフコントロールの一要素である感情制御に関しては，主観的 Well-being はネガティブ感情の再評価方略とは正の相関が認められるが，その抑制方略とは負の相関が認められる（Gross & John, 2003）．本研究では，主観的 Well-being を構成する生活満足感や感情がセルフコントロール方略によってどのように規定されるかを検討する．

杉若（1995）は，Rosenbaum（1989）の研究をもとに，セルフコントロールを「調整型」と「改良型」の 2 種類のセルフコントロールに分類している．調整型セルフコントロールとは，ストレス場面における情動的反応の短期間のセルフコントロールを示す．例えば，不安場面での気晴らしや自己教示は調整型セルフコントロールに含まれる．調整型セルフコントロールの実行によって，即時的なフィードバック（不快な情動の減少や快な情動の増加）を得ることができるため，調整型セルフコントロールは比較的，取り組みやすいセルフコントロール方略である．その一方で，改良型セルフコントロールとは，習慣的行動を望ましい行動へ変容してくための長期間のセルフコントロールである．改良型セルフコントロールにおいては，ある自発的目標（例えば，禁煙やダイエット）が予め設定され，その長期の目標を達成するために人々は段階的に自分の行動を制御しなければならない．調整型セルフコントロールと比べて，改良型セルフコントロールは即時的なフィードバックが得られないため，改良型セルフコントロールは比較的，実行しづらいセルフコントロール方略といえる．

またセルフコントロール尺度の下位尺度の一つとして，外的要因による行動のコントロールが提案されている（杉若，1995）．外的要因による行動のコントロールとは，外部からの影響によって動機づけられたコントロールである．この尺度には Bandura（1977）の自己効力感が含まれる．杉若（1995）は外的要因による行動のコントロールと自己効力感との間に負の相関関係を示している．つまり，外的要因による行動のコントロール水準が高いほど自己効力感が低いといえる．したがって，外的要因による行動のコントロールも主観的 Well-being に何らかの影響を与えていることが予測される．

1.1. 目的

本研究はセルフコントロール方略の個人差と主観的 Well-being における生活満足感と感情的評価との相関関係を解明することを目的とする．上述の 2 つのセルフコントロール方略と外的要因による行動のコントロールがそれぞれ主観的 Well-being に異なる影響を及ぼすと予測される（図 1）．

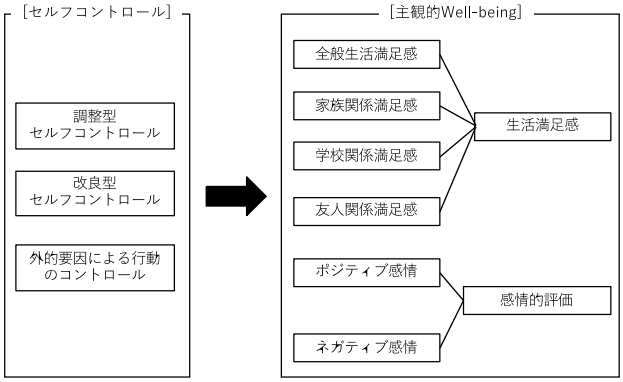


図 1　本研究で扱う指標

2. 研究方法

2.1. 調査参加者

大学生 103 名に対して調査を行った．未回答が含まれる 3 名のデータを除外し，100 名（女性 66 名，男性 34 名；18 歳〜22 歳，$M = 19.31$，$SD = 0.86$）を分析の対象とした．

2.2. 質問票

質問紙調査を実施した．調査は 2020 年 1 月に集団で実施した．調査に用いた質問票の構成は，以下の通りであった．

まず，生活満足感の尺度として，鈴木（2002）が作

成した全22項目5件法の尺度を用いた．本尺度は具体的な生活場面における生活満足感として，全般的生活満足感（6項目），学校生活満足感（5項目），家族関係満足感（5項目），友人関係満足感（6項目）の4つの下位尺度から構成される．

感情的評価の尺度として，川人・大塚・甲斐田・中田（2011）による20項目6件法の日本語版PANAS（Positive and Negative Affect Schedule）尺度を用いた．ポジティブ感情（10項目）とネガティブ感情（10項目）から構成される。

セルフコントロール尺度として，杉若（1995）が開発したセルフコントロール行動の個人差を評価する20項目6件法のRRS（Redressive-Reformative Self-Control Scale）尺度を用いた．調整型セルフコントロール（5項目），改良型セルフコントロール（8項目）と外的要因による行動のコントロール（7項目）の3つの下位尺度から構成される．

3. 結果

2種類のセルフコントロールと外的要因による行動のコントロールの尺度得点を説明変数，生活満足感尺度における4種類の下位尺度得点および日本語版PANASにおける2種類の下位尺度得点を目的変数としたパス解析を実施した．フルパスモデルから有意でない変数を順に除外していった結果，図2のモデルが得られた．適合度指標からデータがこのモデルに適合していることが示された（χ^2 (9, N = 100) = 9.88, p = .36, CFI = .996, RMSEA = .03）．

調整型セルフコントロールは生活満足感における4つの下位尺度全てと有意に関連していることがわかった．全般生活満足感，家族関係満足感，友人関係満足感および学校生活満足感との間にいずれも正の関係が認められた．その一方で，調整型セルフコントロールはポジティブ感情，ネガティブ感情のいずれとも有意な相関関係は認められなかった．

改良型セルフコントロールは生活満足感における4つの下位尺度のいずれとも有意な関連は示さなかったが，ポジティブ感情との間にのみ有意な正の関連が認められた．

外的要因による行動のコントロールは全般的生活満足感，家族関係満足感と友人関係満足感との間に有意な負の関連を認めたが，学校生活満足感との間には有意な関連は認められなかった。感情的評価の下位尺度であるポジティブ感情との間にも負の関係が認められた。ネガティブ感情との間には正の関係がみられた．

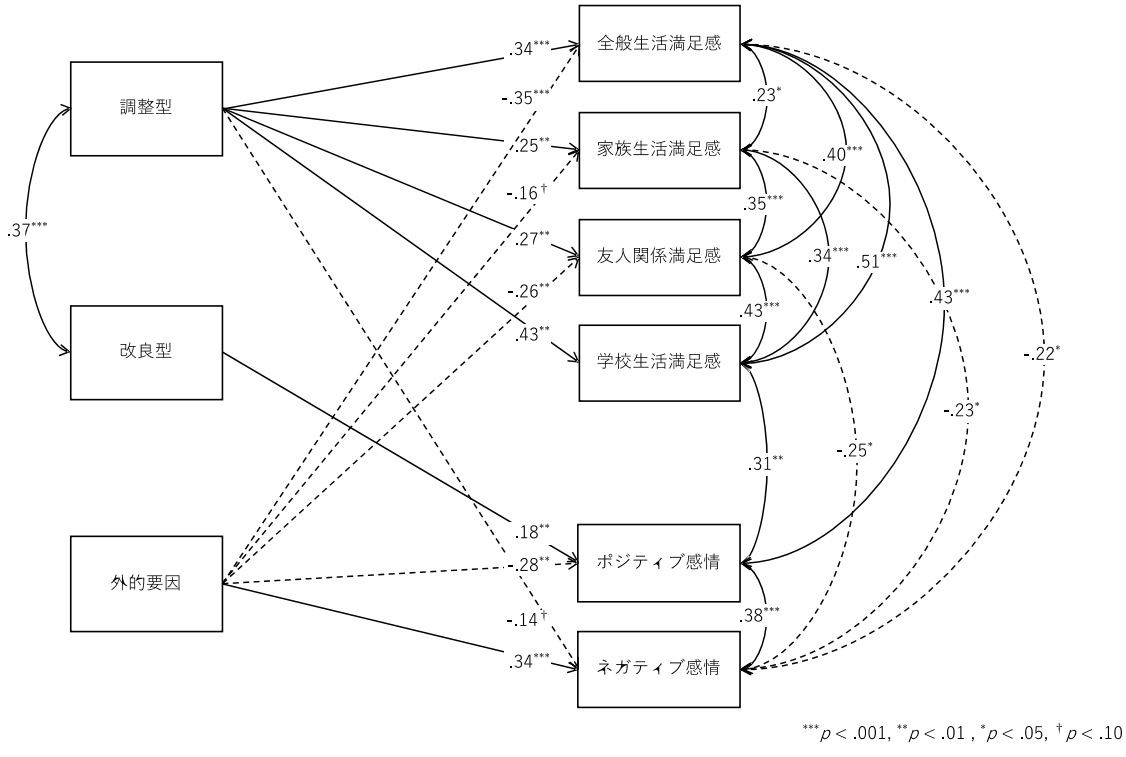


図2. セルフコントロールから主観的Well-beingへのパス解析

4. 考察

本研究は2種類のセルフコントロール方略と外的要因による行動のコントロールが主観的Well-beingに及ぼす影響を調べた．その結果，異なる種類のセルフコントロール方略が主観的Well-beingにおける生活満足感と感情的評価に異なる影響を与えることが示された．

まず，調整型セルフコントロールは生活満足感における4つの下位尺度全てと正の関連があることが示された．これは，自身の行動をその場の文脈によって調整することができる特性が高いほど，自身の生活に対する評価も向上することを示している．情動のコントロールは対人関係を良好にする上で特に重要な要素である（宮明，2014）．そのため，調整型セルフコントロールの高い個人は，自身の情動を制御し，円滑な人間関係を構築することによって，その場その場の事態をうまく対応することができるといえ，その結果，本研究で対象とした生活満足感が向上したものと考えられる．

また，4つの下位尺度の中では，学校生活満足感との間のパス係数は最も高く，家族生活満足感との間のパス係数は比較的低かった．その理由として，今回の調査対象が在学中の大学生であったことが挙げられる．岩田（2015）は日本の大学生の生活満足感にとって，人間関係の良好さが特に重要な要素であることを指摘した．これによると，主観的Well-beingの判断基準として，15歳～29歳の6割が友人関係と回答することが示されている。つまり，調整型セルフコントロールは，対人関係を良好にするための手段の一つとして，家族場面と比べて学校場面のような友人・社交場面において，より日本人大学生に重視されているといえる．

その一方で，調整型セルフコントロールと感情的評価との間には有意な関係が認められなかった．この結果は，一時的に自身の行動を調整することによっては，特定の時点における感情的評価が変化しないということを示している．この結果は，ネガティブ感情は感情を抑制することとの間に正の相関があり，感情を再評価することとは負の相関があるという先行研究（Gross, 2003）と一致していない．Gross（1998）は情動制御を5つの類型に分類しているため，今回の研究で用いた調整型セルフコントロールとは概念的に異なる可能性がある。今後の調査において，調整型セルフコントロールの方略をより詳細に検討し，主観的Well-beingとの関係を探索する必要性がある．

調整型セルフコントロールとは対照的に，改良型セルフコントロールはポジティブ感情のみと正の関連が認められた．調整型セルフコントロールとは異なり，全体的に生活満足感と関連していないことが明らかとなった．その理由として，改良型セルフコントロールのように，長期的な視点で自身の習慣を改善するためには多くの時間が必要であるため，対人関係のような，その場その場で対処が必要な生活満足感には関連しないことが挙げられる．さらに，杉若（1995）が指摘したように，改良型セルフコントロールは，調整型セルフコントロールに比べ，より困難なセルフコントロール方略であり，その実行過程も容易ではない．つまり，生活満足感をこの「未来の報酬」によって高めることは難しいことが示唆される．

「未来の報酬」を測定する指標の一例として，時間割引課題（time discounting）が挙げられる．時間割引課題とは，ある報酬に対して，一定の時間を経たときにその報酬の価値が割り引かれるということである．その時間あたりの割引率を時間割引率という（Green & Myerson, 2004）．また子どものセルフコントロール能力の発達をこの時間割引課題によって検討した研究もある（Mischel, Shoda, & Rodriguez, 1989）．したがって，改良型セルフコントロール成績が高い人は時間割引課題の成績も優れると考えられる．時間割引課題で時間割引率を計算することで，協力者の改良型セルフコントロール能力を評価することができる可能性がある．

外的要因による行動のコントロールは他者依存の傾向や自発的な行動に対する消極性を示す．具体的には，自身の自発的な意識ではなく，他者からのアドバイスあるいは働きかけによって行動する傾向である．本研究の結果からみれば，生活満足感や感情的評価に対して，調整・改良型セルフコントロールとは逆の影響を与えていることが示された．つまり，外的要因による行動のコントロールの水準が高いほど，主観的Well-beingの水準が低いといえる．

外的要因による行動のコントロールは家族関係満足感との間にわずかな関連しか見られず，学校生活満足感とはパス係数が有意ではなかった．家族あるいは学校の場合では，他者のふるまい如何に関わらずある種の強制力（両親または教師からの指示）があるため，こうした場面では他者に依存することが自然であるといえ，このことがネガティブな自己評価には反映され

づらいことが原因だと考えられる．

本研究の結果は，外的要因による行動のコントロールが生活満足感に部分的に負の影響を及ぼしていることを示している．勝岡（2012）は，大学生の自己効力感を多領域に渡って，状況に依存しない枠組みで捉えることの必要性を指摘した．本研究は外的要因による行動のコントロールを検討し，それと負に関連する生活満足感が場面によって異なることを示した．

さらに，外的要因による行動のコントロールはポジティブ感情とネガティブ感情と有意に関連していることがわかった．外的要因による行動のコントロールは調整型・改良型セルフコントロールよりも，とりわけ感情的評価に及ぼす影響が大きいといえる．

5. まとめと展望

本研究で得られた結果をまとめると，第一に，調整型セルフコントロールを実行する特性の高い大学生は生活満足感が高いことが示された．調整型セルフコントロールの影響が最も大きい指標は，学校生活満足感であった．その一方で，調整型セルフコントロールは感情的評価に影響を与えないことを示した．第二に，改良型セルフコントロールはポジティブ感情のみに有意に関連することが示された．改良型セルフコントロールは主観的 Well-being の多くの側面に影響しないことが示された．最後に，調整型・改良型セルフコントロールと対照的に，外的要因による行動のコントロールは，ポジティブ感情を低下させ，ネガティブ感情を上昇させることが示された．また，外的要因による行動のコントロールの効果は場面別に異なっていることが示された．

本研究では，調整型セルフコントロールはポジティブ感情およびネガティブ感情に影響を及ぼさないという，予測とは異なる結果も得られた．この結果は調整型セルフコントロールにおいても，複数の異なる方略が存在し，感情的評価に与える効果が混在していることを示唆する．したがって，今後の研究では Gross（1998）が示した情動制御プロセスモデルに基づいて，情動制御の視点から調整型セルフコントロールの効果を捉え直す必要がある．

長期目標を達成するための改良型セルフコントロールがポジティブ感情のみを促進するという結果は，生活満足感は改良型セルフコントロールによる長期的な未来の報酬によっては影響されないことを示している．これまで用いてきた生活満足感と感情的評価で構成される主観的 Well-being 尺度は，改良型セルフコントロールのような未来の自分自身への有能感を予測するものではなかった．改良型セルフコントロールが主観的幸福感に与える影響を明らかにするためには，主観的 Well-being に関する新たな尺度を含める必要がある．

外的要因による行動のコントロールは日本人大学生の主観的 Well-being に負の影響を与え，さらに，その影響は場面によって異なることが示された．学校・家族場面において他人に頼って自分の行動をコントロールすることの影響は弱いが，他の場面，特に友人場面で他者に依存しすぎると，日本大学生の主観的 Well-being が低下することが示された．この結果は青年の自尊感情と関連することが予測されるため，今後は自尊感情との相互作用に関する研究も求められる．

教育や医療場面で，主観的 Well-being は大学生の心理的健康状態を把握するための指標の一つとして扱われている．しかし，今までの主観的 Well-being に関する研究にはストレス場面のようなネガティブ的な側面に焦点をあてたものが多い．本研究は機能的指標であるセルフコントロールを対象とし，それと主観的 Well-being との関連を検討したことにより，大学生の精神的健康支援に有用な知見を提供したといえよう．

6. 参考文献

[1] 阿久津 洋巳（2008）．ポジティブ感情とネガティブ感情の測定: 項目反応理論の適用 岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，*7*，135-144.

[2] Bandura, A. (1977). Self efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, *84*, 191-215.

[3] Diener, E., Oishi, S., & Lucas, R.E. (2003). Personality, culture, and subjective well-being: Emotional and cognitive evaluation of life. *Annual Review of Psychology*, *54*, 403-425.

[4] Green, L., & Myerson, J. (2004). A discounting framework for choice with delayed and probabilistic rewards. *Psychological Bulletin*, *130*(5), 769-792.

[5] Gross, J. J. (1998). The emerging field of emotion regulation: An integrative review. *Review of General Psychology*, *2*(3), 271-299.

[6] Gross, J. J., & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, *85*(2), 348-62.

[7] Huppert, F. (2009). Psychological well-being: Evidence regarding its causes and consequences. *Applied Psychology Health and Well-Being*, *1*(2), 137-164.

[8] 岩田 考（2015）．「大学生」に関する総合的研究（2）大学生の生活満足感の規定要因: 全国 26 大学調査から 桃山学院大学総合研究所紀要，*40*(2)，67-85.

[9] 勝岡 大貴（1995）．大学生の自己効力感とライフイベントの関連について 大阪経大論集，*63*(2)，219-225.

[10]川人 潤子・大塚 泰正・甲斐田 幸佐・中田 光紀(2011). 日本語版 The Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) 20 項目の信頼性と妥当性の検討 広島大学心理学研究, *11*, 225-240.
[11]Mischel, W., Shoda, Y., & Rodriguez, M. I. (1989). Delay of gratification in children. *Science*, *244*(4907), 933-938.
[12]宮明 浩太郎・伊藤 裕子 (2014). 情動制御と親密な他者との関わり 文京学院大学人間学部研究紀要, *15*, 215-225.
[13]中嶋 道子・堀内 聡・青木 俊太郎・矢島 潤平 (2006). 強みの多さ,強み認識および強み活用感と主観的ウェルビーイングの関連 岩手県立大学社会福祉学部紀要, *21*(30), 63-67.
[14]Quyang, Y., Zhu, Y., Fan, W., Tan, Q. B., & Zhong, Y. P. (2015). People higher in self-control do not necessarily experience more happiness: Regulatory focus also affects subjective well-being. *Personality and Individual Differences*, *86*, 406-411.
[15]Rosenbaum, M. (1989). Self-control under stress: The role of learned resourcefulness. *Advances in Behaviour Research and Therapy*, *11*, 249-258.
[16]Seligman, M. E. P. (2014). *Flourish: A visionary new understanding of happiness and well-being*. Free Press.
[17]Seligman, M. E. P., & Csikszentmihalyi, M. (2000). Positive psychology: An introduction. *American Psychologist*, *55*, 5-14.
[18]杉若 弘子(1995). 日常的なセルフ・コントロールの個 人差評価に関する研究 心理学研究, *66*, 169-175
[19]鈴木 有美 (2002). 自尊感情と主観的ウェルビーイングからみた大学生の精神的健康: 共感性およびストレス対処との関連 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要 心理発達科学, *49*, 145-155.
[20]鈴木 有美 (2006). 大学生のレジリエンスと向社会的行動との関連: 主観的ウェルビーイングを精神的健康の指標として 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要 心理発達科学, *53*, 29-36.
[21]Thoresen, C. E., & Mahoney, M. J. (1974). *Behavioral self-control*. New York: Holt.

文字の読みにくさが記憶を促進するときと妨害するとき：ワーキングメモリ容量に基づく非流暢性効果の検討

When difficulty in reading characters facilitates and hinders memory: Examination of disfluency effect in terms of working memory capacity

黒田 都雲[†,*]，西田 勇樹[†]，服部 雅史[†]
Tsukumo Kuroda, Yuki Nishida, Masasi Hattori

[†]立命館大学
Ritsumeikan University
[*]cp0041vf@ed.ritsumei.ac.jp

概要

読みにくい文字は記憶成績を高めるが，その効果（非流暢性効果）は頑健ではない。その要因として，非流暢性の程度やワーキングメモリ容量（WMC）が考えられる。そこで本研究は，文字の流暢性のレベル（4 段階）と WMC が単語記憶に与える影響を調べた。実験の結果，非流暢性効果は確認できなかった。この結果は，一つの刺激リストの中に特徴的（非流暢）／非特徴的な文字を混ぜて呈示した場合に非流暢性効果が発生しやすいこと（対比効果仮説)を示唆する。

キーワード：非流暢性効果 (disfluency effect)，処理水準 (levels of processing)

1. はじめに

読みにくいフォントや薄い色で書かれた文字の方が覚えやすい場合があることが知られている（非流暢性効果 disfluency effect）。Diemand-Yauman, Oppenheimer, & Vaughan (2011) は，刺激となる文字のフォント，コントラスト，印字の質を操作し，読みにくい文字で書かれた文章の方が記憶成績がよいことを示した。非流暢性効果のメカニズムについて，Diemand-Yauman et al. (2011) は，読みづらいというメタ認知が努力的で入念な処理スタイルを引き起こし，深い記憶処理を促すと考え，非流暢性は「望ましい困難さ (desirable difficulties)」(Bjork, 1994) をもたらすとした。処理水準 (Craik & Lockhart, 1972) に基づいたこの仮説を処理水準説と呼ぶことにする。

しかし，処理水準説と矛盾する実験結果も報告されている。処理水準説によると，ワーキングメモリ容量 (WMC) の大きい人で非流暢性効果が顕著に現れると予測される。これは，WMC の大きい人の方が使える認知資源が豊富であるため，努力的な処理スタイルに移行しやすいと考えられるためである。しかし，宮川・服部（2017）は，むしろ WMC 小のグループでのみ非流暢性効果を観察し，処理水準説に反する結果を示した。非流暢性効果の頑健性やこの効果の存在に対する疑問は，他にも多くの研究によって示されている （たとえば，Strukelj, Scheiter, Nyström, & Holmqvist, 2016）。

非流暢性効果が安定的に観察されない一つの大きな理由は，WMC の大きさによって困難さの「望ましさ」が異なるためではないだろうか。Seufert, Wagner, & Westphal (2017) は，非流暢条件として設定した刺激が読み易すぎるために「望ましい困難さ」に至らない場合があること，また，過度に読みにくい刺激は判読の困難や学習意欲の低減を引き起こすことを指摘した。処理水準説を検討するためには，どの程度の流暢性が「望ましい困難さ」になるのか明らかにする必要がある。そこで，本研究では，呈示される文字の流暢度を段階的に操作し，WMC と非流暢性効果の発現の関係を検討した。

宮川・服部 (2017) の実験において，WMC 小のグループで流暢性効果が観察された理由は，文字の困難さレベルが WMC の大きさによって違いうためかもしれない。ある困難さレベル（A とする）の刺激は，WMC 小の個人に対しては「望ましい」が，WMC 大の個人に対しては容易すぎたために，非流暢性効果が見られたのかもしれない。また，別の困難さの高いレベル（B [> A] とする）の文字は，WMC 小の個人に対しては難しすぎるが，WMC 大の個人に対しては「望ましい」ということもあるかもしれない。そのため，刺激 A に対しては，WMC 小でのみ非流暢性効果が観察され，WMC 大では効果が見られない（宮川・服部, 2017）のに対して，刺激 B に対しては，WMC 小では非流暢性の逆効果が観察され，WMC 大でのみ非流暢性効果が観察されるといったこともあると考えられる。

宮川・服部 (2017) は，非流暢性効果の発生メカニズムとして，非流暢な文字というのが，しばしば特徴的な文字であり，この特徴性が記憶のための手がかりの一

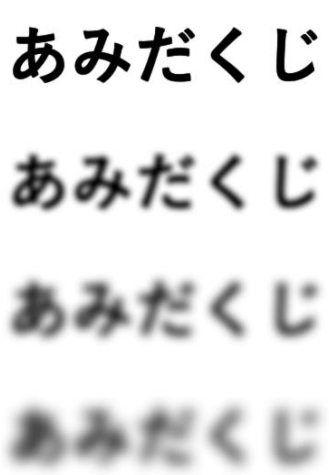


図 1　文字のぼかしを操作した単語刺激の一例。最上段から，無操作，ぼかし弱，ぼかし中，ぼかし強の刺激を示す。

つとなる可能性（特徴説）を示唆している。もしこの考えが正しければ，たとえば，一つの単語リストの中に特徴的な（読みにくいフォントによる）文字と非特徴的な文字が混ざっていると，特徴的な文字で書かれた単語に注意が向きやすくなり，その結果，特徴的な（非流暢な）単語が優先的に記銘されて非流暢性効果が生じるが（対比効果仮説），単語リストが同じ特徴の文字からなる場合には，文字が非流暢であっても非流暢性効果が生じないことになる。そこで，本研究では，流暢な文字と非流暢な文字をリストごとに分けて別々に呈示し，その場合にも非流暢性効果が観察されるのかどうかを検討した。

本研究の第一の目的は，呈示される文字の流暢度を段階的に操作し，WMC と非流暢性効果の発現の関係を検討することである。第二の目的は，宮川・服部 (2017) で観察された非流暢性効果が対比効果仮説によるものかを検討することである。

2.　方法

実験参加者　クラウドワークスでの募集に応じた 55 名（男性 17 名，女性 36 名，無回答 2 名，平均年齢 41.4 歳，*SD* = 10.2）が実験に参加した。参加者は報酬として，653 円を受け取った。

刺激特性と単語リスト　流暢度を文字のぼかしによって操作した（図 1 参照）。流暢度の条件を 4 条件（無操作／ぼかし弱／ぼかし中／ぼかし強）とし，文字のぼかしは，文字の色を透明にし，文字に影を入れ，影をぼかすことで条件ごとに変えた。単語記憶課題で呈示されるすべてのひらがな単語に，文字の色を透明，文字の影を黒 (RGB: 0,0,0) と指定した。ぼかしは，”text-shadow” の影のぼかし半径の値で決められた。各条件の影のぼかし半径の値は，無操作条件で 1 px，ぼかし弱条件で 6 px，ぼかし中条件で 11 px，ぼかし強条件で 16 px とした。単語記憶課題の本試行（全 4 試行）では流暢度条件の順番を決めるために，参加者は 4 グループにランダムに割り当てられた。グループ 1 の参加者は各試行で無操作，ぼかし弱，ぼかし中，ぼかし強の順に条件が割り当てられた。グループ 2 はぼかし弱，無操作，ぼかし中，ぼかし強の順，グループ 3 はぼかし中，ぼかし強，無操作，ぼかし弱の順，グループ 4 はぼかし強，ぼかし中，ぼかし弱，無操作の順に条件が割り当てられた。また本試行における単語リストとして，10 個のひらがな単語で構成された 4 セット分のリストが用意された。呈示される単語リストの順をランダムに並べ，すべての参加者で同じ試行数のときに同じ単語リストのひらがな単語が呈示された。また単語リスト内の単語の呈示順をランダムに並べ，参加者間での呈示順はすべて同じとした。

WMC 課題　参加者の WMC は，井関 (2010) の演算スパンテスト (operation span test; OST) と類似の手続きで測定した。OST では，計算課題と文字呈示，文字再生を繰り返しおこない，文字の再生成績によって WMC を測定した。井関 (2010) の OST は，スパン数を 3–7 とし，それぞれのスパン数を 3 回繰り返すが（合計 15 試行），本課題では，各試行（同じく合計 15 試行）で 3–7 のスパン数のどれかがランダムに選ばれた。

手続き　参加者は，自分の所有する PC のブラウザ上で実験を実施した。はじめに単語記憶課題を実施した。単語記憶課題に取り組む参加者は，呈示されたひらがな単語を記憶し，妨害課題をはさんだ後に，覚えたひらがな単語を自由再生した。単語記憶課題は 1 試行の練習試行と 4 試行の本試行で構成された。練習試行では 8 個のひらがな単語が個別に呈示された。注視点呈示 (1000 ms) の後に，ひらがなの単語 (5000 ms) が 1 個呈示され，ひらがな単語の呈示数だけ注視点とひらがな単語の呈示が繰り返された。参加者は，呈示されるひらがなの単語を見て覚えるよう求められた。練習試行では，参加者にすべての流暢度条件の文字を提示するために，2 単語ごとに流暢度を操作した。最初に呈示された 2 単語は無操作条件のひらがな単語が呈示され，2 単語ごとに流暢度の低い条件の単語が呈示された。8 単語呈示の後，参加者は妨害課題として 2 分間の制限時間

で「e」から始まる英単語をできるだけたくさん回答するよう求められた。参加者は，英単語をタイピングで入力し，1 単語ごとに「回答」ボタンを押して回答した。英単語は時間内であればいくつでも回答することができた。制限時間経過後，参加者は，覚えたひらがな単語を回答するよう求められた（自由再生）。参加者は，タイピングでひらがなを入力し，1 単語を入力するたびに「回答」ボタンを押して回答した。回答のときは，ひらがな入力のみが許された。呈示されたひらがな単語の数だけ回答したときか，思い出すことができなくなり「スキップ」のボタンを押したときに，次の試行にうつることができた。

本試行では，1 試行につき 10 個のひらがな単語が呈示された。本試行では，練習試行と同じ方法で 10 個のひらがな単語が個別に呈示された。ただし，ひらがな単語の流暢度の操作は各試行で操作された。また本試行の妨害課題では，1 試行で “e”，2 試行目で “a”，3 試行目で “f”，4 試行目で “t”からはじまる英単語の回答を求めた。ひらがな単語の回答では 10 個のひらがなが回答された場合か，「スキップ」ボタンが押された場合に，次の試行に移った。

単語記憶課題終了後，参加者は，それぞれの流暢度条件の読みやすさと覚えやすさの評定を求められた。画面上に無操作条件の「あとずさり」の刺激が呈示され，参加者が普段目にする文字に比べてどれくらい読みやすいかを 7 件法（1: 読みづらい, 4: 変わらない，7: 読みやすい）で回答した。続いて同じ流暢度の同じ刺激が呈示され，参加者が普段目にする文字に比べてどれくらい覚えやすいかを 7 件法（1: 覚えづらい, 4: 変わらない，7: 覚えやすい）で回答した。参加者は，読みやすさと覚えやすさの質問に，無操作，ぼかし弱，ぼかし中，ぼかし強の順に回答した。全条件の評定を終えた後，3 分間の休憩をとった。

OST は，計算フェーズ，記銘フェーズ，再生フェーズで構成された。計算フェーズでは，参加者は，呈示された計算式（“5 + 1 + 3 = 9?”）が正解か不正解か 3 秒以内にマウスクリックで判断した。正解の場合は左クリック，不正解の場合は右クリックを押した。3 秒経過すると「タイムオーバー」の文字が呈示された。クリックで反応した場合か制限時間経過した場合，記銘フェーズにうつった。記銘フェーズではアルファベット 1 文字が呈示 (800 ms) され，参加者は，アルファベットを記憶した。ランダムに決められたスパン数（3–7 系列）だけ，計算フェーズと記銘フェーズを繰り返した。その後，再生フェーズにうつった。再生フェーズでは回答画面が表示され，参加者は，呈示されたアルファベットの順に回答画面のボタンを押して，回答した。記銘フェーズを 2 回繰り返して再生フェーズにうつる練習試行を 2 試行，計算フェーズ単独の練習試行を 2 試行，スパン数が 2 の OST の練習試行を 2 試行，15 試行の本試行で構成された。

OST 終了後，画面に参加者個別のユーザーID が呈示された。参加者は，実験実施者にユーザーID を報告して実験を終えた。

3. 結果

分析対象 実験に複数回参加したと見られる 2 名，OST の正再生率の平均より ±2*SD* の範囲におさまらなかった 3 名を除き，最終的に 50 名を分析対象とした。以後は，分析対象の参加者のみのデータを報告する。

WMC OST のスコアの算出は部分加点法を採用した。部分加点法では呈示されたアルファベットを正しい順番で再生できた場合，再生できた分の得点が加点される。井関 (2010) では 3 から 7 のスパン数を 3 回繰り返すため，部分加点法の最大得点は，スパン数の合計値に 3 を掛けた結果と同じ 75 となる。本研究では，手続きの問題で参加者によってスパン数の合計値が異なるため，最大得点も参加者によって異なる。そこで部分加点法による各参加者の正再生数の合計数から各参加者の OST のスパン数の合計数を割ることで，正再生率を算出した。各参加者の OST のスパン数の合計値は最小 63，最大 93（$M = 76.1, SD = 7.4$），各参加者の正再生数の合計値は最小 14，最大 76（$M = 48.7, SD = 13.3$），各参加者の正再生率は最小 0.19，最大 0.94（$M = 0.64, SD = 0.18$）であった。続いて，各参加者の正再生率の中央値（$Me = 0.65$）より大きい WMC 大群 ($n = 24$) と中央値以下の WMC 小群 ($n = 26$) に分けた。WMC 大群の方が，WMC 小群よりも正再生率が高いことを確認した，$t(48) = -9.7, p < .0001$。

単語記憶課題 WMC の大きさが非流暢性効果に与える影響を調べるための分析を実施した。図 2 に各条件における単語記憶課題の成績を示した。WMC の大小と文字のぼかしを独立変数，単語記憶課題の再生率を従属変数とする 2 要因混合計画の分散分析を実施した。分析の結果，WMC，ぼかしの主効果，および両者の交互作用は有意でなかった，$F(1, 48) = 2.78, p = .102$; $F(3, 144) = 0.73, p = .536$; $F(3, 144) = 0.38, p = .771$。

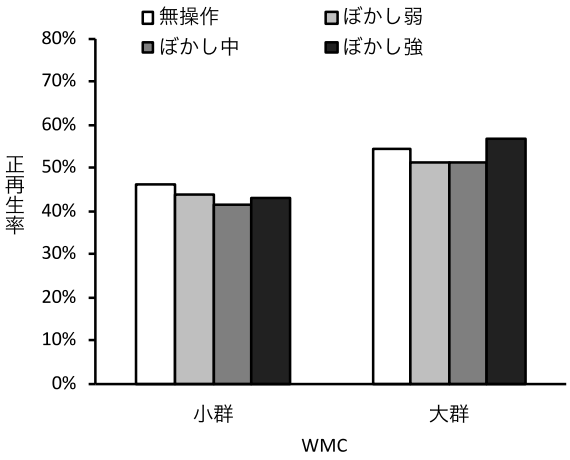


図 2　単語記憶課題の成績。

文字の読みやすさと覚えやすさ　本研究におけるぼかしの操作が主観的な文字の読みやすさと覚えやすさに与える影響を検討するための分析を実施した。文字のぼかしを独立変数，読みやすさの評定値を従属変数とする 1 要因参加者内計画の分散分析を実施した。その結果, ぼかしの主効果が有意だった, $F(3, 147) = 248.27$, $p < .0001$。Ryan 法による多重比較の結果，すべての条件で有意差がみられ, ps $< .0001$，無操作条件，ぼかし弱条件, ぼかし中条件, ぼかし強条件の順に読みやすさの評定値が高かった。続いて, 文字のぼかしを独立変数, 覚えやすさ評定値を従属変数とする 1 要因参加者内計画の分散分析を実施した。その結果, ぼかしの主効果が有意だった, $F(3, 147) = 87.36$, $p < .0001$。Ryan 法による多重比較の結果，すべての条件で有意差がみられ, ps $< .001$，無操作条件，ぼかし弱条件，ぼかし中条件，ぼかし強条件の順に覚えやすさの評定値が高かった。

4.　考察

本研究の第一の目的は，呈示される文字の流暢度を段階的に操作し, WMC と非流暢性効果の発現の関係を検討することであった。第二の目的は，宮川・服部 (2017) で観察された非流暢性効果が対比効果仮説によるものか検討することであった。まず文字のぼかしによる流暢度の評定の結果，主観的な文字の読みやすさと覚えやすさが，無操作, ぼかし弱, ぼかし中, ぼかし強の順になることを確認した。続いて，WMC の個人差による非流暢性効果がどのように変わるか調べたところ，すべての条件で非流暢性効果は観察されなかった。流暢度の段階的な操作によって再生率が変わることがなかったことから，本研究では WMC によって「望ましい困難さ」が異なるという仮説は支持されなかった。同時に，呈示された文字を処理しづらいと評価しているにも関わらず，非流暢性効果が観察されなかった本研究の結果は，処理水準説を支持しなかった。

非流暢性効果が見られなかった理由として三つの可能性が考えられる。第一に, 単語記憶課題で観察される非流暢性効果が対比効果仮説によるという可能性である。宮川・服部 (2017) では，1 試行内で呈示される一つの単語リストに，流暢な文字と非流暢な文字を混合して呈示した。対比効果仮説によれば, 1 試行内で呈示される単語リストの文字がすべて同じ流暢度の場合, 非流暢性効果が発生しにくいことになる。本研究でこの可能性を検討したところ，対比効果仮説が支持された。また宮川・服部 (2017) は，WMC 小のグループで非流暢性効果を観察した理由として, WMC が不十分な場合は抑制機能が弱いために，文字の主要情報に集中して，文字の周辺情報（色・形，大きさなど）を切り捨てることができず, その結果, 非流暢な文字の再生率が高くなったとしている。この解釈は, 対比効果仮説でも当てはまる。本研究では, 一つの単語リストで流暢な文字と非流暢な文字を混合せず呈示した場合にはその効果が現れないことを示した。

第二の可能性としては，学習内容によって効果が変わるといったことがあるかもしれない。たとえば，Diemand-Yauman et al. (2011) の非流暢性効果を観察した実験では，架空の生物の特徴を短い文でいくつか呈示された。それを効率良く覚えるには文字そのものにとらわれず，視覚イメージに変換（身長 90cm，緑色の目, 緑色の葉を食べるといった文字から, そのような生物の姿を想像）することが一つの方略となる。そこで非流暢な文字は, 文字としての認識を低減させ, 文字を何度も読み返して文字を覚えようとすることを抑制し，架空生物のイメージを促進させることが，記憶成績を向上させたため，非流暢性効果が見られたのではないだろうか。本研究と Diemand-Yauman et al. (2011) の参加者に課した学習内容が異なるように，非流暢性効果についてのこれまでの研究では，学習内容について統一されていない。学習内容によって非流暢性効果が変わるのかどうか検討する必要があるだろう。

第三に，非流暢な文字によって覚えることに対して努力的になったが，記憶の促進効果が見られなかったという可能性である。非流暢な文字は，たとえば，判読

するのに時間がかかる。学習に不利な分それを補填するため，努力的になり，その結果，流暢な文字との記憶成績の差がなくなっているのではないか。(隠れた非流暢性効果)。

非流暢性効果がどのようなときに観察されるのか明らかにするための今後の課題として，単語記憶だけでなく文章内容の理解について検討する必要があるかもしれない。本研究では，呈示した単語の記銘と再生を参加者に求める記憶課題を実施した。しかし，現実場面では単語の個別の記憶だけでなく，文章を読んで概要を把握する学習もある。先述のように，文章理解を求める課題の場合，課題を行う主体は非流暢な文字を読むことによって文字そのものを覚えようとせず，イメージ形成を促進させるのかもしれない。非流暢な文字を見たときの学習の方向性の違いが，非流暢性効果の頑健性と関係しているのかもしれない。

文献

Bjork, R. A. (1994). Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metclfe & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 185–205). Cambridge, MA: MIT Press.

Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *11*, 671–684.

Diemand-Yauman, C., Oppenheimer, D. M., & Vaughan, E. B. (2011). Fortune favors the bold (and the italicized): Effects of disfluency on educational outcomes. *Cognition*, *118*, 111–115.

井関 龍太 (2010). 演算スパンテスター. <http://riseki.php.xdomain.jp/index.php?演算スパンテスター> (2020 年 3 月 25 日アクセス)

Lehmann, J., Goussios, C., & Seufert, T. (2016). Working memory capacity and disfluency effect: An aptitude-treatment-interaction study. *Metacognition and Learning*, *11*, 89–105.

宮川 法子・服部 雅史 (2017). 文字の流暢性が単語記憶課題に与える影響：ワーキングメモリの観点から 認知科学, *24*, 450–456.

Seufert, T., Wagner, F., & Westphal, J. (2017). The effects of different levels of disfluency on learning outcomes and cognitive load. *Instructional Science*, *45*, 221–238.

Strukelj, A., Scheiter, K., Nyström, M., & Holmqvist, K. (2016). Exploring the lack of a disfluency effect: Evidence from eye movements. *Metacognition and Learning*, *11*, 71–88.

アクティブ・ラーニング型授業における教授・学習の対話的展開過程の検討
An Analysis of the Interactive Development Process of Teaching and Learning in an Active Learning Class

菅井 篤
Atsushi Sugai

開智望小学校
Kaichi Nozomi Primary School
ats-sugai@kaichinozomi.ed.jp

概要

本研究では，小学校の算数の授業における，アクティブ・ラーニングとして導入されたグループ活動での児童の対話を対象とした．学校文脈での学びを日常経験文脈に照らしながら児童がどのように思考を広げ，深めていくのかという対話的展開過程を明らかにすることを目的とし，実証的に検討した．それらの結果から，学校と日常の非対称性が，対話という相互行為の文脈で，いかにして児童に捉えられ，教授・学習が実現されているのかが明らかになった．

キーワード：アクティブ・ラーニング， 対話的な学び，学校教育

1. 問題

1.1 研究の背景

平成 28 年 12 月，中央教育審議会答申（文部科学省，2016）は「主体的・対話的で深い学び」の実現のためのアクティブ・ラーニングを授業改善の視点として，その位置づけを明確にした．そこでは，他者との「協働」と「対話」，先哲の「考え方」を手掛かりに，児童・生徒が思考や考えを広げ，深めようとする視点から「対話的な学び」の実現について議論された．思考を広げ，深めるためには，多様な表現をすること，そしてそれを通じて，知識・技能・概念を定着させることが重要であるという．そのことによって，物事を多面的に捉えられるようになり，そのための「対話」が授業改善において意味を成すと主張された．

このように，思考の広がりや深まりとしての「対話的な学び」の実現が学校では目指されている．さらにそうした児童・生徒の学校内外の社会的活動の促進が学校教育の目標のひとつでもある（文部科学省，2013）．こうしたことを背景として，学校文脈で教授された知識・技能・概念について，児童・生徒が思考を広げ，日常経験文脈と関連づけることで学校での学びを深め，応用し活用していくものとして捉えられるべきであるという前提が，学校教育にあることがわかる．その前提を学校教育に当てはめるならば，学校文脈での児童・生徒の学びと，日常経験文脈での実践とが乖離して捉えられてしまうことは望ましくない．

1.2 学校の学習と日常の実践との関連

これらについて，教室で教授される知識・技能・概念が学校文脈のみに活用される知識・技能・概念となり，自らの日常の実践へと児童が関連づけ転移させていくことができない学校教育特有の問題が指摘されている（例えば，有元，1989，1995；上野，1990；菅井，2019）．

これらの問題について，有元（1989, 1995）と上野（1990）は小学校の算数における児童の問題解決過程を観察し，初等教育における特徴的な学習の課題を報告している．算数において，教室で単純な計算式を解くだけの問題ならば，必要な計算をし，計算式の答えを求めればよい．しかし，日常の実践への関連づけを視野に入れて学習をするのであれば，求めた答えを修正したり単位をつけたりして解答していくことが必要となる．つまり，学校での学習では，日常では元々どのようなことが求められていたのかを考慮し，教室文脈で得られた答えを自らの日常の実践に照らしながら，計算結果を関連づけて理解することが児童に要求される（Silver， 1992）．有元（1989，1995）と上野（1990）は，その関連づけに着眼し，非日常的な問題の解決を小学校の算数の授業で，課題問題として児童に課した．具体的には，ペーパーテスト問題に非日常的な数値を問題文に埋め込み，不自然な文章問題を，児童に試験問題として個別で解かせた．すると，児童は単に数字だけを計算し，日常では考えられないような数値を正答として導き，問題が非日常的であると指摘することができなかった．

有元（1989，1995）と上野（1990）の調査を参考に菅井（2019）は，アクティブ・ラーニングとしてのグループ活動で児童同士に対話をさせながら，不自然な文章問題を解かることを試みた．すると，グループ活動で問題解決を図った多くの児童の方が，個別で問題解決を図っ

た児童よりも，問題が非日常的であると指摘することができ，学校での学習内容を日常の実践へ容易に繋げられたという結果が示された．これらの結果から，アクティブ・ラーニングの視点からの「対話的な学び」の実現が目指された事例として，学校での学びを日常の実践に照らしながら児童が思考を広げ，深めていくための授業実践が提案された．菅井（2019）は，児童が対話活動に参加することができる授業中の学習者の協調性と関係性が，学習内容を日常の実践へ関連づける活動の基盤になると主張する．

しかし，これらの結果は「対話活動に参加することができた多くの児童が学校の学習内容を日常の実践へ繋げることができた」という定量的な結果を示したにすぎず，日常の実践へ関連づけていった児童の教授・学習の展開過程は十分に追究されなかった．このように，先行研究ではどのように児童が対話し知識・技能・概念が教授され，学校の学習内容を日常の実践へと関連づけていったかという対話的展開過程が明らかになっていない．

1.3 研究の目的

本研究では，アクティブ・ラーニング型授業における教授・学習の対話的展開過程について検討する．このように，先行研究を参考に議論を広げ深めていくことは，学習理論と教育実践を往還することで両者を洗練させていくことと同義になると考えられる．したがって，児童の教授・学習の対話的展開過程を明らかにし，質的に検討することは，教師のためのよりよい授業デザインの教育的視座が得られ，あわせて児童が「主体的・対話的で深い」新たな学びを創造するための一助になると判断される．

2. 方法

2.1.1 調査対象者

対象は首都圏内の私立小学校3年生26名（1学級）から無作為に選ばれた5名（男子3名・女子2名）の1グループであった．対象校は，菅井（2019）の提案する児童同士の対話活動を取り入れたグループ活動によるアクティブ・ラーニングを授業に導入しており，対象者が所属する学級においても，このアクティブ・ラーニングが積極的に実践されていることが事前に確認された．

2.1.2 実施時期

2020年7月．

2.1.3 調査実施の依頼手続き

調査の実施にあたっては，対象者が所属する学校に実施を依頼し，許可された．その際，調査データが学術研究以外の目的で使用されることはなく，対象者の私的情報は保護される点が説明され了承された．

2.1.4 課題問題の作成

学校での学習と日常の実践との児童の関連づけを測るための課題問題として，かけ算の文章問題10問を採用した．これらかけ算の文章問題は，先行研究（有元，1989，1995；上野，1990；菅井，2019）を参考に，小学校教諭2名（学級担任と筆者）で検討されたものである．10問のうち，4問は日常経験文脈への関連づけが可能な，いわゆる適正な文章問題であった．残りの6問のうち2問は「りんごが4こ，みかんが7こあります．かけると何こになりますか．」といった計算したとしても何の意味も持たないような問題，或いは計算の意味を持つ状況を探しにくい問題であった．2問は「体重6kgの小学生が8人います．全員で何キログラムになりますか．」といった現実ではありえない条件を持つ日常的な実践的感覚から外れた問題であり，2問は「5こ入りのガムを9こ買いました．全部で何円になりますか．」といった正答を導くための条件が文章題内に揃っていない問題であった．これら「無意味問題」「非現実的数値問題」「条件不備問題」の日常の実践への関連づけができないと判断される問題が，10問中6問を構成した．これらの文章問題10問は順序不同であり，文章問題10問のうち，問2・8が「無意味問題」であった．また，問4・10が「非現実的数値問題」であり，問5・7が「条件不備問題」であった．具体的な文章問題の内容は，以下に示す通りである．

問1　3まい入りのクッキーを2ふくろ買いました．全部で何まいありますか．
問2　りんごが4こ，みかんが7こあります．かけると何こになりますか．
問3　1まい10円のがようしを6まい買いました．全部でいくらになりますか．
問4　体重6kgの小学生が8人います．全員で何kgになりますか．
問5　たろうくんは2時間で7km歩けます．家から学校までは何kmありますか．
問6　りんごが8こあります．4人にわけると，1人何こになりますか．
問7　5こ入りのガムを9こ買いました．全部で何円になりますか．
問8　よしこさんのへやには，まどは2つ，お姉さんの

へやには，まどが 4 つあります．かけるといくつでしょう．

問 9　ボタンが 28 こあります．7 つボタンの服，何ちゃく分ですか．

問 10　しん長 6m の小学生が 13 人います．全員で何 m になるか，もとめなさい．

検討においては，対象校における算数の教科指導内容と照らし合わせ，文章問題を解くための計算は既学習内容であり，対象者である児童全員が解答可能であると学級担任と筆者の小学校教諭 2 名に判断された．また所定の時間内での活動を検討することを目的として，解答の制限時間を設けた．文章問題の数と内容から検討し，15 分で解答を打ち切ることにした．

2.1.5　調査手続き

対象校の授業時間割における算数の授業時間に調査を実施した．給食や清掃などの活動を日常的に共にする 5 名，或いは 6 名の班ごとに，対話をしながらグループ活動で課題問題の解決を図るよう学級担任が教示し，調査が実施された．グループ活動は，児童同士が班ごとに机を向かい合わせる配置で，着席しながら課題問題へ取り組む学習形態であった．

グループ活動で課題問題の解決を図るよう学級担任が教示した場面から，グループ活動を終えるまでの時間をビデオカメラ 1 台で撮影し，フィールドノートによる記録を行った．

学級担任が教示している場面では，教室後方から学級全体を撮影し，その後のグループ活動の撮影の際は，活動の単位となる班活動に焦点を当て，ビデオカメラを移動し，対象となった班の机のそばで児童らを撮影した．撮影の対象となったのは無作為に選ばれた児童 5 名の班であり，男子 3 名と女子 2 名のグループであった．撮影は計 19 分 31 秒行われた．

2.2　分析手続き

分析には，フィールドノートと映像記録により得られたデータを使用した．ビデオカメラに録音された音声から，聞こえる限りの児童と学級担任の発話について書き起こしを作成した．そして，得られた興味深い場面を断片として抽出した．

3.　結果

学習内容を日常の実践への関連づけていく行為が達成される過程について，3 つの事例の分析を通して検討する．3 つの事例には共通点があった．

第一に，意図された発話の受け手が誰であるかを受け手が把握する，明示的な呼称などの手がかりが発話内に含まれていなかった．この場合，グループ内の児童の全てが受け手の候補となり得る．さらに，発話者が，自身の疑問的発話に自分自身で回答していくという可能性をも含む．したがって，発話の受け手が他者であるとも限られない．第二に「答え合わせをしよう.」「いいよ.」など，対話が，学習内容の日常への関連づけに広がらなかった場合，1 つの対話の単純な終結と捉えられる場面が相対的に多く見られた．この場合，話題が次々に移り変わり，課題問題の解決が流動的に図られていった．関連づけの必要のない単純な内容，つまり発話そのものの内容が，指示を出したり，確認をし合ったりするような，もともと日常的な行動が意図されている場合，発話を意図した目的の達成が多くなされた．

3.1　日常への関連づけが達成される前の対話

断片 1 は，非現実的数値が埋め込まれた問 4 と，正答を導くための条件が文章題内に揃っていない問 5 に対する児童の対話場面である．この断片では児童 D が日常への関連づけについて興味深い発話をしていた．ここでは児童 D の発話に特に着眼する．

撮影開始後 5 分 32 秒，問 4 について，児童 D が「これ，合っているのかな？」と発話するも，児童 A が「ろくは，でしょ.」と九九の計算の仕方の回答をした．問 4 について単純な計算の仕方を確認する対話の終結は訪れず，その後も児童 D の問 4 への疑問的発話は続いた．そのため，児童 D の発話の意図は，計算の仕方を確認することではないと判断される．

そして，児童 C は問 4 を解き終え，5 分 40 秒に問 5 について「2 時間で」と発話した．その後に児童 D は問 4 に関連して 5 分 55 秒，「俺，体重何キロだっけ？」と自身の体重と比較する発話をするも，引き続き他者から明確な回答は得られなかった．6 分 5 秒，児童 B が「やっぱり考えてもわからない」の児童 D と同様の発話の直後に，児童 D が「僕も.」と答えたことで児童 D の問 4 に対する発話が現れなくなった．児童 D の発話に，児童 A から九九の計算の仕方を回答したものの，その時は，児童 D は計算ができるかどうかよりも，児童 D 自身の体重と関連づけることを試みようとしていたと捉えることができる．しかし，児童 D の 6 分 5 秒の「やっぱり考えてもわからない.」という発話に対し，直後に児童 B による「僕も.」という共感的発話がなされたことによって，問題文中の「体重 6 キログラム」を日常に関連づけていく

断片１　問４・問５に対する発話

時間	発話者	発話
5:10	児童Ａ	えっと，6 と 10 だから 60 円．よし．
5:20	児童Ａ	体重 6 キロの小学生が
5:21	児童Ｂ	ええー？
5:24	児童Ｃ	6 が違うのか？
5:32	児童Ｄ	これ，合っているのかな？
5:36	児童Ａ	ろくは，でしょ．
5:39	児童Ｄ	6 キログラム？
5:40	児童Ｄ	え？わからない．
5:40	児童Ｃ	2 時間で
5:51	児童Ｃ	2 時間で 7 キロメートル
5:54	児童Ｄ	わからないな．
5:55	児童Ｄ	俺，体重何キロだっけ？
5:55	児童Ａ	(児童 C の名)，2 時間で 7 キロだって．
6:01	児童Ｃ	え？
6:05	児童Ｂ	やっぱり考えてもわからない．
6:06	児童Ｄ	僕も．
6:06	児童Ｃ	俺，歩いて考えてみたい．
6:08	児童Ａ	2 時間で―，7 キロと．2 時間で．
6:12	児童Ａ	もし歩いてみたら．
6:14	児童Ｅ	4 キロは歩いたことある．
6:15	児童Ｃ	図にかいてみる．
6:16	児童Ｃ	はい，できた．14 キロだよ．
6:17	児童Ａ	うん．
6:17	児童Ｄ	おう，そうか．
6:18	児童Ｂ	学校まで？学校まで？
6:18	児童Ｃ	うーん，合っているのか．
6:25	児童Ｃ	うーん．
6:25	児童Ｂ	うーん．

思考が，一旦止まってしまったことがわかる．その後の児童Ｄの発話は 6 分 17 秒に見られた問 5 に対する発話の回答であり，このときの児童Ｄの問 4 に対する捉えは「やっぱり考えてもわからない」という発話をした状態と同じ状態が継続されているものだと考えられる．言いかえると，計算のやり方がわかっているにも関わらず，日常への関連づけができないことで，計算結果が正答として導けなかったといえよう．

3.2　日常への関連づけが達成された対話

断片 2 は，課題問題を一通り解き終わったところで，答え合わせに移るときの対話場面である．この断片でも同様に児童Ｄの発話に特に着眼する．

8 分 40 秒の児童Ｄの「ええ，やっぱりおかしいよ．」からわかるように，児童Ｄは何らかの疑問を抱えている

断片２　答え合わせに対する発話

時間	発話者	発話
8:30	児童Ｃ	じゃあ，答え合わせしよう．
8:32	児童Ｄ	いいよ．
8:32	児童Ａ	待ってよ待ってよ．
8:37	児童Ｃ	後で，やってあげるよ．
8:40	児童Ｄ	ええ，やっぱりおかしいよ．
8:42	―複数児童が答えを読み上げ，聞き取り不可―	
8:48	児童Ｃ	全部，同じだった．
8:50	児童Ｅ	いいかな，これ．
8:53	児童Ｃ	えっと，6．
8:55	児童Ｄ	6 は合っているね．
9:04	児童Ｃ	あれ？9 番が 4 かな．
9:05	児童Ｅ	そうだ．
9:05	児童Ａ	あとは，何だこれ？
9:09	児童Ｃ	これ，48 になるんだけど，いいの？
9:13	児童Ｃ	やっぱり絶対合っていないよ．
9:16	児童Ｂ	いいんだよ，僕，計算したよ．
9:17	児童Ｄ	俺も．でも，体重 6 キロって．
9:21	児童Ｄ	6.キロだよ．6 キロ．
9:24	児童Ｃ	体重 6 キロってどういうこと？
9:26	児童Ａ	へへへへへ．
9:28	児童Ｅ	違うんだよ，やっぱりこれ．
9:31	児童Ｄ	身長 6 メートルってどういうことだ？
9:35	児童Ｄ	なかなかすごいぞ．
9:38	児童Ｂ	体重，何倍？
9:40	児童Ａ	4 倍．体重が．
9:46	児童Ｃ	これ，おかしいの？
9:55	児童Ｄ	僕が 28 キロだから．
10:01	児童Ａ	できないじゃん．いないじゃん．
10:04	児童Ｃ	じゃあ，どうするの？
10:06	児童Ｄ	7 番も 5 番も全然わからない．
10:10	児童Ａ	ええ？
10:12	児童Ｃ	だめだよね，これね．
10:18	児童Ｃ	うち，30 キロ超えたぐらい．
10:21	児童Ｂ	6 キロ．
10:22	児童Ｃ	6 キロか．
10:32	児童Ｂ	体重がちょっと．
10:34	児童Ｃ	軽すぎる．軽すぎる．
10:37	児童Ａ	6 キロって．
10:42	児童Ｂ	赤ちゃん？
10:45	児童Ｄ	赤ちゃんよりも重いよ．
10:50	児童Ｃ	俺，赤ちゃん持ったことない．
10:50	児童Ｅ	え？何？
10:56	児童Ｄ	俺，赤ちゃん持ったとき，重かったよ．

ことが予想される．9分9秒，児童Cの問4について「これ，48になるんだけど，いいの？」の発話に，児童Bが「いいんだよ，僕，計算したよ.」と単純に計算ができたかどうかを回答した．それに対し，児童Dからは「6キロだよ．6キロ.」「体重6キロってどういうこと？」の発話が確認され，児童Dが抱える疑問が問4の「体重6キロ」に対するものであったと，ここで捉えることができる．その後，児童Aが「体重6キロ」の非日常的な数値としての可笑しさに「へへへへへ.」と笑い声を上げた．この対話を筆頭に，この断片では，以降，自身の体重と比べたり，赤ちゃんを抱きあげた経験を話し合ったりし，計算ができるかどうかよりも，日常として成立した現実的な文脈かどうかが話し合われることとなった．その結果，問題文には登場しなかった「赤ちゃんの重さ」についての「抱えたときにどのくらいの重さか」や「小学生との比較」などの議論が展開され，新たな疑問が現出した．

3.3　関連づけ達成後の適正な文章問題への対話

断片3は，日常への関連づけが達成された後の，いわゆる適正な文章問題である問3について対話した場面である．16分25秒に児童Cの「いや，3番も違うっぽい.」から，児童Cが問3について何らかの疑問を抱いたことがわかる．16分30秒に児童Bが，児童Aに付け足すように「1枚10円って安くね？」と，児童Aの「3番も違う」という問いについて，さらなる意味づけが行われようとした．しかし，16分35秒，児童Dの「だいたい100円ショップで10枚くらい入っているよ.」の自身の経験伝えることを意図した発話によって，児童Cは「確かに」と納得した．これは，「3番も違う」という児童Aの問いに新たな意味づけがなされたと判断される．

断片3　問3に対する発話の断片

時間	発話者	発話
16:25	児童C	いや，3番も違うっぽい.
16:30	児童B	1枚10円って安くね？
16:32	児童D	いや，そんなもん.
16:35	児童D	だいたい100円ショップで10枚くらい入っているよ.
16:39	児童C	確かに.
16:40	児童D	でしょ.
16:44	児童A	100円ショップでそれくらいだよね.

4.　考察

本研究では，小学校3年生の算数の授業でのアクティブ・ラーニングとしてのグループ活動における対話の映像をデータとして用い，そこでの教授・学習の対話的展開過程を検討した．学校での学習を，日常の実践に繋げていくことは学校教育の重要な目標であるから，日常を想定して教授し，学習していくことが学校では必要なスキルである．本研究では特に，「対話的な学び」を目指したアクティブ・ラーニング型授業において，非日常的な問題の解決を図ることで，学校での学習を日常へ関連づけていく対話的展開過程に注目した．

対話とは社会的な行為のひとつである．特にグループ活動のように他者と交流していく活動で教授・学習が成立することをねらうのであれば，児童は，他者に繋がれているものとして，知識や経験を語り合い，同時に自己と関わり合う必要がある．対話研究においては，こうした他者に開かれた対話によって，関わり合いにさらなる広がりが観察されることが明らかにされている（Gergen, K. J. & Gergen, M.，2004）．

断片1と断片2における児童Dの一通りの発話では，計算の仕方がわかっているにもかかわらず不自然な文脈を日常に関連づけることができなかったところから，グループ活動内での対話を経て，日常への関連づけが達成されるまでの思考や考えの広がりが観察された．断片3においては，思考や考えが拡張してゆき，不自然でない文章問題でも，日常へ関連づけていくプロセスが観察された．これらの観察から得られる洞察のひとつは，自らの日常の実践へと児童が関連づけ転移させていくことができない学校教育特有の問題（有元，1989，1995；上野，1990；菅井，2019）によって制約される学校的環境が，日常の実践へと対話的に越境され，学校の学習と日常の実践の非対称性に対する見方が，児童らによって転換され，新たな文化的な捉えなおしが行われたということである．

対話をプロセスとして捉えるならば，対話という道具（tool）によって，学びという結果（result）がもたらされる一方向的な見方（tool-for-result）もできるであろう（Newman & Holzman，1993）．しかし，対話と学びは学校文脈を総体するそれぞれひとつの構成要素である．対話と学びは同じ学習環境において分離されるものではないが，同じものでもひとつのものでもない．本研究において，学校での学習と日常の実践の間に生まれる非対称性が児童らによって議論された．そこでは，議論を通して意味づけが児童らに躍動的になされ，豊かな対話が成

立すると同時に，自身の経験と照らし合わせ関連づけていくことで学習そのものが集合的に達成されていた．Newman & Holzman（1993）は，このような道具と結果の持続的な同時産出を，プロセスとしての活動として捉え，「道具と結果の方法論（tool-and-result methodology）」と呼んだ．この方法論を，本研究におけるアクティブ・ラーニング型授業に当てはめると，対話的展開過程において「対話的な学び」の「対話」と「学び」が道具と結果として同時に達成されていたと捉えられよう．「対話的な学び」は対話によって生起する学びという一方向的な学習ではなく，「対話としての学び」であると同時に「学びとしての対話」である持続的な活動としての弁証法であると結論される．

文献

[1] 有元典文，（1989）“文化的状況としての学校が小学生の算数能力に及ぼす影響”，横浜国立大学修士論文.

[2] 有元典文，（1995）“状況的認知における授業構成”，吉田甫・多鹿秀継（編著）『認知心理学からみた数の世界』，北大路書房.

[3] Gergen, K. J., & Gergen, M., (2004) “Social Construction: Entering the Dialogue”, Taos Institute publications.

[4] 文部科学省, (2013) “教育振興基本計画” https://www.mext.go.jp/a_menu/keikaku/detail/__icsFiles/afieldfile/2013/06/14/1336379_02_1.pdf（2020 年 7 月閲覧）

[5] 文部科学省, (2016) “幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）” https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/__icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf（2020 年 7 月閲覧）

[6] Newman, F., & Holzman, L., (1993) “Lev Vygotsly: Revolutionary scientist”, Routledge

[7] Silver, E. A., (1992)“. Referential mappings and the solution of division story problems involving remainders”, Focus on Learning Problems in Mathematics,, Vol. 14, No. 13, pp. 29-39.

[8] 菅井　篤，（2019）“学校での学習を日常の実践に繋げるアクティブ・ラーニング －グループ活動が児童の認知的理解に及ぼす影響－”，横浜国立大学教育学会研究論集, Vol. 7, pp. 21-30.

[9] 上野直樹，（1990）“. 数学のメタファーと学校の言語ゲーム”，芳賀純・子安増生（編）メタファーの心理学, 誠信書房.

応援に伴う身体運動は映像作品の登場人物の魅力を高めるか
Does waving the glow stick increase an attractiveness for the characters in a movie?

三浦 慎司†, 川合 伸幸‡
Shinji Miura, Nobuyuki Kawai
†‡名古屋大学, ‡中部大学創発学術院
Nagoya University, Chubu University Academy of Emerging Sciences
†miura@cog.human.nagoya-u.ac.jp, ‡kawai@is.nagoya-u.ac.jp

概要

音楽コンサートや映画鑑賞において，アーティストや作品の登場人物に向けて発光する棒（ペンライト）を振ることがあるが，この身体運動は人物の評価を高めるのだろうか．本研究では、ペンライトを前に振る／ペンライトで肩を叩きながら競技アニメを視聴させた前後に登場人物の評価をさせたところ，前方に振ったほうが登場人物の魅力が高まることが示された．この結果は，前に振る運動が登場人物に対する接近動機づけを高めることが原因であると考えられた．

キーワード：応援上映（*Ouen-Jouei* [Cheering movie showing]），魅力（attractiveness），接近・回避動機づけ（approach-avoidance motivation），インタラクティブ・コンテンツ（interactive contents）

1. はじめに

近年，利用者・視聴者とコンテンツの間で双方向的な情報のやり取りが行われるインタラクティブ・コンテンツが多数作られている．それらは，VR や AR などのデジタル技術を利活用して，視聴者・利用者の全身の動きに応じてコンテンツの情報が変化する．特に，VR ゲームを中心に，プレイヤーの身体運動をキャラクターの運動に反映させたゲームは盛んに作られている．また，従来は鑑賞者に対して一方的に情報が与えられてきた，美術の分野においても，鑑賞者の振舞いに応じて作品内の情報を変化させるインタラクティブ・アートへの注目が高まっている．したがって，身体運動を伴ったコンテンツとのインタラクションは，ゲームの「楽しさ」や芸術作品の「美しさ」といった，コンテンツの魅力を高める可能性がある．

一方で，視聴者・観客からの入力に対してコンテンツからの応答が返ってこなくても，コンテンツから反応が返ってくることを前提とした振舞いをして楽しむ疑似的なインタラクティブ・コンテンツ（図 1）も存在する．たとえば，日本の音楽コンサートのライブやスポーツ観戦では，必ずしもアーティストからの応答が返ってきたり，スポーツ選手のパフォーマンスが変化したりするわけでもないが，発光する棒（ペンライト）や旗をアーティストや選手に向けて振って応援をしようとする．このような，ペンライトを振って応援する行為は，応援している人物からの応答がないことが自明である状況でも行われる．映画を鑑賞しながら声を出したりペンライトを振ったりすることができる応援上映はその代表的な例である．映画の物語や登場人物の反応が観客の振舞いによって左右されることはないにもかかわらず，観客は戦闘や競技シーンで登場人物が活躍したときやピンチのときにペンライトを振って応援をする．したがって，インタラクションの有無に関係なく，インタラクションがあるかのように仮定する行為をすることや自身の行為によってコンテンツ上で何らかの変化が生じたと感じることが，コンテンツの魅力を高めている可能性があることが推測される．

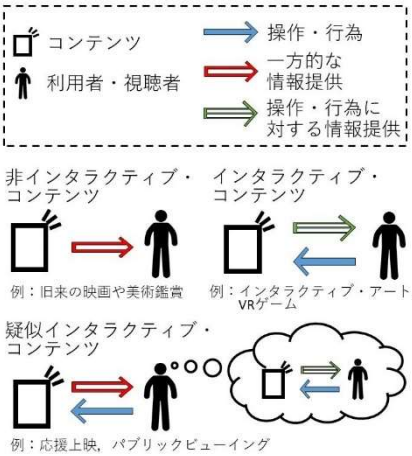


図 1 各コンテンツにおける情報のやり取り

ところが，従来の心理学や認知科学の研究からは，インタラクションが疑似的であってもなくても，身体運動を介したインタラクションによって，エンターテインメントの「楽しさ」や芸術作品の「美しさ」を高めることを示した実証的なデータはほとんどなく，また，その心的プロセスを十分に説明できる理論も存在しない．数少ない研究の一つとして，三浦・川合（2020）の研究が挙げられる［1］．三浦・川合（2020）は，博物

館で鑑賞することが一般的である日本刀をVR上で振ることができる仮想空間を作成し，日本刀を振ってブロックを斬ったあとに鑑賞させると，ブロックを壊したときよりも刀を好み，美しいと感じたが，ブロックを斬るのを観察したときと壊すのを観察したときにはこの差は生じないことを示した．しかし，インタラクティブ・コンテンツの魅力を高めるために身体運動の重要性を示した研究はそのほかに存在せず，仮に身体運動が重要であるとしてどのような心的メカニズムが関与しているのかについては十分に分かっておらず，それらを示す実証的な証拠が必要であると考えられる．

そこで，本研究では，疑似的なインタラクティブ・コンテンツである応援上映を題材にして，ペンライトを振ることで映像作品に登場する人物への評価が高まるのかどうか検討する．インタラクションがコンテンツの評価を高める理論的な根拠は十分に存在しないが，身体運動によってコンテンツの評価が高まるのかどうかという問題は，身体性認知 (embodied cognition) [2] の観点から検討できる．身体性認知とは，認知における身体状態や運動の重要性を示した枠組みのことを指す．好みや魅力など，様々な対象に向けられるポジティブな感情評価においても例外ではなく，特定の身体運動を行うことで単純な刺激に対する評価が高まることが示されている [3，4，5，6]．接近・回避動機づけは身体運動が刺激の好みや魅力を高める原因についての説明の一つであり，ペンライトを登場人物に向けて振る運動は，登場人物への魅力を高める可能性がある．接近・回避動機づけとは，何らかの対象に向かっていく，あるいは遠ざかろうとする衝動のことを指す [7]．接近運動はポジティブな対象 (報酬) に向けられて，回避運動はネガティブな対象 (罰) に向けられる．たとえば，ポジティブな単語を提示したときにはレバーを手前に引く (接近) 方が奥に押す (回避) よりも早く，ネガティブ単語を提示したときは反対になることが示されている [8]．対象を自身に近づけることを接近とし，自身から遠ざけることを回避とする場合がある一方で，自分自身が対象に近づくことを接近とし，対象から遠ざかることを回避となる場合がある．たとえば，ポジティブ単語を提示されたときには，画面に取り付けられたキーを押す (接近) 方が画面に取り付けられたキーから指を離す (回避) よりも反応が早く，ネガティブ単語では指を離す方が早くなることが知られている [9]．また，接近・回避運動は対象の持つ感情価の影響を受けるだけでなく，その逆に，接近・回避運動が刺激の評価に影響を及ぼすことが知られている．たとえば，腕を屈曲させたとき (接近) に見た無意味な文字刺激は伸長させたとき (回避) に見た刺激よりも好まれることが示されている [3，4]．

コンサートやスポーツ観戦では，観客は応援している人物に向けてペンライトを振る．したがって，ペンライトを振る動作は応援している人物に対して近づこうとする接近動機づけを高める運動である可能性があり，もしそうであれば人物に対するポジティブな印象を高めることに繋がる可能性がある．そこで，本研究では，映像作品を視聴している際にペンライトを登場人物がいる方向に向けて振ることで，作品内の登場人物の評価が高まるのかどうかを検討する．実験では，比較的シンプルな応援する状況を作るために，1vs1のスポーツの試合をするアニメを刺激として視聴させて，試合中どちらか一方の選手が活躍している際にペンライトを振らせた．画面の登場人物のいる方向に向けて前に振る動作を実験条件として，キャラクターのいない方向への運動であり前振りと似たような運動量である，肩を叩く動作を統制条件とした．もし試合で活躍している登場人物に向けてペンライトを振る動作をすることで登場人物の評価が高まるのであれば，参加者が前振り動作をしている際に活躍していた人物への評価は，肩叩き動作をしながら見ていた人物や活躍しているときに参加者がペンライトを振らなかった人物への評価よりも高くなることが予想される．

2. 方法

実験参加者　名古屋大学の大学生および大学院生 25名 (男性 15名，女性 10名，平均年齢 21.0歳，左利き 3名) が実験に参加した (大会当日までに 32名まで取得する予定である)．本実験で使用したアニメ「あしたのジョー」を視聴した経験があるのは 1名だけだった (テレビや SNS で切り抜きを見たことがある場合は含まない)．

測定指標　アニメの試合に登場する選手に対する好み・魅力度・強さの 3 項目の主観的な評価を Visual Analog Scale (VAS) (0〜100)で測定した．また，フィラー項目として誠実さ・知的・親しみやすさの 3 項目も同時に測定していた．

実験装置　映画館での鑑賞状況を再現するために，プロジェクター (Sony, VPL-EW276) と 80型のスクリーン (TAXAN, KG-S380W) を利用して動画を提示した．

画面解像度は，1920×1080 であった．また，スピーカーを通じて音声提示を行った．アニメを見ている際に手に持って振るためのペンライトを用意した．

刺激　刺激は、アニメ「あしたのジョー2」でボクシング選手が 1vs1 の試合をしているシーンから，音声込みで切り抜いた動画を 2 つ作成した．動画の解像度は 1920× 1080 pixels であり、動画全体の中でどちらの選手も約 1 分程度攻め続けているシーンが含まれるように作成した．ただし，どちらか一方の選手が一方的に強く見えるあるいは勝つことが予想できる演出は取り除いた．作成した 2 つの動画は試合をしているキャラクターが異なり，動画 1 ではキャラクターA と B の試合を，動画 2 ではキャラクターC と D の試合を使用した．各動画の再生時間は，動画 1 は 3 分 7 秒，動画 2 は 3 分 28 秒であった．各動画の全体の流れを図 2 に示す．

刺激の映像はプロジェクターを通じて，縦 102 cm，横 136 cm でスクリーンに投影した．プロジェクターはスクリーンの正面に配置したため，椅子の位置はスクリーンから右にずらして，スクリーンの中心から 300 cm の視距離で映像を視聴させた．映像を見ながらペンライトを振っているときの実験場面図を図 3 に示す．

手続き　参加者が実験室に入室し，実験の同意書の記入を終えたのちに実験手続きの説明を行った．実験は、アニメを視聴してペンライトを振るフェーズとアニメに登場するキャラクターを評価するフェーズに分かれていた。図 4 に実験の一連の流れを示す。動画を視聴するタイミングは 2 回、評価をするタイミングは 3 回あった。動画を見る前に 1 回目の評価を行った後、1 本目の動画を見て評価を行い、2 本目の動画を見て再び評価をさせた。動画を見る前にも評価をさせたのは、動画を見る前と後での評価の変化量を算出するためである。キャラクターへの評価は A4 の用紙に印刷された各キャラクターの顔写真を見ながら VAS を使って鉛筆で線を引いて回答させ、毎回 4 人全員に対して行った。なお、実験の目的は「アニメを見ながらペンライトを一定間隔で振り，振り方によってどのように動きのずれが生じるか測定する」と伝えられた．

参加者には、アニメ視聴時にペンライトを利き手で持って振るように要求した．ペンライトの振り方は，目の前の太鼓を叩くようにペンライトを前に振る動作もしくはペンライトを後ろに振って肩を叩く動作の 2 種類であった (図 5)．一人の参加者にどちらの動作も行わせるために動画は 2 つとも視聴させ，そのうちのどちらか一方を視聴しているときには前振り動作を，もう一方では肩叩き動作をさせた．ペンライトを振るタイミングおよび振る速度は，300 ms 間隔で点滅する円を動画上部に表示することによって調整した．円の点滅は、動画 1 の A あるいは B の攻撃シーン (動画 2 の C あるいは D) で表示され、参加者には円が消えたときにペンライトを振り上げて，円が表示されたときに叩く動作を繰り返した．なお、動画の提示順序およ

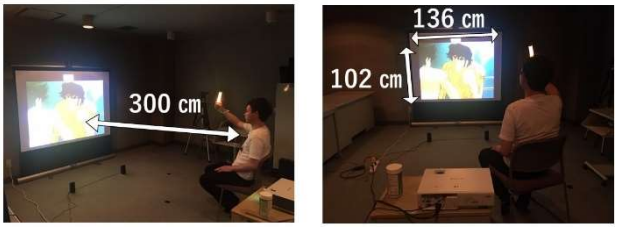


図 3 実験場面図

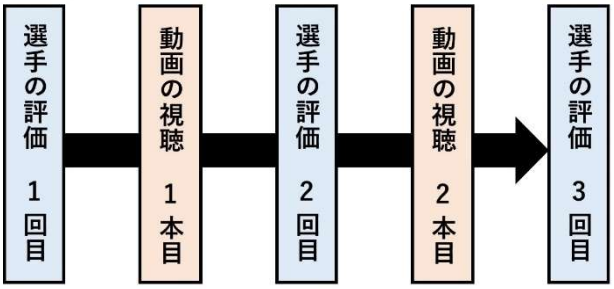


図 4 実験の一連の流れ

図 5 各条件におけるペンライトを振る動作

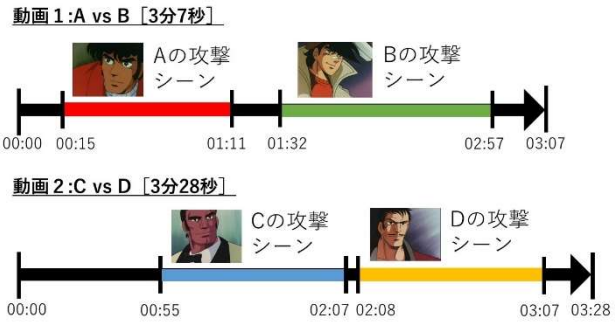


図 2　動画 1 ・ 2 の流れ

び前振りと肩たたきを行う順序、およびどのキャラクターの攻撃シーンで円の点滅が表示されるのかについては、参加者間でカウンターバランスをとっていた。したがって，本実験の系列は、誰の攻撃シーンで振るのかが 4 通り (動画 1—動画 2：A—C，A—D，B—C，B—D) と前振りと肩たたきの 2 つの動作を行う順序が 2 通り，動画の提示順序が 2 通りの計 16 通りあった．

また，実験終了後あるいは実験開始前に，対人的反応性尺度 (Interpersonal Reactivity Index: IRI)［10，11］の質問紙への回答をさせた．IRI は，自発的に他人の心理的観点を取ろうとする傾向を指す「視点取得（Perspective Taking: PT)」と，架空の人物の感情や行動に自身を投影して想像する傾向を指す「想像性 (Fantasy: FS)」，他者に対する同情や配慮など他者指向的な感情を指す「共感的配慮 (Empathic Concern: EC)」，他者の苦しむ場面における不安や不快などの自己指向的な感情を指す「個人的苦痛 (Personal Distress: PD)」の 4 因子 25 項目によって構成されていた．

分析方法　VAS を使って計 3 回取得した動画視聴前後の好み，魅力度，強さの主観的評価における変化量を算出するために、キャラクターごとに動画視聴後の評価から動画視聴前の評価の値を差し引いた。このとき、動画視聴前の評価は，動画を 2 つとも見る前の 1 回目のデータを利用した．動画視聴後の評価は，1 本目に視聴した動画で登場したキャラクターについては 2 回目のデータを、2 本目に視聴した動画で登場したキャラクターへの評価については 3 回目のデータを利用した．したがって，動画 1，2 の提示順序によってキャラクターごとに 2 回目の評価と 3 回目の評価のどちらを利用するのかは異なっていた．キャラクター4 名への評価の変化量のうち，参加者がペンライトを振っていた際に活躍をしていたキャラクターへの評価を「動作あり」条件の評価とし，ペンライトを振っていたときに活躍していなかったキャラクターは「動作なし」条件の評価とした．また，キャラクターが活躍しているときに参加者がペンライトを振っていたか否かは関係なく，前振り動作をするように要求されていた動画に登場していたキャラクターは全て「前振り」条件の評価として，肩叩き動作をするように要求されていた動画に登場していたキャラクターは全て「肩叩き」条件の評価とした．したがって，キャラクター4 名の評価の変化量は，前振り動作・動作あり，前振り動作・動作なし，肩たたき動作・動作あり，肩たたき動作・動作なしの 4 水準にそれぞれ割り当てられた．

3. 結果

好み，魅力度，強さの評価について，参加者ごとに評価の変化量の平均値について，動作の種類 (前振り動作・肩叩き動作)×動作の有無 (動作あり・動作なし) の 2 要因参加者内計画で分散分析を行った．また，前振り動作・動作ありと肩たたき動作・動作ありにおける各評価と IRI の各因子との間でピアソンの積率相関分析を行った．現時点までに 25 名のデータを取得しているが，カウンターバランスが 16 名で完全に取れて，24 名で動画の提示順序以外のバランスがとれているため，本抄録では，16 名時点，24 名時点でのデータを載せる (学会当日までに 32 名のデータを取得する予定である)．図 6 に 16 名，24 名のデータごとに各条件における好み，魅力度，強さの評価の平均値および標準誤差を示す．

まず，16 名時点の分析結果を示す．好みの評価においては，主効果・交互作用ともに有意でなかった［動作の種類の主効果 ($F(1, 15) = 1.62, p = .22$)，動作の有無の主効果 ($F(1, 15) = 1.11, p = .31$)，交互作用 ($F < 1$)］．魅力度の評価において，動作の有無の主効果が有意であったが ($F(1, 15) = 6.08, p < .05$)，動作の種類の主効果 ($F < 1$) および交互作用 ($F(1, 15) = 3.05, p = .10$) は有意でなかった．したがって，参加者が動作をしていたときに活躍していたキャラクターの方が，参加者が動作をしていなかったときに活躍していたキャラクターよりも魅力的であると評価されることが示された．一方で，強さの評価は主効果・交互作用ともに有意でなかった［動作の種類の主効果 ($F < 1$)，動作の有無の主効果 ($F(1, 15) = 1.82, p = .20$)，交互作用 ($F(1, 15) = 1.91, p = .19$)］．次に，前振り動作・動作作りと肩たたき動作・動作ありのデータについて，それぞれ IRI の各因子との間で相関分析を行ったが，いずれの因子とも相関は見られなかった．

次に 24 名時点でのデータを示す．好みの評価においては，主効果・交互作用ともに有意でなかった［動作の種類の主効果 ($F(1, 23) = 1.07, p = .31$)，動作の有無の主効果 ($F < 1$)，交互作用 ($F < 1$)］．魅力度の評価について分析したところ，動作の種類 ($F(1, 23) = 1.33, p = .26$) および動作の有無 ($F(1, 23) = 1.23, p = .28$) の主効果は有意でなかったが，動作の種類×動作の有無の交互作用が有意傾向であった ($F(1, 23) = 3.79, p = .06$)．交互作用について単純主効果検定を行ったところ，動作あり条件では，参加者が前振り動作をしているとき

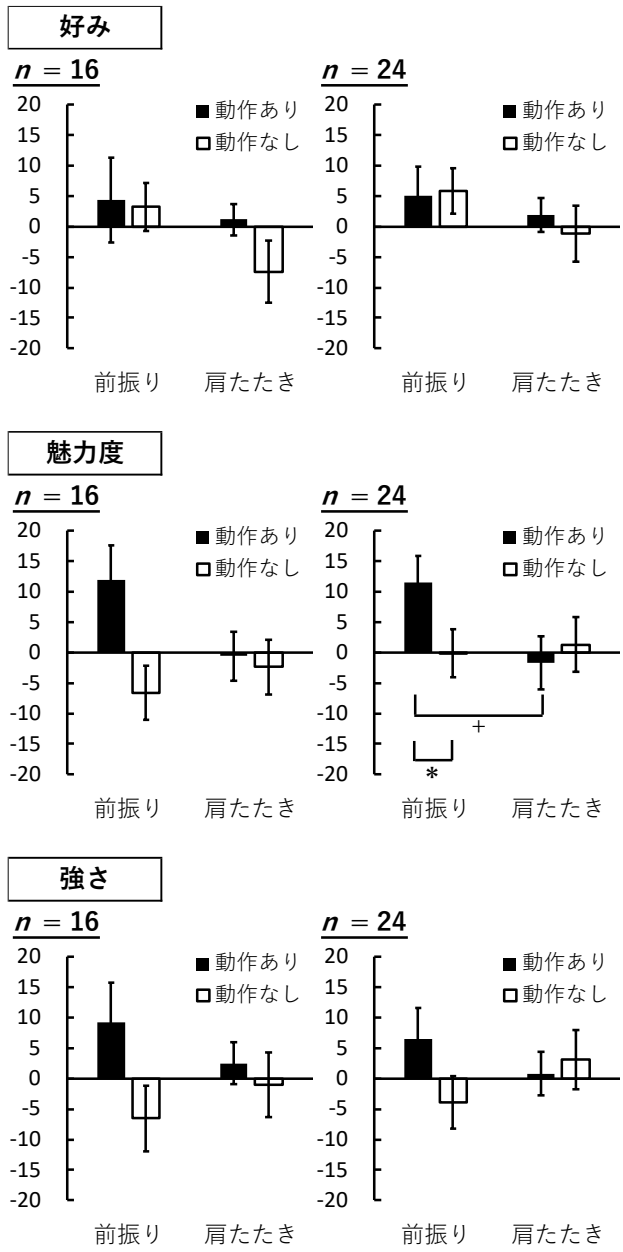


図 6　16 名，24 名ごとに算出した各条件における好み，魅力度，強さの評価の変化量の平均値 (エラーバーは標準誤差)

に活躍していたキャラクターは肩たたき動作をしているときに活躍していたキャラクターよりも魅力的であると評価される傾向があったが (p = .06)，動作なし条件では前振り動作と肩叩き動作の間の差は有意でなかった (p = .83)．また，参加者が前振り動作をしているときに活躍していたキャラクターの方が，前振り動作をするフェーズで参加者が動作をしていないときに活躍していたキャラクターよりも有意に魅力的であると評価されることが示されたが (p < .05)，肩たたき動作条件では動作の有無で評価の差はなかった (p = .59)．一方で，強さの評価は主効果・交互作用ともに有意でなかった［動作の種類の主効果 (F < 1)，動作の有無の主効果 (F(1, 23) = 1.82, p = .20)，交互作用 (F(1, 23) = 1.91, p = .19)］．次に，前振り動作・動作ありと肩たたき動作・動作ありのデータについて， IRI の各因子との間で相関分析を行ったが，いずれの因子とも相関は見られなかった．

4.　考察

本実験では，魅力度では 16 名時点・24 名時点のデータの傾向はともに，前振り動作・動作ありの評価が他の条件よりも突出して高かったが，分散分析では 16 名では動作の有無の主効果が有意であり，24 名では動作の種類×動作の有無の交互作用が有意傾向であった．16 名時点で交互作用が有意でなかった原因は，24 名時点よりも分散が小さかったため，前振り動作における動作あり・なしの各データの影響を強く受けたと考えられる．24 名時点での分析結果は，より参加者を増やすことで 16 名時点でのデータよりも分散が小さくなり，各条件の平均値と対応した分析結果になったと考えられる．さらに 32 名までデータを追加することでより明白な結果が現れることが予想される．

それでは，どのような原因で前振り動作をしていたときのみ登場人物の魅力が高まったのだろうか．考えられる原因の一つとして，接近回避動機づけの関与が挙げられる．腕の曲げ伸ばしによって接近動機づけを高める運動をしたときに見た刺激は回避動機づけを高める運動よりも刺激を好むことが知られている［3, 4］．したがって，もし前振りが登場人物に対する接近動機づけを高める運動であれば，接近運動をしたことによって登場人物への接近動機づけが高まり，その結果として魅力が高められたと考えられる．そのほかの可能性として，刺激の運動情報と一致・不一致の運動を行ったことの影響である可能性が挙げられる．様々な先行研究によって，刺激の運動情報と一致した運動を行うことによって刺激の好みや魅力が高まることが示されている［1，5，6，12］．ボクシングのパンチをする運動は前振り動作の方が肩たたき動作よりも似ているため，前振り動作をした方が肩たたき動作をよりも評価が高くなった可能性がある．しかし，動画に登場する選手が活躍しているシーンのすべてにおいてパンチをしていたわけではないため，必ずしも動画内の情報と一致した動きをしたことによって魅力が高まったと

は説明できないと考えられる．また，そのほかの可能性として，触覚のフィードバックによる影響があった可能性が挙げられる．前振り動作は触覚のフィードバックが無かったのに対して，肩たたき動作は肩を叩く触覚のフィードバックが生じていた．もしペンライトが肩にあたることによる不快感が生じていたのであれば，肩たたき動作の方が前振り動作より評価が下がった可能性がある．ただし，図 6 より，肩たたき動作をした際の評価の変化量の平均値は，マイナスというよりはむしろ 0 に近いため，肩たたき動作をすることの不快感で評価が下がった可能性は低いと考えられる．

最後に本実験の問題点と今後の課題について述べる．まず，魅力度の考察で述べたように，本実験では肩叩き動作に触覚のフィードバックがあったため，前に振るか後ろに振るかという触覚を除いた運動のみの効果について検討出来ていなかった．したがって，今後の実験では，触覚のフィードバックを取り除いた後ろに振る運動と前に振る運動の比較をする必要があると考えられる．また，魅力度では交互作用が有意であり，力強さも交互作用はなかったが，魅力度と似たようなデータの傾向になっていた一方で，好みの評価に関しては交互作用が見られず，今後実験参加者を足しても変化がありそうな傾向は見られなかった．したがって，好みは魅力や力強さほど簡単に身体状態の影響を受けないのかもしれない．また，本実験では，ペンライトを前に振ったときに活躍していたキャラクターの評価が活躍していなかったキャラクターよりも評価が高まることを予想していた．しかし，活躍している選手よりもむしろピンチの選手の方が応援したくなり，参加者が前に振る運動をしたときに活躍していたキャラクターよりもピンチであったキャラクターのほうが評価が高くなっていた可能性がある．本実験の手続きではどちらの選手に肩入れして応援させるかを明確にしていなかったため，今後の実験では事前に決めておくか，事後的に質問する必要があると考えられる．

文献

[1] 三浦慎司・川合伸幸 (2020). 日本刀の印象評価は身体感覚に左右されるのか 認知科学, *27*, 18-22.

[2] Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, *59*, 617-645.

[3] Cacioppo, J. T., Priester, J. R., & Berntson, G. G. (1993). Rudimentary determinants of attitudes. II: Arm flexion and extension have differential effects on attitudes. *Journal of Personality and Social Psychology*, *65*, 5–17.

[4] Priester, J. R., Cacioppo, J. T., & Petty, R. E. (1996). The influence of motor processes on attitudes toward novel versus familiar semantic stimuli. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *22*, 442–447.

[5] Topolinski, S. (2010). Moving the Eye of the Beholder: Motor components in vision determine aesthetic preference. *Psychological Science*, *21*, 1220-1224.

[6] Bertamini, M, Byrne, C, & Bennett, K. M. (2013). Attractiveness is influenced by the relationship between postures of the viewer and the viewed person. *i-Perception*, *4*, 170–179.

[7] Elliot, A. J. (2008). *Approach and avoidance motivation.* In A. J. Elliot (Ed.), Handbook of approach and avoidance motivation (pp. 3 – 14). New York: Psychology Press.

[8] Chen, M., & Bargh, J. A. (1999). Consequences of automatic evaluation: Immediate behavioral predispositions to approach or avoid the stimulus. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *25*, 215– 224.

[9] Seibt, B., Neumann, R., Nussinson, R., & Strack, F. (2008). Movement direction or change in distance? Self and object related approach-avoidance movements. *Journal of Experimental Social Psychology*, *44*, 713–720.

[10] Davis, M. H. (1994). *Empathy: A social psychological approach.* Madison, WI: Brown & Benchmark.

[11] 日道俊之・小山内秀和・後藤崇志・藤田弥世・河村悠太・デイビス, M. H.・野村理朗 (2017). 日本語版対人反応性指標の作成 心理学研究, *8*, 61-71.

[12] Leder, H., Bär, S., & Topolinski, S. (2012). Covert painting simulations influence aesthetic appreciation of artworks. *Psychological Science*, *23*, 1479–1481.

レビュータスクにおける情報量と視線の関係分析

斉藤 功樹[†‡]，日髙 昇平[‡]
Koki Saito, Shohei Hidaka
[†]日本ユニシス株式会社，[‡]北陸先端科学技術大学院大学
Nihon Unisys, Ltd., Japan Advanced Institute of Science and Technology
koki.saito@uniys.co.jp

概要

ソフトウェア開発の要件定義書レビューでは，定義書が顧客の求めるシステムを必要十分に表現しているかを判別することが重要である．先行研究では，その判別能力をはかる課題を開発し，視線との関係を分析したところ，判別成功時には特定の顧客要求文で fixation が増加傾向にあった．そこで，本研究では顧客要求文の持つ情報量を独自に定義し，視線との関係を分析した．その結果，情報量が多い文をより注視する場合に，レビューの成功可能性が高いことが示唆された．

キーワード：要件定義，レビュー，必要十分性，情報量，fixation

1. はじめに

ソフトウェア開発において，上流工程の成果物である設計書や仕様書の品質が重要であることはよく知られている[1]．レビューが成果物の欠陥を検出／修正する手法であり，様々な手法が開発され，品質に与える影響の比較が行われている[2]．レビュー手法にはそれぞれ一長一短があり，全ての成果物に対して有効なレビュー手法は存在しない．

さらに，Uwano ら[3]はレビュー品質に与える影響は手法により違いよりも個人差の方が大きいと指摘し，視線情報を用いてソフトウェアのコードレビューの品質を評価するシステムを開発した．コードレビュー時の品質を評価する取り組みは多く検討され始めているものの，自然言語で記述された上流工程の成果物のレビュー品質に関する研究は少ない．

斉藤ら[4][5]はレビューを，要件定義書を満たすシステムと顧客が求めるシステムの突合と考え，システムを幾何学図形で象徴化したレビュー課題を開発し（図1），課題の正誤と視線の関係について分析した．その結果，正答時には特定の顧客要求文において fixation（固視，1 箇所を注視している視線の集まり）が増加しており，情報量が多い文に着目することで正答している可能性が示唆された．しかし，顧客要求文に含まれる情報量は定量化されておらず，正答時にどの情報に着目しているのかは明らかになっていない．

そこで，本研究では Saito らのデータセットを用いて，顧客要求文の情報量を定義し，視線情報との関係を分析することで正答時のレビューア特性を調査した．Saito ら[5]はシステムを図形事例の集合で象徴化することで，レビューを図形事例の突合と捉えた．その際，顧客要求文から作成される図形事例の集合を $\mathbf{R}$，顧客が求める図形事例の集合を $\mathbf{P}$ と定義した．集合 $\mathbf{P}$ は顧客が求めるシステムを象徴化しているため，システムごとに要素数は一定である．一方で，集合 $\mathbf{R}$ は，顧客要求文を読み進めるにつれてその要素数が減少するという特徴を持つ．したがって，顧客要求文がもつ情報量は，要素数の変化に起因するものであると考えられる．そこで，本研究では顧客要求文が進むにつれて変化する要素数などの特徴量に着目し，情報量の候補として採用した．それらの候補と視線情報の関係を分析することで，正答時のレビューア特性を明らかにした．

2. 方法

2.1. データセット

Saito らの研究[5]にて構築されたデータセットを用いた．データセットには，7 名の参加者（5 名の男性と 2 名の女性，平均年齢は 41.9（SD = 10.9））が，計 13 問のレビュー課題に取り組んだ結果とその際の視線情報が含まれる．視線情報は，gazepoint 社の GP3 HD Eye Tracker（サンプリングレート：150Hz，正確度（Accuracy）：0.5-1.0°，非接触型）を用いて計測された．計 91 問（7 名×13 問）のうち，1 問は視線情報が正しく取得できていなかったため，計 90 問分を分析に用いる．

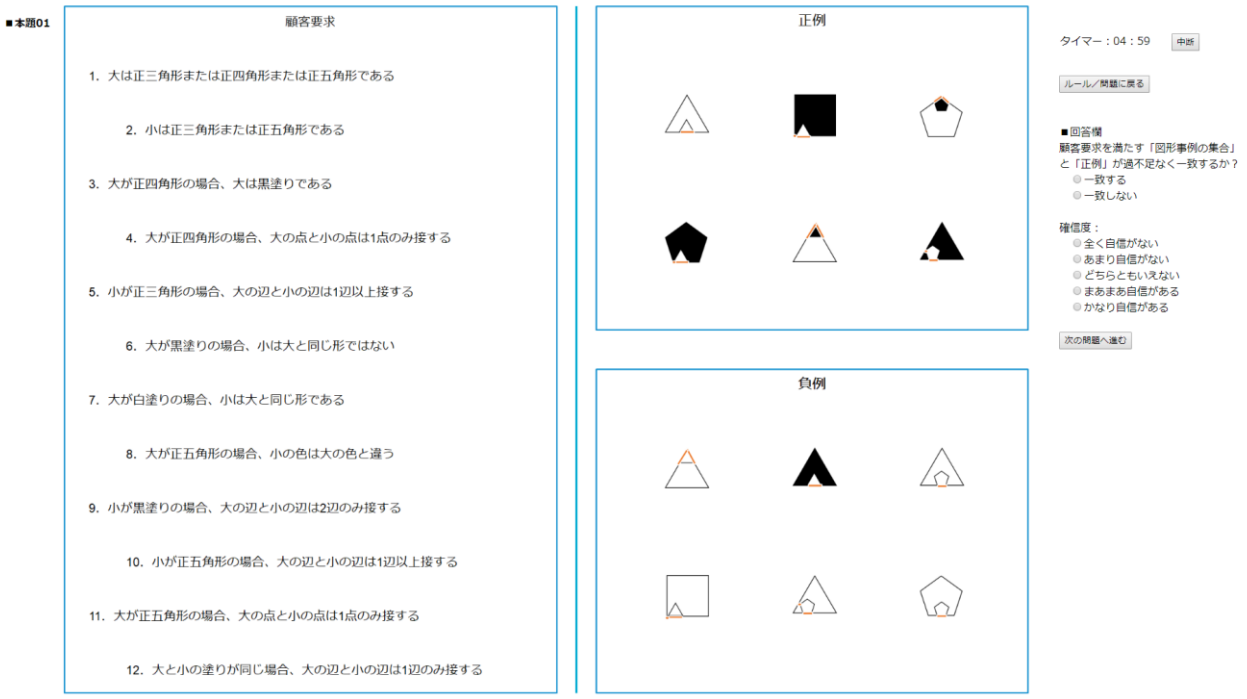


図 1　開発されたレビュー課題（左側が顧客要求文，中央が幾何学図形で象徴化されたシステム，右側が回答欄）[5]

2.2. 情報量の定義と分析手法

レビュー課題にて，顧客要求文の番号が進むにつれて変化する集合 R に着目し，その要素数を基に 3 つの特徴量を情報量の候補として定義した．3 つの特徴量は，集合 R の要素数，要素の減少数および減少率とした．ここで，要素数の初期値は組合せ可能な図形事例の最大値である 267 とし，最初の顧客要求文においては初期値からの要素数の変化を減少数／減少率とした．2 番目以降の顧客要求文においては，一つ前の文で作成される集合を基として要素数を計算し，その変化を減少数／減少率とした．

3 つの特徴量を基に，顧客要求文との相関と fixation との関連を分析し，3 つの特徴量が顧客要求文の情報量として適してるかを調査した．Fixation は，gazepoint 社の Gazepoint analysis に実装されている独自アルゴリズム（Jacob らの研究[6]を基に作成）を用いて算出された．最初に，顧客要求文ごとの特徴量の推移を確認する目的で，顧客要求文番号と特徴量の相関関係を算出した．第二に．正答時のレビューア特性を調査する目的で，正答／誤答それぞれで特徴量における単位時間当たりの fixation 数のヒストグラムを算出した．単位時間当たりの fixation 数は，各要求文を注視している際の fixation の総数を注視時間で割ったものである．一般に fixation の総数は，注視時間に比例して増加するため，文章の長さや読みやすさなどの影響を受ける．それらの影響を排除するため，注視時間で割った単位時間当たりの fixation 数を用いた．ヒストグラムを基に，正答／誤答で特徴量による fixation 数の違いを分析し，3 つの特徴量が情報量として適してるかを評価した．

3. 分析結果と考察

3.1. 特徴量と顧客要求文との相関関係

13 問において， 3 つの特徴量は，顧客要求文の番号との間に負の有意な相関がみられ（要素数と顧客要求文番号のスピアマンの相関係数 $r = -0.950, p < 0.001$, 減少数と顧客要求文番号のスピアマンの相関係数 $r = -0.853, p < 0.001$, 減少率と顧客要求文番号のスピアマンの相関係数 $r = -0.443, p < 0.001$），要素数が最も相関が強く，次いで減少数，減少率であった．顧客要求文の番号ごとの減少数の箱ひげ図を図 2 に示す．

Saito らの研究[5]では，正答の場合には顧客要求文の番号 3 において最も fixation 数が多い傾向にあったため，3 つの特徴量の値の大小が情報量を示していないことが示唆された．Saito らの研究を基にすると，fixation

が大きいほど，それに費やす認知負荷が大きいことから正答／誤答で有意に差がみられた文番号 3 付近において最も情報量が高いと想定される，しかし，3 つの特徴量はすべて有意な負の相関がみられたため，単に 3 つの特徴量の大きさが情報量を示すのではなく，特定の値にて情報量が多いと考えられる．そこで，3.2 では 3 つの特徴量と fixation の関係を分析し，正答／誤答にて特徴量による fixation の違いを調査した

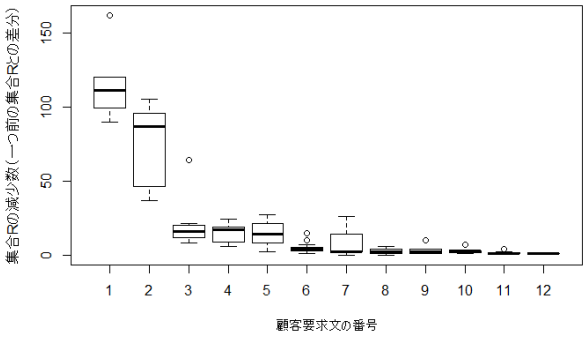


図 2　顧客要求文の番号ごとの減少数の箱ひげ図

3.2.　特徴量と fixation の関係

特徴量ごとの，単位時間当たりの fixation 数のヒストグラムを基に，正答／誤答での違いを分析したところ，減少数でピーク位置に違いがみられた（図 3）．要素数と減少率においては，正答／誤答での単位時間当たりの fixation 数に大きな違いはみられなかった．減少数では，正答の場合には誤答と比較して減少数が 15-25，95-100，110-115 の幅にてピークがみられた．これらの減少数をもつ顧客要求文にて情報量が大きいと考えられる．そこで，減少数と顧客要求文の番号との対応関係を調査した．

その結果，fixation 数のピークがみられた減少数に対応する顧客要求文の番号の多くは前半に集中しており，前半の文にて情報量が多いことが示唆された．さらに，減少数 0-5 では誤答時の fixation 数が多く，これに対応する顧客要求文は後半の番号であり，後半の文は情報量が少ないことが示唆された．これらの結果は，Saito らの研究[5]で示唆された報告（前半の文で情報量が大きく，後半の文で情報量が少ない）と一致する．

したがって，情報量としては減少数が最も適していると考えられる．正答時には情報量の多い文（減少数 15-25，95-100，110-115 に対応する文）により多くの認知リソースを費やしており，一方で情報量の少ない文（減少数 0-5 に対応する文）には少ないリソースを費やしていることが示唆された．

以上を整理すると，顧客要求の必要十分性を判別する上での重要な情報量は，顧客要求文における減少数であり，正答時のレビューアは情報量の多い文（減少数 15-25，95-100，110-115 に対応する文）に着目しレビューすることで正答している可能性が示唆された．

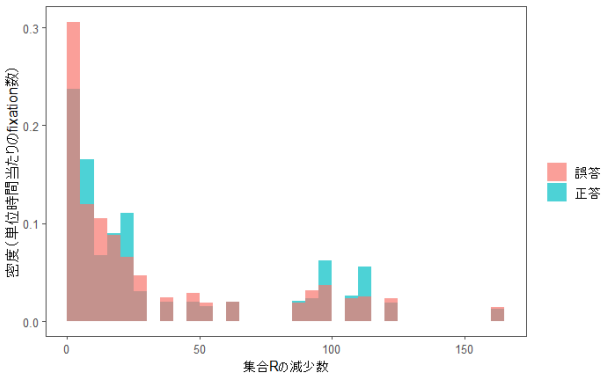


図 3　減少数ごとの単位時間当たりの fixation 数のヒストグラム

4.　今後の予定

本研究では，参加者の問題を解く際の方策や文以外の視線情報（図形事例の視線情報など）を考慮にいれていないため，それらによって重要な情報が変化する可能性がある．問題を解く際の方策によって，重要な情報が異なる可能性もあり，文以外の図形事例がより重要な情報を持っている可能性も否定できない．

しかし，それらの影響を考慮した分析にはより多くの参加者の視線情報が必要である．今後は，Saito らの研究[5]にて構築されたレビュー課題を用いて，新たに参加者を増やして更なる分析を実施予定である．

文献

[1] B. Boehm and V. R. Basili, (2001) “Top 10 list [software development],” Computer, vol. 34, no. 1, pp. 135–137.

[2] T. Thelin, P. Runeson, and C. Wohlin, (2003) “An experimental comparison of usage-based and checklist-based reading,” IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 29, no. 8, pp. 687–704.

[3] H. Uwano, M. Nakamura, A. Monden, and K. Matsumoto, (2007) “Exploiting Eye Movements for Evaluating Reviewer’s Performance in Software Review,” IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics

Communications and Computer Sciences, vol. E90-A, no. 10, pp. 317–328.

[4] 斉藤功樹・日髙昇平, (2019) “定義の必要十分性判別能力を試す課題の構築,” 日本認知科学会第36回大会論文集, pp. 188–192.

[5] K. Saito and S. Hidaka, (2020) “Gaze behavior in a review-a-definition task,” The 42nd Annual Meeting of the Cognitive Science Society (CogSci2020).

[6] R. J. K. Jacob, (1995) “Eye Tracking in Advanced Interface Design,” Virtual Environments and Advanced Interface Design, W. Barfield and T. A. Furness, Eds. New York, USA: Oxford University Press, Inc., pp. 258–288.

対話型スピーカーを介した模倣が操作者の印象評価に及ぼす影響
The Effect of Mimicry by an Utterance-Output Device on the Operator's Evaluation of Impressions

光國　和宏[†]，市川　淳[‡]，西崎　友規子[†]，堀　紫[*]
Kazuhiro Mitsukuni, Jun Ichikawa, Yukiko Nishizaki, Yukari Hori
[†]京都工芸繊維大学 Kyoto Institute of Technology
[‡]神奈川大学 Kanagawa University
[*]株式会社 博報堂 HAKUHODO Inc.
mitsu.kz.cog@gmail.com

概要
分身となるエージェントを介して相手とコミュニケーションする場面において，エージェントの印象と同時に操作者の印象が変化すれば人同士の親密な関係構築にエージェントの存在が有用となる．そこで，対話型スピーカーを介して相手の選好を模倣させ，スピーカー及び操作者の印象変化を検討した．結果，相手の選好を 83%の割合で模倣すると，スピーカーと操作者の印象が高くなり，両者を同一視する可能性が示された．

キーワード：対話型スピーカー (utterance-output device)，模倣 (mimicry)，カメレオン効果 (chameleon effect)

1. はじめに

日常生活では相手とコミュニケーションを取る際，親密な関係を構築するためにペットやモノを介在させて意図伝達を試みる場合がある．さらに，昨今の新型コロナウイルス (COVID-19) の感染拡大により遠隔でコミュニケーションをとる機会も増えており，分身となるロボットや仮想上のキャラクタを用いて意図伝達を支援する情報技術が大いに期待される．そのようにエージェントを遠隔操作し，エージェントを介して相手とコミュニケーションをとる状況において，エージェントに対する印象向上につながるインタラクションデザインについて検討した研究がヒューマンエージェントインタラクションの領域で数多く行われている（例えば [1, 2, 3]）．

他方で，遠隔操作されるエージェントは，操作者と相手のコミュニケーションを媒介する存在である点に留意が必要である．つまり，エージェントの振る舞いから相手が抱くエージェントに対する印象だけでなく，その背後にいる操作者の印象も向上させることが理想的であるといえる．本研究では，エージェントだけでなく，操作者の印象も向上させるうえで模倣に着目した．心理学では，相手と親密な関係を構築するうえで模倣が有効であることが指摘されている．ジェスチャーや発話などを模倣してくる人に対して印象が向上する現象はカメレオン効果と呼ばれている [4, 5]. さらに，対人で確認されたカメレオン効果は，対仮想上のキャラクタ，あるいは対ロボットでも確認されている [6, 7, 8]. Shinohara et al. (2016, 2018) [7, 8] は，ロボットが人の選好を 8 割程度，模倣する場合にカメレオン効果が生起することを示した．ここでは，ロボットを遠隔操作して，実験参加者の質問に対する回答を踏まえて指差しや首振りから参加者の選好を模倣した．これらの先行研究の実験では，エージェントを遠隔操作することがあるが，操作者の印象を調査した取り組みは数少ない．先述した遠隔操作エージェントの利用目的を踏まえると，エージェントを介して相手とコミュニケーションをとる状況において模倣による操作者の印象評価に与える影響を検討する必要があると考えられる．

そこで，本研究では Shinohara et al. (2016, 2018) [7, 8] の実験を援用し，エージェントを介して相手の選好を模倣した際のエージェント及び操作者の印象評価を実験的に検討することを目的とする．エージェントとして近年，安価で家庭への導入が進んでいる対話型スピーカーを用いる．相手と親密な関係を構築してコミュニケーションを支援するための基盤的な知見を提供することが期待され，新たな対話型スピーカーの利用につながるかもしれない．

2. 実験

実験が行われた京都工芸繊維大学の倫理審査委員会からの承認を得たうえで，研究概要やデータの処理について書面にて同意した 30 名の大学生と大学院生（男性 19 名，女性 11 名，20～24 歳，$M = 22.00$, $SD = 1.21$）が参加した．以下で述べる手続きは先行研究 [7, 8] に基づいている．事前に，日本語版対人反応性指標 [9] の質問紙調査を行い，視点取得能力に偏りがないように参加者を模倣率 50%群 (N＝15) と 83%群 (N＝15) に分けた．対話型スピーカーとして，身近なものに取り付けることが可能かつ，操作が簡易なボタン型スピー

カー「ペチャット」（博報堂製）を使用した．スマートフォンやタブレットの専用アプリからセリフを入力することで相手と対話ができる．サルのぬいぐるみにペチャットを装着した．実験の様子を図 1 に示す．

図 1　実験の様子及びペチャットとサルのぬいぐるみ

実験者がペチャットの操作を行ったが，参加者には実験者ではない開発者兼操作者が別室で操作していると教示した．その後，参加者は操作者の自己紹介動画を見て，操作者の第一印象に関する 20 項目からなる質問紙に回答した．質問紙は特性形容詞尺度 [10] を用いて SD 法の 7 段階で評定を求めた．次に，選好模倣を行った．対話型スピーカーを付けたサル（以降，サル）が質問を行い，模倣率に応じて参加者の選好を模倣した．選好模倣の後，参加者は操作者とサルの印象に関する質問紙にそれぞれ回答した．前者は，第一印象に関する質問紙と同じ項目を利用した．後者は擬人観，好ましさ，賢明さの 3 つの下位尺度から構成され，各尺度は 5 項目から成り，1 を全く当てはまらない，6 をよく当てはまるとした，6 件法で評定を求めた．

3.　結果及び考察

選好模倣の前後における操作者の印象に関するスコアの変化量，及びサルの印象に関するスコア，計 35 項目について群間で *t* 検定を行った．

有意差や有意傾向が確認された項目を表 1 に示す．全体的に 83%群の方が 50%群に比べて印象評価が高いことが示された．擬人観と好ましさの下位尺度で，項目は異なるものもあるが，先行研究 [7, 8] と同様の結果が得られた．ただし，操作者とサルの責任に関連する項目では 50%群の方でスコアが高かった．83%群では，サルが故意に回答を似せたと参加者が感じたことにより，印象が悪くなった可能性がある．

さらに，操作者の第一印象に関する項目に対して因子分析を行った．結果，特性形容詞尺度 [10] の因子として個人的親しみやすさは 8 項目，社会的望ましさは 6 項目，活動性は 2 項目が抽出された．そして，選好模倣後の操作者の印象について，逆転項目を考慮して各因子に含まれる項目のスコアの合計を求め，サルの印象における下位尺度ごとに合計したスコアとの相関分析を各群で行った．個人的親しみやすさと活動性はスコアが小さい方が，社会的望ましさは大きい方がポジティブな印象になった．有意な相関や相関の有意傾向が確認された組み合わせを表 2 に示す．83%群の方が 50%群に比べより相関がみられたことから，83%群の方が操作者とサルを同一視していたことが示唆された．サルに対するカメレオン効果が操作者にスピルオーバーしたと考えられる．Sunder & Nass (2000) [11] は，参加者に自律的に振る舞うことを意識させた方が，遠隔操作されていることを意識させるよりも，エージェントの印象が高いことを示した．83%群では「操作者ーエージェントー相手」の 3 者ではなく，「エージェント（操作者）ー相手」という操作者を感じさせない疑似的な 2 者の関係を確立していたのかもしれない．

今後は，先行研究 [4, 5, 8] で示されている模倣が向社会的行動に与える影響について，操作者に対する行動に着目して詳細な議論を行う．

表 1　操作者の印象の変化量，及びサルの印象に関する結果

	項目	83% (*SD*)	50% (*SD*)	*t*	*p*-value		効果量
操作者の印象の変化量（選好模倣後ー選好模倣前）	積極的な-消極的な	-1.40 (1.69)	0.067 (1.50)	-3.18	0.0035	**	1.163
	人なつっこい-近づきがたい	-0.60 (2.11)	0.27 (0.92)	-1.93	0.0643	†	0.703
	にくらしい-かわいらしい	0.67 (0.67)	0.00 (0.57)	2.32	0.0278	*	0.847
	責任感のある-責任感のない	0.73 (1.64)	-0.067 (1.50)	1.75	0.0910	†	0.639
サルに対する印象	自然な（擬人観）	3.27 (0.92)	4.00 (0.86)	-2.13	0.0423	*	0.777
	親切な（好ましさ）	4.47 (0.84)	3.47 (1.55)	2.50	0.0183	*	0.915
	責任のある（賢明さ）	2.33 (1.67)	3.13 (1.12)	-1.85	0.0742	†	0.677

効果量はHedgesのgを用いた　　$^{**}p<0.01$, $^{*}p<0.05$, $^{\dagger}p<0.1$

表 2　サルに対する印象と操作者の印象の相関分析結果

模倣率	サルに対する印象	操作者の印象（選好模倣後）	相関係数	*p*-value	
83%	擬人観	個人的親しみやすさ	-0.591	0.0203	*
	擬人観	活動性	0.518	0.0482	*
	好ましさ	個人的親しみやすさ	-0.658	0.0077	**
	好ましさ	社会的望ましさ	0.721	0.0024	**
50%	擬人観	個人的親しみやすさ	-0.458	0.0862	†

$^{**}p<0.01$, $^{*}p<0.05$, $^{\dagger}p<0.1$

利益相反

本研究は株式会社 博報堂との共同研究であるが，商業的，金銭的な利益相反の関係がなく行われた．

文献

[1] Ishii, Y., & Watanabe, T. (2019) “Development of an embodied group entrainment response system to express interaction-activated communication”, Proceedings of the 21st International Conference on Human-Computer Interaction, pp.203-211.
[2] Yamaoka, F., Kanda, T., Ishiguro, H., & Hagita, N. (2007) “Interacting with a human or a humanoid robot?”. Proceedings of the 20th IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 2685-2691.
[3] Shiomi, M., Nakata, A., Kanbara, M., & Hagita, N. (2017) “A robot that encourages self-disclosure by hug”. Proceedings of the 9th International Conference on Social Robotics, pp. 324-333.
[4] Chartrand, T. L., & Bargh, J. A. (1999) “The chameleon effect: the perception–behavior link and social interaction”, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 76, No. 6, pp. 893-910.
[5] van Baaren, R. B., Holland, R. W., Kawakami, K., & van Knippenberg, A. (2004) “Mimicry and prosocial behavior”, Psychological Science, Vol. 15, No. 1, pp. 71-74.
[6] Suzuki, N., Takeuchi, Y., Ishii, K., & Okada, M. (2003) “Effects of echoic mimicry using hummed sounds on human–computer interaction”, Speech Communication, Vol. 40, No. 4, pp. 559-573.
[7] Shinohara, Y., Kubo, K., Nozawa, M., Yoshizaki, M., Takahashi, T., Hayakawa, H., Hirota, A., Nishizaki, Y., & Oka, N. (2016) “The optimum rate of mimicry in human-agent interaction”, Proceedings of the 4th International Conference on Human Agent Interaction, pp. 367-370.
[8] Shinohara, Y., Mitsukuni, K., Yoneda, T., Ichikawa, J., Nishizaki, Y., & Oka, N. (2018) “A humanoid robot can use mimicry to increase likability and motivation for helping”, Proceedings of the 6th International Conference on Human-Agent Interaction, pp. 122-128.
[9] 日道 俊之・小山内 秀和・後藤 崇志・藤田 弥世・河村 悠太・野村 理朗 (2017) “日本語版対人反応性指標の作成”，心理学研究, Vol. 88, No. 1, pp. 61-71.
[10] 林 文俊 (1976) “対人認知構造における個人差の測定 (1): 認知的複雑性の測度についての予備的検討”，名古屋大學教育學部紀要, Vol. 23, pp.27-38.
[11] Sundar, S. S. & Nass, C. (2000) “Source Orientation in Human-Computer Interaction: Programmer, Networker, or Independent Social Actor”, Communication Research, Vol. 27, No.6, pp.683-703.

中国語母語話者による日本語のデフォルトアクセントパターン習得*
Acquisition of Japanese Default Accent Pattern by Chinese L1 Speakers

範 雯婷, 川﨑 貴子, 田中 邦佳
Fan Wenting, Takako Kawasaki, Kuniyoshi Tanaka
法政大学
Hosei University
kawasaki@hosei.ac.jp

概要
新語が発話される場合，そのアクセントパターンは語彙目録に指定されていない．日本語母語話者と上級日本語 L２学習者はそれぞれどのようなデフォルトアクセントのパターンで新語を発話するのだろうか．本研究では，中国語を母語とする上級日本語学習者のデフォルトアクセントパターンが，日本語母語話者の発話とどのように異なるのかを，無意味語の発話実験を通じて調査した. 日本語母語話者の発話では, 無意味語の発話に外来語アクセントパターンの適用が見られた. 一方, 中国語を母語とする日本語 L2 学習者の発話では, ４モーラ語のみならず，３モーラ語においても平板型アクセントを使用することが分かった. また, 中国語母語話者に見られる平板型の適用は撥音を含む語ではやや抑制されるが，日本語母語話者のパターンとは違いが見られ，上級学習者の文法と日本語母語話者の文法との間には違いがあることが分かった.

キーワード: 第二言語習得, 外来語アクセント，アクセント習得，音韻論

1. はじめに
日本語のアクセントは弁別的であり，日本語の語彙を L２ として学ぶ際には，その語のアクセント型も共に学ぶ必要がある．日本語の語彙習得が進み，学習レベルが上がると共に，語のアクセント習得も進むと予想される．たとえば戸田 (1999) の英語・中国語・韓国語母語話者を対象とした日本語の外来語アクセント習得の調査では，学習者のレベルが上がるにつれ，外来語のアクセントのエラーが減少することが示されている．しかし，習得の対象として学ぶモデルが無い新語や無意味語の発話では，上級学習者と日本語母語話者の付与するアクセント型に違いはあるのであろうか.

新語を発話する際，その語のアクセント型は，母語話者の語彙目録には指定されていないが，日本語母語話者は概ね，同じようなアクセントパターンを用いるようである．窪薗 (2006) は，新語・無意味語の発話には以下の外来語に見られるアクセント規則が適用される傾向にあると述べている.

> **外来語アクセント規則**[1]： 語末から３モーラ目にアクセントを置く．３モーラ目が特殊拍の場合には，その前のモーラにアクセントを置く.

窪薗 (2006) は，この規則によって生み出されるアクセント型は新語・無意味語にも適用される，日本語のいわばデフォルトアクセントであると述べている．また，窪薗 (2006)，Kubozono (2015)，秋永・金田 (2014) では，外来語アクセント規則に従ったアクセント型と平板型アクセントが名詞の標準日本語アクセントのほとんどを占めるとのデータを示している．秋永・金田一 (2014) によると，日本語の３モーラの名詞のうち，０型（平板型）が半数，１型（頭高型）が４割弱であり，４モーラの名詞のでは，０型（平板）が７割弱を占めるという (supp. pp.10-12).

本研究では，日本語の３モーラ，４モーラの無意味語の発話実験を行い，日本語母語話者が未知語に対しどのようなデフォルトアクセント型を使用するのかを調査する．そして，同様の実験を中国人上級日本語 L２学習者にも行い，デフォルトアクセントパターンは中国語を母語とする L2 学習者の文法においても形成されているのかどうか，また，そのデフォルトパターンは日本語母語話者のものとどのように異なるのかを調査する.

2. 方法
2.1 実験参加者
本研究では，日本語を L２として学ぶ中国語母語話者８人，および日本語母語話者 16 人を対象とし，発話実験を行なった．中国語母語話者群の参加者は全て日

本に在住しており，その日本語学習レベルは全て上級（日本語能力試験の N1 レベル）であった.

2.2 刺激

本実験では参加者による３モーラ，および４モーラの無意味語の発話を録音し，使用されるアクセントパターンを調査した.

実験に使用した無意味語は，合計 34 語であった. ３モーラ語・４モーラ語それぞれに，３つのタイプの語群を設けた. １）撥音を含む語（撥音語），２）拗音を含む語（拗音語），そして ３）撥音・拗音を含まない語（無標語），である. １）の撥音語は，特殊拍である撥音とその語内での位置がアクセントパターンに影響するのかを調査するために設けた. ２）の拗音語は，拗音は特殊拍ではないが，捨て仮名（「ゃ，ゅ，ょ」など小書きで表記される仮名）がアクセントパターンに影響するかどうかを調査するために設定した.

以下の表 1 は刺激語タイプごとの語数と例を示したものである.

表 1. 無意味語タイプと例[2]

	モーラ数	対象の位置	例	語数
無標語	３モーラ	—	もぬた	５語
	４モーラ	—	けじそな	５語
拗音語	３モーラ	１番目	**ひゃ**わか	２語
		２番目	に**きょ**の	２語
		３番目	せけ**しゅ**	２語
	４モーラ	１番目	**りょ**わさも	２語
		２番目	お**みゃ**とま	２語
		３番目	ふも**しゅ**ひ	２語
		４番目	こにひ**きょ**	２語
撥音語	３モーラ	２番目	け**ん**う	２語
		３番目	そと**ん**	２語
	４モーラ	２番目	ま**ん**すに	２語
		３番目	くむ**ん**て	２語
		４番目	ちけき**ん**	２語

外来語アクセント規則に従えば，３モーラ語では３種類全ての語群で１モーラ目にアクセントが置かれることが予想される. ４モーラの無標語，拗音語では後ろから３モーラ目，つまり２モーラ目にアクセントが置かれることが予想される. 一方，４モーラの撥音語のうち，２モーラ目に撥音がある語では，特殊拍である撥音の１つ前の１モーラ目にアクセントが置かれ，それ以外の４モーラ撥音語では，２モーラ目にアクセントが置かれることが予想される.

表１に示したように，無標語 10 語，撥音語 10 語，拗音語 14 語の合計 34 語を刺激語とし，これら 34 語をキャリア文「○○がある」に埋め込んで刺激文を作成した. 作成した文をランダムに並べ替え，Microsoft PowerPoint のスライド 1 枚に 5 文ずつ並べ，発話リストを作成した.

2.3 手順

実験では PC の画面上に発話リストを呈示した. 各参加者が，PowerPoint で表示された文を順番に発話し，その音声を収録した. 参加者は，それぞれの文を３回ずつ発話した. 実験の所要時間は 10 分程度であった.

3. 結果

本研究では，中国語を母語とする上級日本語学習者のデフォルトアクセントパターンが，日本語母語話者のものとどのように異なるのかを調査した. 本セクションでは，まず無標語，拗音語，そして撥音語で使用されたアクセントパターンを集計し，結果を提示する.

3.1 無標無意味語（無標語）アクセントの比較

まず日本語母語話者と中国語母語話者が無標語発話で使用したアクセント型をまとめたものを，表２として付録に提示した. また，以下の図１は，表２のデータをもとに，日本語母語話者と中国語母語話者の無標語でのアクセント型の使用割合をグラフに表したものである. 表およびグラフでは，アクセントの位置を数字で表した. 「０」 は，語中にアクセント核のない平板型（無アクセント）を，「１」は語頭から１番目のモーラにアクセントがある頭高型を表す. 「２」は語頭から２モーラ目にあるアクセントがある中高型を表す. そして，「３」は３モーラ目にアクセントがあることを示し，３モーラ語の場合には，中高型であり４モーラ語の場合は尾高型であることを表す. ４モーラ語にのみ現れる「４」は４モーラ目にアクセントがある尾高型を示す. また，本論文中の図，表中の J，C はそれぞれ日本語母語話者，中国語母語話者を指す.

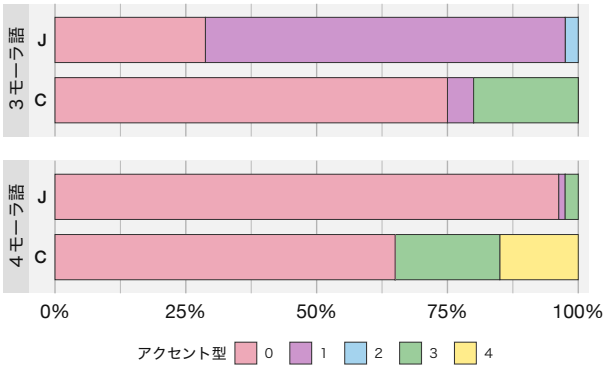


図１．日本語・中国語母語話者による無標語の発話のアクセント型の割合

無標語発話のアクセントを調査したところ，中国語母語話者の発話では，３モーラ語，４モーラ語共に，平板型（０型）による発話が多かった．一方，日本語母語話者の発話では，３モーラ語では頭高型（１型）の使用が多く，４モーラ語においては平板型が多かった．日本語母語話者の３モーラ無標語のアクセントパターンは，外来語にみられるアクセントパターンと同様であり，窪薗 (2006) のいう，いわば日本語のデフォルトアクセントパターンが表れている．４モーラ語においては同様の傾向は見られず，平板型が多く見られたが，４モーラ語に平板化（０型での発話）が起こることはすでに多くの研究にて報告されているところである．

一方，中国語母語話者の発話では，３モーラ語・４モーラ語両方で平板型アクセントの使用が多く，３モーラ語において日本語母語話者の適用するデフォルトアクセント型とは異なっていた．

3.2 拗音を含む無意味語アクセントの比較

日本語母語話者と中国語母語話者の拗音語の発話に使用されたアクセント型をまとめたものを，付録の表３に提示した．また，以下の図２，３はそれぞれ３モーラ語，４モーラの拗音語発話にて，日本語母語話者と中国語母語話者が使用したアクセント型の割合を拗音の単語内での位置ごとに表したグラフである．本論文中の図で 2/3 のような表示は対象となる拗音・撥音の語中の位置を表す．例えば 2/3 は３モーラ語の２モーラ目に拗音・撥音が位置することを表している．

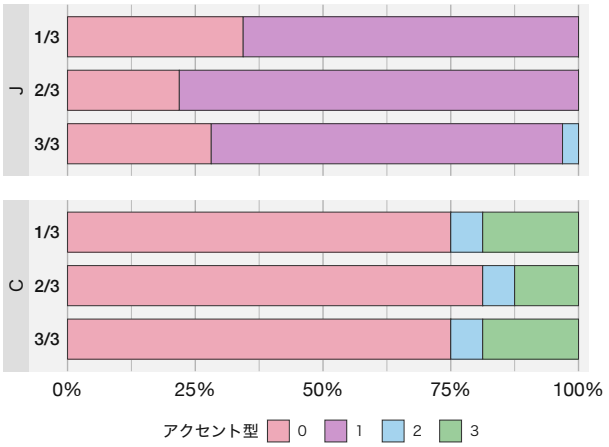


図2．日本語・中国語母語話者の3モーラ拗音語発話におけるアクセントパターンの割合

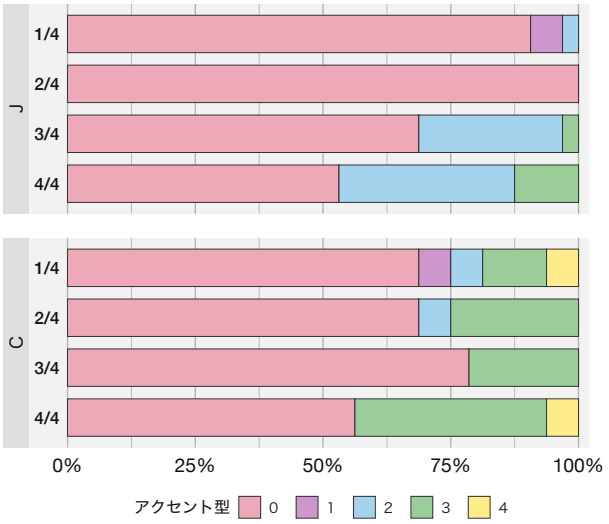


図3．日本語・中国語母語話者の4モーラ拗音語発話におけるアクセントパターンの割合

拗音語に見られたパターンは，無標語でのパターンとほぼ同様であった．日本語母語話者は３モーラ語発話では１型の頭高型を，４モーラ語は０型の平板型を多く使用していた．一方，中国語母語話者の発話では，３モーラ語と４モーラ語のどちらにおいても平板型が多かった．

3.3 撥音語アクセントの比較

次に撥音語発話で使用されたアクセント型の割合をグループごと，またモーラ数ごとにまとめたものを表４として付録に提示した．また，以下の図４，および図５は，それぞれ３モーラ語，４モーラ語の撥音語発話にて日本語話者と中国語母語話者が使用したアクセント型の割合を表したグラフである．

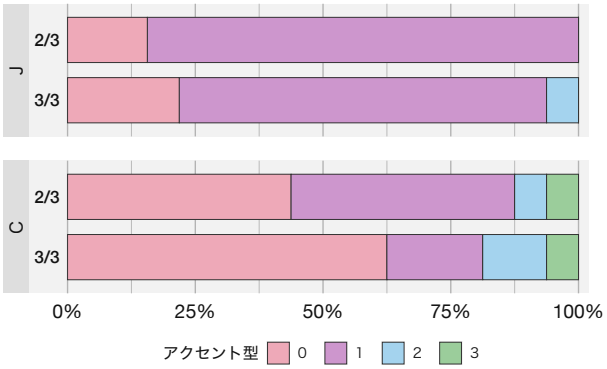


図4. 日本語・中国語母語話者の3モーラ撥音語発話におけるアクセントパターンの割合

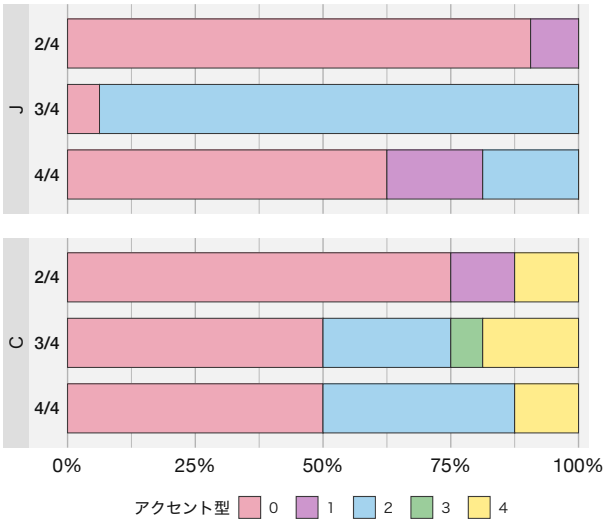


図5.. 日本語・中国語母語話者の4モーラ撥音語発話におけるアクセントパターンの割合

日本語母語話者の３モーラの撥音語発話では，頭高型が多かった．しかし，中国語母語話者の３モーラ語発話では，平板型が多かった．一方，中国語母語話者は，２モーラ目に撥音がくる語では，平板型と頭高型の使用が同じ程度見られるものの，日本語母語話者がほぼ頭高型で発話していることを考えると，両者のアクセント型の使用傾向は異なると言える．

４モーラ撥音語のうち，２番目または４番目に撥音がくる語では，日本語母語話者は平板型を多く使用しているが，３モーラ目に撥音がくる語の発話では，外来語アクセント規則に沿った２型のアクセントがほとんどであった．中国語母語話者の４モーラ語発話では全体的に平板型が最も多く，日本語母語話者に見られたパターンとは異なった．

3.4 考察

日本語母語話者の無意味語発話においては，３モーラ語では外来語アクセント規則に従い，頭高型のアクセントを用いることがほとんどであった．また，４モーラ語では３モーラ目に撥音を含む語を除き，広く平板型が使用されていた．前述のように日本語の４モーラ名詞では平板型が広く用いられるが，それは最後に軽音節が続く LLLL，HLL の場合であり，３モーラ目に撥音を含む，LHL の音節パターンの語では，平板化が起こりづらいことが窪薗 (2006)，Kubozono (2015) などにより指摘されている．日本語母語話者は LHL のパターンにおいてのみ，平板型ではなく外来語アクセント規則に沿ったアクセント型を選択したことが分かる．

中国語母語話者の場合，４モーラ語のみならず，３モーラ語においても平板型アクセントが広く使用された．無標語，拗音語では全体的に平板型アクセントが多く，３モーラ語においても平板型アクセントを使用している点で日本語母語話者と異なった．しかし，撥音を含む語においては，平板型の使用が日本語母語話者に比べると多いものの，３モーラ語での頭高型（１型），４モーラ語での中高型（２型）の使用が増えていた．

中国語母語話者に平板型アクセントの使用が多いのは，日本語の３・４モーラ名詞に平板型が多いため，平板化規則を一般化したことによると考えられる．日本語母語話者の３モーラ無意味語発話や，LHL の４モーラ語では，平板化は抑制されている．一方，中国語母語話者の多くでは平板化の過剰一般化が起こり，広く平板型アクセントが適用されることが分かった．

また，中国語母語話者の発話には，日本語母語話者が選択しないアクセント型も見られた．日本語母語話者の発話はいずれの語タイプにおいても尾高型を選択しなかったが，中国語母語話者の発話には日本語母語話者には見られない尾高型の使用も見られた．このことから，中国人上級日本語学習者においても，内在化されたデフォルトアクセントのパターンは日本語母語話者のものと異なることが明らかになった．

４．まとめ

本研究では無意味語の発話実験により，中国語を母語とする上級日本語学習者のデフォルトアクセントパターンが，日本語母語話者のものとどのように異なるのかを調査した．その結果，日本語母語話者は３モーラ

語では外来語アクセント規則に従った頭高型アクセントを，LHL 以外の４モーラ語では平板型を使用したのに対し，中国語母語話は３モーラ，４モーラ語の全ての語タイプで平板型を広く使用した．このように，日本語母語話者と中国語を母語とする上級日本語学習者の無意味語に対するデフォルトアクセントのパターンには明らかな違いがあることが明らかになった．

References

秋永一枝・金田一春彦, (2014) 新明解日本語アクセント辞典第2版, 三省堂書店.

Kubozono, Haruo, (2015) “Chapter 8. Loanword phonology” in H. Kubozono ed., *Handbook of Japanese Phonetics and Phonology*. *pp*. *313-361*.

窪薗晴夫, (2006) アクセントの法則, 岩波書店.

McCawley, James D., (1968) *The Phonological Component of a Grammar of Japanese*, The Hague, Mouton.

戸田貴子, (1999) “日本語学習者による外来語使用の実態とアクセント習得に関する考察―英語・中国語・韓国語話者の会話データに基づいて”文藝言語研究　言語篇／筑波大学文芸・言語学系 36, pp.89-111.

＊ 本研究の実施にあたっては日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究C) (「L２習得過程における音韻処理変化と知覚スペースの再調整」課題番号：18K00848) の助成を受けた.

1. McCawley (1968) は“place accent on the syllable containing the third from the last mora” (McCawley. 1068: 134)と提唱し，外来語のアクセントは後ろから３モーラ目を含む音節に付与されると提唱した.
2. 表１において，「対象の位置」とは，拗音・撥音が現れる位置が単語の何モーラ目かを表したものである．無標語においては，対象モーラは存在しないので，「–」と示した．また，例語の中で対象となる拗音・撥音は，太字で表した.

表2. 中国語母語話者と日本語母語話者による無標無意味語発話におけるアクセントバターンの使用割合

	発話のアクセント型									
モーラ数	0(平板型)		1(頭高型)		2(中高型)		3(中高型)		4(尾高型)	
	C	J	C	J	C	J	C	J	C	J
3	75.00%	28.75%	5.00%	68.75%	0.00%	2.50%	20.00%	0.00%		
4	65.00%	96.25%	0.00%	1.25%	0.00%	0.00%	20.00%	2.50%	15.00%	0.00%

表3. 中国語母語話者と日本語母語話者による拗音語発話におけるアクセントバターンの使用割合

		発話のアクセント型									
モーラ数	拗音の位置	0(平板型)		1(頭高型)		2(中高型)		3(中高型)		4(尾高型)	
		C	J	C	J	C	J	C	J	C	J
3	1	75.00%	34.38%	0.00%	65.63%	6.25%	0.00%	18.75%	0.00%		
	2	81.25%	21.88%	0.00%	78.13%	6.25%	0.00%	12.50%	0.00%		
	3	75.00%	28.13%	0.00%	68.75%	6.25%	3.13%	18.75%	0.00%		
4	1	68.75%	90.63%	6.25%	6.25%	6.25%	3.13%	12.50%	0.00%	6.25%	0.00%
	2	68.75%	100.00%	0.00%	0.00%	6.25%	0.00%	25.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	3	78.57%	68.75%	0.00%	0.00%	0.00%	28.13%	21.43%	3.13%	0.00%	0.00%
	4	56.25%	53.13%	0.00%	0.00%	0.00%	34.38%	37.50%	12.50%	6.25%	0.00%

表4. 中国語母語話者と日本語母語話者による撥音語発話におけるアクセントパターンの使用割合

		発話のアクセント型									
モーラ数	撥音の位置	0(平板型)		1(頭高型)		2(中高型)		3(中高型)		4(尾高型)	
		C	J	C	J	C	J	C	J	C	J
3	2	43.75%	15.63%	43.75%	84.38%	6.25%	0.00%	6.25%	0.00%		
	3	62.50%	21.88%	18.75%	71.88%	12.50%	6.25%	6.25%	0.00%		
4	2	75.00%	90.63%	12.50%	9.38%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.50%	0.00%
	3	50.00%	6.25%	0.00%	0.00%	25.00%	93.75%	6.25%	0.00%	18.75%	0.00%
	4	50.00%	62.50%	0.00%	18.75%	37.50%	18.75%	0.00%	0.00%	12.50%	0.00%

傾聴場面における聞き手の非言語行動と話し手のアイデア生成に関する研究

A Study of Receiver's Non-Verbal Behavior and Proposer's Idea Generation in Attentive Listening Situation

崔豪准†，三輪 和久†
Hojun Choi，Kazuhisa Miwa
†名古屋大学
Nagoya University
choi@cog.human.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

アイデア生成は，創造的認知活動の 1 つであり，それを促進させる様々な手法が提案されている．中でも他者とのインタラクションを通してアイデアを生成する認知プロセスについて多く検討がなされている（Okada et al., 1997；Osborne, 2010）．アイデア生成を促す他者とのインタラクションについて，三宮（2004）は聞き手の非言語行動である，あいづちが話し手のアイデア生成に及ぼす効果について検討し，聞き手のあいづちが多いほど話し手の生成するアイデアの数が増加することを示している．このことは語彙的には少ない情報のフィードバックである非言語行動によってパートナーのアイデア生成が活性化されることを意味している．

本研究ではあいづちのほかに非言語行動の代表の 1 つに挙げられる聞き手からの「注視」に着目する．あいづちと注視がアイデア生成のパフォーマンス及び話し手による，聞き手からの関心・同意・賞賛の認知といった社会的認知や考える意欲にどのような影響を与えるのか明らかにすることを目的とした．

2. 方法

手続き 実験では参加者が話し手であり実験者が聞き手であった．そのため実験の説明と進行を担う説明者を設けた．参加者は実験者から課題文が伝えられると，5 分間の制限時間の中でできるだけ多くのアイデアを口頭で述べた．課題終了後説明者から参加者に対し，聞き手からの関心・同意・賞賛の認知および考える意欲に関するアンケートへの回答が求められた．参加者はこれを 4 試行行った．

課題 4 つの結果予想課題を用いた．具体的には，高齢化・インバウンド・自動運転・プログラミング教育について，今後どのようなことが起きるか予想される結果をアイデアとして尋ねた．

実験計画 独立変数は，あいづちの頻度（多い・少ない）および注視の有無（あり・なし）で 2×2 の参加者内計画であった．あいづちが多い条件で実験者は 5 分間で約 60 回，あいづちが少ない条件では約 5 回のあいづちを打つよう心がけた．注視あり条件では実験者は常に参加者の目を注視し，注視なし条件では常に参加者の後ろに設置されたポインタを見つめていた．

従属変数としては，参加者からの発話からプロトコルを作成し，それをもとにアイデア生成のパフォーマンスとしてアイデア数と連想数，また課題後のアンケートより，聞き手に対する社会的認知の指標として，話し手による，聞き手からの関心・同意・賞賛の認知，さらに話し手の考える意欲を測定した．本研究におけるアイデア数は次の三宮（2004）のルールに従いカウントした．a)結果予想課題に対し，「○○がどうなる」あるいは「○○になったらいい」という形で表せるものをアイデアと見なす．b)アイデアの内容は問わない．c)話し手が述べていることばの中からアイデアを抽出する（言外の意味を文脈から推測しない）．d)他者からのアイデアと本人のアイデアを区別しない．f)1 つのアイデアの細かい具体例はアイデアとしては数えず，もとになるアイデアのみを数える．また参加者が 1 つのアイデアを出す際に，どれだけ具体例の提示や説明をしたのかを測るため，連想数という尺度を設けた．これは参加者の発話を「対話節単位（丸山ら，2010）」で区切り，1 つのアイデアを出すにあたって発話された，具体例や説明を含む対話節の数の平均である．アンケートでは「まったくそう思わない」から「非常にそう思う」までの 5 段階で回答を求めた．

実験参加者 大学生 24 名（M = 19.42, SD = 0.64）で，男性参加者 14 名，女性参加者 10 名であった．

3. 結果

本実験では操作する要因として聞き手からの注視を採用していたが実験中，実験者の方を見ない参加者も一定数存在した．そこで録画した映像を分析し，話し手から視線の向けられる時間が長い方を視線多い群，短い方を視線少ない群とした．それぞれの分散分析の結果を Table 1 と Table2 に示す．

あいづち要因について，両群の関心・同意・賞賛の認知，また考える意欲に対して，傾向も含め有意な効果が見られた．アイデア数については視線多い

Table 1 話し手からの視線多い群の分散分析の結果

	あいづち多い		あいづち少ない		主効果 F (1,11)	
平均（標準偏差）	注視あり	注視なし	注視あり	注視なし	あいづち	視線
アイデア数	4.67 (1.07)	4.25 (1.48)	5.33 (1.23)	4.92 (1.51)	3.32†	1.10
連想数	8.60 (2.80)	9.09 (3.47)	7.17 (3.32)	7.66 (3.83)	6.54*	1.44
関心の認知	3.67 (0.89)	2.92 (1.08)	3.17 (0.72)	2.33 (0.98)	8.19*	14.44**
同意の認知	3.50 (0.52)	2.83 (0.58)	3.00 (0.43)	2.42 (0.67)	12.44**	10.19**
賞賛の認知	2.58 (0.90)	1.92 (0.79)	2.00 (0.74)	1.67 (0.78)	6.71*	13.20**
考える意欲	3.33 (1.07)	2.33 (1.15)	2.42 (0.79)	2.08 (0.79)	4.77†	14.08**

Table 2 話し手からの視線少ない群の分散分析の結果

	あいづち多い		あいづち少ない		主効果 F (1,11)	
平均（標準偏差）	注視あり	注視なし	注視あり	注視なし	あいづち	視線
アイデア数	4.67 (2.39)	4.50 (1.73)	4.42 (1.83)	5.42 (2.15)	1.11	2.43
連想数	6.87 (3.53)	7.79 (2.69)	6.49 (4.08)	5.65 (2.83)	5.10*	1.44
関心の認知	3.42 (0.79)	3.00 (1.28)	3.08 (0.90)	2.92 (1.00)	4.66†	1.96
同意の認知	3.17 (1.03)	3.17 (0.83)	2.67 (0.89)	2.92 (0.67)	9.00*	0.58
賞賛の認知	2.42 (0.90)	2.58 (0.90)	2.00 (0.85)	2.00 (0.95)	9.43*	0.27
考える意欲	2.92 (0.79)	2.75 (0.87)	2.50 (0.80)	2.25 (0.75)	4.12†	1.21

†p < .10, *p < .05, **p < .01

群でのみ有意傾向が見られた．注視要因について，話し手からの視線が少ない群では，いずれの項目に対して効果を示さなかった．一方，話し手からの視線が多い群では，いずれの社会的認知及び考える意欲に対して注視の有無の主効果が有意であったが，アイデア数に注目するとその主効果は見られなかった．両群でそれぞれの項目に対するあいづち要因と注視要因の交互作用はいずれも見られなかった．

4. 考察

本研究の目的はあいづちと注視が，アイデア生成のパフォーマンス，及び話し手に対する聞き手からの関心・同意・賞賛の認知や考える意欲にどのような影響を与えるのか検討することであった．実験の結果，まずアイデア生成のパフォーマンスに影響を及ぼしたのはあいづちのみであり，注視は影響を及ぼさないことが明らかなった．

一方聞き手のあいづちが多いことや注視があることによって，話し手の社会的認知や考える意欲が有意に高まることが示された．話し手から視線が向けられる時間が多いときに限られるが，注視もあいづちと同様に話し手の社会的認知を高め，考える意欲といった動機づけを高めると考えられる．このように両者は同じ非言語行動であっても異なる機能があることが確認された．

ところで，本実験ではアイデア数に対するあいづち要因の主効果が見られたものの，三宮（2004）とは反対に，あいづちが少ないときに有意にアイデア数が増加した．その原因として三宮（2004）と本実験の間に参加者内・参加者間計画という実験計画の差異があったことが挙げられる．つまり本実験において参加者は，例えば直前まで多かった聞き手のあいづちが突然減少するという状況でアイデアを伝えていた．アイデア生成は個人の経験や傾向性が制約となって利用可能な知識の探索範囲が規定されると考えられ（開ら，1998），この時負のフィードバックにより制約を緩和させ，広範な知識の利用可能性を高めることが知られている（清河ら，2010）．本実験において，あいづちが少ないほどアイデア数が増加し連想数が減少したことは多様な知識を探索したことを意味する．このことは，直前まで多かったはずのあいづちの減少が「これではダメだ」という負のフィードバックとして機能したと考えられる．

今後の課題としてあいづちの頻度に関して参加者間計画で実験を行い，あいづちによる発想促進効果逆転の要因を特定する必要があるだろう．

文献

[1] 開一夫・鈴木宏昭 (1998). 表象変化の動的緩相理論―洞察メカニズムの解明に向けて―. *認知科学*, *5*, 69-79.

[2] 清河幸子・鷲田祐一・植田一博・Eileen Peng (2010). 情報の多様性がアイデア生成に及ぼす影響の検討. *認知科学*. *17*(3), 635-649.

[3] 丸山岳彦・高梨克也・吉田奈央 (2010). 対話研究にふさわしい統語的単位の認定基準—対話節単位の設計—. *言語処理学会*, *16*, 387-390.

[4] Okada, T., & Simon, H. A. (1997). Collaborative discovery in a scientific domain. *Cognitive Science*, *21*, 109-146.

[5] Osborne, J. (2010), Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, *328*(5977), 463-466.

[6] 三宮 真智子 (2004). コプレズンス状況における発想支援方略としてのあいづちの効果―思考課題との関連性―. *人間環境学研究*, *2*, 23 –30.

自他交替動詞を含む英語構文の中間言語の分析
Analysis of JLE's Interlanguage Grammar for the Alternating-Verb Structures

稲葉　えいり
Eiri Inaba

愛知県立大学国際言語文化研究科
Graduate School of International Cultural Studies, Aichi Prefectural University
eiina641_astro@yahoo.co.jp

概要

本研究では、非対格動詞（自他交替有り）の習得について、他動詞文、自動詞文、過剰受動文の容認・否認の観点から学習者の形成する中間言語規則を類型化して分析した。その結果、主に 5 つの類型が見られた。英語熟達度が上がっても変化せず、化石化の可能性のある類型も見られた。中間言語規則は、目標言語規則に向かってまっすぐに再構築されるとは限らないことも示唆された。長期観察等による研究が課題となった。

キーワード：中間言語、非対格動詞，過剰受動化, (interlanguage, unaccusative verb, overpassivization)

1. 研究の目的と背景

本研究は、非対格動詞（Perlmutter, 1978）を含む英語の構文の習得研究である。非対格動詞（unaccusative verb）には、自動詞用法だけの動詞（occur, happen，exist 等）、自他交替し、他動詞用法、自動詞用法の二つがある動詞（open, close, role 等）の 2 種類があり、英語学習者には習得しにくいものの一つと考えられている(Oshita, 2000; Yamakawa, 2008 等)。特に、これらの動詞の自動詞用法を否認し、過剰受動文を容認する誤用は、日本人学習者（Kondo, 2005; 佐藤, 2015 等）だけでなく、中国語（Ju, 2000）、韓国語（Shin, 2011）、その他の言語（Montrul, 2000）を母語とする英語学習者にも見られることが報告されている。

非対格動詞を用いた構文における誤りは、学習者の形成している中間言語規則に基づいて起こるものだと考えられる。中間言語とは、Selinker (1972)が提唱した概念で、人間は脳内には潜在的な言語体系が存在し、第二言語学習者が目標言語を習得していく過程でその言語体系を参照しながら目標言語とも学習者の母語とも異なる独自の言語体系を構築するという仮説である。中間言語は第二言語習得が進展するにつれて変化し、次第に目標言語の体系に近づいていくと考えられている。中間言語の形成の過程では第一言語転移、第二言語規則過剰般化、化石化や停滞化等が起こることが知られている。

本研究では、自他交替のある非対格動詞を用いた構文について、日本人大学生がどのような中間言語規則を形成しているかを明らかにする。他動詞文（NP＋V+NP）、自動詞文（NP＋V）、過剰受動文（*NP＋*be*+V*en*）の 3 つの構文について、文法性判断タスクを用いて調査を行い、これらの 3 種類の構文の容認・否認の組合せを類型化し、学習者の中間言語規則がどのようなものかを探る。具体的には、以下の点を研究課題とする。

(1) 学習者は非対格動詞について、どのような類型の中間言語規則を形成しているか。
(2) 英語の習熟度別の中間言語規則の特徴は何か。
(3) 中間言語規則は、英語の熟達とともにどのように変化していくか。

2. 先行研究と研究の意義

これまで、非対格動詞の習得については、非対格動詞を用いた構文（他動詞文・自動詞文・過剰受動文）の誤用の種類に関する研究、これらの構文の習得難易度に関する研究、誤用の要因に関する研究、習得の道筋に関する研究等が行われてきた。これらの研究では、言語コーパス、文法性判断タスク、選択式のテスト、文の産出タスク等を用いて収集したデータが研究目的に合わせて用いられ、その多くは、非対格動詞の他動詞文・自動詞文・過剰受動文の正答率、正答数、平均値等を別々に集計して、習得難易度や習得順序等を比較している。

筆者の先行研究（稲葉, 2019）においても、自他交替のある非対格動詞を含む他動詞文、自動詞文、過剰受動文について、文法性判断タスクを用いて日本人大学生に調査し、用法別（他動詞用法、自動詞用法）の難易度、英語の熟達度との関わり、動詞による難易度の違い等について考察している。結果、全体として自動詞文を正しくないと判断する傾向、過剰受動文を正しいと判断する傾向が見られることを提示したが、総体として学

習者のもつ中間言語体系の提示には至っていない。

そこで、本研究では、上述の研究をさらに進め、学習者が中間言語にどのような文法概念や規則を有しているかを追究する。ここでは、各学習者が非対格動詞を用いた 3 つの構文（他動詞文・自動詞文・過剰受動文）をどのように捉えているかに着目し、文法性判断タスクの回答（容認・否認）の組合せを類型化して分析することにより、学習者がどのような中間言語規則を形成しているかを明らかにする。そして、英語の熟達度との関わりから特徴や変化を考察することで、非対格動詞（自他交替無し）の習得に関する新たな知見を得ることをめざしている。

3. 研究の方法

3.1 研究参加者

研究参加者（以下、参加者）は、日本の大学の学部 1～4 年生の日本人学生 104 人である。TOEIC 試験の得点で下位群（平均点 381 点）45 人、中位群（平均点 523 点）44 人、上位群（725 点）15 人にグループ分けした。表 1 は 3 グループの TOETC の点の記述統計量である。

これらの 3 グループ間の TOEIC の点に統計的有意差が見られるかどうかを調べるために、一元配置分散分析により等分散性の検定を行った。その結果、自由度 2、F 値 147.284、p 値 <.001 で、3 グループ間には 1% 水準で有意差が見られた。よって、3 グループは熟達度が異なると判定した。

表 1 参加者の TOEIC スコアの記述統計量

グループ	*n*	*Max.*	*Min.*	*M*	*SD*
下位群	45	525	195	381	65
中位群	44	650	300	522	75
上位群	15	860	655	725	62
合計	104	860	195	490	135

3.2 調 査

文法性判断タスクでは、自他交替のある非対格動詞を用いた以下の（A）（B）（C）に例示した３つの構文の正否が正しく判断できるかどうかを調査した。（A）は自他交替のある動詞‘close’の他動詞用法の自動詞文で、正しい文（以下、「正文」）である。（B）は自動詞用法の能動文（自動詞文）で、正文である。（C）は自動詞用法の受動文で、過剰受動化されている（以下「、過剰受動文」）ので、誤った文（以下、「非文」）である。

(A) John *closed* the door. [NP + V + NP]
（他動詞用法・正文／他動詞文）
(B) The door *closed* immediately. [NP + V]
（自動詞用法・正文／自動詞文）
(C) *The door *was closed* automatically. [NP + be + V*en*]
（自動詞用法の受動文・非文／過剰受動文）

ここでは、10 個の非対格動詞（‘close’ ‘roll’ ‘break’ ‘dry’ ‘change’ ‘drop’ ‘decrease’ ‘melt’ ‘start’ ‘grow’ ）を用いた他動詞文、自動詞文、過剰受動文、合計 30 文について調査した。動詞は、Perlmutter (1978)の非対格動詞、非能格動詞の分類に沿って選んだ。また、先行研究（Zobl, 1989 他）の中で産出された誤用例として取りあげられたもの、先行研究で扱われたもの（Kondo, 2005; Yamakawa, 2008; Sato, 2013 他）で、一般に日本の大学入学までに学習する語彙と考えられるものを選んだ。

文法性判断タスクは、「1. 正しいと思う」、「2. 正しくないと思う」、「3. 分からない」の 3 択から 1 つ選択する形式で回答を求めた。複数の英語母語話者に調査文のネイティブ・チェックをしてもらい、全員の回答が一致することを確認した。調査文は、全て平易な語彙から成る 1 文である。調査には、本調査以外の文も含まれており、それらと混ぜて不規則な順序で配列した。

3.3 中間言語規則の類型

中間言語規則の分析は、（A）（B）（C）タイプの文を 3 種類 1 組にし、容認（「正しいと思う」）・否認（「正しくないと思う」）の組合せ（K）により、以下の K1～K8 の 8 種類、5 類型（K1～K5-8）に分類した。そして、参加者ひとり一人が提示された 3 つの構文についてどの類型で回答したかを分析した。（　　）内は、他動詞文（A）・自動詞文（B）・過剰受動文（C）の回答の組合せを示す。K5-8 は他動詞文の否認を含む組合せを一つにまとめた。そして、それぞれの組合せから想定される中間言語規則（ILG/Interlanguage Grammar）の類型に仮称を付けた。以下の中間言語規則の類型で非文には、* 印を付した。

K1　目標言語規則型（A 容認・B 容認・C 否認）
K2　過剰受動文容認型（A 容認・B 容認・C*容認）
K3　自動詞文・受動文混乱型
（A 容認・B*否認・C*容認）
K4　自動詞文否認型（A 容認・B*否認・C 否認）
K5-K8　他動詞文否認型
K5：A 否認／B 容認／C 否認
K6：A 否認／B 容認／C*容認
K7：A 否認／B*否認／C 否認
K8：A 否認／B*否認／C*容認

K1 は目標言語の正しい文法規則である。K2 は過剰受動文（C）を容認する中間言語規則である。K3 は自動詞文（B）を否認し、過剰受動文（C）を容認するので、自動詞文と過剰受動文が混乱している中間言語規則である。K4 は自動詞文（B）を否認する中間言語規則である。

K5~K8 は、他動詞文を否認するその他の組合せである。基本的と考えられる他動詞文を否認していることから、中間言語にはまだ規則が形成されていない状態、不安定な状態等、混沌としている状態と考えられる。

4.　結果と考察

4．1　中間言語規則 の分布（研究課題 1）

先ず、研究課題 1 の学習者は非対格動詞について、どのような類型の中間言語規則を形成しているかを検討する。表 2 は、K1～K8 の類型の記述統計量を示している。Sum は各類型（K）の合計数、Mean は平均値を表している。

分布を見ると、K1~K8 まで、全ての類型が見られる。中でも、K1～K4 の合計（平均値）が高く、この 4 類型が全体の約 75%を占める。K5～K8 はそれぞれの割合が低いが、合計すると約 25%を占める。よって、参加者の主な中間言語規則として、K1~K4 の 4 類型があげられることが分かった。また、K5～K8 に見られるようは、中間言語規則形成の前段階にある参加者がいることも明らかになった。この結果から、参加者は非対格動詞（自他交替有り）について、いくつかの異なる中間言語の体系に基づいて文法性判断をしていることが分かった。これは、3 つの構文の難易度（正答率等）を別々に集計していては、見えていなかった側面である。

表 2　K1~K8 の類型の記述統計量

ILG	*N*	*Min*	*Max.*	*Sum*	*Mean*	*SD*
K1	104	0	7	240	2.31	1.885
K2	104	0	10	249	2.39	1.882
K3	104	0	8	194	1.87	1.625
K4	104	0	5	105	1.01	1.038
K5	104	0	4	80	0.77	0.927
K6	104	0	3	77	0.74	0.836
K7	104	0	4	40	0.38	0.741
K8	104	0	4	55	0.53	0.812
K5-8	104	0	8	252	2.42	1.772

4．2　熟達度別の特徴（研究課題 2）

次に、研究課題 2 の英語習熟度別（下位群・中位群・上位群）の中間言語規則の特徴を考察する。

はじめに下位群の中間言語規則の類型の分布を見る。図 1 は、下位群の K1～K8 の類型の割合を示している。一番多いのは、K2 の 24.0%である。次に K1 と K3 の 18.0%である。K4 以下の類型は 10%以下である。

よって、下位群では、過剰受動文容認型の中間言語規則を形成している参加者が多いことが分かった。また、自動詞文・受動文混乱型も見られ、正しい文法規則（目標言語規則型）を構築している割合は低いと言える。

また、他動詞文否認型の割合の合計は、約 30%を占め、中間言語規則が混沌としている参加者も多く存在することが明らかになった。他動詞文は、習得が比較的困難ではないと言われているが、下位群では、誤って理解している学習者もいることが分かる。

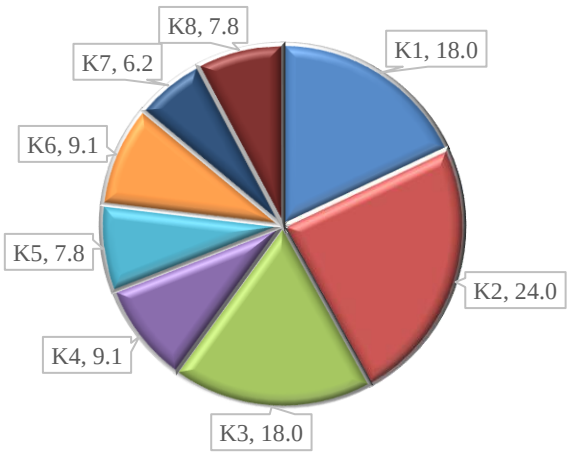


図 1. 下位群の K1-K8 の類型の割合の分布

次に、中位群の特徴を見る。図 2 は、中位群における K1～K8 の類型の割合の分布である。K2 が 27.0%で、最大である。次に、K1 が 24.3%である。続いて、K3 が 18.0%、K4 が 10.0%である。残りの K5～K8 の類型はそれぞれ 10%以下である。

よって、目標言語規則型の割合は増加し、正しい文法規則を形成できるようになってきていることが分かる。しかし、過剰受動文容認型の割合、及び、自動詞文・受動文混乱型の割合は、下位群と比較してもあまり変化してない。したがって、この熟達度で留まっている中間言語規則であると考えられる。K4 についても、再構築されにくい中間言語規則の可能性がある。

一方、他動詞文否認型の割合の合計は約 20%に減少し、次第に何らかの中間言語規則が形成されてきたことが示唆される。

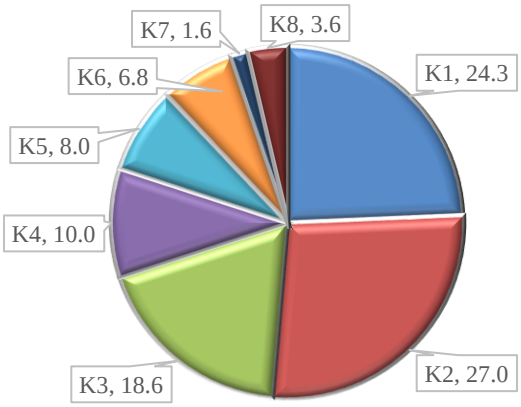


図 2. 中位群の K1-K8 の類型の割合の分布

続いて、上位群における中間言語規則の類型の分布を見る。図 3 は、上位群における K1～K8 の類型の割合を示している。K1 が 34.7%で、最大である。次に K3 が 20.7%で、K2 の割合は 18.0%と少なくなっている。K4 は 13.3%であるが、残りの K5～K8 の類型は K5 を除いて 5%以下である。

よって、上位群においては、目標言語規則型の割合は増加し、正しい文法規則を形成できていることが分かる。一方、自動詞文・受動文混乱型が一番多いのが特徴である。自動詞否定型は増加し、過剰受動文容認型と同じぐらいの割合で見られる。他動詞文否認型の合計の割合は少なく、中間言語規則の形成がさらに進んだと考えられる。

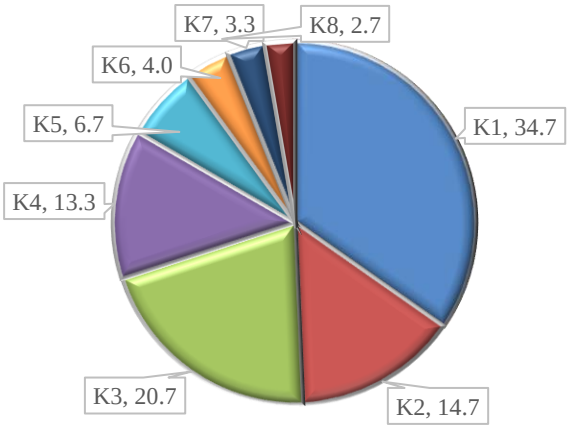


図 3. 上位群の K1-K8 の類型の割合の分布

4．3　中間言語規則の変化（研究課題 3）

研究課題 3 の学習者の中間言語規則は、英語の熟達とともにどのように変化していくかについて考察する。ここでは、K1～K5-8 の類型の平均値が下位群から上位群にかけてどのように変化するかを検討する。図 4 は、K1～K5-8 の平均値の推移を示している。表 4 は、クラスカル・ワリス検定によるグループ間の平均値の差の検定結果の一覧である。

K1 の平均値は、下位群で 1.80、上位群 3.47 で、統計的に有意な増加が見られた。よって、熟達度が上がるとともに目標言語規則の習得が進むと言える。K2 は、下位群で 2.40、上位群で 1.47 に減少しているが、統計的有意差には至らなかった。

K3 は、下位群で 1.80 であるが、上位群でもあまり変動が見られない。統計的な有意差もない。K4 についても、下位群で 0.91、上位群で 1.33 であるが、統計的有意差は見られなかった。よって、これらは、熟達度が上がってもそのまま保持されている中間言語規則であると言える。

一方、K5-8 は、下位群では 3.09 であるが、上位群では 1.67 で、統計的に有意な減少が認められた。よって、混沌状態から、中間言語の文法体系が形成されていくことが示唆された。その体系が目標言語規則なのか、その他の中間言語規則の類型の一つなのかは、今回の調査からは特定できないので、この点を明らかにするには、更なる調査分析が必要であると考えられる。

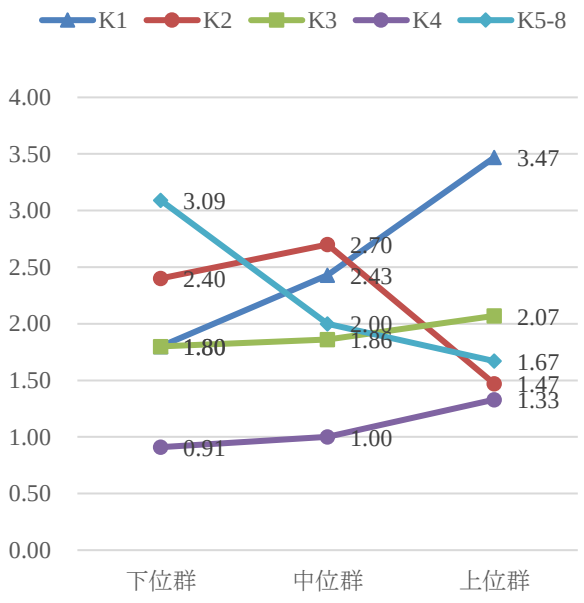


図 4. K1～K5-8 の類型の平均値の推移

表 4 クラスカル・ワリス検定の結果

	K1	K2	K3	K4	K5-8
Kruskal-Wallis H	7.199	4.723	0.281	1.664	9.723
df	2	2	2	2	2
Asymp. Sig.	.027*	.094	.869	.435	.008**

両側検定, $^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$

5. まとめとディスカッション

本研究では、非対格動詞（自他交替有り）の習得について、非対格動詞（自他交替有り）の他動詞文、自動詞文、過剰受動文の容認・否認の組合せから、8 種類 5 類型の中間言語規則を想定して、その分布の割合を考察し、以下の結果を得た。

学習者（参加者）の中間言語規則には、主に目標言語規則型、過剰受動文容認型、自動詞文・受動文混乱型、自動詞文否認型の 4 類型が見られた。よって、目標言語規則型を除くこれらの 3 類型は、非対格動詞に関する典型的な中間言語規則であることが示唆された。

他動詞文の否認を含む 4 種類の文（他動詞否認型）は、それぞれの割合は少なかったが、合計すると約 2 割を占めた。先行研究（Oshita, 2000 ; Yamakawa, 2008 他）では、他動詞文を容認することは、比較的容易であると考えられてきたが、他動詞文の否認を含む中間言語規則が見られることが典型的な中間言語規則の一つであることも明らかになった。

中間言語規則の分布を英語熟達度との関わりの観点から分析した結果、目標言語規則は、熟達度が上がると習得が進むことが分かった。過剰受動文容認型、自動詞文・受動文混乱型、自動詞文否認型に関しては、統計的に有意な変化は見られないこと、上位群でも一定の割合で見られることから、化石化や停滞化しやすい中間言語規則であることが示唆された。

他動詞文否認型は熟達度が上がると、統計的に有意な減少が見られ、次第に、混沌状態から抜けて、何らかの中間言語の文法体系が形成されていく可能性が示唆された。それは、必ずしも目標言語の文法になるとは限らない。中間言語の文法を経て、目標言語の文法規則を構築することもある。本調査の結果からだけでは、その過程を検証することはできないので、長期観察等によるさらなる考察が必要である。

目標言語規則型の割合は、上位群でも約 35%で、習得が容易でないと言える。過剰受動容認型は、習熟度の下位群、中位群に多く見られた。自動詞文・受動文混乱型は、下位群から上位群までほぼ 20%の割合を占めた。

過剰受動容認型、自動詞文否認型、自動詞文・受動文混乱型の 3 類型の合計は、どの習熟度レベルにおいても中間言語規則の約半分を占める。よって、誤った中間言語規則を正しく再構築するのは容易ではなく、学習者の中間言語の中に停滞する可能性が提示された。

6. 結論と今後の課題

本研究では、非対格動詞（自他交替有り）の習得について、他動詞文、自動詞文、過剰受動文の容認・否認の観点から学習者の形成する中間言語規則を類型化して分析した。その結果、非対格動詞の自他交替用法の完全な習得（3 つの構文に正しく理解すること）は、日本語を母語とする大学生には、それほど容易ではないことが明らかになった。その習得の過程では、いくつかの中間言語の類型が見られ、学習者が非対格動詞について形成している中間言語は必ずしも一種類ではないことも分かった。そして、中間言語規則は、英語の熟達と共に変化する場合もあれば、化石化する場合もあることが示唆された。変化がまっすぐに目標言語規則に向かうかどうかは、本調査だけでは明らかにすることはできず、長期観察による研究等が課題となった。以上の結果は、今回調査した研究参加者、及び、その英語熟達度の範囲についてのみ言えることなので、今後はより研究対象を広げていく必要がある。

資　料

文法性判断タスクの調査文

(A) 他動詞文

(1a) He closed the door.
(2a) He rolled the ball.
(3a) He broke the wineglass.
(4a) He dried the shirt outside.
(5a) He changed his address.
(6a) He dropped his cell phone.
(7a) He decreased the speed of the car.
(8a) The sun melted the snow.
(9a) He started the meeting.
(10a) She grows tomatoes.

(B) 自動詞文

(1a) He closed the door.
(2a) He rolled the ball.
(3a) He broke the wineglass.
(4a) He dried the shirt outside.
(5a) He changed his address.
(6a) He dropped his cell phone.
(7a) He decreased the speed of the car.
(8a) The sun melted the snow.
(9a) He started the meeting.
(10a) She grows tomatoes.

(C) 過剰受動文

(1c) *The flower is closed around the sunset.
(2c) *The ball was rolled quickly down the hill.
(3c) *The old chair was broken year by year.
(4c) *The shirt was dried fast with a breeze.
(5c) *The weather in London is often changed.
(6c) *The temperature was dropped.
(7c) *The population was decreased in Japan.
(8c) *The snow in the mountain is melted in March.
(9c) *The school was started yesterday.
(10c) *Tropical trees are grown fast in Indonesia.

参考文献

[1] Balcom, P. (1997). Why is this happened? Passive morphology and unaccusativity. *Second Language Research, 13(1)*, 1-9.
[2] Ju, M. -K. (2000). Overpassivization errors by second language learners: The effect of conceptualizable agents in discourse. *Studies in Second Language Acquisition 22*, 85-111.
[3] 稲葉えいり（2020）.「英語の過剰受動文の文法性判断の分析－熟達度の観点から－」『愛知県立大学大学院国際文化研究科論集』21, 愛知県立大学大学院国際文化研究科, pp. 1-19.
[4] Kondo, T. (2005). Overpasivization in second language acquisition. *IRAL (International Review of Applied Linguistics)*, 43, 129-161.
[5] Montrul, S. (2000). Transitivity alternations in L2 acquisition: Toward a modular view of transfer. *Studies in Second Language Acquisition, 22*, 229-273.
[6] Oshita, H. (2000). What is happened may not be what appears to be happening: A corpus study of 'passive' unaccusatives in L2 English. *Second Language Research, 16(4),* 293-324.
[7] Perlmutter, D. M. (1978). Impersonal passives and the unaccusative hypothesis. *Proceedings of the Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society 4*, 157-189.
[8] 佐藤恭子（2015）.『非対格動詞の受動化はなぜ起こるのか～*An accident was happened*, をめぐって』渓水社.
[9] Selinker, L. (1972). Interlanguage. *IRAL (International Review of Applied Linguistics)10*, 209-231.
[10] Shin, J.-A. (2011). Overpassivization errors in Korean college students' English writings. *Korean Journal of Applied Linguistics 27(3)*, 255-273.
[11] Yamakawa, K. (1994). Error analysis of a passive sentences written by Japanese learners of English : With reference to native language transfer. *ARELE (Annual Review of English Language Education in Japan) 5*, 101-110.
[12] 山川健一（2008）『英語の非対格動詞の第二言語習得』安田女子大学言語文化研究所.
[13] Zobl, H. (1989). Canonical typological structures and ergativity in English L2 acquisition. In Gass, S. M. & Shachter, J. *Linguistic perspectives on second language acquisition*. New York: Cambridge University Press (pp. 203-221).

他者の意見における多様性の違いが自身の意見変化に及ぼす影響
Effects of differences in diversity within opinions of others on our opinion changes

荒井 武蔵[†]，山崎 治[‡]
Musashi Arai, Osamu Yamazaki
[†] 千葉工業大学大学院，[‡] 千葉工業大学
Graduate school of Chiba Institute of Technology, Chiba Institute of Technology
s1632005RK@s.chibakoudai.jp

Abstract
In this research, we focus on differences in diversity within the opinions of others and investigate how differences in diversity change our opinions. Participants were asked to comment on the use of new media in education. After that, We showed 10 other people's opinions who manipulated diversity to the previous question, and asked again for the same question. As a result, The high diversity within the opinions of others promotes further improvement in the quality of text content.

Keywords ― differences in diversity, opinions of others, opinion changes

1. はじめに

近年，研究活動や企業における新規事業・サービス企画，開発など，様々な場面で，新規で創造性のあるアイディアを生み出す力が求められている．21 世紀は知識社会，あるいは Creative Society の時代であると指摘されており，人々が持つ知識創造能力をよりよく引き出し，活用できるようにすることが求められている[1].

清河・鷲田・植田・Eileen[2]は，創造的なアイディア生成を促進するためには，人の主観的な関心や注意といった内的な制約を緩和させることが重要であり，その有効な手がかりとして，他者の意見を外的な情報として呈示する方法を挙げている．また，奈田・丸野[3]は，自分とは異なる他者の意見を聞き，双方の意見を比較・検討し，自分の意見を捉え直すという自己省察を行うことで，問題解決に有効な解決方略の内面化が促されることを示している．このように，他者の意見を外的な情報として呈示することは，自分の意見と他者の意見との相違を診断する過程で，その相違を自己のものとして取り込むことができ，自身の理解を深めることができるという知識の洗練化が期待できる．

一方で，他者の意見を外的な情報として呈示することから，それらの情報に固着し，新たな制約となることで，かえって自分の考え方の視野を狭めてしまうことも考えられる．松井・林・三輪・寺井[4]は， 図地反転課題を用いた課題の解決過程において多数派と少数派で異なる視点に着目し，多数派，および 少数派のメンバーが他者視点を理解し，それに基づく視点の統合に導かれるプロセスについて実験的検討を行った．その結果，多数派はエゴセントリックな態度を作り出し，自分の視点へ固執したことが示された．このことから，他者の意見を外的な情報として呈示する際にも同様のことが予想される．それぞれの意見に偏りが生じている状況，いわゆる多数派の意見，少数派の意見が生じている状況では，多数派の意見に固執してしまうことから，少数派の意見に含まれる有益な情報を見逃してしまう恐れがあると考えられる．このように他者の意見の呈示は，アイディアの質を高める方向にも低める方向にも働きうる．この違いは，呈示される他者の考え方に関する特質や呈示のされ方により生まれることが予想され，このことから他者の意見に含まれる「多様性」の違いが重要な要因であることが考えられる．清河他[2]は情報抽出を含めたアイディア生成プロセスに関する枠組みとして，現実世界から抽出された情報を「一次的な情報」，一次的な情報の中からさらに取捨選択され，アイディア生成の直接的な手がかりとなるべく抽出された情報を「二次的な情報」とし，創造的なアイディア生成を促進するための方策についての検討を行った(図 1).

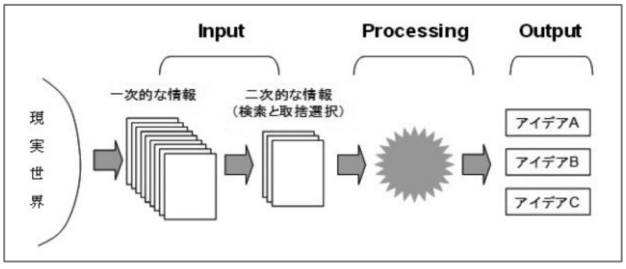


図 1 アイディア生成プロセス[2]

その結果，アイディア生成時に利用された情報の多様性が生成されるアイディアの質に影響するとともに，単に多様な情報を与えるだけでは，アイディアの質を高める上で十分ではないことも明らかとなった．

先行研究では,「多様性」を情報が属する意味的カテゴリによって捉え，記事中のタイトルとキーワードを意味のまとまりに分割し，各記事の内容を反映する語句(トピックワード)の重複度合いにより, 多様性の異なる情報セットを作成した. しかし, 他者の意見の場合, 同一の語句(トピックワード)であっても, 意見の構造が変化していることで, 様々な解釈で捉えることができ, より，柔軟な思考を促す可能性が考えられる．そこで本研究では，呈示する他者の意見に含まれる意見の多様性の質的な面に着目し，特に，多様性を操作する上での構造的側面として，他者の意見に含まれる意見の「総論(賛否)の一致・分散」と「理由となる観点のカテゴリー数」の操作を行った．

2. 目的

本研究では，呈示する他者の意見に含まれる意見の多様性に着目し，多様性の違いが自身の意見変化にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的とする．そこで，様々な考え方が想定できる意見記述課題を設定し，多様性の異なる他者の意見を呈示する前後において，自身の意見変化に与える影響を検証するための実験を行った．加えて，創造性を促進させるための有効な他者意見の活用方法について検討をした．なお，本研究における「意見変化」は，他者の意見の呈示前後における，自身の意見の深まりや具体性の向上を指すものとする．

3. 方法

3.1 材料

3.1.1 課題の選定

「教育における新しいメディアの利用」に関する意見を求める課題として．「意見記述」「再考記述」の 2 つの課題を選定し，自由記述の回答フォームをリアルタイム評価システム「REAS」を用いて作成した．「意見記述」,「再考記述」の各課題内容を表 1 に示す．

表 1 意見記述課題の内容

意見記述	「現在の教育・学習環境において，ICT を積極的に活用することに賛成か，反対か」というテーマに対して 200 字程度で意見を記述してもらう
再考記述	「他者の意見」を提示した上で，再度，意見記述と同じテーマに対して 300 字程度で意見を記述してもらう

3.1.2 多様性の操作的定義

本実験では，呈示する他者の意見に含まれる「多様性」の違いを次の二点を操作することで定義する．

一点目は，課題に対する総論(賛否)の偏りである．総論の偏りを大きくした(賛否の意見で偏りをもたせた)場合，他者の意見に含まれる総論の意見幅が小さくなるため,「多様性が低い」意見群の操作とみなす. 一方, 総論の偏りを小さくした(賛否の意見を偏りなく混在させた)場合，他者の意見に含まれる総論の意見幅が大きくなるため,「多様性が高い」意見の操作とみなす. ここでは，総論の偏りが大きい条件を「総論一致」条件，総論の偏りが小さい条件を「総論分散」条件とした．

二点目は，意見を主張するうえでの理由となる観点のカテゴリー数である．理由となる観点のカテゴリー数を少なくした(単一の理由のみで意見が主張されている)場合，意見を支える根拠となる意見幅が小さくなるため,「多様性が低い」意見の操作とみなす．一方, 理由となる観点のカテゴリー数を多くした(複数の理由で意見が主張されている)場合，意見を支える根拠となる意見幅が大きくなるため,「多様性が高い」意見の操作とみなす．ここでは理由となる観点のカテゴリー数が少ない条件を「理由一致」条件，理由となる観点のカテゴリー数が多い条件を「理由分散」条件とした．

以上の二点を本実験における「多様性」の操作として定義した．これにより，本実験における多様性の違いは,「総論一致・理由一致」条件,「総論一致・理由分散」条件,「総論分散・理由一致」条件,「総論分散・理由分散」条件の 4 条件によって操作された.「総論一致・理由一致」条件は，他者の意見に含まれる総論の偏りに関する多様性の操作，理由となる観点のカテゴリー数による多様性の操作，ともに多様性が低くなる条件にあたるため，全体として「多様性が低い」条件

として分類する．また，「総論一致・理由分散」条件と「総論分散・理由一致」条件は，他者の意見に含まれる総論の偏りに関する多様性の操作，または理由となる観点のカテゴリー数による多様性の操作のどちらか一方は多様性が低くなる条件にあたり，もう一方は多様性が高くなる条件にあたるため，全体として「多様性が中程度」の条件として分類する．最後に「総論分散・理由分散」条件は，他者の意見に含まれる総論の偏りに関する多様性の操作，理由となる観点のカテゴリー数による多様性の操作，ともに多様性が高くなる条件にあたるため，全体として「多様性が高い」条件として分類する(図 2).

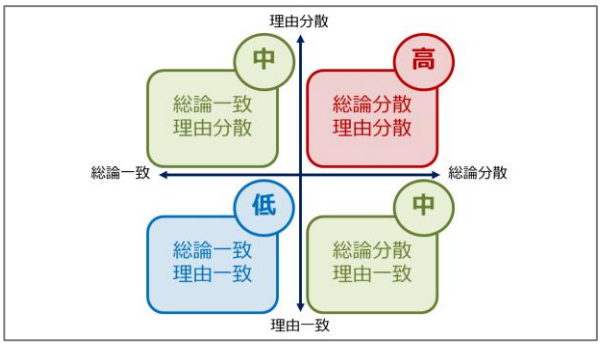


図 2　観点の組み合わせによる実験条件の構成

3.1.3　他者の意見の多様性の操作

本実験で扱う他者の意見は，「意見記述」課題に対して回答された自分以外の回答を集計し，一覧にしたものとして作成した．多様性の異なる他者の意見として，過去に収集されたレポート課題の回答を参考に，「総論(賛否)の一致・分散」「理由の一致・分散」を操作することで，それぞれ 10 人分の意見をまとめた A4 サイズ 2 ページ分の PDF を作成した．

本実験で行った具体的な手続きとしては，まず，総論の偏りによる多様性の操作の場合，「総論一致」条件では呈示する 10 人分の他者の意見に対して 8 人分の総論を同一のものとし，偏りを大きくすることで総論の偏りに関する多様性が低くなる操作とした．なお，総論の偏りを設ける際に賛成意見で偏りを設けた場合と反対意見で偏りを設けた場合の 2 パターンを想定した．一方，「総論分散」条件では呈示する 10 人分の他者意見に対して，5 人分の総論を同一のもの，5 人分の総論を逆の総論とし，賛成／反対の意見が混在することで総論の偏りに関する多様性が高くなる操作とした．総論の偏りによる多様性の操作の関係を表 2 に示す.

表 2　総論の偏りによる多様性の操作

条件	偏り	呈示人数(賛成)	呈示人数(反対)	多様性
総論一致	賛成	8 人	2 人	低
	反対	2 人	8 人	
総論分散		5 人	5 人	高

次に，理由となる観点のカテゴリー数による多様性の操作の場合，「教育現場での新しいメディアの活用」に対する賛否の理由として以下に挙げられる観点のカテゴリーを選抜した.

① 興味・関心を引き，主体的な学びの向上
② 本質的な理解を阻害
③ 情報リテラシーの危険性
　➢ 情報リテラシー教育への有益性
④ 情報リテラシーの危険性
　➢ 不安定な要素が増大し，教育に不向き
⑤ 日常生活におけるメディアの普及・進化
　➢ 世代に適した授業スタイルへの変化
⑥ 日常生活におけるメディアの普及・進化
　➢ 進化が著しく，現場での対応が困難

理由となる観点はそれぞれ，①・③・⑤が賛成意見を支持するうえでのカテゴリー，②・④・⑥が反対意見を支持するうえでのカテゴリーとなっている．③･④，⑤・⑥の観点は理由となる観点のカテゴリーは同一のものであるが，総論としての賛成および反対の両意見に対して，それぞれの理由として用いることができる観点である.

理由となる観点のカテゴリー数による多様性の操作の関係を表 3 に示す. 理由となるカテゴリーの()内にある番号表記は，「総論一致」条件における統一されていない側の意見の理由カテゴリーを意味する．例えば，「総論一致・理由一致」条件で総論の偏りが賛成にある場合, 8 人分の賛成意見をカテゴリー①の理由で統一し，2 人分の反対意見をカテゴリー②の理由でまとめることで他者の意見の作成を行った．また，「理由分散」条件では，他者の意見内に含まれる意見の理由となるカテゴリー数がそれぞれ均一になるように作成を行った.

表 3　理由のカテゴリー数による多様性の操作

条件	総論の偏り	理由となるカテゴリー	多様性
総論一致 理由一致	賛成	①, (②)	低
	反対	(①), ②	低
総論一致 理由分散	賛成	①, (②), ③, ⑤	中
	反対	(①), ②, ④, ⑥	中
総論分散 理由一致		③, ④, ⑤, ⑥	中
総論分散 理由分散		①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥	高

以上から，他者の意見内に含まれる多様性の操作を行い，本実験で呈示する他者の意見を全部で 6 パターン作成した．呈示パターンの詳細を表 4 に示す．

表 4　他者の意見の呈示パターン

	名称	説明	多様性
1	低-賛成	「総論一致・理由一致」条件で賛成に総論の偏りがある	低
2	低-反対	「総論一致・理由一致」条件で反対に総論の偏りがある	低
3	中 1-賛成	「総論一致・理由分散」条件で賛成に総論の偏りがある	中
4	中 1-反対	「総論一致・理由分散」条件で反対に総論の偏りがある	中
5	中 2	「総論分散・理由一致」条件	中
6	高	「総論分散・理由分散」条件	高

3.2　実験参加者

工学系の大学生計 27 名がグループ別もしくは個別で実験に参加した．

3.3　実験計画

呈示する他者の意見に含まれる多様性の違いを要因とした，1 要因 7 水準参加者間計画で実験を行った．他者の意見の呈示パターンとして，多様性が低い他者の意見を 2 水準，多様性が中程度の他者の意見を 3 水準，多様性が高い他者の意見を 1 水準，他者の意見の呈示を行わない統制条件，の 7 水準を設けた．各水準への割り当ては，「低-賛成 : 4 名」「低-反対 : 4 名」「中 1-賛成 : 4 名」「中 1-反対 : 4 名」「中 2 : 4 名」「高 : 5 名」「統制(呈示なし) : 2 名」として割り当てた．

3.4　手続き

各参加者に指定した URL に個人の PC もしくはスマートフォンのブラウザでアクセスしてもらい，参加者各自のペースで回答を進めるように教示した．実験の流れとしては，はじめに課題 1 の「意見記述」課題に従い，回答フォームへの回答を記述してもらった．次に，「課題 1」の回答より，多様性を操作した 10 人分の他者の意見の呈示として教示文文末につけられたリンクから，他者の意見が記載された PDF へアクセスするよう指示した．他者の意見へのリンクは，条件ごとに異なる URL が設定されており，条件に対応した PDF が呈示されるようにした．ここで参加者には，10 人分の他者の意見は読み飛ばさず，すべての意見に目を通してから以降の課題に進むように教示した．なお，「統制(呈示なし)」条件の場合は他者の意見の呈示を行わず，以降の課題に直接進んでもらった．その後， 参加者には呈示した他者の意見をもとに，課題 2 として「再考記述」課題への回答を行ってもらった．呈示した他者の意見はその後の課題 2 においても参照してよいものとした．最後に，課題回答後のアンケートを行い，実験を終了とした．

4.　結果

4.1　評価

「意見記述」「再考記述」課題で回答された文章の評価は，以下の観点を評価者が相対的に評価した．

他者の意見に含まれる多様性の違いが参加者の意見変化に影響するのか評価を行った．評価の仕方として「意見記述」と「再考記述」課題で回答された文章内容の意見変化の大きさを文章内容における評価項目に対し，相対的に比較することで評価を行った．評価項目は文章内容を評価する際に用いる評価項目として「具体性」「妥当性」「論理性」「一般性」「文章の良し悪し」「多角性」の 6 項目を選定した．表 5 に本研究での文章内容における評価項目の詳細を示す．

表 5　文章内容における評価項目

評価項目名	意味
具体性	具体的でわかりやすくなっている
妥当性	確かにその通りだと思える内容になっている
論理性	論理的に(道筋に沿って)述べている
一般性	一般的に適用できる範囲が広がったと思える
文章の良し悪し	文章自体の出来が良くなったと思える
多角性	様々な観点から意見が主張されていると思える

評価尺度はそれぞれ「1 非常に当てはまらない」「2 当てはまらない」「3 やや当てはまらない」「4 どちらとも言えない」「5 やや当てはまる」「6 当てはまる」「7 非常に当てはまる」の 7 段階で,「4 どちらとも言えない」を変化なしの基準としたときの意見変化の大きさを評価した．評価人として情報系の学部・院生 5 名が評価を行った．分析対象者は実験に参加した 27 名のうち，回答に不備があった者を省いた 25 名とした．評価は Google フォームを利用した Web アンケート形式で行った．作成した評価フォームは，回答された「意見記述」と「再考記述」課題の回答を読み，その後，「具体性」「妥当性」「論理性」「一般性」「文章の良し悪し」「多角性」の 6 項目に対し，7 段階での評価を行う過程を，分析対象者である 25 名分繰り返し評価する仕様とした．

4.2　意見変化における評価結果

評価者が「意見記述」と「再考記述」課題で回答された文章内容の意見変化の大きさを，文章内容における項目について，各呈示パターンにおける評価得点の中央値，最大値，最小値のそれぞれが最高得点であった呈示パターンを比較することで分析を行った．全 6 項目について分析を行った結果,「具体性」と「一般性」の項目においては，評価データの中央値，最大値，最小値が最高得点であった呈示パターンがすべて「高」条件という結果となった．以下に「具体性」と「一般性」の評価項目に対して評価した結果を示す．なお，こちらの評価は「1 非常に当てはまらない」から「7 非常に当てはまる」までの 7 段階で評価を行った結果となる．

図 3 に「具体性」の項目における条件ごとの評価データの分布を箱ひげ図として示す．評価データの中央値，最大値，最小値の最高得点であった呈示パターンはそれぞれ，中央値が「高」条件（median=6），最大値が「高」条件（max=6.2），最小値が「高」条件（min=4.8）であった．

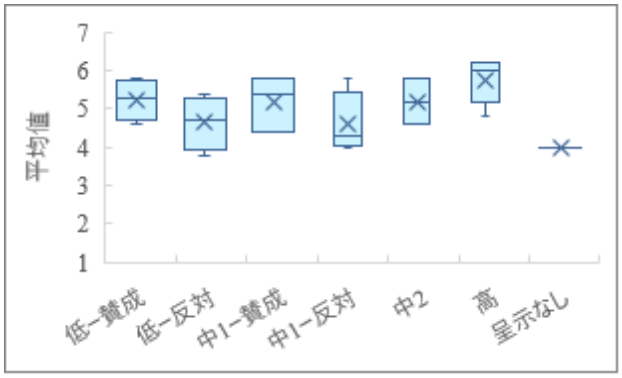


図 3　「具体性」の項目における評価結果

また，図 4 に「一般性」の項目における条件ごとの評価データの分布を箱ひげ図として示す．評価データの中央値，最大値，最小値の最高得点であった呈示パターンはそれぞれ，中央値が「高」条件（median=5.6），最大値が「高」条件（max=5.8），最小値が「高」条件（min=5.2）であった．

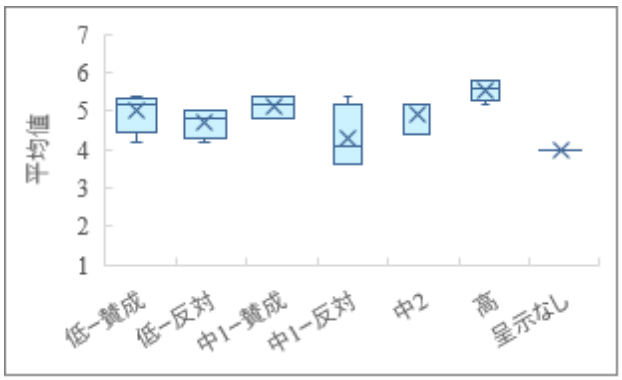


図 4　「一般性」の項目における評価結果

また，本実験では 1 条件あたりにおける実験参加者の人数が少ない点から，評価データである中央値，最大値，最小値のうち，中央値の評価データを最も信頼性が高いものとみなした．その結果，全 6 項目中 5 項目の評価項目(「具体性」,「妥当性」,「論理性」,「一般性」,「文章の良し悪し」)に対する評価データの中央値が最高得点であった呈示パターンが「高」条件という結果となった．

4.3 考察

他者の意見の呈示の有無については他者の意見を呈示した場合，呈示しない場合と比べて文章内容の質が高く評価されることから，他者の意見の呈示は自身の意見レベル(文章内容の質が上がる)の向上に有効なものであったと考えられる．また，各呈示パターンにおける「意見記述」と「再考記述」課題の意見変化の大きさを比較すると，多様性が「高」条件の呈示を行った場合に最も評価が高くなる傾向が見られた．このことから，多様性の高い他者の意見の呈示を行うことで，質の高い意見の確立を促すことが期待できる．

しかし，本実験の流れとして「意見記述」「再考記述」の 2 つの課題を一連の流れで実施したため，他者の意見を十分に吟味することなく，他者の意見を単なる付加情報の一部として利用した可能性が考えられる．特に他者の意見を呈示しない統制条件の場合，「意見記述」と「再考記述」のわずかな間で，意見変化が起こりえない(評価の得点が変動しない)のは当たり前であると考えられる．加えて他者の意見を呈示する場合においても自身の理解深化を促すことなしに，回答された可能性が考えられる．このことから，「意見記述」と「再考記述」課題の間に他者の意見と自身の意見を十分吟味し，自身の意見に深く反映させるための考察期間を設ける必要があったと考えられる．

清河他[2] は，同じ情報を手掛かりにアイディア生成を行った場合にも，どの点に着目するか，またどのように関連性を見出すかによって生成されるアイディアが異なってくると考えられることを言及しており，このことからも創造的なアイディア生成を促進するための要因として新しい着眼点や関連性の発見といった多様性の異なる他者の意見の呈示以外による構成要素が必要となる可能性が考えられる．

5. まとめ

本研究では，様々な意見が想定できる意見記述課題を設定し，呈示する他者の意見に含まれる多様性の違いが，他者の意見を呈示する前後において自身の意見変化に影響を与えるのかを検証することを目的とした．本実験では「意見記述」「再考記述」の 2 つの課題を設定し，各実験参加者に多様性の異なる他者の意見の呈示を行った．また，回答された意見に対し，文章内容における意見変化の大きさについてそれぞれ評価を行った．

結果として，多様性の高い他者の意見の呈示が意見変化における文章内容の質の向上を促す効果が見られた．しかし，本研究では多様性を操作的に定義したことに加え，多様性を低く設定した他者の意見であっても，細かな内容で見ると多様性のある情報として捉えられた可能性や，課題を一連の流れとして行ったことで呈示された他者の意見を自身の意見内に反映しきれていなかったことが考えられる．よって，本実験を正確に調査するためには，より緻密な他者の意見の操作を行い，呈示する他者の意見を十分に吟味させる必要があると考えられる．

文献

[1] 张弛・西本一志, (2017)“多数の人々が持つ多様性を活用する非対等型アイデア創造手法の開発とその効果の検証”，情報処理学会研究報告.GN, グループウェアとネットワークサービス , Vol. 101, No. 19, pp. 1-6.

[2] 清河幸子・鷲田祐一・植田一博・Peng Eileen, (2010)“情報の多様性がアイデア生成に及ぼす影響の検討”, 認知科学, Vol. 17, No. 3, pp. 635-649.

[3] 奈田哲也・丸野俊一, (2009)“他者との協同構成過程での知的方略の内面化はいかにしたら促進されるか”，発達心理学研究, Vol. 20, No. 2, pp. 165-176.

[4] 松井隆幸・林勇吾・三輪和久・寺井仁, (2012)“問題解決状況における多数派と少数派のコミュニケーション過程”，電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, Vol. 112, No. 176, pp. 13-18.

モンティ・ホール問題における信頼の影響
Effect of Trust on the Monty Hall Problem

清水 千加[†]，服部 雅史[‡]
Chika Shimizu, Masasi Hattori

[†]立命館大学大学院人間科学研究科　[‡]立命館大学総合心理学部
[†]Graduate School of Human Sciences, Ritsumeikan University
[‡]College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University

[†]cp0013kh@ed.ritsumei.ac.jp

概要
モンティ・ホール問題は確率推論課題であるが，問題文中に登場する人物と回答者との間に社会的相互作用が想定されている．本研究は，司会者に対する信頼が，この問題の正解率を左右することを実験により明らかにした．司会者に対して不信感を抱くと，司会者の裏切りに対する防衛のため，ドアを変えないという現状維持行動をとる傾向があることが示唆された．

キーワード：確率推論，一般的信頼，社会的交換，ベイズ推論

1. はじめに

モンティ・ホール問題は，反直感的な確率推論課題である．確率論的には「ドアを変える」方が当たる確率が高くなるが，多くの人は「ドアを変えない」選択をすることが，これまでの研究から明らかになっている（たとえば，Granberg, 1998）．しかし，この問題の難しさは，単に確率論的なベイズ推論の困難さだけに起因するわけではない．これまでの研究では，現状維持バイアス（生駒, 2013），後悔（道家・村田, 2007），保有効果（柴崎, 2019）などとの関係性が指摘されてきた．さらに重要なのは，この問題には，「司会者」という他者が登場し，回答者である自分との間に社会的交換が発生する点である．一般に，社会的交換において，自他間には「相手に対する信頼」が存在する（山岸, 1998）．モンティ・ホール問題においては，司会者とのやりとりが，ある種の「かけひき」を連想させ，そのことが，この問題における推論および回答に影響している可能性がある．

問題解決のパフォーマンスが信頼度の影響を受けることは，これまでに多くの研究で明らかにされてきた．時田（2006）は，モンティ・ホール問題において，相手の意図を読み取ろうとする行為が問題の回答に影響を及ぼすことを示した．また，山岸・小杉（1999）は，相手のわからない囚人のジレンマにおいて，他者の行動予想の正確さが予想者の一般的信頼の高さと関連していることを示した．さらに，阿部・中川（2007）は，洞察問題において，登場人物が裏切り者である場合，そうでない場合と比較して正答率が下がることを示した．このように，他者に対する信頼（不信）は，私たちの推論や思考に大きな影響を及ぼしていると言える．

モンティ・ホール問題において「ドアを変えたら損をするかもしれない」という考えは，純粋な確率的推論とは別に，司会者に対する不信感によって強められる可能性がある．ドアを変えてもよいという司会者の発話に，それが自分を不利にする意図に基づくとする解釈の余地があるなら，そのことがドアを変えるという行為を抑制する動機になりうる．つまり，相手に不信感をいだくことが，この問題における保守的な行動を促す要因になっているのかもしれない．そこで，この点を明らかにするために，信頼度を操作することによって，モンティ・ホール問題のパフォーマンスに違いが見られるかどうかを実験によって検討した．また，司会者に対する信頼度が問題解決における推論を変容させるとすれば，信頼度の違いによって選択（＝ドアを変えない（変える）こと）の理由も異なると予想される．そこで，この点についても確認した．

2. 方法

2.1 実験参加者

日本語を使用する男女 232 名が実験に参加した．信頼高操作群には 74 名（男性 32 名，女性 42 名，平均年齢が 22.1 歳），信頼低操作群には 75 名（男性 33 名，女性 41 名，不明 1 名，平均年齢 21.1 歳，ただし 1 名は未回答），統制群には 83 名（男性 36 名，女性 44 名，不

明 3 名，平均年齢 20.8 歳）がそれぞれ無作為に割り当てられた.

2.2 課題

課題は，Google Forms を用いて作成・実施された．課題は 3 パターンを用意し，それぞれ信頼高操作課題（以下，高操作課題），信頼低操作課題（以下，低操作課題），統制課題とした．高操作課題と低操作課題には，司会者の印象を操作する文章を挿入し，統制課題（付録参照）には文章を加えなかった.

高操作課題は，統制課題の該当箇所に次の文章を挿入した.

> さて，あなたにとっては大金を手に入れる千載一遇のチャンスではありますが，司会者はというと非常に頼もしく周りの人間に誠実な人柄です．仕事で周りから一目置かれており，プライベートでも嘘をつかず真面目であるともっぱら評判が高い人間です.

低操作課題は，統制課題の該当箇所に次の文章を挿入した.

> さて，あなたにとっては大金を手に入れる千載一遇のチャンスではありますが，司会者はというと普段からだらしのない人間でこの日も会場に大幅に遅刻してきました．他のスタッフの話ではプライベートでは嘘ばかりつき多数の友人にも借金をしているそうです.

この挿入文は，司会者が信頼できるかどうかを判断する材料となることを意図して作成された．信頼とは，「社会的不確実性が存在しうるにもかかわらず，相手の（自分に対する感情を含めた意味での）人間性のゆえに，相手が自分に対してそんなひどいことはしないだろうと考えること」(山岸, 1998) とした.

課題には，「ドアを変えるか変えないか」についての選択の次に，その理由に関する選択肢を用意した（以下，「選択理由」質問項目とする）．選択肢は，次の 5 つであった．①確率で判断すると当たる確率はあなたも司会者も 2 分の 1 になるから（以下，「2 分の 1」選択肢とする），②確率を計算すると当たる確率はあなたが 3 分の 2・司会者は 3 分の 1 になるから（以下，「3 分の 2」選択肢とする），③司会者はあなたが外れた時に賞金が貰えるかもしれないので，初めの選択で当たりを選んだ時だけ「変えますか？」と聞いてくる可能性がある．あなたが初めに選択したドアが当たりの場合，ドアを変えたあなたは外れ，あなたが最初に選択したドアを司会者の方が当ててしまう可能性が高いから（以下，「不信感」選択肢とする），④最初に決めたものが当たることが多いから（以下，「最初」選択肢とする），⑤その他（ご自身の解答が上記 4 つには当てはまらないと思われる場合）.

その後，参加者には，問題文中の出題者（司会者）をどのくらい信頼しているかを尋ねる質問（以下，「不信」質問項目とする）「あなたはこの司会者があなたに不利になるようなことをすると思いましたか.」という質問に「全くそう思わなかった・あまりそう思わなかった・少しそう思った・とてもそう思った」の 4 件法で回答させた.

2.3 手続き

参加者は，高操作群，低操作群，統制群のいずれかに無作為に割り当てられた．参加者は各群の課題を読んだ後，ドアを変えるか変えないかを選択した．選択後，その選択をした理由に最も近い選択肢を上記の 5 つの中から選択し，司会者に対する信頼度を回答した.

3. 結果

ドアを変えない選択をとった参加者の割合は，高操作群，低操作群，統制群において，それぞれ 74%, 74%, 72%であり，選択率に有意な差は見られなかった，$\chi^2(2, N = 232) = 0.13, p = 0.93$.

そこで，不信質問項目への回答を，0=全くそう思わなかった，1=あまりそう思わなかった，2=少しそう思った，3=とてもそう思った，と点数化し，値の平均値を群ごとに示した．自分を不利にする意図を司会者に対して感じた程度は，高操作群，低操作群，統制群の順に，それぞれ 0.68，0.97，0.87 となり，群間に有意差はみられなかった，$F(2, 229) = 1.76, p = 0.11$．この結果は，信頼性の実験操作が十分にうまくいっていなかったことを示していると言える.

そこで，こんどは 3 群をプールして，不信質問項目への回答によって，参加者を 2 群に分け直した．「全くそう思わなかった」または「あまりそう思わなかった」と回答した者を信頼高群（61 名），「少しそう思った」または「とてもそう思った」と回答した者を信頼低群（171 名）とした.

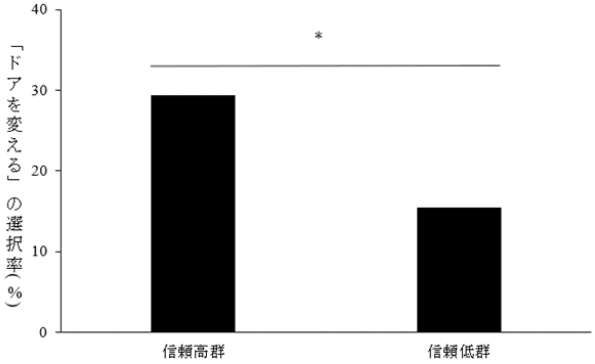


Figure 1 「ドアを変える」選択肢の選択率 (*p < .05).

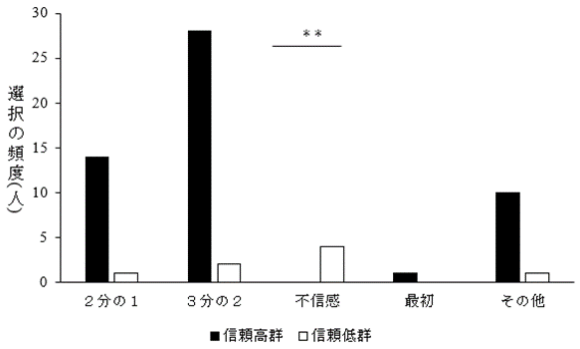


Figure 2 「ドアを変える」理由 (N = 61, **p < .01).

ドアを変える選択をとった参加者の割合は, Figure 1 に示す通り，信頼高群，信頼低群においてそれぞれ全体の 29.4%，15.4%となり，有意な差が見られた，$\chi^2(1, N = 232) = 4.12, p = .04$.

選択の理由については，ドアを変える理由と変えない理由を合わせて分析することはできないので，選択結果別に群間の違いを分析した．Figure 2 は，「ドアを変える」選択をした理由の信頼度別の選択率を表している. 選択の理由の分布について, 群間の偏りは有意であった，$\chi^2(4, N = 61) = 28.45, p < .01$．残差分析の結果，「ドアを変える」を選択した参加者の中で, 信頼低群は「不信感」選択肢を有意に多く選んでおり $d = -5.33, p < .01$，信頼高群でこの選択肢を選んだものは一人もいなかった．なお,「3 分の 2」というベイズ解の選択率に有意差は見られなかった， $\chi^2(4, N = 30) = 28.45, p = 0.14$.

Figure 3 は,「ドアを変えない」選択をした人々について, 選択理由の信頼度別の選択率を表している. 群間に選択率に有意な差が見られたため，$\chi^2(4, N = 171) = 31.04$，$p < .01$，残差分析をしたところ,「不信感」（$d = -5.36$，$p < .01$），「2 分の 1」（$d = 2.17, p = .03$）において有意な差が見られた. 信頼低群は, 相手に対する不信感からくる回答が多く，高信頼群は直感的な誤りが多いことが示された.

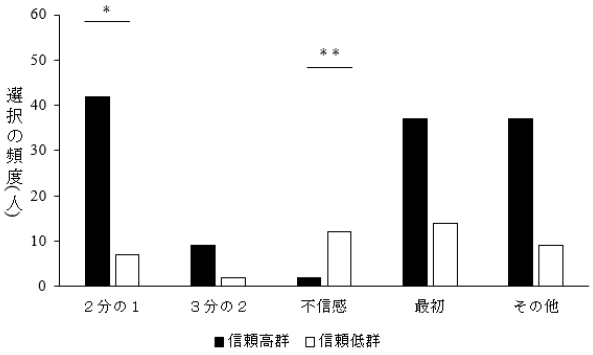


Figure 3 「ドアを変えない」理由 (N = 171, *p < .05, **p < .01).

4. 考察

信頼高群では「ドアを変える」を選択した参加者が多く，信頼低群では「ドアを変えない」を選択した参加者が多かった．この結果は，この課題において，確率的推論の推論結果よりも，司会者に対する信頼度の違いの方がドアの選択行動（問題の正解率）に大きく影響することを示唆する.

モンティ・ホール問題において, 他者の存在という社会的要因が影響することは，これまでの研究でも示唆されてきた (Bruce & Wieth, 2004; Granberg, 1996; Granberg & Dorr, 1998)．本研究は，司会者に対する信頼度の低さが，ドアを変えさせようという裏切りの意図を持って司会者が行動しているという推論を喚起し，そのことが，参加者に現状維持の選択肢を取らせている可能性があることを示している．司会者に対して不信感を抱く参加者は，司会者の裏切りに対する防衛のため, 現状維持の選択肢を取り, ドアを変えないと考えられる．つまり，私たちがモンティ・ホール問題を直感的に「難しい」と考えてしまい, なかなかベイズ解に辿り着けない一要因には相手に対する不信感が考えられる.

信頼高群の参加者は，全体としてドアを変える傾向があった. 司会者に対する信頼度が高い場合, 司会者の裏切りに対する防衛の必要性を感じないため，純粋に確率論的な思考を妨げる要因が少なかったと考えることができる.

しかしながら，相手に対する信頼度は高くともドアを変えない場合，「2 分の 1」という直感的な回答をした参加者が多かった理由については，本実験からは明らかではない．この点は，今後，モンティ・ホール問題の難しさの要因をさらに検討する際に再考されるべきポイントとなる．同様に，「ドアを変える」を選択した参加者の中でも司会者に対する信頼度が低かった信頼低群は，ドアを変えた理由として「不信感」を有意に多く選ぶ傾向にあった．このことは，上記の現状維持の考えだけでは説明できない．この「ドアを変える」を選択した参加者の中で司会者に対する信頼度が低かった信頼低群について，時田（2006）のように，選択肢だけでなくその選択肢を選んだ理由を自由記述で回答してもらうことで，高信頼群と低信頼群の間に存在する「不信感」の違いを明らかにすることができるかもしれない．

文献

[1] 阿部 慶賀・中川 正宣 (2008). 洞察問題における制約としての「裏切り者検知」 認知科学, *15*, 660‐670.

[2] Burns, B. & Wieth, M. (2004). The collider principle in causal reasoning: Why the Monty Hall Dilemma is so hard. *Journal of Experimental Psychology: General*, *111*, 434–449.

[3] 道家 瑠見子・村田 光二 (2007). 意思決定における後悔：現状維持が後悔を生むとき 社会心理学研究, *23*, 104–110.

[4] Granberg, D. & Dorr, N. (1998). Further exploration of two-stage decision making in the Monty Hall dilemma. *American Journal of Psychology*, *111*, 561–579.

[5] 生駒 忍 (2013). もうひとつの偽 MHD：確率的判断課題における強力な現状維持バイアス 日本認知心理学会第 11 会大会発表論文集, 70.

[6] 柴崎 全弘 (2019). なぜ動物は不合理な行動をとるのか？ 名古屋学院大学論集社会科学篇, *4*, 1–16.

[7] 時田 真美乃 (2006). 確率判断課題における「心の理論」の優先性：モンティ・ホール問題の変形問題を用いて 認知科学, *13*, 125–128.

[8] vos Savant, M. (1996). *The power of logical thinking*. NewYork: St. Martin's Press. (サヴァント, M. 東方 雅美 (訳) (2002). 気がつかなかった数字の罠 論理思考力トレーニング法 中央経済社)

[9] 山岸 俊男 (1998). 信頼の構造：こころと社会の進化ゲーム 東京大学出版

[10] 山岸 俊男・小杉 素子 (1999). 社会的交換における裏切り者検知 認知科学, *6*, 179–190.

付録

実験で使用した問題（統制課題）は以下の通りである．

あなたはあるゲーム番組の出演者です．あなたの前に閉まった 3 つのドアがあって，1 つのドアの後ろには景品の 100 万円が，2 つのドアの後ろには、はずれを意味する箱ティッシュが用意されています．あなたは当たりのドアを当てると 100 万円がもらえます．あなたが 1 つのドアを選択した後，司会者が残りのドアのうち箱ティッシュが用意されているドアを開けて箱ティッシュを見せます． プレーヤーのあなたは、司会者に「最初に選んだドアを残っている開けられていないドアに変更してもよい」と言われます．あなたはドアを変更すべきでしょうか？［※］なおゲームのルールは以下に示す通りです．(1) 3 つのドアに（100 万円・箱ティッシュ・箱ティッシュ）がランダムに入っている．(2) プレーヤー(あなた)はドアを 1 つ選ぶ．(3) 司会者は残りのドアのうち 1 つを必ず開ける．(4) 司会者の開けるドアは，必ず箱ティッシュの入っているドアである．(5) 司会者はプレーヤー(あなた)にドアを選びなおしてよいと必ず言う．なお，司会者は上記のルールをすべて必ず守ります．

文章中の［※］が高操作課題，低操作課題において司会者の印象を操作する文章を挿入した箇所である．

付加的情報フィードバックよる楽器演奏の練習支援 －ピアノ演奏におけるペダリング可視化－

Assisting Practice of Playing Instrument with Information Feedback - Visualization of Pedaling in Piano Playing -

阪口　豊†
Yutaka Sakaguchi

†電気通信大学　大学院情報理工学研究科
University of Electro-Communications
yutaka.sakaguchi@uec.ac.jp

概要

本研究では，身体技能習得における「気づき」を呼び起こす手段として「付加的情報フィードバック」の手法に着目し，これをピアノ演奏におけるペダリング練習に適用した．演奏中のペダル踏み込み量をオンラインまたはオフラインで学習者に提示することにより，学習者はペダリング時の身体感覚と響きの変化との関係性を効果的に習得できることが期待される．本稿では本システムがもたらす効果について著者自身の「気づき」に関する経験に基づき議論する．

キーワード：身体技能（motor skill），練習支援（training assistance），気づき（awareness），一人称研究（first-person study）

1. はじめに

楽器演奏をはじめとする身体技能の練習において重要な役割を果たすのが「気づき」である[1]．「気づき」とは，動作の中で「これがポイントだ」と思える主観的な感覚や事象を見出すことであり，動作の良し悪しを判断する副次的なものさしの役割を果たす．「良い気づき」は練習を効果的に進めるうえで重要な手がかりとなるが，「良い気づき」に出会える頻度は高くない．

本研究では，「気づき」を呼び起こす手段として「付加的情報フィードバック」[2]，すなわち，学習者が運動中に直接感じることが難しい情報を外部機器により計測し，可視化・可聴化などの手段を通じて学習者に提供する手法に着目し，これをピアノ演奏におけるペダリング（ペダル操作）に適用した．すなわち，ペダル操作量を可視化してその大きさや時間変化を定量的にフィードバックすることにより，ペダリングの習得を支援するシステムを構築した．

以下では，ピアノ演奏におけるペダリングの効果とその習得における課題について述べたあと，構築したシステムの構成について説明する．引き続き，同システムが学習者に与える効果について，著者自身がシステムを利用したときに得られた「気づき」を報告する．さらに，そこで得られた経験に基づいて本システムの利用方法やその意味議論する．

2. ピアノ演奏におけるペダリングとその習得における課題

ピアノ演奏の技巧では多数の鍵盤を高速に打鍵するなどの身体技能の側面が注目されがちであるが，ピアノ演奏におけるより本質的な技能は，音楽の内容に応じて打鍵やペダリングを調整し望ましい音色の音を生み出す音色調整能力である．すなわち，演奏家に求められる能力は，鍵盤やペダルを押す量や速さ，タイミングを精密に調整することによって音の響きをコントロールことである．本稿では，音色を操作するうえで重要な役割を担っているペダリングに注目する．多くのピアノには，2 本あるいは 3 本のペダルが装着されており，それぞれ異なる機能を担っているが，ここでは，ダンパペダル（damper pedal，sustain pedal）の操作についてのみ議論する．残り 2 本のペダル，ソステヌートペダル（sostenuto pedal），ソフトペダル（soft pedal, una corda pedal）の操作法はここでの議論は成り立たない．

最初に，ピアノから音が出る機械的な仕組みについて簡単にまとめておく（図 1：文献[3]より引用）．演奏者がピアノの鍵盤（図中①）を打鍵すると，内部のアクション機構を通じて，弦の振動を抑えるダンパフェルト⑪が弦⑦から離れる一方，ハンマ⑥が弦を叩いて弦の振動が生じる．さらに，弦の振動は共鳴板の振動を呼び起こして音が外部に放出される．一方，演奏者が鍵盤を離すと，ダンパフェルトが弦に接触して弦の振動がおさまり，響きが止むことになる．図 1 はグランドピアノの構造を示したものであるが，アップライトピアノでは弦が鉛直方向に張られており，ダンパやハンマは鉛直方向ではなく水平方向に動く．

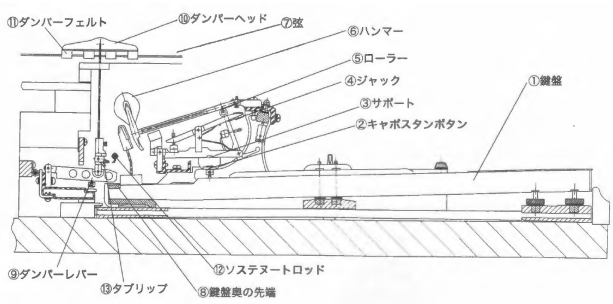
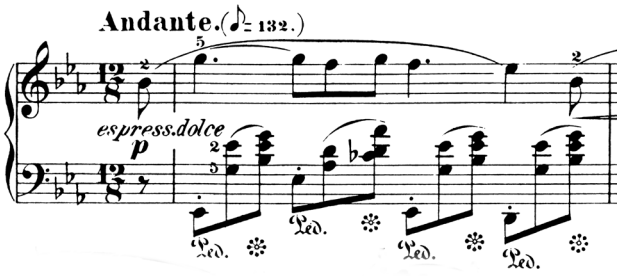


図 1　グランドピアノのアクション機構 [3]

A



B

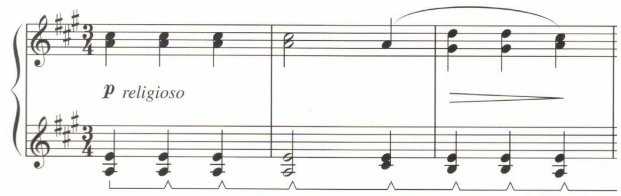


図 2　ピアノ譜における代表的なペダル指示の表記

ダンパペダル（以下，単にペダルと記載）の役割は，鍵盤の動きにかかわらずダンパをすべての弦に対して同時に解放することである．したがって，演奏者が打鍵にあわせてペダルを踏みこむと，演奏者が鍵盤を離したあともダンパが解放されたままになるため，弦の振動が保たれ，響きが残る．また，ペダルを踏むと，押した鍵盤に対応する弦だけでなくすべての弦が解放された状態になるため，共鳴板を通じて打鍵していない弦にも共鳴が起きてピアノが発する音色に変化が生じる．つまり，ペダリングは単に打鍵した音を延ばすだけでなくその音響スペクトル（つまり音色）を変化させる効果を有する．さらに，ペダルを踏むか離すかだけでなく，踏み込み量を調整して弦とダンパの距離を連続的に（あるいは数段階に）コントロールすることにより，弦の振動状態を変えることができ，これにより多様な音色を生み出すこともできる．このような多段階のペダル踏み込み量の調整は，フルペダル，1/2 ペダル（ハーフペダル），1/4 ペダル[4]などと呼ばれている．また，ペダルを踏みこむタイミングを，打鍵と同時にするのか，打鍵の直前にするのか，打鍵の直後にするのかによっても弦の振動の状態が変わるためにピアノの音色は変化する．このことからわかるように，ダンパペダルを空間（踏み込み量）・時間（タイミング）の二つの次元で精密にコントロールすることにより，音色をさまざまに変えることができる．

このように，ペダリングはピアノの音色調整において重要な要素であるが，その一方で，ペダル習得に関わる多くの著書[4-9]が指摘するように，ピアノ学習者（特に初学者やアマチュア演奏者）に対するペダリング指導は不十分な状況にある．その理由として，楽譜に示されたペダリング指示があいまいであること，打鍵ミス（誤った鍵盤を打鍵したり，打鍵し損ねたりすること）と比較してペダリングミスは判別しづらいことが指摘されている．加えて，複数のピアニストのペダリングを計測した研究によれば，同一の楽曲であってもペダリングは奏者間の個人差が大きく，共通の特性が見出しにくいことが指摘されている[10-12]．このように，演奏者ごとにペダリングが異なることは，ペダリングに典型的な「お手本」が存在しないことを意味しており，このこともまたペダリング習得を難しくしていると考えられる．

楽譜におけるペダリング指示が不明確なことは，実際の楽譜を見てみればすぐにわかる．図 2 に，ペダリング指示の代表的な表記法の例を示す．A に示した楽譜（Chopin 作曲，作品 9-2）[13]においては，ペダルを踏む操作，離す操作がそれぞれ”Ped”と”*”の記号で指示されているが，これがピアノ譜で用いられている最も一般的な表記法である．上述したように，ペダリングによる音色調整はペダル踏み込み量を空間的・時間的に精密にコントロールすることで実現されるにもかかわらず，このような表記では，踏み込み量に関する情報は皆無であり，踏み込みタイミングも不明瞭である．B に示した楽譜（Burgmüller 作曲，作品 100-19）は，ペダル習得用の教本[3]から引用したもので，折れ線によってペダル操作が指示されている．ペダリングに特化した教本に掲載されているだけあり，この楽譜ではペダル操作のタイミングが注意深く指示されている（打鍵したあとでペダルを踏みかえることが明示されている）が，このような表記でも踏み込み量や精確なタイミングを読み取ることは難しい．踏み込み量やタイミング

をより具体的に示す表記法の提案[4,7]や，詳細なペダル指示を行っている現代作曲家の楽譜[14]もあるが，出版されている楽譜のほとんどでは図 2 に示した表記法が用いられているのが現実である．習熟した演奏家であれば，このような指示だけでも（あるいは全く指示がなくても）試行錯誤して望ましい音色を得るペダリングを決定できるが，初学者には困難である（逆説的にいえば，このような音色調性能力を獲得することこそが学習者に求められている）．

また，打鍵ミスに比べてペダリングミスが判別しづらいことも学習者にとってペダリング習得を難しくしている要素の一つである．打鍵を誤った場合には，異なる音が鳴ったり音が抜けたりするので，初学者であってもミスにすぐに気づくことができる．一方，ペダリングの誤りは音色の濁りをもたらすものの決定的な音の違いが生じるわけではないため，音色を知覚する能力（いわゆる「聴く力」）が不十分な学習者には，その違いに気づくことが難しい．つまり，自分のペダリングが適切であるかどうかを判断する能力が不足しているため，技能を向上させる手がかりが得られないのである．

このように，ペダリング習得のポイントは，ペダル踏み込み量を精密に操作する身体運動的能力だけでなく，音色の微妙な変化や違いを聴き分ける能力にある．これら音色を聴き分ける能力と音色を調整する能力は「鶏と卵の関係」にあるといってよい．つまり，音色を聴き分ける力がなければペダルを踏み分けようとする動機付けが生じず，逆に，ペダルを正確に踏み分けることができなければ，音色を区別して聞き取ろうとする動機付けが生じないからである．したがって，ペダリングの習得においては，ペダルを踏み分ける能力と音色を聴き分ける能力を対にして獲得していく必要があると考えられる．

先にペダリングの特性は演奏者ごとに大きく異なることを紹介したが，そもそもペダリングが音色操作の手段であるならば，それは個々の演奏者の表現手段であるから，演奏者ごとにペダリングが異なることは自明なことなのかもしれない．仮にそうであるならば，学習者は模範的なペダリングを習うのでなく，自分自身のペダリングを獲得しなくてはならないことになる．このことは，先に指摘した音色を判断する能力に加えて，そもそも「自分の望む音色はどのようなものか」を構成できる能力もまた重要であることを意味している．このように，ペダリングの習得には多様な能力を獲得する必要があるといえる．

本研究で提案する練習支援システムは，このようなペダリングに関わる多様な能力を獲得することを目的として，その手がかりとなる情報をペダル踏み込み量の可視化によって実現しようとするものである．

3. ペダル踏み込み量のフィードバック

前節までで述べてきたことを背景として，本節では学習者のペダリング練習を支援する方法について述べる．冒頭で述べた付加的情報フィードバックの手法では，技能学習者が運動中に直接的に観測できない，あるいは，観測しにくい情報を視覚・聴覚・触覚を通じて学習者に提供し，学習者がふだんは明確に意識できていない身体の状態や動き，環境の状況を自覚させ，それを手がかりとして身体感覚と技能パフォーマンスとの関係性の学習を促すことをめざしている．ペダリングにおいては，ペダルを操作する際の身体感覚とそれがもたらす音響効果との関係性を学習させることが重要であるから，ここでは，きわめてナイーヴな方法ではあるが，ペダル踏み込み量を可視化して演奏者に提示することを考える．

このような単純な方法であっても，ピアノ学習者に対して一定の効果が期待できる．まず，ペダルは足を使って操作するため，学習者は演奏中にペダル位置を視認できず，ペダル踏み込み量は足の感覚でしか判断できない．したがって，これを可視化して定量的に表示することで，自分がどれだけペダルを踏みこんでいるかを客観的に捉えられるようになる．これにより，普段はあまり意識することのないペダル操作の実態を具体的にとらえることができるとともに，ペダル踏み込み量と音色変化の関係性を系統的に捉えることができるので，両者の対応関係が学びやすくなる．また，これと並行して，足で感じる身体感覚と物理的なペダル位置との対応関係もより明確に認識できるようになる．また，さまざまなペダルの踏み方に応じてペダルがどのように動くかを観察しながら試行錯誤ができるので，ヴィヴラートペダル（ペダルを小刻みに踏みかえる技法）など技法を練習する際の手がかりを得ることもできる．このほか，演奏指導においてピアノ教師のペダリングの様子を可視化して見せることで，学習者にペダリングの具体像を伝達するうえでの便利な手段となりうる．

このように，可視化されたペダル踏み込み量と音の響き（ペダルの効き方）の関係性，および，ペダル踏み込み量と足の身体感覚の関係性が獲得されるのと並行

して，足の身体感覚と音色変化（ペダルの効き方）の関係性も同時に学習されるものと期待される．したがって，このような学習が十分に進んだあとは，本支援システムに頼ることなく，自身の感覚（身体感覚と聴覚）だけに基づいてペダリングを調整する能力が獲得されるものと考えられる．さらに，この学習過程では，音色を聴き分けてペダルを調整するというメタな能力が（徐々にではあるものの）向上すると考えられるので，練習で用いた楽器（自分の家のピアノ）だけでなく，それ以外の楽器（ホールのピアノ）を弾く場合でも獲得した能力は発揮されることも十分に考えられる．

このように，本研究では，ペダル位置を定量化して学習者にフィードバックすることで，それを手がかりにペダリングに関わる種々の感覚の相関関係の学習が促進され，さらに，それをきっかけとして一般的なペダリング能力の習得が促進されることを期待している．

4. 練習支援システムの実装

上記の構想に基づいて，筆者の研究室で保有するアップライトピアノ（Diapasson 社，126-S）を用いて練習支援システムを実装した．

ペダル踏み込み量はピアノ筐体内部にレーザー式測距センサ（Panasonic 社, HG-C1030）を設置して計測し，AD コンバータ（National Instruments 社，USB-6318）を介してサンプリング周波数 500 Hz で取得した．実験では，C5 鍵盤に対応するダンパに取り付けた測距センサのデータも取得し，ペダル踏み込み量とダンパの移動量の関係性も分析する．また，音響信号は共鳴板上とピアノ上部にそれぞれマイクロフォン（AKG 社， C411P および Earthworks 社 M30）を設置して計測し，音響インタフェース装置（Roland 社，Rubix22）を介してサンプリング周波数 44100 Hz で同一の PC に取り込んだ．ペダル位置，音響信号ともに MATLAB（Mathworks 社）によるプログラムにより計測・描画を行い，練習中にオンラインで情報フィードバックを行うとともに，練習後にオフラインでデータを確認できるように測定データを記録した．

なお，このシステムと同等の機能はさまざまな形で実装できる．例えば，電子ピアノを用いる場合は，打鍵情報が MIDI インタフェースを介して得られるので，これをペダル踏み込み量とあわせて提示することにより，学習者に打鍵とペダリングの関係性に関する情報を提供できる（注 : MIDI 出力にもペダリング情報は含まれているが，打鍵と同じくオン・オフのイベントとしての情報しかないため，連続的なペダル操作量の情報は得られない．なお，Repp ら[10,11]によるペダリング分析は MIDI のペダル出力に基づいて行われている）．なお，簡易な距離センサをペダル直下に配置し，Bluetooth 等を介してその計測出力をスマートフォンに送り出すアプリケーションを作成すれば，スマートフォン上でペダル踏み込み量を確認できるシステムを安価に実装できる．

5. 練習支援システムの効果

本システムは身体技能習得における「気づき」を呼び起こすことを目的とするものであるから，その効果の評価には，このシステムを利用することで学習者がどのような気づきを得，また，その気づきが学習者の練習に対する向かい方にどのような変化をもたらしたかを検討することが重要である．練習過程で得る「気づき」の内容は学習者ごとに異なるから，この検証過程は必然的に一人称研究[16]となる．

以下では，筆者自身がこのシステムを利用したときに得られた気づきとそれが練習に与えた影響，さらに，その気づきから得られた新たな分析について述べる．筆者のピアノ演奏技能について述べておくと，筆者は幼少期に 5 年程度ピアノ教師について習ったのちは自己流で演奏するのみで，ふだんピアノに向かう時間はひと月に高々数時間にすぎない．技術レベルはアマチュア中級程度以下といってよい．

（1）ペダル踏み込み量の提示方法について

現状のシステムは，ピアノの音声波形とペダル踏み込み量を，横軸を時間とするグラフとして実時間で表示するだけの単純な構成になっている（図 7 を参照）．

最初にこのような情報を見ながら演奏したときの印象を述べると，このグラフを見るだけでも自分がどれだけペダルを踏み込んでいるかは十分に読み取ることができた．一方で，センサの計測値がグラフ上に表示されるまでの時間遅れがあるため，可視化された情報を「一体感」をもって捉えることは難しかった．特に，ペダル踏み込み量を試験的に棒グラフにより表示した場合は，棒グラフの動きと自分の身体感覚がばらばらに感じられ，練習支援としてはほとんど役に立たなかった．この問題の解決には，情報フィードバックの時間遅れを最小化して一体感を高める方向に改良する方向性と，このような視覚を通じた情報フィードバックにお

いては実時間的な支援をあきらめ演奏を後付けで振り返る支援に限定する方向性が考えられるが，この点は今後の検討事項である．

このほか，このグラフから打鍵とペダル踏み込みの時間的関係性（例えば，打鍵してからペダルを踏みかえるまでどれくらいの時間遅れがあるかなど）を読み取ることは困難であった．この問題はグラフ上の微妙な違いを短時間で読み取ることの難しさに起因するので，例えば，打鍵時刻と踏みかえ時刻の時間差を数値として表示するなどの方策が有効であると考えらえる．

（２）ペダル踏み込みの感覚について

本システムを用いて最初に得た「気づき」は，ペダルを踏む際に感じる身体感覚と，物理的な踏み込み量（可視化されて表示される量）との関係性である．具体的には，このシステムを使って最初に感じたことは，主観的にはそれほど踏んでいる感じがなくてもペダルはかなり踏み込まれており，そこから踏み込んだように感じていてもペダルは物理的にはさして動いていないことであった．つまり，筆者は，ペダルの踏み込み量を「正しく」知覚していなかったといってよい．

図 3 にそのことを端的に表すデータを示す．この図は，音を鳴らさずに，ペダル上に「足を軽く載せた」と感じる状態を数回繰り返したときのペダル踏み込み量を示している．縦軸は，ペダルを離した位置を 0%，最も踏み込んだ位置（実験で使用したピアノでは約 22 mm）を 100%として百分率表示した踏み込み量である．グラフ中の灰色の領域は，聴感上ペダルが効き始める位置（約 40%：鍵盤を離したあとも音の響きが残り始める位置）から，それ以上踏んでも音色が大きく変化しなくなる位置（約 70%）までを表している（文献[4]にも示されているように，ペダル操作において音色が大きく変化する領域は可動域の 30%程度にすぎない）．

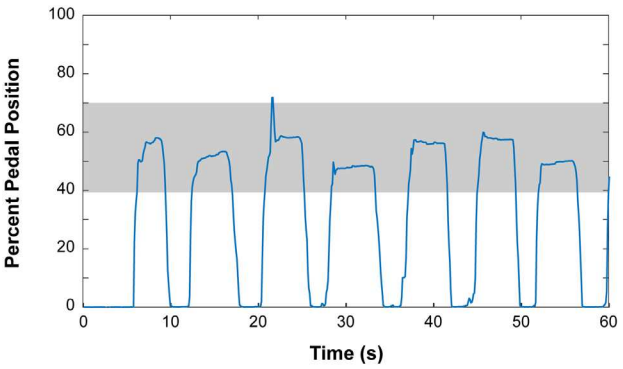


図３　ペダルに足を軽く載せたときの踏み込み量

この図からわかるように，筆者が足を軽く載せたと思っている状態でペダルはすでに 50-60%踏み込まれ，ペダルが効いている状態になっていた．筆者は，このデータを見るまでこのことに気づいていなかったので，これは驚きであったとともに，自分がいかに無頓着にペダルに足を乗せていたかを痛感させられた．

ところで，足を軽くペダルに載せているだけでペダルが効いているということは，逆にいえば，ペダルを切るために積極的に足を上げる必要があるということである．つまり，研究室のピアノを弾く際には，「ペダルを離す」という動作は，「足の力を抜く」のではなく，筋力で足を積極的に上げることで実現されていることになる．ただし，この点については次項で再び触れる．

（３）ペダル踏み込みに要する力の大きさ

前項で述べたような，ペダルの物理的な踏み込み量と踏み込み感覚との乖離は，筆者自身の知覚能力の問題に起因すると考えられる一方で，ピアノ自身の機械的特性が原因である可能性もある．そこで，ペダルを踏む力と踏み込み量との関係性についてさらに具体的に検討してみた．

再びピアノ内部の機械的構造をみてみると，グランドピアノ・アップライトピアノ双方において，ペダルを踏んだときは内部の機構を持ち上げることでダンパを弦から離すようになっている（ただし，グランドピアノではダンパは上下方向に動き，重力によってもとの位置にもどるが，アップライトピアノではダンパは水平方向に動き，バネの力でもとの位置にもどる）．したがって，ペダルを踏み込む力は機構の重さに逆らって持ち上げる力を反映していることになる．この関係性を明らかにするため，ペダルの踏み込み量とダンパ位置の関係性およびペダル踏み込み力と踏み込み量の関係性を計測してみた．

図 4 は，ペダルを 5 回完全に下まで踏む動作を繰り返したときのペダル踏み込み量とダンパ移動量の関係性を示したものである．横軸は百分率で表した踏み込み量，縦軸はダンパ移動量である．この図より，踏み込み量が 40%程度まではダンパ移動量は小さく 0.5 mm 程度にとどまっているが，このレベルを超えるとダンパ移動量が急激に増加することがわかる．このデータは，踏み込み量 40%程度で聴感上ペダルが効き始めるという観察を一致している．一方で，この図は，ペダルを踏みこむ際と離す際では両者の関係性が異なるヒステリシス特性があることを明確に示している（ヒステリシスの原因はおそらくピアノ内部の機械的構造（バック

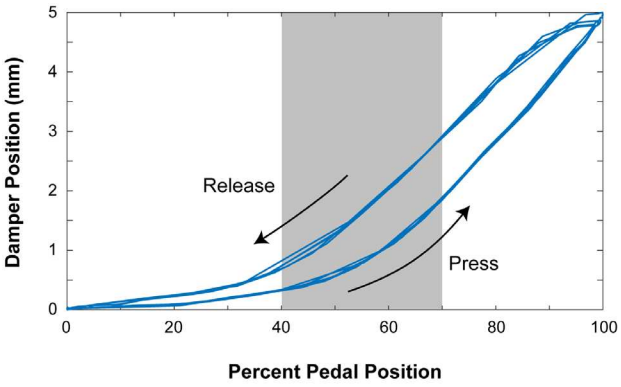


図４　ペダル踏み込み量とダンパ移動量の関係

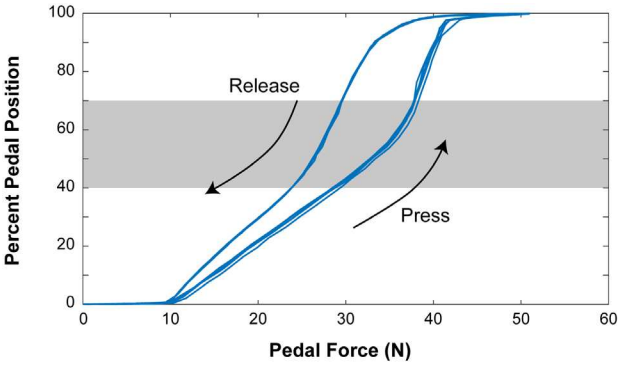


図５　ペダル踏み込み力と踏み込み量の関係

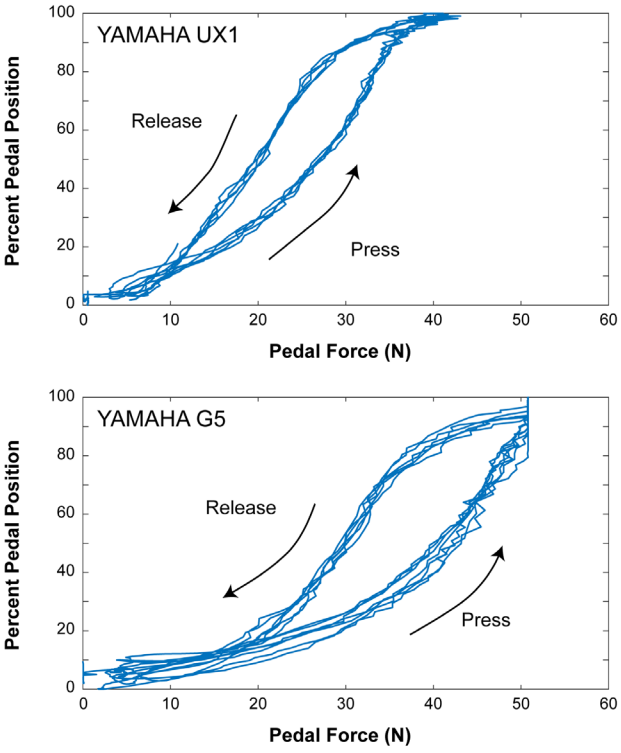


図６　他のピアノの特性

ラッシュ？）にあると考えられる）．この特性がペダル感覚にどのような影響を与えているかはよくわからないが，音色を最終的に定めるのがダンパ位置であることを考えると，この事実は，音色との関係性を学ぶには，ペダル踏み込み量よりも（打鍵されていない鍵盤の）ダンパ位置を学習者にフィードバックした方がよい可能性を示唆している（特に，音色が変化する領域でペダルを固定したときなど）．この点についてはさらなる検討が必要である．

次に，ペダル踏み込み力と踏み込み量との関係を図５に示す．この図は，荷重センサをペダルの最も幅の広い位置に押し当ててペダルを押し込んだときのペダル移動量を計測することによって得た．図５の横軸は踏み込み力であり，縦軸は百分率で踏み込み量を表したものである．この図より，踏み込み力と踏み込み量の間にも明確なヒステリシス特性が存在することがわかる．

前項では，ペダルに足を軽く載せた状態で踏み込み量が50-60%に達していることを述べたが，この図をみると，このレベルは踏み込み力と踏み込み量のあいだの直線的な関係性が崩れる地点であると同時に，ヒステリシスが最も大きな地点でもあることがわかる．これが偶然の一致であるのか，このピアノの機械的仕様によるものかは不明である．

このような特性が一般的なものであるかどうかを確かめるために，他社製のアップライトピアノ（YAMAHA社製，UX-1）とグランドピアノ（YAMAHA社製，G5）において同様の関係性を調べた結果を図６に示す．研究室のピアノと異なり簡易な装置を用いて計測したためノイズによる乱れが大きいものの，これらのピアノでも図５と同様の特性が観察された．一方で，ピアノごとの特性の違いも明確になった．

第一に，ペダル移動幅はピアノごとに異なり，研究室のピアノが22 mm程度，もう１台のアップライトピアノ（UX1）が28 mm程度であったのに対し，グランドピアノ(G5)は12 mm程度と半分程度に過ぎなかった．

また，グランドピアノのペダルはアップライトピアノと比べて「重かった」．アップライトピアノでは30 Nの力を加えるとペダルが40%以上動くのに対し，グランドピアノでは20%程度しか動かなかった．また，ペダルを完全に踏み込むのに，アップライトピアノでは40 N程度の力で十分であったのに対し，グランドピアノでは50 Nを超える力が必要であった．前項で足を軽く載せただけでペダルが効いてしまうことを述べたが，グランドピアノではそのようなことは起きないことに

なる（ペダルを積極的に踏みこんで初めてペダルが効き始める）．ペダル移動幅が小さいことも含めて考えると，グランドピアノでは，十分な力をかけてペダル位置を微妙に（ほんの数 mm）動かすことで音色を調整できるように作られているといえる．逆に，アップライトのペダルは軽く大きく動くことから（ただし，ペダルを押し込むのに必要な仕事量（エネルギー）の差は小さいかもしれない），アップライトピアノの「ペダル操作感」はグランドピアノのものとは大きく異なるといえる．

ちなみに，この計測実験を行う前に，あるピアニストにペダル踏み込み時の身体感覚について尋ねたところ，「自分はペダル位置を明確に意識している」という答えが返ってきた．より具体的には，ペダルが効き始める（つまり，ダンパが弦から離れる）ときにわずかに「抵抗感」を感じ，それを手がかりにしてペダル位置を判断している，そして，微妙なペダリングが要求されるときには，踏み込み量を閾値付近において素早く音色を調整できるようにしているとのことであった．

グランドピアノではペダルを踏む力は主としてダンパを持ち上げるのに使われる．ダンパが弦から離れる瞬間は，それまで弦が支えていたダンパの重みをペダルで代わりに受け止めるために踏み込み力が増加する（これが「抵抗感」の源と考えられる）が，いったんダンパが弦から離れてしまえば，そのあとは力を大きく増やすことなくダンパを持ち上げることができる．図 6 に示したグランドピアノの測定データは精度が低く厳密な議論はできないが，このような力の変化ポイントがこの図に示したカーブの 30-40 N あたりの折れ曲がり地点に対応すると考えられる．アップライトピアノでも物理的には同じ経過をたどるものの，（少なくとも成人男性にとっては）足を軽くペダルの載せただけでその折れ曲がり地点を通過してしまうため，そのポイントが知覚しにくいのではないかと考えられる（アップライトピアノは，身体の小さな子供のほうがペダルの操作感を得やすいのかもしれない）．

（4）ペダル踏み込みのタイミングについて

図 2 に楽譜を示した二つの曲の冒頭部を演奏したときの計測結果の一例を図 7 に示す．筆者はふだんペダルをいつどれだけ踏んでいるか（踏み込み量が時間的にどのように変化しているか）を明確に意識しているわけではないが，ペダル踏み込み量の時間パタンと音との関係が可視化されて目の前につきつけられると，いやでもペダルの状態を意識させられることになり，そこからはさまざまな発見がある．

まず，図 8B のデータから説明する．この図からわかるように，筆者は最初の音を鳴らす前からペダルを踏み始めていて，最初の音が鳴ったあとにペダルを踏みかえている．音が濁る危険のない最初の音の直後にペダルを踏みかえる合理的な理由はあまりないので，これは無駄なペダル操作である．最初の音を十分に響かせたければ踏みっぱなしにすればよく，逆に，最初の音の音色を柔らかくしたければ，最初の音が鳴ったあとに初めてペダルを踏めばよいからである．一方で，ペダリングの時間パタンがその後も同じ周期で繰り返されていることを見ると，おそらく筆者は無意識のうちにペダルを踏んだ足で曲のテンポをとっているのであろう．このような無意識な動きを修正して，ペダル操作を自分のコントロール下に置くようにするうえで，このデータは示唆に富むものであった．

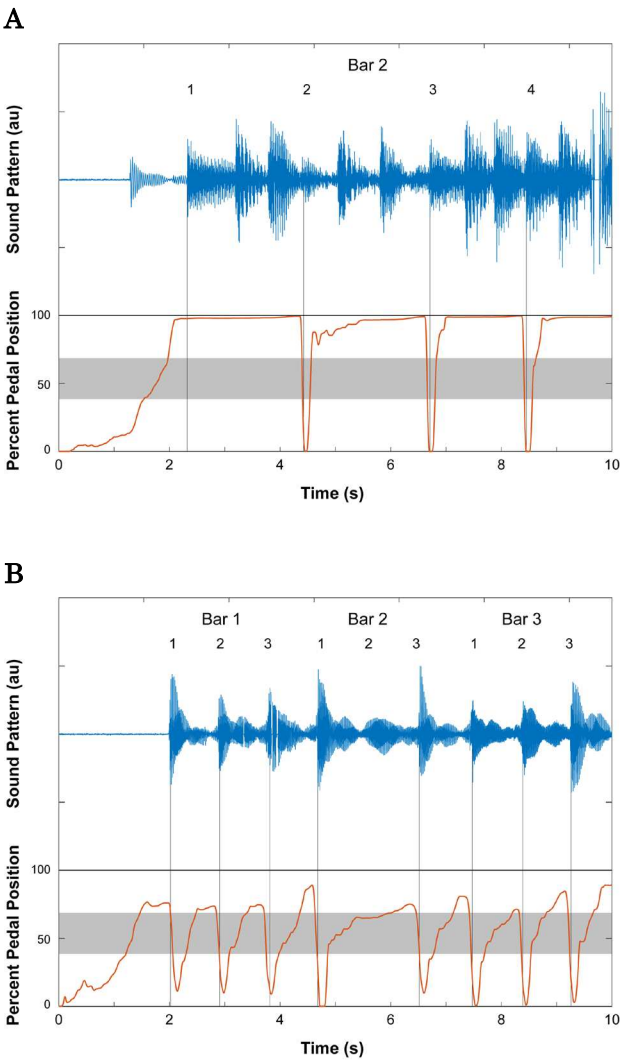


図 7　可視化されたペダリングの様子

次に，図 8A のデータについて説明する．図 8A, B のペダリング時間パタンを比べると，両者のあいだにはさまざまな違いがあることが読み取れる．例えば，図 8A ではペダル踏み込み量が 0%と 100%のあいだをフルスイングするのに対して, 図 8B では 20%程度と 80%程度のあいだを往復するのにとどまっている. また, ペダル踏みかえにおいても，図 8A ではほんの一瞬（100-200 ミリ秒）だけペダルを離してすぐにフルに踏み込んでいるのに対して, 図 8B ではペダルを離したあと時間をかけて踏み込んでいる．また，図 8B で指摘した最初の音での無駄な踏みかえは図 8A では見られない. これらの事実は，筆者が（本人は意識していないものの）演奏する曲に応じてペダルの踏み方を変えていることを明確に表している.

二つの図で共通しているのは，ペダル踏みかえのタイミングである. いずれの曲においても, 音の立ち上がり（図中の細い縦線）とペダルを離すタイミングはほぼ一致しており，次の音が鳴るのとほぼ同時に前の音を延ばすペダルを切っていることを示している．ただし，異なる曲において同じタイミングでペダルを踏みかえることが望ましいことであるかどうかは不明である．この結果をみて，自分は演奏する曲によらずに決まったタイミングでペダルを踏みかえているのではないかという問題意識をもつことになった. あわせて, 習熟した演奏家のペダリングパタンを知りたいという思いが強く生じた.

（５）今後の発展

本稿で紹介したシステムは試用を始めたばかりの未完成のものであり，今後さまざまな学習者に利用してもらいその意見を聞く中で改良をつみかさねていく必要がある. その中で, 特に検討すべき事項を二つあげておく.

第一は，習熟した演奏家のペダリングパタンを収録することである. これには二つの意味がある. 一つは，習熟した演奏家がどのようにペダルを操作しているのか，その実態を明らかにできることである．もう一つは，どのようなペダリング技法があるかを学習者が知る手がかりが得られることである. 上述したように, 習熟した演奏家のペダリングパタンをそのまま模倣することが学習者にとって意味のあることであるかどうかはわからないが，少なくとも自分の知らないペダルの使い方を知ることは, 新しい音色操作の方法を知り, 作り出す音色の幅を広げるうえで強力な手がかりとなると考えられる.

第二は，実際にさまざまなレベルの学習者に本システムを利用してもらい, そこで得られる「気づき」の内容を蓄積することである．楽器を演奏する際の身体感覚は演奏者一人一人独自のものであり，練習の過程で気づく内容は学習者に応じて異なると考えられる．ある学習者にとって意味のある情報が，他の学習者にとっては意味がないといったことも十分にありえるが，他者の「気づき」を知ることで, 自分がこれまで知らなかった知覚の世界を知るきっかけが得られる可能性もある．また，このような「気づき」の蓄積は，演奏指導の場面において，生徒と教師が互いの感覚を相互に理解するうえでの参考になると考えられる.

6. むすび

本研究では，ピアノ演奏におけるペダルの踏み込み量を可視化して演奏者にフィードバックするシステムを構築し，筆者自身が被験者となってその効果を検証した. 上述したように, 本システムを利用することで, 筆者は自分のペダリングの実態を陽に知ることができ, 自分の演奏状態を理解するとともに，今後の練習の中で注意すべきことを発見できた. 筆者の得た「気づき」と同じ「気づき」を他の学習者が得るかどうかはわからないが,「気づき」の中身が学習者ごとに違っていたとしても，それが一人一人の学習者が練習に向かううえで新たな手がかりを与えるものであれば，本システムの効果は十分にあるといえる. その点で, このシステムに活かし方は利用者に依存しているといってよい.

本研究の過程で，グランドピアノとアップライトペダルにはペダル特性に大きな違いがあることに気づかされた．アクション機構の違いからこれらのピアノあいだに打鍵感覚の違いがあることはよく知られているが，ペダリングにおいてもかなりの違いがあるようである. 多くの演奏家がグランドピアノを用いて練習・演奏活動を行っていることを考えると，本研究においても，今後はアップライトピアノだけでなくグランドピアノを用いて検討を進める必要がある．これらのピアノを弾く際の身体感覚の違いの原因を明らかにし，それぞれのピアノに向かう際の留意点を指摘できれば，ピアノの個体差に対応する能力を効率的に学ぶうえで有用な知見が得られるかもしれない.

一方で，このような特性の違いがあるにも関わらず，習熟した演奏家がいかなるピアノでも望ましい音色を演奏できることは, 音色を聴いて演奏方法（身体の使い

方）を調整できる能力が演奏家にとって重要な能力であることをあらためて示している. 本研究の意義は, 最終的には，本システムを利用した練習がこのような能力の涵養にどのように寄与できるかにかかっているといえよう.

本研究の一部は, カワイサウンド技術・音楽振興財団研究助成（平成 30 年度）による支援，および，JSPS 科学研究費補助金挑戦的研究（萌芽）19K228866 を受けて行った．この場を借りて謝意を表する.

文献

[1] 諏訪，(2016)「こつ」と「スランプ」の研究 身体知の認知科学，講談社，2016.
[2] 阪口，(2019)：“情報フィードバックの有効性を手がかりとした身体技能遂行過程の理解”，2019 年度日本認知科学会第 36 回大会論文集，os06-6，926-931.
[3] 堀江（2014）：ピアノ・ペダルテクニック基礎編，ヤマハミュージックエンタテインメントホールディングス出版部.
[4] シュナーベル（青木訳），(1964)：ペダルの現代技法，音楽之友社.
[5] ブラウス（市田，朝山訳），(2013)：ピアノを歌わせるペダリングの技法ー「いつ踏むか」ではなく「どう踏むか」，全音楽譜出版社.
[6] バノウェツ（岡本訳），(1998)：ピアノ・ペダルの技法，音楽之友社.
[7] リンド（北野訳），(1976)：ピアノ・ペダルの芸術，音楽之友社.
[8] クロイツァー（村上役），(1969)：芸術としてのピアノ演奏—ピアノ奏法の新しい美学，音楽之友社.
[9] 笈田（1957）：ピアノペダルの使い方，音楽之友社.
[10] Repp, B. H. (1996). “Pedal Timing and Tempo in Expressive Piano Performance: A Preliminary Investigation”, *Psychology of Music*, Vol. 24, pp. 199–221.
[11] Repp, B. (1997), The effect of tempo on pedal timing in piano performance. *Psychological Research*, Vol. 60, pp. 164–172.
[12] Bernays, M., & Traube, C. (2014). “Investigating pianists’ individuality in the performance of five timbral nuances through patterns of articulation, touch, dynamics, and pedaling”, *Frontiers in Psychology*, Vol. 5, No. 157.
[13] International Music Score Library Project (IMSLP): https://imslp.simssa.ca/files/imglnks/usimg/1/1a/IMSLP34916-PMLP02312-Chopin_Klavierwerke_Band_1_Peters_ Nocturnes _Op.9_1200dpi.pdf
[14] Rosenblum, S. P. (1993) “Pedaling the Piano: A Brief Survey from the Eighteenth Century to the Present”, *Performance Practice Review*, Vol. 6, pp. 158–178.
[15] Rowland, D. (2008), *A History of Pianoforte Pedalling* (Cambridge Musical Texts and Monographs). Cambridge: Cambridge University Press.
[16] 諏訪，堀，(2016) 一人称研究のすすめ：知能研究の新しい潮流，近代科学社.

多面体の形状把握を促進するICT教材の検討:VR空間上の多面体への身体的関与の実現に向けて

Examination of ICT teaching materials to promote shape grasp of polyhedron: Toward the realization of physical involvement in polyhedron in VR space.

増田 康成† 阿原 一志‡, 小松 孝徳§
Yasunari Masuda†, Kazushi Ahara‡, Takanori Komatsu§
明治大学総合数理学部
School of interdisciplinary Mathematical Sciences, Meiji University
ev170549@meiji.ac.jp, ahara@meiji.ac.jp, tkomat@meiji.ac.jp

概要

本研究では、模型として目の前に置かれた多面体の面の数を正しく数えるためには、身体的な関与を活用させることが重要であること、さらにこの問題は身体的な関与によってある種の制約を緩和する洞察問題とみなされることを報告する。先行研究において、小松、清河ら[1]は、十二面体から二十面体といった模型を準備し、その面の数を数えるように実験参加者に指示を出す実験を行った。その際、その模型を片手に持ったままで面の数を数えたり、両手の中で模型を回転させながら面の数を数えたりした参加者の正答率が低かった一方、両手の十本の指で面を押さえながら、その指の位置を変更することなく、指で押さえられなかった面の数を数えるという行動を見せた参加者の正答率が高かったことが明らかになった。

本稿では、VR空間内に多面体を提示しユーザがそれらを仮想的に操作するようなシステムを開発し、実空間上にて観察された身体的な関与がVR空間でも観察されるかどうかを検討する。今回のVRシステム実装では、両手の十本の指で面を押さえるという動作を仮想化することが十分にできなかったため、満足できる結果は観察されなかったが、改良すべきポイントや認知科学的な観点について考察を行うことができたので、そのことを報告する。

キーワード:立体図形, 形状把握, VR

1. 研究背景と目的

現在、中学校の数学課程では正多面体を取り扱い、高等学校では立体図形として切頂正多面体などやや複雑な多面体を扱い、「見取り図から立体図形の面や辺や頂点の数を数える」という内容を学習することになっている。この単元のICT利用教育を考えると、現状では多面体のグラフィックスを画面に映して、インタラクティブに回せるようなアプリケーションを用いて観察するくらいであり、立体的な形状把握は容易ではないように思われる。このことは、見取り図に陰線があったとしても、難しさは変わらないと考えられる。著者たちは、まず、図1、図2で示したような、似たような面数の多面体を10種類くらい考え、これを手で回した動画を撮影してみた。(阿原[2]。)また、これら多面体をコンピュータの画面上で自由に回すことができるインタラクティブアプリを作成した。著者たちはこれを操作して多面体を観察してみたが、面の数を数えるのは難しく感じた。VR環境でも同様に多面体アプリを作ってみたが、面の数を数えるのは依然として難易度が高いように感じられた。これらのことから、本研究では、実際に多面体を手にしたときや、コンピュータのアプリケーションを通して観察したときに、多面体の面を数えるためには視覚的なアプローチだけでは難しいとの前提に立ち、その認知における身体的な関与について調査することを目的とした。

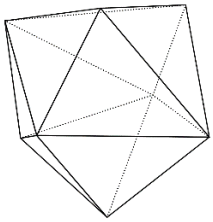


図1;十二面体

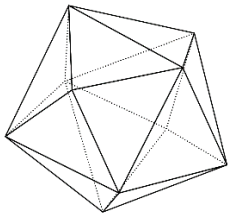


図 2:十六面体

先行して、著者たちは実際に多面体を作ってみてこれを手に取って面の数を数える場合について実験を行った。(図3、小松、清河ら[1]。)この場合には、模型を片手に持ったままで面の数を数えたり、両手の中で模型を回転させながら面を数えたりすると、正しく数えるのは思いのほか容易ではないことが観察された。また、両手の指で面を押さえることにより、頂点周りを角錐と認識して、多面体全体を「角錐で埋め尽くそう」とする行動をとると、ある程度数えやすいことも観察された。

参加者が様々な種類の多面体の面の数を繰り返し数えていると、以下に述べるような不可逆的な三つのフェーズが存在していることがわかった。第1のフェーズでは試行錯誤的に自分が見えている側について面を観察し、さらに多面体を回転させて観察してすべての面を数えようとする。第2のフェーズでは手の指を活用して、角錐をマーキングし、残りを数えようとする。第3のフェーズでは、多面体の面を「右手が押さえる角錐」「左手が押さえる角錐」「それ以外の帯状の部分」と構造的に分解して考える。一度第3フェーズになると、多面体が複雑になっても比較的容易に面の数を数えることができるようになる。

これより、多面体の面の数を数えるには、指を用いて多面体の構造を理解するという身体的な関与が必要であり、立体図形の学習者に対して、彼らを第3フェーズに誘導することが重要であると考えられる。

ここで本研究では、実際の多面体を手に取る先行研究を VR 空間で追確認できるかどうかを検証する。ユーザが立体図形をどのように認識しているのかを認知科学の視点を交えながら考察していくことを目的とし、立体図形の形状把握を VR 空間で実現するにはどのような情報技術が必要か、また有効なインタラクティビティについての展望について提案する。

2. 実験方法

VR で多面体を観察できるアプリケーションとして、Blender で多面体を作り、UnrealEngine4 により Oculus 用のアプリケーションを作成した。これを用いて、明治大学の学部学生(参加者 A)、大学院生(参加者 B)、数学教授(参加者 C)の3名に多面体の面の数を数えてもらった。

図3 実際に見た多面体　図4 VR で見た多面体

このアプリにおいて、参加者は十二面体、十四面体、十六面体、十八面体、二十面体の5タイプ10種類を観察すること、左右の(仮想の)手のどちらかを用いて多面体をつかむことができる。以上が基本機能であるが、部分的な角錐構造を把握することが重要であることが先行研究よりわかっているので、「補助ありバージョン」として、多面体の頂点を(仮想的な)手で触れるとその点の周辺の面の色が赤くなるような仕組みをも用いて作成した。この場合、頂点から手を離すと色は元に戻るようになっている。これら 10 種類の多面体を使い、補助なし・補助あり・補助なしの順番で各多面体を三回ずつ見せ、面の数をそれぞれ数えてもらった。

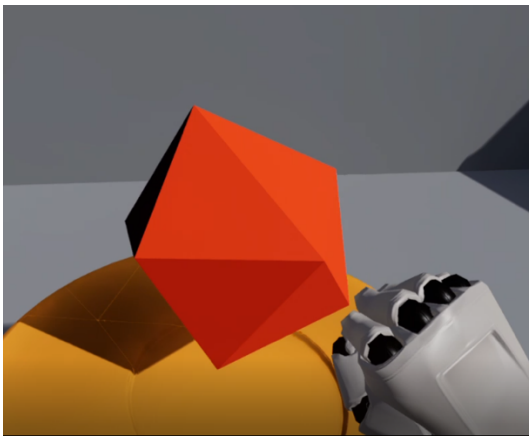


図 5 補助ありの多面体

この実験時、参加者が被る HMD 視点と第三者視点を録画して人の動きの観察を行った。また終了時に「この問題をどのように取り組んだか」という内容でアンケート調査を行った。

3. 結果

表1 回答の正誤

十二面体	参加者A	参加者B	参加者C
一回目	○	×	×
二回目	×	×	○
三回目	○	○	○

十四面体	参加者A	参加者B	参加者C
一回目	×		○
二回目	×	○	○
三回目	○	○	○

十六面体	参加者A	参加者B	参加者C
一回目	×	○	×
二回目	○	○	○
三回目	○	○	○

十八面体	参加者A	参加者B	参加者C
一回目	×	○	×
二回目	○	○	×
三回目	×	○	○

二十面体	参加者A	参加者B	参加者C
一回目	○	×	×
二回目	×	×	×
三回目	×	×	○

表 2 回答時間

十二面体	参加者A	参加者B	参加者C
一回目	15秒	23秒	7秒
二回目	38秒	1分 1秒	43秒
三回目	23秒	42秒	57秒

十四面体	参加者A	参加者B	参加者C
一回目	52秒		1分 44秒
二回目	47秒	1分 27秒	1分 21秒
三回目	1分 3秒	1分 11秒	1分 33秒

十六面体	参加者A	参加者B	参加者C
一回目	50秒	1分 31秒	1分 24秒
二回目	31秒	1分 15秒	3分 56秒
三回目	1分 7秒	2分 35秒	2分 13秒

十八面体	参加者A	参加者B	参加者C
一回目	1分 6秒	5分 19秒	1分 22秒
二回目	1分	2分 4秒	43秒
三回目	1分 12秒	3分 20秒	42秒

二十面体	参加者A	参加者B	参加者C
一回目	27秒	3分 53秒	44秒
二回目	35秒	7分 16秒	56秒
三回目	20秒	3分 33秒	1分 29秒

三人の 3 回目の正答率は、十二面体、十四面体、十六面体で 3 人中 3 人(100%)、十八面体で 3 人中 2 人(66.6%)、二十面体で 3 人中 1 人(33.3%)であった。これは現実で多面体を見た時と同様、面数が大きくなると数えにくくなることと同じと考えて良いと思われる。

次に、参加者が多面体の面を数える時の経過時間も数えたが、参加者数が少ないため比較対象にならないと判断する。

実験時に撮影した映像からは、つかんだ面の周りを見た後にそれを回転させるが、しばらくすると再びつかんだ面の周りを繰り返し見ていることが多く、もう一方の手を使うことができずに片手のみの作業になっていることが観察された。実際に、つかんでいる手を右から左へ交代させたり、つかんでいないほうの手で多面体を触れたりする動作はほとんど見られなかった。

また終了後の調査アンケートからこの問題の取り組み方として、一人はある視点で多面体を掴んでから見えない部分を回して指で触りながら確認をする方法、もう二人はどれか一つの頂点に着目しその点に集まる面を数えてからそれらの面に隣接する面をそれぞれ数える方法で多面体の面の数を数えていた。これは先行研究におけるフェーズ2の状態であると思われる。

4. 考察

この問題を考える上で必要な論点は三個ある。

第一に、先行研究の結果から VR 上で多面体を掴んだ時に頂点の周りの面が赤くなるというものが、現実での指を 10 本使って多面体を認知する方法と同様なことができるのではないかと思い提案したが、参加者がフェーズ3を獲得するための十分な成果は得られなかった。フェーズ3に到達するためには、実際に多面体を 10 本の指で触れるようなマーキングが VR 空間で出来ていなければいけないと考えた。

第二に、先行研究より両手で多面体をはさむことが重要であることから VR でも両手を使って多面体を観察できるようにする必要があることが考えられる。そもそも VR 上で両手を使って一つの対象物をもつというのは情報技術的に難しいが、実際に多面体を両手で持ったよ

うな触覚フィードバッグができれば、参加者の動作も変わるかもしれないと考えている。

第三に、今回実装したシステムでは多面体の頂点を掴むという行為を通して多面体を観察するため、一つの頂点を掴んだのちに、腕をねじって反対側の面を観察すると、掴んでいる対面の面の数を忘れてしまっているさまが観察された。実際の多面体で面を数えるときは指を使って観察するため手のひらサイズに収まる間隔でとらえることができるが、VR 上では多面体を掴むという行為を想定しているため、多面体を比較的大きなものとみてしまい、認識の方法が変わってしまっているとも考えた。

5. まとめと今後の展望

多面体の面の数を数える上で両手を使うことは上手なやり方であることはわかるが、VR の開発環境ではものを掴む時、基本的に片手でしか掴むことができない。現実の多面体を手に取ると、参加者は細やかに指を動かして両手の指で面を数えることができるが、VR ではその手の動きができないため、それを VR に落とし込むメソッドがわからないところが問題である。本研究では、この問題点を最初から認識しており、指を利用する部分を「頂点に触れると赤くなる処理」で補えるのではないかと仮説を立て、VR アプリを実装しそれを用いて実験してみたのだが、十分に有用な結果が得られなかった。

この問題点として、VR でユーザにとっての有効なマーキングができていなかったこと、VR における手の作業の活用難易度がそもそも高いこと、VR では一つのものを両手で掴むことは Haptic Links[3]のような両手触覚がなければ難しいこと、多面体を握ることでしか多面体を観察することができないので一つの頂点を掴んで腕をねじって反対側を見ると、掴んでいるあたりの面の数を忘れてしまうことが考えられる。

今後の展望として、本研究から実装に不足している部分を中心に以下の三点が挙げられる。第一に、VR 技術を利用することには慣れが必要で、慣れのないユーザは自分の行いたい動作ができないことがわかると何もできないような状態になってしまう。この問題を解消するために、補助を利用する際のトレーニング方法の開発やマニュアルの開発が必要となる。第二に、実際に多面体を 10 本の指で多面体の面を触れるようなマーキングを VR に落とし込むことにおいて、左右で色を変えるべきなのではないか、指ごとに色を変えるべきなのではないか、色以外の情報（たとえば触覚など）も与えるべきではないか等のいくつかの方策が考えられ、その効果を比較する必要がある。第三に、触覚フィードバックを利用した両手用アプリの開発をすることで、実際の多面体を観察する行為に似た環境作りができるのではないかと考えられる。現実の環境と同じ状況を作ることが出来るのならば、現実以上に多面体が認知しやすくなる可能性もあるため、本稿で指摘した問題点を修正すると同時に、すでにある研究の蓄積を利用した VR 環境のための別の補助の方法を使用することの検討も行なっていきたい。

6. 参考文献

[1] 小松、清河、増田、阿原「「多面体の形状把握」という身体的関与を活用する洞察問題」（準備中）

[2] 阿原、「How many faces there are?」（動画）https://www.youtube.com/watch?v=KGKrtOmCyv8, 2020/7/30

[3] Evan Strasnick, Christian Holz, Eyal Ofek, Mike Sinclair, Hrvoje Benko, “Haptic Links: Bimanual Haptics for Virtual Reality Using Variable Stiffness Actuation,” CHI 2018/SIGCHI 2018.

人は自然の危険をどう見ているか：経験によるリスクイメージの変化

How people perceive the dangers in natural environment: Alteration of risk image due to experience

村越　真[†]，満下　健太[‡]
Shin Murakoshi, Kenta Mitsushita

[†]静岡大学教育学部，[‡]愛知教育大学静岡大学共同大学院
[†]Faculty of Education, Shizuoka University, Graduate School of Education, [‡]Aichi University of Education & Shizuoka University
murakoshi.shin@shizuoka.ac.jp

概要

南極観測隊員延 74 人を対象に，自然環境内のリスク特定・評価の特徴と経験による変化を把握するため，課題１（リスク特定課題：図１）と課題２（リスク評価課題：図２）が実施された．その結果，南極観測経験によるリスク評価の違いは限定的ながら，経験無群＞経験有群の有意差が得られたものが見られた．また，経験無群での南極滞在前後のリスク評価では，ブリザードによる方向喪失等，事後のリスク評価の低下が広範に見られた．結果から，経験によりリスク発現場所について弁別的なリスク知覚がなされることが示唆された．

キーワード：リスク知覚，三相因子分析，南極観測

1.　緒言

危険な環境を感知し，回避する能力は全ての生き物にとって必須の能力であり，その特徴を明らかにすることは生存上大きな意義がある．リスク知覚の研究はこのような問題意識の下に行われてきた（Slovic,1987）．その主要な対象は大きく二分される．一つは科学技術や原子力のように，社会全体が同時に晒される一方で個人が容易に感知できないリスクであり，もう一つの対象は交通事故のように個人が個別状況に応じて晒されるリスクであり，個人の感知と対応が比較的容易であるとともに求められる．見通しの悪い交差点に代表されるように，交通事故のリスクは必ずしも常に顕在的な訳ではない．しかし，リスク源は車であり，事故に至るプロセスも比較的明確である．

一方，日常生活には多様な特性を持つリスクがある．しかもその潜在性も状況によって大きく変化し，あからさまに分かるリスクもあれば，そうでないリスクもある．しかも，同一のリスクでも顕在化している場合もあれば，そうでない場合もある．本研究で扱う過酷な自然環境の中のリスクもその代表的な例と言える．リスクのある環境から遠ざかればリスクを回避できる．しかし，趣味や職業上の必要性から，自然の中での活動が不可避の場合もある．このような環境で生存を維持しようとすれば，リスクの高低を的確に評価することに加え，リスクの特徴を把握し，それに応じてリスク対応をする必要がある．

加えて，自然の中のリスクは分節化されておらず曖昧である．崖や急斜面には落石や滑落といったリスクがあるが，その大きさは斜面の高さや傾斜，状態によって大きく異なり，「危険！」といった明確なラベリングがなされている訳ではない．場所の危険度はアナログ的に変化すると思われる．このような環境下でリスクを特定し，なおかつその程度を識別することは，活動の成果を得つつ生存を保証する上で重要である．しかし，こうしたリスクに対する認知の特徴や経験に伴いそれがどのように変化するかについての研究は十分とは言えない．村越(2019)や村越・河合（2020）では，発話データを用いた質的研究でこの点に迫ったが，定量的な把握は十分ではない．

2.　目的

そこで，本研究の目的は，過酷なリスクに遭遇する南極観測隊員を対象に，自然環境のリスクの特定と評価にはどのような特徴があるか，またそれが経験によってどう変化するかを，写真を使った危険予知（KYT）図版によって定量的に明らかにすることにある．それによって，自然の中での職務に従事し，そのリスクが不可避な人への安全教育の基礎的資料を得るとともに，人が自然の中のリスクという不確実で曖昧なカテゴリーをどのように認知しているかについての知見が得られることが期待できる．

なお，南極には，クレバス（氷河上の割れ目），タイドクラック（海氷上の割れ目），ウィンドスクープ（地吹雪の流れによってできる建物周辺の積雪の大きな落差）への「落ちるリスク」，「ブリザードによる方向喪失」，凍傷や低体温症のような寒冷地独特のリスク，紫外線による日焼け・雪目，に加え，一般の作業所でもありえる作業工具による打撲や一酸化炭素中毒が，過去にトラブル・事故例があるリスクとして知られている（第 55 次南極地域観測隊，2015）．本研究では，これらのリスクを特定・評価の対象とする．

3. 方法

3.1 協力者

日本の第 X 次南極地域観測隊の隊員・同行者（今後は「隊員等」と呼ぶ）延 74 人で，その内訳は表 1 に示した．

表1協力者内訳

	南極滞在前	南極滞在後
経験者	20	8
未経験者	31	15

3.2 課題

二つの課題が全ての協力者に対して実施された．課題１（リスク特定課題）は活動中の写真６枚（図１）に対して，リスクのある場所を特定する課題であった．写真は PC 上で各々15 秒づつ提示され，マウスのクリックによって，いくつでも特定し回答することができた．全回答終了後，各回答箇所のリスクを選択肢（表３）から選ぶが，選択肢にない場合には自由記述が求められた．課題２（リスク評価課題）は１枚づつ提示される課題１と同様の９枚の写真（図２）の各に対して 11 個のリスクを７段階で評定する課題であった．時間は無制限に行われた．いずれの課題も PC 上で作動するソフトウェアによって提示された．

【図１：リスク特定課題に使われた写真】

3.3 手続き

調査は日本での準備期間及び南極に向かう砕氷船上（事前課題：12 月，事後課題：2〜3 月）で実施された．観測隊全体に対して自発的参加を呼びかけ，説明と同意の上行われた．なお，研究については国立極地研究所の倫理審査委員会の承諾を得た．調査時間は課題１と課題２を合わせて，概ね 25 分程度であった．

3.4 分析

リスク特定課題は，自由記述されたものはカテゴリー化して，もともと提示されたリスクとマージした上

【図２：リスク評価課題に使われた写真】

で, 指摘者の度数および反応時間を集約し, 経験群／未経験群および, 未経験者の南極滞在前／後で比較した. リスク評価課題では, 各写真の 11 種類のリスクに対する評定値を平均し, 同様に比較した. またリスク評価課題は協力者（51 名）×場面（９つ）×リスク（１１種類) という三相構造をなしているので, 場面間におけるリスクの潜在的特性を明らかにするために, ３相因子分析法のひとつである TUCKER1(Tucker, 1966; Kroonenberg & de Leeuw, 1980)を用いて, 事前のデータから場面の因子抽出によって集約を図った.

4. 結果

4.1 経験群／未経験群のリスク特定率と反応時間, およびリスク評価の比較

特定されたリスクは表２（左列）に示した. それぞれについて南極観測経験／未経験に分けた群の中での特定率, 発見までの平均時間とその SD を群ごとに示した. 両群の特定率と反応時間に差があるかどうかを検定した結果を併せて示したが, 場面２の３項目を除くと有意なものはなかった. 一方で, 場面ごとに見ると, たとえば場面２のウインドスクープや場面３のクレバスへの転落のように, 経験者では特定のリスクの指摘率が上がる傾向が読み取れる.

リスク評価についての経験群と未経験群の比較では, 有意差が見られた項目は限定的であったが, ブリザードによる方向喪失やクレバスへの転落などのように寒冷地特有のリスクについては未経験群＞経験群であり, 平均値だけを見れば, ほとんどの項目で未経験群＞経験群であった. 一方, 作業工具による打撲では未経験群＜経験群となる傾向にあった.

4.2 南極滞在前後の特定率と反応時間, およびリスク評価の比較

南極観測の未経験群のうち, 南極滞在前後で実施できた協力者を対象として, 滞在前／滞在後の指摘率, 反応時間とその SD を示した（表２）. 滞在前後を比較した結果, 5%水準での有意差はいずれのリスクにも見られなかった. しかし, 経験者と未経験者の比較と同様に, 場面の中で顕著に指摘されるリスクが滞在後には見られる傾向にあった.

未経験群の滞在前後のリスク評価（表３）に差があるかどうかを, 多重検定による帰無仮説を誤って棄却する過誤を, Benjamini & Hochberg 法による False Discovery Rate (FDR)の調整により検定した. ただし, その際, 異なる場面での同一リスクに対する検定（９場面）を多重検定の範囲とした. その結果, ブリザードによる方向喪失, クレバス/タイドクラック, ウィンドスクープへの転落については広範に滞在前後のリスク評価が異ならないという帰無仮説が棄却された. *は FDR を 0.05 に調整した時に帰無仮説が棄却されたもの, †は 0.1 に調整した時に, それに加えて棄却されたものである. いずれも滞在後にリスク評価が低下していた. 一方, 各写真の中で最もリスク評定が高かったリスクについては, このような有意な低下は見られなかった.

4.3 場面の分類（表４：三相因子分析）

３相因子分析の場面相の因子負荷行列を示したのが, 表４である. 因子１は場面１, ３, ９の因子負荷量が高かった. これらの場面ではいずれも海氷や氷河といった割れ目への転落のリスクがある場所を生身の人間が移動していることから,「生身の氷上移動」と命名した. 因子２には場面２, ５が高い因子負荷量を持っていた.

表2:経験有／無群別、事前／事後のリスク指摘率と反応時間

	経験無(n=32)			経験有(n=20)					事前(n=15)			事後(n=15)		
	指摘率	RT平均値	RT-SD	指摘率	RT平均値	RT-SD	指摘率p	RTp	指摘率	RT平均値	RT-SD	指摘率	RT平均値	RT-SD
場面1クレバスへの転落	0.66	3.29	4.11	0.60	3.80	5.43			0.47	4.89	5.27	0.27	7.36	3.32
場面1タイドクラックへの転落	0.38	7.27	4.03	0.50	6.50	3.79			0.53	8.08	3.25	0.60	8.11	4.04
場面1転倒	0.38	7.42	3.48	0.35	5.88	2.53			0.40	5.78	2.95	0.20	4.00	1.99
場面1氷山の崩落	0.72	6.60	3.33	0.55	7.95	3.88			0.67	5.24	3.00	0.67	6.07	2.86
場面2ウィンドスクープへの転落	0.53	6.66	3.25	0.95	6.59	3.03	10.13**	*	0.60	7.22	2.89	0.73	4.47	1.77
場面2ブリザードによる方向喪失	0.34	9.14	4.94	0.25	9.67	2.71			0.27	12.92	3.85	0.20	10.52	3.82
場面2雪庇の崩壊	0.56	7.81	4.49	0.25	9.67	2.71	4.87*	*	0.67	8.89	4.64	0.40	8.89	3.69
場面2転倒	0.34	7.19	3.67	0.10	10.78	6.41	†	†	0.40	8.09	4.27	0.20	5.17	2.47
場面3クレバスへの転落	0.63	7.40	2.90	0.75	9.21	4.22			0.73	7.26	2.03	0.93	7.85	3.05
場面3タイドクラックへの転落	0.31	7.57	3.93	0.25	8.28	3.65			0.27	8.49	4.98	0.13	5.55	5.50
場面3雪目	0.22	8.45	3.41	0.10	8.74	4.33			0.07	15.34	.	0.13	12.19	3.72
場面4転倒	0.94	7.41	3.01	0.95	7.41	3.53			1.00	7.93	2.19	0.93	8.05	3.27
場面5クレバスへの転落	0.41	9.04	3.58	0.35	10.75	4.99			0.40	8.60	3.69	0.13	8.69	2.01
場面5タイドクラックへの転落	0.25	9.28	3.84	0.10	12.13	3.70			0.20	12.90	0.66	0.33	11.25	1.91
場面5雪目	0.25	9.10	4.57	0.20	6.85	4.82			0.27	8.03	5.29	0.33	9.84	5.10
場面6クレバスへの転落	0.25	7.38	3.51	0.15	13.61	0.95			0.20	4.84	0.88	0.27	10.37	4.08
場面6タイドクラックへの転落	0.25	7.55	2.83	0.10	8.11	2.86			0.27	6.52	0.55	0.20	7.87	3.21
場面6ブリザードによる方向喪失	0.53	6.60	4.22	0.35	7.72	4.38			0.47	6.79	4.43	0.47	6.33	2.17
場面6転倒	0.34	8.91	3.77	0.35	9.36	5.45			0.40	10.22	3.49	0.20	5.12	3.01
場面6凍傷	0.13	6.42	3.49	0.25	12.03	3.06			0.13	8.07	3.82	0.07	8.24	.

指摘率pは、χ 二乗により検定、RTのpは正規性が保証されていないため、U検定を実施。事前事後は有意な項目がなかったので、列を示さなかった。

表3:リスク評定値の滞在前後の比較の有意水準(n=15)

	場面								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ブリザードによる方向喪失			*	†	†		†	*	†
	3.13	3.27	4.27	1.67	3.47	3.27	4.13	2.20	3.93
凍傷									
	3.33	2.40	3.93	2.27	2.80	4.33	3.80	2.93	3.93
低体温症									
	3.33	2.27	3.87	2.40	2.73	4.00	3.73	2.87	3.80
クレバスへの転落	†	†			†		†		
	4.53	5.00	5.53	1.20	4.47	3.20	1.53	1.40	5.13
タイドクラックへの転落			*			†			*
	4.20	5.07	3.87	1.13	5.07	2.27	1.60	1.27	3.93
ウィンドスクープへの転落	†	*	†		*				†
	2.80	3.60	3.47	1.07	4.00	2.67	2.13	1.27	3.33
転倒									
	2.73	2.67	3.60	5.07	2.53	3.20	3.60	4.00	3.80
日焼け									
	3.13	2.60	3.87	3.33	2.47	3.67	2.87	3.27	3.73
雪目									
	3.47	3.33	3.80	1.93	3.27	3.67	2.87	3.07	3.60
作業工具による打撲									
	2.60	2.33	1.73	2.47	1.80	3.73	1.53	2.00	2.67
一酸化炭素中毒									
	1.47	2.27	1.20	1.00	2.27	2.13	1.07	1.13	1.13

注:下段は事前のリスク評定値。*はFDRによる0.05水準で帰無仮説が棄却されたもの、†は同じく0.1水準で帰無仮説が棄却されたもの。同一のリスクにおいて9つの場面を多重検定と見なして、FDRを適用した。

表４：三相因子分析による場面相の因子負荷行列

場面概要	因子１	因子２	因子３	因子４
場面1 海氷	**0.502**	0.123	−0.330	0.073
場面2 海氷・雪上車	−0.047	**0.703**	0.047	0.014
場面3 氷河上	**0.607**	−0.060	0.082	−0.016
場面4 露岩歩き	−0.009	−0.029	−0.024	**0.590**
場面5 海氷・雪上車	0.033	**0.696**	−0.010	−0.025
場面6 雪上車給油	0.032	0.021	**0.925**	0.008
場面7 昭和基地遠景	−0.001	0.040	0.076	**0.507**
場面8 露岩歩き	0.000	−0.011	−0.004	**0.622**
場面9 氷河上	0.612	−0.028	0.144	−0.032
各因子に因子負荷量の高い場面				

表５：各リスクの場面相の因子得点

	観測隊経験2	ブリザードによる方向喪失	凍傷	低体温症	クレバスへの転落	タイドクラックへの転落	ウィンドスクープへの転落	転倒	日焼け	雪目	作業工具による打撲	一酸化炭素中毒
C1:生身の氷上移動	有	−0.48	0.03	−0.21	0.05	−0.44	−0.35	0.40	0.12	0.04	0.25	−0.09
	無	0.31	−0.02	0.14	−0.03	0.28	0.22	−0.26	−0.08	−0.03	−0.16	0.06
	t検定											
C2:雪上車による氷上移動	有	−0.45	0.20	0.14	−0.72	0.09	0.04	0.41	0.18	0.03	0.53	−0.14
	無	0.29	−0.13	−0.09	0.46	−0.06	−0.02	−0.27	−0.12	−0.02	−0.34	0.09
	t検定	*			*			†			*	

これらの場面は同様にその内容から「雪上車による氷上移動」と命名した. 因子３は場面６のみに因子負荷量が高かったが, その内容から「雪上車のメンテナンス場面」と命名した. 因子４は，場面４，７，８に因子負荷量が高かったことから,「露岩歩き」と命名した. 経験／未経験群間で場面相因子の因子得点を比較したところ,「雪上車による氷上移動」のみで，表５に示すようにいくつかのリスクにおいて有意差が得られ，ブリザードによる方向喪失とクレバスへの転落では未経験群でリスク評価が高い一方，作業工具による打撲で経験群のリスク評価が高かった.

5. 考察

観測隊経験の有無による差は限定的であったが，その平均値の大小関係や滞在前後のリスク評定の比較から，南極での活動経験によってリスク評価が下がっていることが明らかになった. ただし, リスク評価は全ての場所×リスクについて下がるのではなく，各場面で最も高いと考えられたリスクについてはリスク評価の低下は見られなかった. 村越・菊池（2017）でも，未経験者は，物理的に発生しないような場所でもリスクを指摘するが, 経験者は, リスクの発生場所の指摘が限定的になることが示されている．聞き取りの結果を質的に分析した研究（村越・満下，2020）からも,「初めて海氷出た時は海氷なんて出たことなかったんですけど. すごくビクビクして．最初はアンザイ(レイン：ロープで結び合って転落を防止すること)して二人，昭和基地のすぐ目の前でもですね，それくらい緊張してたんですけど,（その後は少しリラックスできるようになった)」といった報告が見られている. これらのことから, リスク評価の低下は，経験することでの慣れによって単に「怖くなくなる」というよりは, 経験によってリスクが発生する場所についてのより精緻な知識が獲得されたと考えられる. 同一場面のリスク間の比較でも, 経験／未経験の比較, 滞在前後の比較のいずれでも, ある場面ではリスク指摘率が高まっており,「この場所にはこのリスク」という場所に応じたリスク評価が行われるようになったと考えられる.

リスク特定およびリスク評価が人により多様であることも確認された．４つ以上のリスクが指摘された場面１，２，６では，もっとも高いリスクの指摘率でも60%前後であり，この傾向は経験者でも場面２のウインドスクープを除くと変わらなかった. また, リスク評価において, 評定値が１~７に広がるリスクは少なくなかった．村越・河合（2020），村越（投稿中）では，質的データにより危険の特定や評価に, 知識や文脈, 経験など多くの要因が影響していることが示されているが, 本研究により定量的にもこれが裏付けられた．これらの結果は，たとえ致命的な結果がありえるリスクであっても，人によってその特定や評価が大きく異なっている可能性を示唆する. 個人ごとに見れば, リスクの過剰評価や過小評価が発生している可能性があると言える訳で，安全教育上の看過できない課題だと言える.

３相因子分析の結果からは，場面の特徴に応じた因子が得られた．一般的なリスク事象に対する３相因子分析によっても対象因子の抽出(Siegrist et al., 2005)では, リスク事象の「観察不可性(unobservable)」「旧知性(old)」, 山岳リスクでの対象因子の抽出(満下・村越, 2019)では,「急襲性」や「遍在性」といった因子が認知次元として抽出されている. 本研究でも, こうした場面に共通するリスクの特徴が認知次元として存在し，抽出されたことが推測できる. 例えば第１因子に負荷の高い場面１，３，９では類似した評価が行われるリスクがあり, 人間が氷上を移動する場面ではリスクの共通性が認知されていると考えることができる. 同様に, 雪上車が移動中であるかメンテナンス中であるか(第２，３因子), 露岩であるか(第４因子)といった場面ではそれぞれ固有のリスク特徴が知覚されていると同時に，それらは因子間である程度独立してリスクが評価されていると考えられる.

特に，第 2 因子である「雪上車による氷上移動」では因子得点に経験差が見られた. このことから, 場面だけでなく移動手段の違いによってリスクが異なることが経験的に学習されたと考えられる．それがリスクのどのような潜在的特徴を表しているのかについては，因子分析のみでは十分に明らかになっておらず，さらなる検証が必要であろう.

6. 謝辞

本研究は，南極地域観測第Ⅸ期中期計画に採択された第一著者の萌芽研究によるものである．研究は科学研究費補助金（基盤研究(B)19H04429）によって実施された．職務の傍ら研究に協力いただいた隊員等の方々にお礼申し上げます.

文献

[1] 第 55 次南極地域観測隊(2015). 『日本南極地域観測隊第 55 次隊報告』.東京：国立極地研究所.

[2] Kroonenberg, P. M., & De Leeuw, J. (1980). Principal component analysis of three-mode data by means of alternating least squares algorithms. *Psychometrika*, *45*(1), 69-97.

[3] 満下健太・村越真（2019）実践経験による山岳リスクイメージの精緻化：三相因子分析による検討. 日本認知科学会第 36 回大会発表抄録集.

[4] 村越　真(2019)なぜ「危ない！」と感じるのか？：知識獲得によるリスクイメージの精緻化. 認知科学会第 36 回大会発表抄録集.

[5] 村越真（投稿中）危険予知訓練(KYT)によるリスク判断の多様性への気づき：南極地域観測隊安全教育を事例として.

[6] 村越真・河合美保(投稿中)危ないと思うのはなぜか？　安全教育学会第 21 回大会.

[7] 村越真・満下健太(2020) 過酷な自然環境における実践知：南極観測フィールドアシスタントのリスクマネジメントの分析，認知科学，27(1)，23−43.

[8] 村越真・菊池雅行(2017)第 58 次南極地域観測隊員の南極のリスクに対する態度，知識，対応スキルの実態，南極資料, 61, 81-107.

[9] Slovic, P. (1987). Perception of risk.　Science, 236,280-285.

[10] Siegrist, M., Keller, C., & Kiers, H. A. (2005). A new look at the psychometric paradigm of perception of hazards. *Risk Analysis: An International Journal*, *25*(1), 211-222.

[11] Tucker, L. R. (1966). Some mathematical notes on three-mode factor analysis. *Psychometrika*, *31*(3), 279-311.

扁桃体の役割を射程に入れた「面白い」の言語理論の提案
A theoretical approach for humor comprehension based on the role of the amygdala

中村 太戯留[†‡]
Tagiru Nakamura
武蔵野大学{[†]データサイエンス学部, [‡]教養教育リサーチセンター}
{[†]Faculty of Data Science, [‡]Research Center for Liberal Education}, Musashino University
tagiru_n@musashino-u.ac.jp

概要
ユーモア理解において不調和の感知段階と解消段階という過程が関与し，ユーモアを生じる要の解消段階において扁桃体が重要な役割を果たすことが示唆されている．扁桃体は，一見すると明示的ではない隠れた敵意や社会的な脅威などの関連性感知に関与する神経基盤と考えられている．また，保護されているという認識を伴った遊び状態の重要性が指摘されていることも合わせて考えると，ユーモア理解は扁桃体のこのような役割を利用した一種の遊びと考えられる．
キーワード：humor, amygdala, protective frame

1. はじめに

ユーモア理解において不調和の感知段階と解消段階という過程が関与し，ユーモアを生じる要となるその解消段階においてヒトの脳内にある扁桃体が重要な役割を果たすことが示唆されている[18]．本研究では，その扁桃体の役割を射程に入れ，意味づけ論[9,26]を手掛かりとした“面白い”の言語理論の構築を目的としている．

2. 意味づけ論の概念装置

本研究では，意味づけ論の概念装置のうち，「共有感覚(coherence monitoring，一貫性の監視)」と「辻褄合わせ(incongruity resolution，不調和の解消)」に注目する．共有感覚は，「会話の当事者にとって，会話が成立しているかどうかを決めるのは〈意味の共有感覚〉である」(p.41)と言及しており[26]，この共有感覚が得られない状態がすなわち不調和の感知に相当すると考えられる．一方，辻褄合わせは，「意味や意味の関連をそれなりに齟齬のないまとまりとして意味づけようとする志向性」(p.32)であり[9]，すなわち不調和の解消に相当すると考えられる．

また，意味づけ論[9,26]の特徴として，発話の意味と発話者の意味を明確に分けて論じている点を挙げることができる．発話の意味を構成するためには，「対象把握」と「内容把握」が必要であり，発話者の意味を構成するためには「意図把握」「態度把握」そして「表情把握」が必要であり，合計で 5 つの把握の相が関与すると考えられている．なお，ここでは意味づけ論にならい，ある個人が既存の内的知識として有している意味世界を「情況」，その個人に向けられた言語的な外的情報を「コトバ」と呼ぶことにする[9,26]．対象把握は「コトバが何を指しているのかを意味づける相」(p.82)と定義しているのに対して，内容把握は「コトバがどういう内容をいっているのか(叙述内容)を意味づけ，コトバから語られた事態を構成する相」(p.82)と定義している[9]．例えば，「あなたはお坊さんですか？」「そうです！」であれば，「そう」が指しているのは僧侶なのか同意を表す返事なのかを特定しようとするのが対象把握の相で，その結果としてコトバの意味全体を構成しようとするのが内容把握の相で，両者を合わせて「発話の意味」を構成すると考えられている．一方，意図把握（行為意図の把握）は「ある発話によって，発話者は何をしたいのか，あるいは何をして欲しいのかを捉える意味の相」(p.84)，態度把握（発話態度の把握）は「発話者が話題となっている情況をどういう態度で語っているかを捉える意味づけ(の相)」(p.84)，そして表情把握は「この人は，不安を感じている，喜んでいる，威張っている，落ち着いている，といった雰囲気や様子や印象を，相手の動作や声の韻律などを手掛かりにしながら感得し，理解すること(の相)」(p.85)とそれぞれ定義している[9]．例えば，先程の「そうです！」であれば，発話者の目が笑っているという把握が表情把握の相，そのため相手は誠実にあるがままを語っているわけではなくてユーモアをいっているという把握が発話態度の把握の相，そして発話者は聴者を笑かそうとしているという把握が行為意図の把握の相で，これらを合わせて「発話者の意味」を構成すると考えられている．

3. 不調和解消における扁桃体の賦活

この不調和の解消段階において，扁桃体が重要な役割を果たす可能性が示唆されている[18]．ユーモア理解

においては，いつもと違う何か[8]や曖昧で不調和な何か[7]といった不調和を，何らかの新たな関係性[11,16,17]や最初の想定の中に何らかの間違い[12]を見いだすことにより解消する，という段階的な処理が関与すると考えられている[7,8,25]．ユーモア理解の神経基盤を調査した実証的な研究においては，多様な神経基盤が提案されているが，不調和の解消段階に特有な神経基盤に関しては統一見解に至っていない[29]。その理由は，おそらくこれまでの実証的な研究が不調和の感知段階と解消段階とを分離できていないことによると考えられる[18]．実際には，両段階は連続して生じているようで，また両段階を分離する明確な行動的な指標は存在していない[29]．そこで，「A と掛けて，B と解く．その心は，X」という言語表現を用い，不調和を感知するが解消できない状態でユーモア理解の処理を一時停止することで，不調和の解消段階のみが単独で生じる方法が提案されている[18]．例えば，「貯金と掛けて，奥さんの笑顔と解く．その心は」まで刺激を提示した段階では，貯金と奥さんの笑顔の共通点をにわかには見いだせないという不調和の感知段階で処理が一時停止する．その後，「なくなると怖い」という X を提示した段階では，不調和の解消段階のみが生じる．そして，この X を「面白い」と評価した実験参加者の脳活動を機能的核磁気共鳴措置で観測したところ，扁桃体が賦活したという所見が報告されている[18]．

扁桃体は，一般的には危険を速やかに自動的に感知して避けるための機構とみなされているが，ポジティブとネガティブのどちらの情報も重要度を評価する役割を担っており，より大きな目的としては生物学的な刺激の入力に対する情動的な評価，すなわち関連性感知に関与すると考えられている[22]．この関連性の感知に関与すると考えられる部位は他にもあり，眼窩前頭野は感情価の区別，前部帯状回はモノの生物学的な価値の算定，前部島皮質は情動反応，そして上丘および下丘と視床枕は無関係な刺激の除去にそれぞれ関与すると考えられているが，扁桃体は出力投射の数が圧倒的に多く，その他の関連性感知に関与する部位との重要な違いとなっている[21]．また，その圧倒的に多い出力投射により皮質ネットワークの機能を調和させることにも関与する可能性が示唆されており[21]，そのため，扁桃体はユーモア処理における不調和解消に関与する可能性の最も高い神経基盤と考えられる．

ヒトの社会的機能における扁桃体の役割としては，社会的に目立つ刺激の認知とそれに対する反応が挙げられている[30]．ただ，恐怖に関する実験において，時々恐怖を予告する刺激の方が，常に恐怖を予告する刺激よりも大きな反応を示すことが報告されている[14]．また，扁桃体の活動は，一見すると不明確な間接的な攻撃が示されるような実験条件の方が，明確な身体攻撃が示されるような実験条件よりも大きな反応を示すことが報告されている[13]．そのため，扁桃体は曖昧性と関連性に敏感であると考えられている[22]．関連性に関しては，「ある事柄が，自分の目標達成，自分の欲求実現，自分が有する幸福や属する種の幸福の維持に(楽観的であれ悲観的であれ)有意な影響を及ぼすならば，それは関連性のある事柄である」(p.311)と述べられている[22]．これらを総合すると，扁桃体は，一見すると明示的ではない隠れた敵意や社会的な脅威などの関連性の感知に関与する可能性の高い神経基盤と考えられる．

扁桃体損傷の神経心理学的な知見からも，扁桃体が関連性感知に関与するという仮説は支持されている[30]．Urbach-Wiethe 病により後天的に両側偏桃体を損傷した 2 名の女性の患者に関する所見として，多くの検査(知能と学業成績，記憶，発話と言語機能，視知覚機能と視覚構成機能，実行統制機能と関連する機能，標準的なパーソナリティ評価，社会的機能についての追加検査)を実施したところ，ほとんど異常性は認められなかったが，言語流暢性検査とハノイの塔の結果が良くないことが報告されており，何らかの弱い「実行機能」(思考や行動を制御する機能)の障害が示唆されている[30]．また，この患者は，恐怖の表情を認知することが他の情動と比べて大きく損なわれていること，恐怖の表情の認知に強く関連する人の目への注視が損なわれていること，そして目に注視するように明示的に教示するとその実験に限っては実験成績が改善する(後日の実験ではもとに戻る)ため恐怖の表情自体は認知できることから，環境を探索して関連性を感知する機能が失われている可能性が示唆されている[30]．

これらを総合すると，扁桃体は，不調和を解消するために環境を探索し，関連性を感知することで不調和を解消するという活動において，重要な役割を果たす部位であると考えられる．

4. 不調和解消における「見いだし」

ところで，ユーモア理解における不調和解消のタイプとしては，「何らかの新たな関係性を見いだすタイプ」と「最初の想定の中に何らかの間違いを見いだすタイ

プ」に大別することができる．例えば，「貯金と掛けて奥さんの笑顔と解く．その心は，なくなると怖い」の例[18]では，貯金と奥さんの笑顔の新たな関係性を見いだしている．一方，「オライリーは武装強盗の件で裁判を受けた．陪審員が“無罪”と告げると，“素晴らしい！金は返さなくていいんだな？”とオライリーは言った」(p. 90)の例[25]では，オライリーが無罪という想定の間違いを見いだしている．このどちらのタイプからもユーモアが生じうることを考慮すると，両タイプの共通点，すなわち「何らかの見いだし」，おそらくは「関連性の見いだし」をしていることがユーモアを生じる要である可能性が考えられる．

不調和解消理論の中には，不調和のみで十分であり，解消段階は必須ではないとする主張もある[19]．実験参加者は精神物理学の実験に参加する旨の説明を受け，見た目が同じ複数個の重りを基準の重りと比較するように求められた．最初は重さのそれほど違わない重りを比較し，やがて非常に軽い重りや，非常に重い重りを比較した際，実験参加者は微笑んだり，大声を出して笑ったりしたことが報告されている[19]．わずかな重さの違いの判断を求める文脈で，あからさまな違いの判断を突然求められることは不調和であり，その不調和は一見すると何も解消されていないように見える．しかし，そうだろうか．意味づけ論[9,26]では，辻褄合わせ(不調和解消)の対象として，発話の意味と発話者の意味(意味を捉える枠組み要因)を挙げている．この実験[19]における重さ判断では発話は関与しないため，「行為」と読み替えて考えてみると，相手が要求した「行為の意味」と，その行為を要求した「行為者の意味」(行為を捉える枠組み要因)とが介在すると考えられる．行為者の意味として通常は「誠実に実験参加を依頼している」という枠組みが想定されているが，この想定が間違いであることを見いだし，例えば，「実験参加者をからかおうとしている」に調節することで行為者の意味の不調和を解消したと捉えることが可能である．このように考えると，重さ判断の実験[19]は，不調和の解消段階が必須ではないことを示すというよりは，むしろ，行為者の意味のような「枠組み」の不調和解消が関与しうることを示す好例に見える．

5. ユーモア生起と「遊び状態」

この重さ判断の課題[19]に関しては，実験室を離れて消費者調査のふりをして鉄道の駅で実験すると，その笑いが消失したことも報告されている[20]．これは，乗客がどこかに移動するために急いでいるなど，真面目な気持ちで実験に参加していたため，ユーモア反応を発生させるために必要な遊びとしての心構えを持てない傾向にあったことが要因と考えられている[16]．反転理論[5]は，心的エネルギーの高低要因(高い状態と低い状態)に加え，心的エネルギーを捉える心の枠組み要因(真面目状態[目標志向状態，telic mode]と遊び状態[活動志向状態，paratelic mode])を提案し，ユーモアは遊び状態で心的エネルギーが高いときに生じると指摘している．そして遊び状態においては，「保護されている」という認識の枠組み(protective frame)が必須の条件と考えられている[1,2,6]．例えば，檻もなにもない状態でトラとヒトが対面する状態では保護してくれるものは何もないためそのヒトは真面目状態になるが，トラが檻の中にいればそのヒトは保護されているため遊び状態になると想定される．真面目状態では，心的エネルギーが低いとリラックスして快であるのに対して，高いと不安で不快となる．一方，遊び状態では，心的エネルギーが低いと退屈で不快であるのに対して，高いと興奮して快となる．例えば，屏風に描かれたトラとの対面は心的エネルギーが低く，実物のトラとの対面は高いことが想定される．そのため，重さ判断課題を実験室などの「保護されている」という認識を生じうる環境[19]で実施すると遊び状態となりユーモアを生じうるのに対して，鉄道の駅などの「保護されている」という認識を生じにくい環境[20]で実施すると真面目状態となりユーモアを生じにくいと考えられる．

ユーモアは皮肉からも生じうることが知られている[15]．例えば，「母親が太郎くんに散らかった部屋を片付けるように言いましたが，マンガに夢中になっていました。しばらくしても，散らかったままなので，母親は太郎くんに言いました．“お部屋はすっかりきれいね！”」(p.1779)の例[28]は，もちろん，これは皮肉であるが，微笑む人もおり，ユーモアを生じうる表現と考えられる．意味づけ論[9,26]では，皮肉もユーモアと同様に発話者の意味に関する現象と捉えられており，発話に関する何らかの意図的な不調和の感知を契機として，「誠実にあるがままを語っている」という想定が間違いであることを見いだし，「皮肉を言おうとしている」に調節することでその不調和を解消すると捉えることが可能である．そして，上記の例[28]で，太郎くんが遊び状態であればユーモアを生じうることが予想され，真面目状態であれば生じないことが予想される．

ところで，扁桃体の賦活は，ユーモア理解における不調和解消の際に報告[18]されているだけではなく，皮肉理解に特有の部位としても報告されている[27]．両者の共通点としては，不調和の感知と解消に関与していることが挙げられる．また，発話者の意味の調節[9,26]に関与していることも挙げられる．このように考えると，いくつかの重要な疑問が生じてくる．不調和の解消[25]と，心の枠組み要因(遊び状態か真面目状態か)[5]は独立なのか，それともどちらの心の枠組み要因に帰属するのかも含めて不調和の解消なのか．心の枠組み要因[5]や「保護されている」という認識[6]と関連した神経基盤はどこか(同じ扁桃体内なのか，他の部位なのか)．扁桃体が，一見すると明示的ではない隠れた敵意や社会的な脅威などの関連性の感知に関与するならば[22]，ユーモア理解とは，隠れた敵意や社会的な脅威を感知する遊びとみてよいか．

いずれにせよ，扁桃体はポジティブとネガティブのどちらの関連性感知にも関与することを考慮すると，ユーモアを生じるためには不調和解消の結果として生じた情動がポジティブである必要がある．

6. 不調和感知の神経基盤

ユーモア理解の神経基盤に関するメタ分析の結果，脳のほぼすべての領域の関与が明らかとなっている[18]．具体的には，大脳皮質の外側領域は，前頭極，前頭前野背外側部，上前頭回，中前頭回，下前頭回，島皮質，側頭極，上側頭回，上側頭溝，中側頭回，下側頭回，上頭頂小葉，下頭頂小葉，側頭頭頂接合部，側頭後頭接合部，紡錘状回，そして外側後頭葉であった．内側領域は，眼窩前頭皮質，腹内側前頭前野，内側前頭前野前部，内側前頭前野後部，中心前回および中心後回，後帯状皮質，楔前部，そして内側後頭葉であった．皮質下領域は，扁桃体，背側線条体，腹側線条体，視床下部，視床，海馬傍回，海馬，中脳，そして小脳であった．これらの領域のうち，扁桃体，下前頭回，そして中側頭回の報告頻度が他の領域よりも有意に高い結果となっていた[18]．

扁桃体が不調和の解消において重要な役割を担うとするならば[18]，それ以外の部位は不調和の感知に関与していると推測される．内側前頭前野は一貫性の監視(共有感覚)に関与しており[27]，その前方は他者の心の忖度に，後方は不整合や間違いの感知に関与すると考えられている[3]．また，前部島皮質は，視覚，聴覚，触覚などの外受容感覚や，内臓感覚，関節感覚，筋肉感覚などの内受容感覚を対象として，入力信号についての予測やその予測誤差の検出(不調和の感知)に関与すると考えられている[23,24]．そのため，内側前頭前野や島皮質は，共有感覚を手掛かりとした不調和の感知において何らかの役割を果たす候補と考えられる．

7. 「面白い」の言語理論の提案

本研究では，これらを総合して次のような「面白い」のプロセスモデルを提案する．

(1) 聞き手や読み手は情況でコトバを受け取る(側頭葉の聴覚野や後頭葉の視覚野で言語的な外的情報を受け取る)．
(2) 共有感覚を手掛かりとしてコトバの把握(対象，内容，意図，態度，表情)の処理を並列的に開始する(大脳の外側領域や内側領域，そして皮質下領域などが関与して情報を補填し，発話の意味や発話者の意味の構成を開始する)．
(3) 共有感覚が得られずに不調和を感知した際は，辻褄合わせを試みる(内側前頭前野や島皮質が協働して，共有感覚[一貫性の監視]を手掛かりとした不調和の感知[予測誤差の検出]をし，その不調和を解消するための適切な処理を開始する)．
(4) 何らかの見いだし(関連性の感知)をした際に「保護されている」という認識の枠組みを有しており遊び状態であればユーモアを生じる(扁桃体は，不調和を解消するために環境を探索し，関連性を感知することで不調和を解消する．なお，「保護されている」という認識や遊び状態の神経基盤は不明)．
(5) そのコトバの処理を終了する．

8. おわりに

ユーモア理解に関する理論的な先行研究では，不調和の解消が重要であることが示唆されている[7,8,25]．この不調和の解消には，新たな関係性の見いだし[11,17]あるいは何らかの間違いの見いだし[12]が関与しており，両者の共通点としては何らかの見いだしをしている点が挙げられる．そして，ユーモアを生じる要となるその解消段階においてヒトの脳内にある扁桃体(皮質核付近)が重要な役割を果たすことが示唆されている[18]．扁桃体は，一見すると明示的ではない隠れた敵意や社会的な脅威などの関連性の感知[22]に関与する可能性が

示唆されている．また，扁桃体内の皮質核[4]は，進化的には新しい部位で，霊長類における表情把握による迅速な社会的情報の伝達と関係することが報告されており[10]，系統発生全体を通して，社会的行動の複雑性が増すにつれて扁桃体の表面に位置する皮質核の機能が拡大しているという仮説が提案されている[10]．そのため，「保護されている」という認識の枠組み[6]を伴った遊び状態[5]の重要性が指摘されていることも合わせて考えると，ユーモア理解は扁桃体のこのような役割を利用した一種の遊びと考えられる．

謝辞：本研究は，JSPS 科研費 JP20K13034 の助成，国立生理学研究所生体機能イメージング共同利用実験の支援を受けた．ここに感謝の意を表する．

文献

[1] 雨宮俊彦, & 生田好重, (2008) “動機づけのダイナミズム：リバーサル理論の概要”, 関西大学社会学部紀要, Vol. 39, No. 3, pp.123–165.

[2] 雨宮俊彦, (2016) 笑いとユーモアの心理学: 何が可笑しいの？, ミネルヴァ書房.

[3] Amodio, D. M., & Frith, C. D., (2006) “Meeting of minds: The medial frontal cortex and social cognition”, Nature Reviews Neuroscience, Vol. 7, 268–277.

[4] Amunts, K., Kedo, O., Kindler, M., Pieperhoff, P., Mohlberg, H., Shah, N. J., … Zilles, K., (2005) “Cytoarchitectonic mapping of the human amygdala, hippocampal region and entorhinal cortex: intersubject variability and probability maps”, Anatomy and Embryology, Vol. 210, No. 5–6, 343–352.

[5] Apter, M. J., (1982) The experience of motivation: The theory of psychological reversals, London: Academic Press.

[6] Apter, M. J., (1992) The dangerous edge: The psychology of excitement, The Free Press. (デンジャラス・エッジ:「危険」の心理学, 渋谷由紀(訳), 講談社, 1995)

[7] Attardo, S., Hempelmann, C. F., & Di Maio, S., (2002) “Script oppositions and logical mechanisms: Modeling incongruities and their resolutions”, Humor, Vol. 15, No. 1, 3–46.

[8] Forabosco, G., (1992) “Cognitive aspects of the humor process: The concept of incongruity”, Humor, Vol. 5, No. 1, 45–68.

[9] 深谷昌弘, & 田中茂範, (1996) コトバの意味づけ論：日常言語の生の営み, 紀伊國屋書店. (Fukaya, M., & Tanaka, S., (1996) A sense-making theory for real language activities, Tokyo: Kinokuniya.)

[10] Goossens, L., Kukolja, J., Onur, O. A., Fink, G. R., Maier, W., Griez, E., … Hurlemann, R., (2009) “Selective processing of social stimuli in the superficial amygdala”, Human Brain Mapping, Vol. 30, No. 10, 3332–3338.

[11] Hillson, T. R., & Martin, R. A., (1994) “What’s so funny about that?: The domains-interaction approach as a model of incongruity and resolution in humor”, Motivation and Emotion, Vol. 18, No. 1, 1–29.

[12] Hurley, M. M., Dennett, D. C., & Adams, R. B., (2011) Inside jokes: Using humor to reverse engineer the mind, Cambridge MA: The MIT Press. (ヒトはなぜ笑うのか, 片岡宏仁訳, 勁草書房, 2015)

[13] Kling, A. Sl, Steklis, H. D., & Deutsch, S., (1979) “Radiotelemetered activity from the amygdala during social interactions in the monkey”, Experimental Neurology, Vol. 66, No. 1, ppl. 88–96.

[14] Lloyd, R. L., & Kling, A. S., (1991) “Delta activity from amygdala in squirrel monkeys (Saimiri sciureus): Influence of social and environmental context”, Behavioral Neuroscience, Vol. 105, No. 2, pp. 223–229.

[15] Long, D. L., & Graesser, A. C., (1988) “Wit and humor in discourse processing”, Discourse Processes, Vol. 11, No. 1, 35–60.

[16] Martin, R. A., (2007) The psychology of humor: An integrative approach, London: Elsevier Academic Press.

[17] Mio, J. S., & Graesser, A. C., (1991) “Humor, Language, and Metaphor”, Metaphor and Symbolic Activity, Vol. 6, No. 2, 87–102.

[18] Nakamura, T., Matsui, T., Utsumi, A., Yamazaki, M., Makita, K., Harada, T., Tanabe, H.C., & Sadato, N., (2018) “The role of the amygdala in incongruity resolution: The case of humor comprehension”, Social Neuroscience, Vol. 13, No. 5 553–565.

[19] Nerhardt, G., (1970) “Humor and inclination to laugh: Emotional reactions to stimuli of different divergence from a range of expectancy”, Scandinavian Journal of Psychology, Vol. 11, No. 3, 185–195.

[20] Nerhardt, G., (1976) “Incongruity and funniness: Towards a new descriptive model”, In A. J. Chapman & H. C. Foot (Eds.), Humor and laughter: Theory, research, and applications (pp. 55–62), London: John Wiley & Sons.

[21] Pessoa, L., & Adolphs, R., (2010) “Emotion processing and the amygdala: From a ‘low road’ to ‘many roads’ of evaluating biological significance”, Nature Reviews Neuroscience, Vol. 11, No. 11, 773–783.

[22] Sander, D., Grafman, J., & Zalla, T., (2003) “The human amygdala: An evolved system for relevance detection”, Reviews in the Neurosciences, Vol. 14, No. 4, 303–316.

[23] Seth, A. K., (2013) “Interoceptive inference, emotion, and the embodied self”, Trends in cognitive sciences, Vol. 17, No. 11, 565–573.

[24] Seth, A. K., & Friston, K. J., (2016) “Active interoceptive inference and the emotional brain”, Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, Vol. 371, No.1708, 1–10.

[25] Suls, J. M., (1972) “A two stage model for the appreciation of jokes and cartoons: An information processing analysis”, In Goldstein, J. H., & McGhee, P. E. (Eds.), The psychology of humor: Theoretical perspectives and empirical issues (pp. 81–100), New York: Academic Press.

[26] 田中茂範, & 深谷昌弘, (1998) 意味づけ論の展開: 情況編成・コトバ・会話, 紀伊國屋書店. (Tanaka, S., & Fukaya, M., (1998) A continuation of sense-making theory: Sense-making, literal expression, and communication, Tokyo: Kinokuniya.)

[27] Uchiyama, H. T., Saito, D. N., Tanabe, H. C., Harada, T., Seki, A., Ohno, K., … Sadato, N., (2012) “Distinction between the literal and intended meanings of sentences: A functional magnetic resonance imaging study of metaphor and sarcasm”, Cortex, Vol. 48, No. 5, 563–583.

[28] Utsumi, A., (2000) “Verbal irony as implicit display of ironic environment: Distinguishing ironic utterances from nonirony”, Journal of Pragmatics, Vol. 32, No. 12, 1777–1806.

[29] Vrticka, P., Black, J. M., & Reiss, A. L., (2013) “The neural basis of humor processing”, Nature Reviews Neuroscience, Vol. 14, No. 12, 860–868.

[30] Whalen, P. J., & Phelps, E. A., (2009) The Human Amygdala, The Guilford Press.

L2 習得が L1 の母音空間に与える影響 —日中バイリンガル標準中国語母語話者を対象に—[i]

The effect of L2 acquisition on L1 vowel space by Chinese-Japanese bilinguals

福﨑　実紀[†]　田中　邦佳[‡]
Minori Fukuzaki, Kuniyoshi Tanaka

[†]淑徳巣鴨中学高等学校，[‡]法政大学
Shukutoku Sugamo Junior and Senior high school, Hosei University
psw145gf@gmail.com

概要

第二言語（L2）を学習することで，母語（L1）の言語体系が再構築されることがあると，近年の第二言語習得論の研究によって示されている．本論文では，日中バイリンガル標準中国語母語話者とモノリンガル標準中国語話者を対象に発話実験を行い，L2 として日本語を習得することで，L1 の中国語の母音体系に変化があるのかを調査した．音声の音響分析を行ってフォルマント周波数（F1, F2）を計測し，母音空間図を作成して話者群間の比較を行った結果，高母音（/i/,/u/）における舌の高低に違いが見られた．また，後舌高母音（/u/）の円唇度合いに影響があるのかを検証するために第三フォルマント周波数（F3）の計測を行った結果，L2 を学習した場合に円唇度合いが増すことがわかった．

キーワード : 第二言語習得，母音，中国語，日本語，音声学，音韻論

1. はじめに

第二言語（L2）学習者が L2 を習得すると，すでに獲得した母語（L1）に新たに L2 の言語知識を加えることになる．その L2 を学習する過程で L1 および L2 の音韻空間の再構築が行われる可能性がある．Cook (1991, 2012) は，ある言語話者が L2 を習得した際，一人の言語話者の中に 2 つ以上の言語体系が共存し，L1 と新たに学んだ L2 の言語知識が相互に影響し合うと述べており，L1 の言語知識が L2 に影響を与えるたけでなく，L2 の言語知識も L1 に影響を与えるとしている．L2 学習者の L1 が L2 の音韻学習に及ぼす影響についての研究はこれまでに数多くなされている（Best & Tyler, 2007 など）.

一方で，L2 の習得が学習者の L1 の音韻に与える影響についての研究は数多くは行われていないが，そのような研究の 1 つに Guion (2003) がある．Guion は，ケチュア語（3 母音 : (/ɪ, a, ʊ/)）が L1 の，同時バイリンガル（simultaneous bilingual）話者を含むスペイン語（5 母音 : /i, e, a, o, u/）を L2 とする学習者，およびスペイン語のモノリンガル話者を対象に発話実験を行った. Guion は，学習者の L1 および L2 での発話の母音の音響分析を行い，その結果から前舌母音と後舌母音の発話においては，L1 音および L2 音の間に現れる音響的な差異が話者によって異なり，その傾向によって 3 つのグループ群に分けられることを示した．Guion はさらに，学習者の L1 での発話が上記のグループ間で異なるかどうかを分析し，L1 音と L2 音で異なる発話を行うグループ群は，そうでないグループ群と比べて L1 の高母音（/ɪ/と/ʊ/）の発話時の舌の位置が高くなっていることを示した[ii]．Guion は，この結果が得られた可能性の 1 つとして，スペイン語（L2）は高母音と中高母音を区別のために母音空間がケチュア語（L1）よりも広く，L2 音を習得することによってこの L2 の母音空間の広さが L1 にも反映されたと述べている．Guion の実験の対象となった L1 と L2 の 2 言語の組み合わせの場合，L2 学習においては L1 の母音空間に新たな母音を加えることになる．前舌母音の場合は，L1 の/ɪ/と/a/ の間のスペースに L2 の /e/ が新しい音として加わることになり，L2 の母音空間を構築することで L1 の母音空間も調整され再構築されたと考えられる．しかし，L1 と L2 の 2 つの言語の組み合わせによっては，両言語でカテゴリーとしては同一の音素ながらも音響的特性が異なる場合もある．Flege (1987) では，L1 が英語の L2 フランス語学習者，および L1 がフランス語の L2 英語学習者を対象に発話実験を行い，その結果の 1 つとして両言語に音素として存在するが音響的には異なる /u/ の場合，英語母語話者の場合もフランス語話者の場合も L2 学習による L1 の /u/ の影響は示されなかったことが報告されている．この結果から，L2 学習において，新たな音が加わらない場合には L1 の母音空間の再構築が起こらないと考えることができる．

Guion (2003) と Flege (1987) の結果を比較すると，L2 習得によって L1 の母音空間の再構築がもたらされる

かどうかは，L1 と L2 間の母音音素の違いが影響することが考えられる．本研究では，標準中国語を L1，日本語を L2 として学習した日中バイリンガル標準中国語母語話者を対象に発話実験を行う．日本語と標準中国語は，比較的母音空間が近いものの，L2 学習では，新たな音素が加わり，母音の円唇性が L1 と L2 で異なる音も存在する．実験で得られた発話の音響分析を行うことにより，L2 学習が L1 の母音空間にどのように影響するか検証する．

2. 実験

本研究では，比較的母音空間上の配置が似ている標準中国語（6 母音: /i, y, a, o, ɤ, u/）を L1，日本語（5 母音: /i, e, a, o, ɯ/）を L2 とするバイリンガル標準中国語話者，およびモノリンガル標準中国語母語話者を対象に発話実験を行った．

日本語には標準中国語にない前舌母音の /e/ が存在し，L2 の学習においては L1 の前舌母音のスペースに新たにこの音を加えることになる．また，後舌高母音は，日本語では /ɯ/ で発音されるが，標準中国語では/u/ で発音される．母音空間内の配置は L1 と L2 で同様ではあるが円唇の有無が異なり，L1 では円唇母音として発音される音を L2 では非円唇母音として発音することになる．

本研究では，発話実験で得られた音声データを音響分析し，先行研究と同様の L1 に対する L2 の影響が見られるかどうかを調査した．

2.1. 参加者

本実験の参加者は，モノリンガル標準中国語母語話者 10 名（以下, MCM とする）（男性 5 名，女性 5 名,*M* = 25.3, *SD* = 0.82）と日中バイリンガル標準中国語母語話者 10 名（以下，CJL とする）（男性 5 名，女性 5 名, *M* = 25.2, *SD* = 2.70）であった．

MCM は，標準中国語（Mandarin）を日常生活で使用している話者を対象とした．CLJ は，日本に滞在し，かつ，日本語能力試験 N1 を所持し，日本語での日常会話に支障がないレベルの日本語能力がある話者を対象とした．

2.2. 刺激語

本実験で調査の対象とした刺激語は，標準中国語の /i/,/y/,/a/,/o/,/ɤ/,/u/ のいずれかの母音を含む CV 構造の実在語 6 語（梯(tī) /tʰi/，屈(qū) /tɕy/，他(.tā) /tʰa/，坡(pō) /pʰo/，科(kē) /kʰɤ/，禿(tū) /tʰu/）であった．

声調がフォルマント周波数に影響を与えるという指摘がなされている（張ら 1991）ため，刺激語の声調は全て第一声に統一した. また, 単語に対する親密度が結果に影響を及ぼすことも考慮し，常用されるような単語を選択した.

これらの 6 つの単語に 2 語のフィラー語（実在語）を加え，合計 8 語を発話の対象とした．また，各単語を同一のキャリア文「这是“__”的图片（これは，__という絵です）」の，“__”の中に埋めこんだ刺激文を作成した.

実験において始めに文発話を行い, その後, 単語のみを発音するように発話リストを作成した. 文発話, 単語発話ともにリストの最初と最後の単語はフィラー語に統一し, 分析の対象となる 6 語の呈示順は話者毎にランダマイズした.

2.3. 手順

実験において各参加者は，発話リストの文または単語を発話した. 参加者は, 1 つの文または単語につき 3 回ずつ発音し, その音声を収録した. 録音に使用したマイクは, SONY ECM-PCV80U であった．録音および発話の音響分析には，Praat (Boersma & Weenink, 2018, Version 6.0.39) を使用した. 収録音声のサンプリング周波数は 44.1 kHz，量子化ビットレート 16bit であった.

2.4. 分析方法

本論文では実験で得られた発話のうち，文発話の分析結果を報告する．[iii]

実験において得られた各文の 3 回の発話のうち, 2 回目の発話を分析対象とした. 分析に際しまず始めに, 音声の波形およびサウンドスペクトログラムを参考に，分析対象の単語の母音の開始および終端時刻の同定を行った. その後，母音区間の中央の時刻の第一（F1），第二（F2），第三（F3）フォルマント周波数を測定した.

フォルマント周波数は話者の個人差が値に大きくあらわれるため, 本研究では, Lobanov (1971）で用いられた母音の正規化法を用いて話者毎に測定値（Hz）を z 値に変換した. この正規化方法は, 矢澤・近藤 (2018) によると，古典的な母音正規化方法ではあるが，他の正規化に比べて，個人差を埋めるのに効率的であるとされている.

3. 結果

CLJ が L2 である日本語の母音を習得することにより，

L1の標準中国語の母音空間に影響をしたかどうか, MCMの標準中国語での発話と比較することにより検討した.

以下の図1は，標準中国語の6つの母音のF1とF2の値を示した母音空間図である.

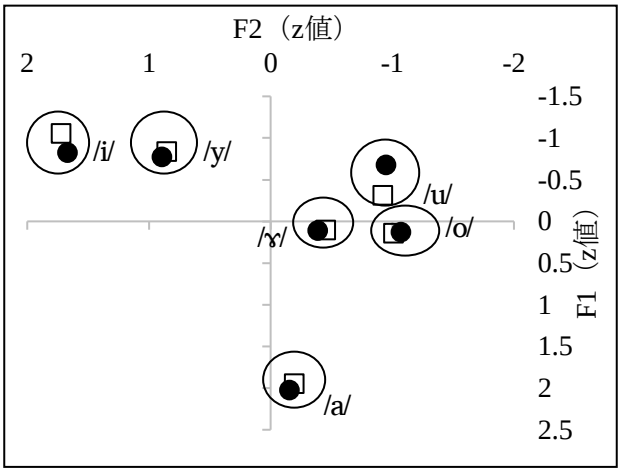


図1.　文発話における母音空間図
（□CLJ（n＝10）●MCM（n＝10））

図1の縦軸でF1，横軸でF2の値を示した．F1値は，母音調音時の舌の最高部の高低の位置に関連して変化し，舌の位置が高ければ高いほどその値が低くなることが知られている．F2は，調音時の舌の最高部の前後の位置に関連し，その位置が前（口唇寄り）であればあるほどその値が高くなる値である．よって，図1においては，図中の上方にあればあるほど，舌の位置が高かったことを示し，図中の左方にあればあるほど舌の位置がより前寄りであったことを示す．図1では，各母音を丸枠（「○」）で囲み，MCMとCLJそれぞれ10名のF1およびF2の平均値を話者群毎に示した.

図1からは，/i/ と /u/ においては，CLJとMCMの間に違いがあるが，その他の母音については話者群による差は小さいことが読み取れる．各母音のF1値およびF2値の話者群間でのフォルマント値に対する統計学的検定を行った結果，/i/ および /u/ の F1 値にて有意な差が認められた.

以下の分析では，有意差が認められた /i/と/u/の F1 値の結果について報告する. 表1および図2に, CLJとMCMの /i/ のF1値を示す．CLJによる /i/ の発話（M＝-1.05, SD＝0.25）は，MCM（M＝-0.82, SD＝0.07）より有意に低かった（$t(18)=2.591, p=.01, d=1.22$）．この結果は，CLJの方がMCMよりも/i/ の調音時に舌の位置が高かったことを示すものである.

表1. MCMとCLJによる/i/のF1値

Subject	N	M	SD	CI
MCM	10	-0.82	0.07	-0.88 - -0.76
CLJ	10	-1.05	0.25	-1.24 - -0.86

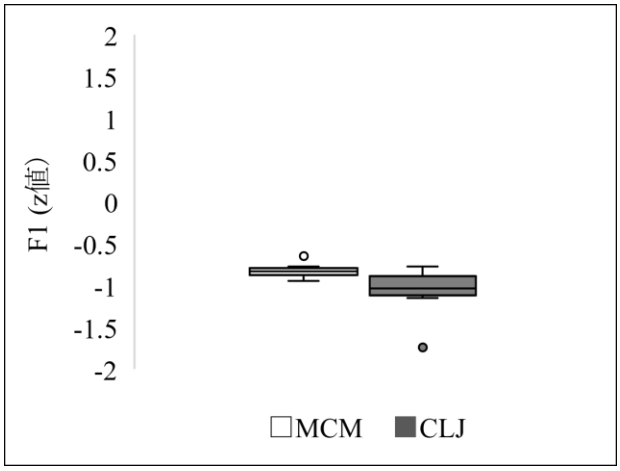


図2．MCMとCLJによる/i/のF1値

次に，表2と図3に示すのが，CLJとMCM の母音 /u/ のF1値である.

表2．MCMとCLJによる/u/のF1値

Subject	N	M	SD	CI
MCM	10	-0.67	0.15	-0.79 - -0.55
CLJ	10	-0.30	0.30	-0.54 - -0.07

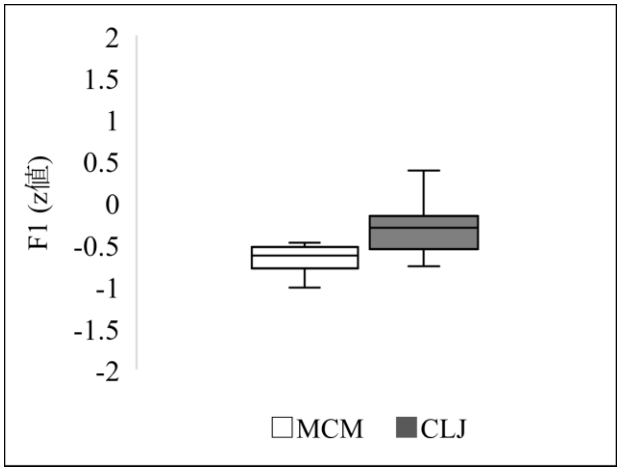


図3. MCMとCLJによる/u/のF1値

CLJが発話した/u/（M＝-0.31, SD＝0.31）は，MCMが発話した /u/（M＝-0.67, SD＝0.15）より有意に高かった（$t(18)=-3.153, p=.006, d=1.48$）．この結果は，/i/ の場合とは異なり，/u/ の発話では CLJ の方が MCM よりも舌の

位置が低かったことを示すものである. 後舌高母音は, 日本語（/ɯ/）と標準中国語（/u/）で円唇の有無が異なる. 口唇の円唇の度合いは F3 の数値にあらわれる項目である. 円唇の度合いが高いほど F3 値は低くなるとされている (Ladefoged & Maddieson, 1996). /u/ の発話に対しては, F3 値の比較も行った. 以下の表 3 と図 4 に CLJ と MCM の F3 値を示す.

表 3. MCM と CLJ による/u/の F3 値

Subject	N	M	SD	CI
MCM	10	0.63	0.60	0.17 - 1.07
CLJ	10	-0.06	0.61	-0.51 - -0.04

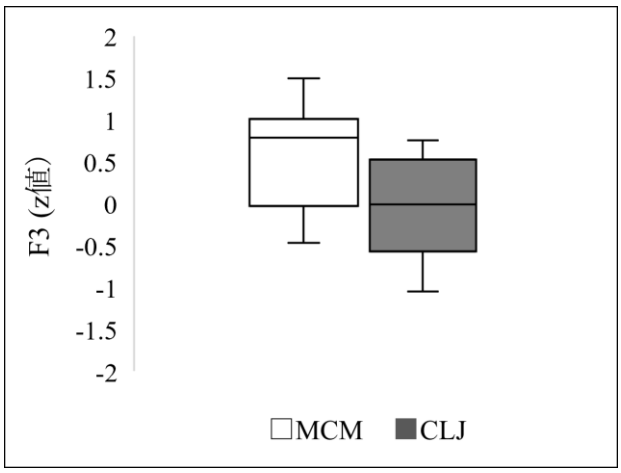


図 4. MCM と CLJ による F3 値

CLJ が発話した /u/ の F3 値（$M = 0.63, SD = 0.60$）は, MCM の F3 値（$M = -0.06, SD = 0.61$）より有意に低かった（$t(18) = -2.37, p = .02, d = 1.12$）. この結果は, /u/ の発音時の口唇の円唇度合いが CLJ の方が MCM よりも高かったことを示すものである.

4. 考察

本研究で行った実験の結果, 標準中国語の 6 つの母音のうち, /i/ と /u/ の 2 つの母音において L2 として日本語を習得した話者（CLJ）と標準中国語のモノリンガル話者（MCM）の間に音響的な差異が示されることがわかった. /i/ の場合に CLJ が舌の位置を高く発音した傾向は, Guion (2003) で示された傾向と一致する. これは L2 において L1 にはない新たな前舌母音（/e/）に触れ, /i/と/e/の 2 つの母音間の距離を広げようとした影響が L1 での発話においても示されたと考えられる.

/u/ の場合も CLJ と MCM の発話の間には差が見られた. CLJ は MCM と比べると舌の位置を低く, そして口唇の円唇の度合いを高く発音したことがわかった. 楊（2005）は, 日本語の後舌高母音（/ɯ/）の F1 値は, 標準中国語の後舌高母音 (/u/) に比べ低くなると述べている. 本実験の CLJ は, この L2 の舌の位置が低い /ɯ/ に触れることにより L1 の /u/ も低く発音したとも考えられる. /i/ の場合と異なり /u/ の場合は, 周辺に L2 音として新たな音が加わることはない. しかし, L2 では L1 の音とは舌は異なる位置にあり, それをターゲットとして学習した結果, L1 の母音空間が調整されたのではないだろうか.

F3 値については解釈が難しい. F1 値のように L2 音に近づくのであれば, F3 値は CLJ の方が高くなるはずであるが, それとは反対に低くなり, 円唇の度合いが高まっていた. Flege (1987) では, L1 と L2 の音響的特性（F2 値）が異なる場合に L2 の経験が少ない話者群が L2 の発話時に, L1 から L2 に近づくのではなく, 反対に遠く発音することがあることを報告している. 本実験の参加者は L2 の習得度が高い点が Flege (1987) とは異なるが, 学習の初期段階で L1 とは異なる L2 の非円唇母音に触れ, その円唇性の違いを強く意識した結果 L2 の学習が進んだ後にも L1 にそのような傾向が反映されていると解釈出来るかも知れない.

また, /i/ と /u/ 以外の母音においては, CLJ と MCM の発話に差異は認められなかった. /a/ と /o/ に関しては L1 と L2 どちらにも同一の音素として存在する音であり, そのような音に対しては L2 を学習しても L1 に影響しないようである. この結果は, Flege (1987) の実験結果と一致するものである.

5. まとめ

本研究では, CLJ の L1 に L2 習得の影響が見られるかどうか調査を行った. その結果, 後舌高母音（/i/,/u/）において CLJ と MCM の L1 での発話に差異が認められ, また後舌高母音/u/の円唇度が強まることがわかった. この結果は, L2 の習得によって L1 の母音空間のカテゴリーの再構築が起こったことを示唆するものである. また, 本研究で行った実験からは先行研究と一致する結果と一致しない結果が得られた. 本研究と先行研究では, L1-L2 間の母音配置の違い, および円唇性による対立の有無が異なる. このことは, L1 と L2 の母音空間の差異の程度や母音間で対立がある音韻素性の違いにより, L1 に及ぼす影響が異なる可能性を示唆するものである.

6. 参考文献

Best, C. T. & Tyler M. D. (2007). Nonnative and second language speech perception: Commonalities and complementarities, *in Language Experience in Second Language Speech Learning: In Honor of James Emil Flege edited by Munro and Bohn, Benjamin,* Amsterdam.

Boersma, P & Weenink, D. (2018). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0.39, retrieved 13 April 2018 from http://www.praat.org/

Cook, V. J. (1991). The poverty-of-the-stimulus Argument and Multi-competence. *Second language Research 7th*, pp.103-117.

Cook, V. J. (2012). Multicompetence, *The Encyclopaedia of Applied Linguistics*, ed. by C. Chapelle, 3768-3774, Wiley-Blackwell, Oxford, UK. (Date of access 2019.12.4: http://homepage.ntlworld.com/vivian.c/Writings/Papers/MCentry.htm).

Flege, J.E. (1987). The production of "new" and "similar" phones in a foreign language: evidence for the effect of equivalence classification. *Journal of Phonetics*, 15, pp.47-65.

Fukuzaki, M (2020) Investigating phonetic drifts in L1 vowels. *Bulletin of graduate studies*. Hosei University. Vol.85. (in press)

Guion, S. G. (2003). The vowel systems of Quichua-Spanish bilinguals. Age of acquisition effects on the mutual influence of the first and second languages. *Phonetica*. 60(2), pp. 98-128.

Ladefoged, P & Maddieson, I. (1996). The sounds of the world's languages. Oxford: Wiley-Blackwell.

Lobanov, B. M. (1971). Classification of Russian Vowels Spoken by Different Speakers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 49(2B), pp.606-608.

張 中，牧野正三，木村正行，城戸健一（1991）「ホルマントを用いた中国語単母音の分析認識」『日本音響学会誌』 47 巻 47 号 pp.281-288.

福﨑実紀（2020）「L2 習得による L1 の母音体系の変化―日中バイリンガル標準中国語話者を対象に―」法政大学大学院人文科学研究科修士論文（未公刊）

矢澤翔，近藤眞理子（2018）「日本語母語話者による英語高前舌母音/iː, ɪ/の発話習得に関する研究」『第 32 回日本音声学会全国大会』p.173 – 178.

楊 暁安（2005）「日中単母音の音響音声学的分析―Vowel Formants の比較を中心として―」『北海道文教大学北海道文教大学研究紀要』"29" pp. 55-64.

[i] 本研究の一部は，福﨑 (2020)の修士論文に基づいたものである.

[ii] Guion (2003) では，L1 音および L2 音の間に現れる音響的な差異のグループ群分け，そして L1 音の発話でのグループ間の違いに示される傾向が前舌母音と後舌母音の場合で異なることも報告されている.

[iii] 単語発話の結果は，Fukuzaki (2020)にて述べている.

製品意味論に基づきユーザの家電製品理解を理解する：事例報告
Understanding Users' Understanding of Electronic Products Based on Product Semantics — A Case Study

鍾 煜嵐[†]，原田 悦子[†]
Yulan Zhong, Etsuko T. Harada
[†]筑波大学
University of Tsukuba
s2030544@s.tsukuba.ac.jp

Abstract

For now, more electronic products are introduced with multiple and high functionality to daily life, which are generally accompanied by complex operations, often causing unpleasant experiences and mental frustrations, especially for elderly users. To know how well older adults can use the electronic product and what kinds of processes they are taking as their problem-solving, a usability testing has been conducted in previous research. Krippendorff and Butter argued that users create meanings during interaction with the product. However, how can designers understand how users understand the meaning and promote a desired interpretation? The answer can be found in *product semantics*. Therefore, this study aims to give an overview of the theory of *product semantics* and try to propose a new perspective to clarify how users understand the meaning of electronic products in their own way.

Keywords — Product Semantics, Usability Testing, Elderly Uses, Electronic Products

1. Introduction

With the coming of the information age, more and more electronic products are introduced to people's daily life with multiple and high functionality. Those products are generally accompanied by complex operations which often cause unpleasant experiences and mental frustrations, especially for elderly users. Although the problems which older adults would face have been attributed to physical or cognitive aging, many of these issues arise from the fact that the designers tend to rely on their own intuition towards their designs, since not all of their decisions have a same impact on the users, especially with older adults as highly sensitive users (Harada, 2009). Krippendorff and Butter (1984) argued that users create meanings during interaction with the product. But how can designers understand how users understand the meaning and promote a desired interpretation? The answer can be found in product semantics (Parmentier et al., 2020) when applying into the real human-artifacts interactions. Therefore, this study aims to: (1) give an overview of the theory of product semantics and its relevant researches; (2) propose a new perspective to clarify how users understand the meaning of the electronic product in their way, with a case study of usability testing.

2. Product Semantics in Design

The term product semantics as applied to product design has its roots in cognitive psychology and was first presented with definition as "study of the symbolic qualities of human-made forms in the context of their use, and application of this knowledge to industrial design (Krippendorff & Butter, 1984)." Since product semantics was introduced to design in the 1980s, many researchers have already discussed this theory mainly in the meaning of functionality and emotionality. Compared to the discussions in the meaning of emotionality (Hsu et al., 2000, Petiot & Yannou, 2004, Mondragon et al., 2005, Lanutti et al., 2015, Kapkin & Joines, 2018, Khalaj, 2019) by various ways such as Semantic Differential Method, Kansei Engineering, the meaning of functionality has been less discussed. Here, the meaning of functionality can be regarded as a theory of meaning for artifacts in use mentioned by Krippendorff (2006), which explains how individuals understand their artifacts and interact with them for their own terms and reasons. The applications of the meaning of functionality in different products have been researched: You and Chen (2007) elucidated the role of affordances and product semantics in the interaction design for a stereo cassette recorder, Hsiao et al. (2012) established an online affordance

evaluation model for measuring affordance degree to evaluate the usability of a steam iron, and Gabelloni et al. (2014) investigated the design phenomenon of altering the mapping between product (abdominal equipment) structure and functions and above all how it modifies the users' perspective. However, a few kinds of research considered the actual and dynamic usage by real users. Therefore, this study tried to reevaluate the product in the context of usability testing in the meaning of functionality in *product semantics*.

Krippendorff (2006) suggested that artifacts should be designed to supply three qualities of experiences to achieve meaningful interfaces: *Recognition*, *Exploration*, and *Reliance*, which can also be described as stages since they are experienced sequentially (Krippendorff & Butter, 2008). Fig.1 shows the relationships between these three types of experiences. *Recognition* includes correctly identifying what something is and what it can be used for; *Exploration* includes how it works and what to do to achieve particular aims; And, *Reliance* is operating something so seamlessly that attention can be on the sensed consequences of its use (Krippendorff, 2006).

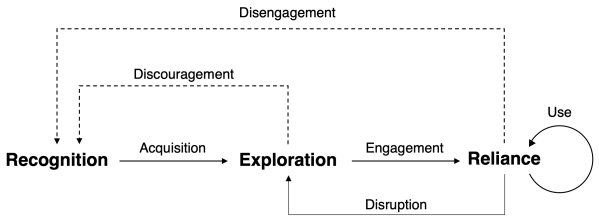


Figure 1. Transitions between three qualities of experiences (Krippendorff, 2006)

Considering that the purpose of usability testing is to determine how well people can use the product, in which that it is quite ubiquitous that the target artifact is generally introduced that "this is a thing for doing ……" , the stage of *recognition* is usually skipped or distorted by the experimenter. In other words, we monitor the stage of *exploration* until quitting for the reliance stage, during the usability testing. That is, we presuppose that a design, which provides good usability, could make a transition from *exploration* to *reliance* smoothly in this study.

In addition, the theory of meaning for artifacts in use provides numerous concepts for *exploration*: user conceptual models, constraints, affordances, metonyms, informatives, and semantic layers (Krippendorff, 2006). Those concepts can compose a checklist, shown in Table 1, which can be used to concretely elucidate whether the designs provide enough meaning of functions to users, or where users have troubles for understanding the products.

The term *Affordance* was first presented by Gibson with the description that "the affordances of the environment are what it offers the animal, what it provides or furnishes (Gibson, 1979)." In product semantics, it is said that affordance means the ability of perceiving usage directly, effortlessly, and without thinking (Krippendorff, 2006). It was described in *direct perception of usability*, *enacted affordances*, and *constructed affordances*.

Metonyms are parts taken to represent the whole to which they belong (Krippendorff, 2006). For example, the sign of a couple highly means the washrooms, or the image of a garbage can in the computer indicates the place users could delete their unwanted files.

Constraints are considered to limit the dangerous usage of the product. For example, the load-bearing capacity of bridges (*natural laws*), the shutdown system of microwave (*physical constraints*), a childproof design of medicine packages (*constraints that discriminate among users*), or double-check of deletion in the computer (*overridable constraints*). However, immoderate constraints or unthought constraints may make the products difficult to use — for example, the usage of a credit card (*unnecessary constraints*).

Informatives are a series of clues which are means to indicate how to proceed (Krippendorff & Butter, 2008), and primarily provide the functions of calling attention (*signals*), concerning current stage (*state indicators*, *progress reports*, and *confirmings*), and offering guidance and consequences (*affordings*, *discontinuities*, *correlates*, *maps of possibility*, *error messages*, and *instructions*).

Table 1. The Checklist for concretely elucidating whether the designs provide enough meaning of function to users (from Krippendorff, 2006)

Affordance	Direct perception of usability, Enacted affordances, Constructed affordances
Metonyms	
Constraints	Natural laws, Physical constraints, Constraints that discriminate among users, Overridable constraints, Unnecessary constraints
Informatives	Signals, State indicators, Progress reports, Confirmings, Affordings, Discontinuities, Correlates, Maps of possibility, Error messages, Instructions

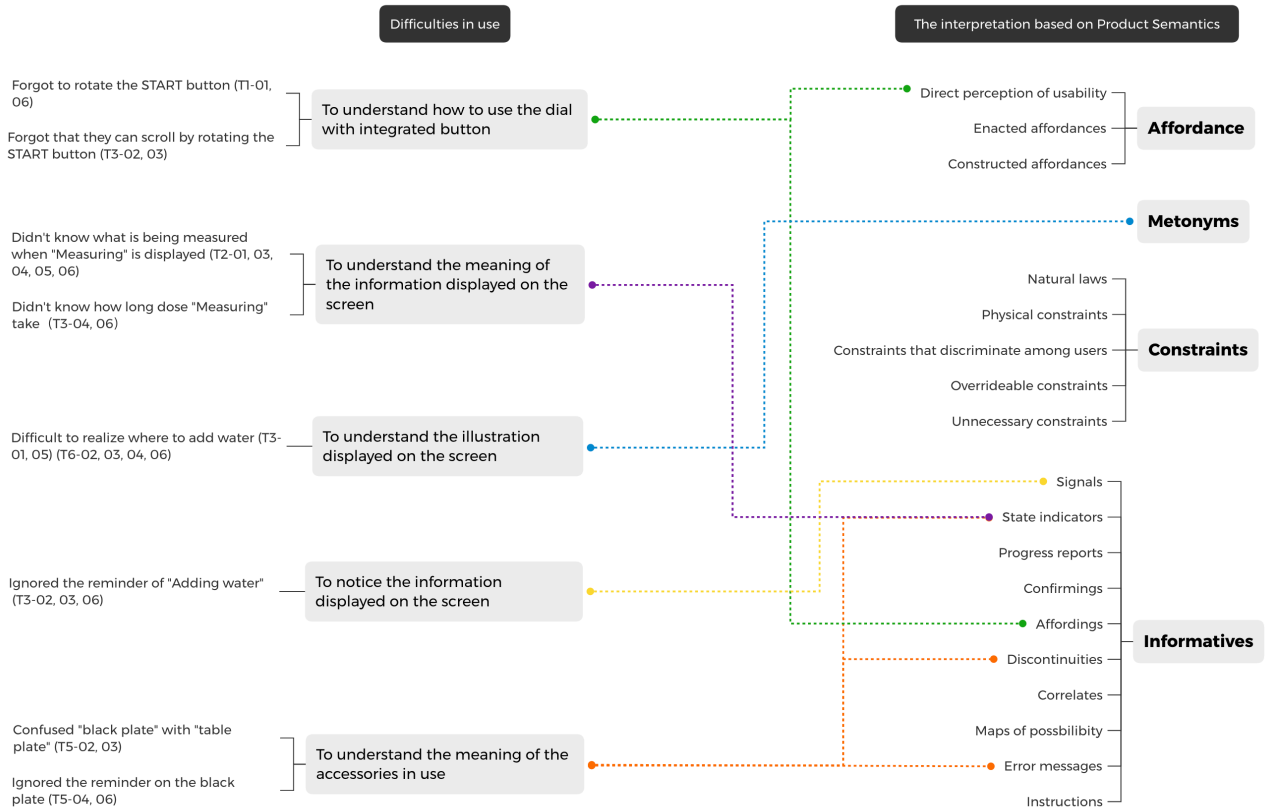


Figure 2. the Interpretation of Difficult-to-use Based on *Product Semantics* Theory

3. Usability Testing: A Case Study

A usability testing for a microwave was conducted with six older adults and a younger adult (3 males, mean age 74.33 yrs., SD 6.31) (Zhong et al., 2020). This microwave carried manual mode, which can be totally set up by the users according to their needs, and also auto menu mode, which provides a lot of recipes to help users cook easily. The participants were asked to perform six tasks using the microwave oven while executing thinking aloud. Since it may be hard to think aloud for some participants, and, at the same time, since we wanted more natural utterances, we gave them enough explanations, showed some demonstrations, and asked them to practice in advance. The interaction between participants and the microwave oven was recorded by three video cameras, including a wearable one, during the tasks. Tasks were: 1. Heat up a stew in a retort pouch (manual mode); 2. Warm up a cup of milk (automatic mode); 3. Defreeze the frozen chicken (automatic mode / Usage of Accessories); 4. Warm up the frozen rice (automatic mode); 5. Cook an herb chicken (automatic mode / Usage of Accessories); 6. Add water into water tank (for whom missed the operation which should be done in task 3: preparations). After

tasks, an interview was conducted for further information or clarify the meaning of utterances by the participants in the usability testing.

Generally, the purpose of usability testing is to determine how well people can use the product and what kinds of processes people take as problem-solving. Even though how to execute the testing is rather strictly determined, analytic methods are almost free-format, frequently saying that it depends on contents and contexts of target artifacts. Thus, we think it may be valuable to have a frame of analysis with *product semantics*.

4. The Analysis of Usability Testing Based on Product Semantics

With the frame of *product semantics*, difficulties in use may be clarified easier. After the analysis of protocols and behaviors, we have briefly summarized the results as disruptions with START Button, LED Display, and Accessories in our previous research (Zhong et al., 2020), and specific problems showed up in the usability testing have been picked up, as shown in Fig.2, which also mentioned the information that the microwave oven tried to convey but failed.

Example 1 – Difficult to understand how to use the dial with an integrated button: Product should be expressive about their function and purpose through shape and texture (Boess & Kanis, 2008). However, over half of participants showed their confusion on the START button, including press and rotation two operations, which might provide an incomplete *direct perception of usability*. And even more, some of them tried to turn the page by pressing the upper-half or bottom-half of the button, which indicates that redundant meanings may be caused by the dotted line in the middle could not be understood by the users (see Fig.3 above). So, what if we change its appearances, such as its shape (e.g., arc) or height (see Fig.3 below)? A little change may bring a totally different perception.

Figure 3. START Button - Examples with different arcs.

Example 2 – Difficult to understand the meaning of the information ("Measuring") on the screen: Almost every participant uttered their queries about the meaning of "Measuring", which was displayed at some duration just after the START button was pushed. It is a procedure for estimating heating time by detecting the weight and the temperature of the food, meanwhile starting to warm the food in parallel. However, detecting time was usually longer than the users' expectations, and some participants even canceled within this period. Maybe based on their understanding, the measuring stage was executed BEFORE the heating. In fact, the designers used a status indicator to tell the user the current status (see Fig.4 left). A *state indicator* shows the user what the artifact is presently doing and what mode of operation it is in (Krippendorff, 2006). Still, it confused the users because there is no indication of how long to wait and what the artifact is actually doing. In such cases, the use of *progress report*, which could tell the user how much has been achieved so far, maybe clearer (see Fig.4 right), in addition to the indication that the warming and measuring are occurring simultaneously.

Figure 4. Before and After of "Measuring"

Example 3 – Difficult to understand the meaning of the illustration and information ("Add water") on the screen: The participants might be unfamiliar with the meaning of "add water" itself because it is a quite new function in steam mode, which is uncommon in a usual microwave oven. The indication "Add water" appeared in the task of thawing the chicken (see Fig.5 left). The designers attempted to use the icon of drip for expressing the demand of action "to add water into the water tank." Obviously, it did not work well. Three participants, including the younger adult, ignored this information. This problem can be interpreted as two different situations: (1) users did miss the message on display, or (2) they noticed but intentionally ignored or misunderstood the meaning because they did not know what the sign "add water" exactly means, including that they had no idea where they should add water. The former can be handled with flickering signs (a kind of *signals* which can call attention) or changing positions if needed. As for the latter, tactfully using *correlates*, which bear physical or conceptual correlations between the location of the water tank and the location showed in the display, can help users learn better and faster (see Fig.5 right).

Figure 5. Before and After of "Add water"

Example 4 – Difficult to understand the meaning of accessories in use: The second last task was to cook a dish named "Herb Chicken", which need the usage of black plate for using the grill mode function. As shown in Fig.6, this microwave has many accessories for different modes, in which table plate (default one, mainly for microwave heating mode) and black plate (for grill or oven mode, cannot be used in microwave oven mode) are easily confusing. Although designers used the icons in white and black (*state indicators*) on the screen to match two plates respectively, and even it is carved that it cannot be used in microwave mode on the surface of the black plate (*discontinuities* in features suggest different meanings), when users did not know the differences between heating modes, they may get more confused. In fact, only one participant completed the task smoothly without any intervention. It means that those clues are not conspicuous enough. For this kind of operation with potential dangers, *error messages*, which explain what can be done when an action does not accomplish what the user had intended (Krippendorff, 2006), here the prohibition of the black plate, should be informed in the display if possible, and the design for constraints should be included.

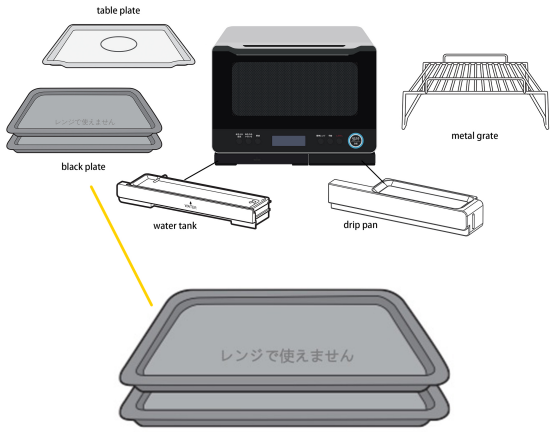


Figure 6. The Accessories

Discussions — Three Problems to apply product semantics to electronic products: Through this research, we also realized that there are some limitations on using the frame of product semantics to understand problems in designs of electronic products.

Firstly, the meanings of today's products, especially electronic products, are no longer as obvious as the simple objects did. They are always accompanied by complicated sequential operations, that is, the feedback of a product is no longer a reaction for one simple operation like press a button, but for a series of actions. Therefore, a new interpretation for the increasingly complex products is needed in product semantics.

Secondly, design characteristics (shapes, materials, colors, etc.) in product semantics can deal with something but not everything, especially for the problems which mainly embody in uses of language. Again, Japanese "add water" in Example 3, which can mean the situation of the water tank but the

action of adding water into the water tank.

Last but not least, the hierarchy of context in use also needs to be considered. Nowadays, the improvement of information technology brings the products with different scale, just like the microwave oven in this research. For instance, Example 4 showed users' confusions with the scopes they should take: When should I interact with the microwave itself? When should I use the accessories outside the microwave? Those questions also need to be answered.

5. Conclusion

In this paper, an analytic method of usability testing on electronic products with the frame of *product semantics* is proposed. This method enables rapidly understand where the design should be improved. Since this study only found out "seems like" reasons for difficult-to-use, the validity of the design proposals mentioned above should be verified in future research. Some limitations are also pointed out to develop the theory of *product semantics*, which can explain the usages of electronic products, or information technology-based products. It might be necessary to improve the product semantic theory, or to find out a better interpretation in other design theory, or even other disciplines.

Reference

[1] 原田悦子, (2009) "認知加齢研究はなぜ役に立つのか: 認知工学研究と記憶研究の立場から", 心理学評論, Vol. 52, pp. 383-395.

[2] Krippendorff, K., & Butter, R., (1984) "Product Semantics: Exploring the Symbolic Qualities of Form", Innovation, Vol. 3, pp. 004-009.

[3] Parmentier, D., Acker, B., Saldien, J., & Detand, J., (2020) "A framework to design for meaning: insights on use, practicality and added value within a project-based learning context", International Journal of Technology and Design Education.

[4] Hsu, S., Chuang, M., & Chang, C., (2000) "A semantic differential study of designers' and users' product form perception", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 25, pp. 375-391

[5] Petiot, J., & Yannou B., (2004) "Measuring consumer perceptions for a better comprehension, specification and assessment of product semantics", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 33, pp. 507-525.

[6] Mondragón, S., Company, P., & Vergara, M., (2005) "Semantic Differential applied to the evaluation of machine tool design", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 35, pp. 1021-1029.

[7] Lanutti, J., Medola, F., Gonçalves, D., Silva, L., Nichholl, A., & Paschoarelli, L., (2015) "The significance of manual wheelchairs: a comparative study on male and female users", 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics and the Affiliated Conferences, pp. 6079-6085.

[8] Kapkın, E., & Joines, S., (2018) "An investigation into the relationship between product form and perceived meanings", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 67, pp. 259-273.

[9] Khalaj, J., & Pedgley, O., (2019) "A semantic discontinuity detection (SDD) method for comparing designers' product expressions with users' product impressions", Design Studies, Vol. 62, pp. 36-67.

[10] Krippendorff, K., (2006) "The Sematic Turn: A New Foundation for Design", New York: CRC Press.

[11] You, H., & Chen, K., (2007) "Applications of affordance and semantics in product design", Design Studies, Vol. 28, pp. 23-38.

[12] Hsiao, S., Hsu, C., & Lee, Y., (2012) "An online affordance evaluation model for product design", Design Studies, Vol. 33, pp. 126-159.

[13] Gabelloni, D., Campolmi, R., & Fantoni, G., (2014) "Altering the mapping between structure and functions to modify users' perspective", 24th CIRP Design Conference, pp. 397-402.

[14] Krippendorff, K., & Butter, R., (2008). "Semantics: Meanings and contexts of artifacts", In H. N. J. Schifferstein & P. Hekkert (Eds.), *Product Experience* (pp. 353-376). Amsterdam: Elsevier.

[15] Gibson, J., (1979) "The ecological approach to visual perception", Boston: Houghton Mifflin.

[16] Zhong, Y., Harada E., Tanaka, S., & Ankyu, E., (2020) "Usability Study of Electronic Product with Healthy Older Adults Based on Product Semantic", HCI International 2020 — Late Breaking Posters.

[17] Boess, S. & Kanis, H., (2008). "Meaning in product use: a design perspective", In H. N. J. Schifferstein & P. Hekkert (Eds.), *Product Experience* (pp. 305-332.). Amsterdam: Elsevier.

脚伸縮感覚の誘導要因における主体感と筋運動の分離
Induction Factor Separation between Kinesthesis and Agency in Elastic Legs Illusion

岡田 莞助[†], 小鷹 研理[‡]
Kansuke Okada, Kenri Kodaka

[†]名古屋市立大学芸術工学研究科
Graduate School of Design and Architecture, Nagoya-City University
kenrikodaka@gmail.com

概要
我々は、これまでに、足をつっぱる方向の筋運動に対して、仮想空間上の脚のイメージが伸張する場合も、収縮する場合も等しく伸縮感覚が誘導されるという知見を得ている。本稿において、筋負荷と主体感を分離することを目的に、脚入力に加え指入力による脚の伸縮感覚への効果を検証した。結果、順逆等価の効果が指入力では成立しないことがわかった。これは、脚の伸縮錯覚に筋負荷が積極的に関与していることを示唆するものである。

Keywords: body transform illusion, full-body illusion, elastic leg illusion;

1. はじめに

物理空間と仮想空間の両者にまたがって複数感覚に同期刺激を与えることで，仮想空間内の，変形した身体やアバターに体験者の身体所有感を投射できることが知られている[1][2]．このサイズ感の変調は，身体のサイズに紐づけられた種々の自己イメージ（例えば，身体満足度の変調[3]）にまで作用し，さらに，主観的な痛みを増減させることが報告されている[4][5]．さらに，痛みの増減において重要なのは視覚-触覚間の作用が時間的に同期することであり，視覚刺激（伸張-収縮）と触覚刺激（引張る - 押し込む）の方向性の一致は重要でないことが示唆されている[6]．こうした報告は，身体像を伸縮させることが，身体マップの再組織化を促進する可能性を示唆するものである．したがって，身体像伸縮の機序を様々な身体部位で明らかにしていくことは，神経可塑性の見地からも非常に有用な題材を提供するものと期待される．

我々は，以上の見地から，HMD を用いて腕や脚の伸縮する感覚を誘発する研究を継続的に行ってきた[7]．2019 年に発表した「Elastic Legs Illusion（以下，ELI）」[8]では，特に脚が伸縮するような錯覚を誘発させることを試みている．図 1 に示すように，体験者は長座体前屈の姿勢をとり，両脚の裏にあてがったスタンドを，ゴムチューブを介して手で引っ張ることで，腕と脚にそれぞれ互いが相反する方向の力を発生させる．ゴムを引く力の大きさは，脚とスタンドの間にかませた体重計によって計測されており，この力が大きくなるほど，仮想空間に CG で表現された自分の脚が伸びていく（Kinesthesis-vision correlation）. ELI は，研究室の展示において，44 人中 33 人の体験者が，脚が伸縮する感覚を，「強い」または「大変強い」のレベルで報告しており[9]，これまでに我々が発表した他の伸縮錯覚と比しても[10][11]，遜色のない水準で伸縮の感覚を誘導するものである．興味深いことに，「Elastic Legs Illusion」では，現実の脚に加えられる力の方向が，脚の収縮する方向であるのに対して，映像上では，「脚が伸長する」映像が呈示されている（kinesthesis-vision incongruent）. ELI において，身体に対し外的な圧力が発生するとき，筋肉の内的な補償作用が逆方向に働く（伸張反射）という生理学的知見を踏まえると，ELI において， 外力（収縮）と内的な補償作用（伸張）のいずれもが，伸縮する脚のイメージと同調しうるという仮説が成立する．以上を踏まえて，本研究では，「筋運動は順逆両位相の伸縮イメージと適合する」という仮説を被験者実験にて検証することを目的としている．昨年，我々が行った実験では[17], ELI の機構を体験する被験者に対し，物理的に脚がつっぱっていくのとともに，脚が伸びる映像または縮む映像のいずれかを呈示し，脚の伸縮感覚の強

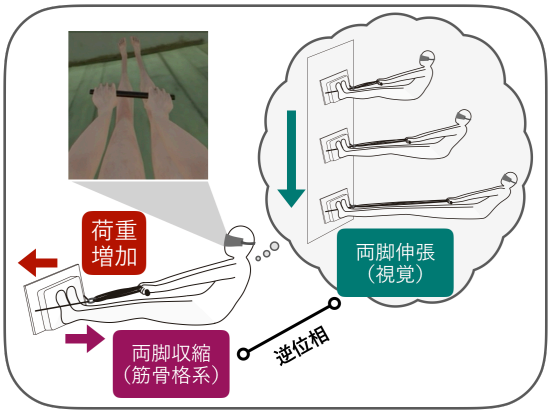


図 1　Elastic Legs Illusion の機構

度について質問するものであった. この実験では, いずれの映像でも変わらない強度の伸縮感覚が得られた一方, 行為主体感による影響については十分に考慮されていなかった. 具体的には, 「ゴムを引っ張る」および「脚を押し込む」という行為の意思そのものが, 一定の水準で脚の伸縮を操作する感覚を促しているため, 純粋な脚への筋肉負荷の増減のみによって伸縮感覚が誘発されているとは言えなかった可能性がある. 以上を踏まえて, 本研究では, 主体感の影響を加味した実験系を構築し, 脚に作用する筋運動の要因の有無を, 主体感と分離して検証することが主たる目的である.

2. 実験

2.1 被験者

実験には, 12 人の被験者（男性 10 人, 女性 2 人）が参加した. 被験者は全員大学３年生であり, 学部３年向けに開講している授業の教材として実験に参加した.

2.2 実験系・実験要因の設計

被験者は 6 種類の入力方式（「順脚負荷」「逆脚負荷」「順指負荷」「逆指負荷」「ボタン操作」「受動呈示」）によって, HMD を通して一人称視点で表示される右脚の伸縮の操作を行う. 全ての入力方式を通じて, 被験者は, 立位の姿勢で右脚を体重計に乗せ, 左手は用意された台の上に置いた状態で課題を行う.「順脚負荷」「逆脚負荷」は, 被験者が右脚に体重をかけることによって, 仮想空間上の右脚が伸縮する一方で「順指負荷」「逆指負荷」は, 左手の台の上に設置された圧力センサの表面を人差し指で押し込むことによって伸縮が行われる. このうち, 「順脚負荷」「順指負荷」（以下, 順負荷）は, 体重計に負荷をかけていない状態では右脚は基準の長さ（1 倍）であり, 体重・圧力が増加することで最大 2 倍まで伸張する. これとは逆に,「逆脚負荷」「逆指負荷」（以下, 逆負荷）は, 体重計に負荷をかけていない状態で, 右脚は既に 2 倍に伸縮した状態にあり, 体重・圧力が増加することで, もとの基準長にまで収縮する.「ボタン操作」は,左手にコントローラを握り, ボタンを押している間のみ, 圧力とは無関係に脚が定速で最大 2 倍まで伸張し, ボタンを離すと元の基準長にまでやはり定速で収縮する方式である. 最後に「受動呈示」は, 被験者は何の操作もせず自動で伸縮する脚を傍観する方式である.

「ボタン操作」「受動呈示」は, 他の筋運動あり 4 つの方式（以下, 筋運動群）にとっての対照群である.「ボタン操作」には主体感が伴う一方で,「受動呈示」では主体感の影響が排除されている. したがって,「ボタン」と「受動呈示」の方式を比較することによって主体感による効果を, 直接分析することができる. 加えて, 筋運動群と対照群との比較によって本研究の主題である, 筋運動と主体感それぞれの効果を分離して検証することが可能となる.

筋運動群の 4 つの条件は,＜脚負荷 - 指負荷＞（脚指要因）と＜＜順負荷 - 逆負荷＞（順逆要因）による 2 要因の混合デザインとなっている. 順逆要因において, 負荷をかけることによって脚が伸びる順負荷は, Agency Congruent の方式であるといえる. 一方で, 既に述べているように, 順負荷は, 筋運動としては収縮に相当するため, 脚の伸張の方向とは矛盾する. この観点では Kinesthesis-vision Incongruent である. 逆に, 逆負荷においては, Agency Incongruent であるが, 運動感覚と視覚の関係では Kinesthesis-vision congruent であるといえる. 以上を踏まえ, 筋運動群について二要因分散分析を行い各要因の効果を検証することによって, 筋運動と主体感の効果を分離して分析することが可能となる.

2.3 手順

実験は, 1 人の被験者に対して, 既に説明した 6 通りの条件からなる試行を, それぞれ 2 回, 合計 12 回の課題を行う. 各条件の順序については, 最初の 6 回についてはランダムに配列し, 2 回目のセットでは, 最初の順序を維持して行った.「受動呈示」を除く 5 つの方式の課題では,, 被験者は HMD を装着した状態で 40 秒間, 自由に伸縮の操作を行ってもらう（典型的には, 1.5 秒間かけて荷重を右脚もしくは指にかけ変形しきった長さまで伸ばしたあと, もう 1.5 秒かけてもとの長さに戻していく）.「受動」では, 同じく 1.5 秒かけて伸びたあと 1.5 秒かけて縮んでいく. 各試行の後で,「自分が映像の脚の伸縮を操作している感じ」(Agency),「自分の脚が伸縮する感じ」（Ownership）, そして「酔い」（VR Sickness）の強さを 11 段階（0-10）で評価させた.

2.4 結果

図 N に各質問項目に関する実験結果を示す（N=12）. まず Agency の結果について記す. 6 つの水準（入力

方式)に対して,一要因分散分析を行ったところ主効果が得られたため（$F(5)=21.7$, $p<0.001$）, Ryan 型による多重比較（有意水準 10%, 以下同）を行ったところ,「受動呈示」に対して, 全ての方式が有意に高い主体感を持つことがわかった（全て $p<0.001$）. さらに, 詳しい傾向を得るため, 繰り返しによる検定過誤の可能性に留保しつつ, 各条件間で対応ありの t 検定（両側検定）を行ったところ,「順脚負荷」の方式において,「逆脚負荷」「ボタン操作」に対して有意に高い水準の主体感が確認された（$p<0.01$, $p<0.02$）. 最後に, 筋運動群に対して二要因分散分析を行ったところ, 順逆要因にのみ主効果を得た（$F(1,11)=12.5$, $p<0.005$）.

次に, Ownership の結果について記す. 全ての入力方式に対して一要因分散分析を行ったところ, 主効果に有意傾向がみられたため（$F(5)=2.27$, $p=0.06$）, Ryan 型による多重比較を行ったところ,「順脚負荷」が「逆指負荷」に対して有意に高い伸縮感覚を得るとの結果を得た（$p<0.006$）. 各条件間の対応あり t 検定では「逆指負荷」と比較して「順脚負荷」「順指負荷」で有意に高い伸縮感覚を得た（$p<0.02$, $p<0.02$）. また, 筋運動群に対する二要因分散分析によって, 2 つの要因の主効果について, それぞれ有意傾向が見られた（$F(1,11)=3.39$, $p=0.093$ for 脚指要因; $F(1,11)=3.88$, $p=0.075$ for 順逆要因）.

最後に, VR-Sickness に関する結果を述べる. 全ての入力方式に対して一要因分散分析を行ったところ, 主効果に有意差がみられたため（$F(5)=2.26$, $p<0.03$）, Ryan 型による多重比較を行ったところ,「受動呈示」において,「順脚負荷」「順指負荷」「ボタン操作」と比較して有意に高いレベルの酔いが報告された（$p<0.002$, $p<0.01$, $p<0.02$）. さらに, 各条件間の対応あり t 検定では上記の条件対に加えて,「順指負荷」「逆指負荷」間でも有意差を得た（$p<0.02$）. また, 筋運動群の 2 要因分散分析（脚指要因・順逆要因）において, 2 つの要因の主効果は検出されなかった.

3. 考察

まず Agency と VR-Sickness の主観評価に関する結果を要約する. 容易に予想されたように,「受動呈示」は, 他のどの方式と比しても Agency の主観評価が有意に低く報告されている. さらに, 筋運動型に注目した分析によって, 順逆要因に主効果が得られた. すなわち, 筋肉に負荷をかけて視覚上の脚を伸張させる方式は, 負荷を緩めることによって脚を伸張させる方式に対して強い主体感を与える傾向にある. 加えて, 相対的に主体感の低い傾向にあった「受動呈示」と「逆指負荷」は, VR 酔いの主観評価においても高く報告される傾向にある. 詳細な分析は控えるが, ここで主体感と酔いに負の相関が存在するのは明らかである. すなわち,

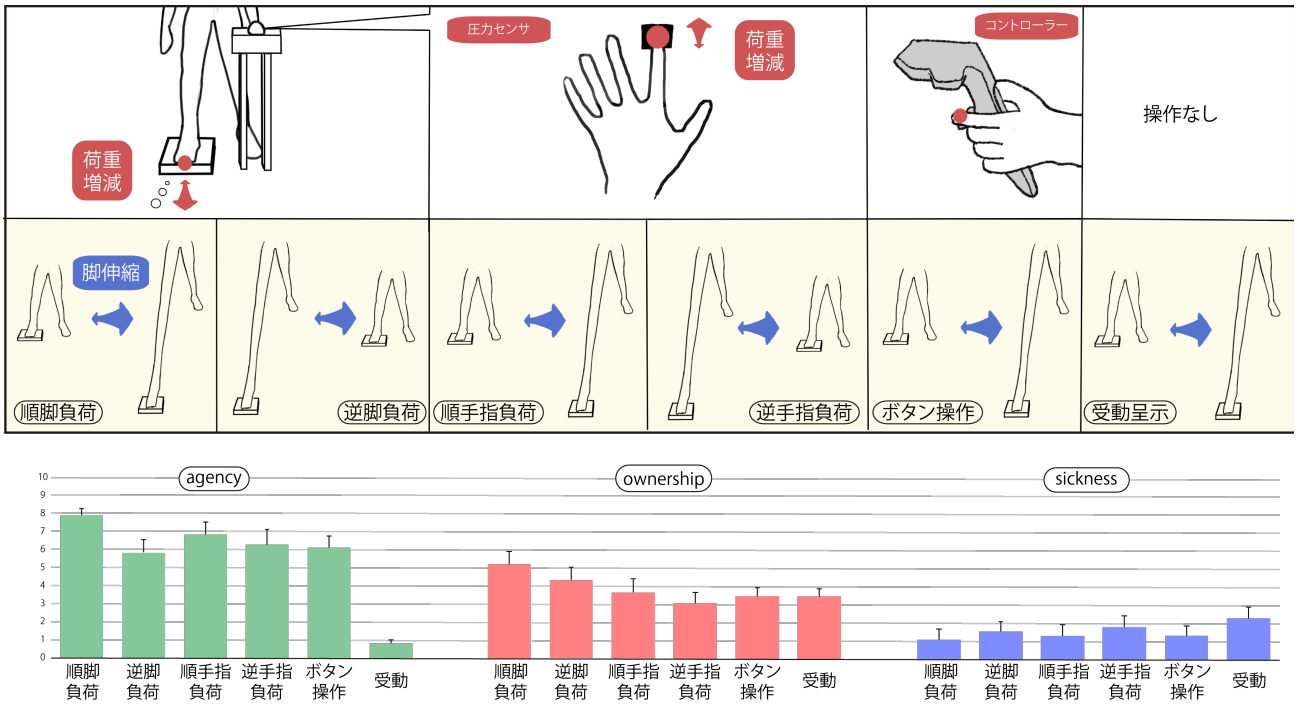


図 4 実験 2 のイメージと結果

運動に伴う視覚予期が, 実際の HMD 内の視覚運動と整合的である（押して伸びる, 離して縮む）ことは, そのまま高い主体感を保証するが, この関係が不整合であったり, あるいはそもそも運動入力が存在しない場合, 主体感は損なわれ, 酔いの生じやすい状況となる.

以上の要約のうえで, Ownership の結果について検討したい. まず何よりも注目すべきは, Ownership の主観評価において, いずれの筋運動群の入力方式も, 「ボタン操作」または「受動呈示」と比して, 有意な効果を示さなかった点である. これは, 主体感から分離された筋運動が, 伸縮感覚の向上に対して何ら寄与していないことを示唆するものである. そもそも, 筋運動型ではない無い「ボタン操作」と「受動呈示」との条件間でも全く主観評価に差はみられない (p=1.0, n.s.). この点だけとりだすと, 伸縮感覚の誘発において, 「筋運動」のみならず「主体感」までもが全く有効な作用を持っていないように考えられる.

他方で, 筋運動群の条件間の分析では, Agency Incongruent である「逆負荷」よりも, Agency Congruent である「順負荷」の入力でより高い伸縮感覚の主観評価が報告される傾向にある. この中で特に興味深い点として, 対応あり t 検定によれば, 「順指負荷」と「逆指負荷」間では有意な差が得られている一方で (p<0.012), 「順脚負荷」と「逆脚負荷」との間では有意な差が検出されていない（p=0.26, n.s.）. 後者は, 前回の ELI 環境における我々の実験結果[17]を再現するものである. つまり, 指入力では,入力方向の逆転に伴う Agency の減退に連動して Ownership が減退するのに対して, 脚入力では, Agency の減退にも関わらず, なお Ownership が一定の水準で踏みとどまっていると整理することができる. 先に説明したように, 「逆脚負荷」では, kinesthesis-vision correlation の水準で整合的である (つまり筋運動の収縮に対して脚の像も収縮する). この種の congruent な相関は, Body ownership Illusion における複数感覚同期の原理においてポジティブな因子として働いているものと予想される. つまり, 少なくても筋運動群内の順逆要因の分析によって, 脚にのみ生じている「筋運動」の効果を指摘することができる.

次に, 本研究の中心的な論点である「順脚負荷」における反転投射の有無について検討する. まず, Agency, Ownership, VR-Sickness のいずれの主観評価の項目についても,「順指負荷」と「順脚負荷」との有意差は確認されていないことに注目したい. これらの結果は,脚のイメージに直接的に向けられる反転投射の作用に否定的である. 他方, 順負荷の Agency が対逆負荷で有意に増大する作用は, 脚入力にのみ見られる. また, 「ボタン操作」に対して有意な Agency の増大を示す入力方式も「順脚負荷」のみである. 以上の部分的な結果を踏まえると, 「順脚負荷」には, 主体感をベースとする他の方式と比しても, Agency をことさら増大する因子が含まれていると考えることが自然である. ここでは, 反転投射の効果が, この種の因子に関与しているという可能性を指摘したい. この仮説に従うと, 反転投射の効果は Ownership（伸びている感じ）よりも, むしろ Agency（伸ばしている感じ）の水準で現れることになる. 反転投射の作用がおそらくは主観的な水準に基礎を持つであろうことを念頭におくと, この非対称性には一定の根拠が認められるだろう. この種の反転投射の Agency への効果については, 今後の重要な論点としたい.

最後に, Ownership の主観評価において, 全 6 水準 を対象とした分析では, 筋運動および主体感の効果が全く得られなかった点について再び検討したい. t 検定のレベルでは, 「順脚負荷」のみ, 「ボタン操作」「受動呈示」に対して有意傾向を示しており（p=0.08, p=0.07）, 実際には, 被験者数や検定の手法を調整することで, 異なる結果が得られる可能性は十分に考えられる. 一方, そうした事情を差し置いても, Agency や VR-Sickness と比して, 主体感や筋運動が Ownership に与える効果がそれほど明確ではないという点は注目に値する. 身体所有感の錯覚では, 「主体感」が積極的な効果を持たないことはこれまでもたびたび報告されている[18]. 加えて, 「受動呈示」のような状況での身体所有感の向上は, ラバーハンド錯覚でも報告されており[19], 実際のところ, 本実験結果は, 身体所有感に関する理論と大きく矛盾するものではない. この種の, 視覚優位の所有感変調に対する感度は個人の共感性に関わる尺度の強弱が関係していることが報告されており[20][21][22], 本実験においても同様に個人差の影響が強く関わっていると考えるのが自然である. とりわけ, 本実験系の場合, それほど共感尺度の高くない被験者であっても, 先行する筋運動型の課題において脚が伸縮する筋運動イメージを体験することによって,「受動呈示」や「ボタン操作」の課題において Ownership を内的に立ち上げやすい状況がつくられている可能性がある.こうした効果を無作為化したり, 順序の効果の有意性を検証したりするには, 今回の実験の被験者数は不十分である. 今後の課題としたい.

文献

[1] van der Hoort, B., Guterstam, A., Ehrsson, H. H. (2011). Being Barbie: the size of one's own body determines the perceived size of the world. PloS One, 6(5), e20195.

[2] Normand, J. M., Giannopoulos, E., Spanlang, B., Slater, M. (2011). Multisensory stimulation can induce an illusion of larger belly size in immersive virtual reality. PLoS ONE, 6(1).

[3] Preston, C., Ehrsson, H. H. (2014). Illusory changes in body size modulate body satisfaction in a way that is related to non-clinical eating disorder psychopathology. PloS One, 9(1)

[4] Moseley, G. L., Parsons, T. J., Spence, C. (2008). Visual distortion of a limb modulates the pain and swelling evoked by movement. Current Biology : CB, 18(22), R1047-8.

[5] Ramachandran, V. S., Brang, D., McGeoch, P. D. (2009). Size reduction using Mirror Visual Feedback (MVF) reduces phantom pain. Neurocase, 15(5), 357–60.

[6] Stanton, T. R., Gilpin, H. R., Edwards, L., Moseley, G. L., & Newport, R. (2018). Illusory resizing of the painful knee is analgesic in symptomatic knee osteoarthritis. PeerJ, 2018(7)

[7] 小鷹研理：「筋運動誘導型 Elastic Limb(s) Illusion に関する研究の展望」, 日本人工知能学会第 33 回大会, 019.6

[8] 安楽大輝, 森光洋, 小鷹研理： Elastic Legs Illusion ― 脚を長く伸ばす体操, 第 23 回情報処理学会シンポジウム・インタラクション 2019, 2019.3

[9] Kodaka, Kenri and Anraku, Taiki and Okada, Kansuke and Mori, Koyo (2020) Elastic Legs Illusion, Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, interactivity

[10] 曽我部愛子, 森光洋, 小鷹研理 : ぶら下がりによる自重変化を利用した腕が伸縮する感覚の誘発, 第 20 回情報処理学会シンポジウム・インタラクション 2016, 2016.3

[11] Kodaka, K., Mori, K. (2017). Stretchar(m) makes your arms elastic. In SIGGRAPH Asia 2017 VR Showcase, SA 2017.

[12] Preston, C., Ehrsson, H. H. (2014). Illusory changes in body size modulate body satisfaction in a way that is related to non-clinical eating disorder psychopathology. PloS One, 9(1)

[13] Newport, R., Auty, K., Carey, M., Greenfield, K., Howard, E. M., Ratcliffe, N., … Themelis, K. (2015). Give It a Tug and Feel It Grow: Extending Body Perception Through the Universal Nature of Illusory Finger Stretching. I-Perception, 6(5)

[14] Preston, C., Newport, R. (2011). Analgesic effects of multisensory illusions in osteoarthritis. Rheumatology (Oxford, England), 50(12), 2314–5.

[15] Lewis, J. S., Kersten, P., McCabe, C. S., McPherson, K. M., Blake, D. R. (2007). Body perception disturbance: a contribution to pain in complex regional pain syndrome (CRPS). Pain, 133(1–3), 111–9.

[16] 伊藤宏司：筋運動制御機構, 計測と制御, Vol.25, No.2

[17] 岡田莞助, 小鷹研理 : 筋運動は順逆両位相の伸縮イメージと適合する, 日本認知科学会第 36 回大会, 静岡大学, 2019.9

[18] 小鷹研理：「HMD による構成的空間を舞台とした「三人称的自己」の顕在化」, 2018 年度人工知能学会全国大会, 2018.6

[19] A Durgin, F. H., Evans, L., Dunphy, N., Klostermann, S., & Simmons, K. (2007). Rubber hands feel the touch of light. Psychological Science, 18(2),

[20] Asai, T., Mao, Z., Sugimori, E., & Tanno, Y. (2011). Rubber hand illusion, empathy, and schizotypal experiences in terms of self-other representations. Consciousness and Cognition, 20(4), 1744–1750.

[21] Marotta, A., Tinazzi, M., Cavedini, C., Zampini, M., & Fiorio, M. (2016). Individual Differences in the Rubber Hand Illusion Are Related to Sensory Suggestibility. PLOS ONE, 11(12), e0168489.

[22] Burin, D., Pignolo, C., Ales, F., Giromini, L., Pyasik, M., Ghirardello, D., … Pia, L. (2019). Relationships Between Personality Features and the Rubber Hand Illusion: An Exploratory Study. Frontiers in Psychology.

不定自然変換理論に基づく比喩理解モデルの実験的検証
Experimental validation of a model of metaphor comprehension based on the theory of indeterminate natural transformation

池田 駿介 [1]， 布山 美慕 [2], 西郷 甲矢人 [3], 高橋 達二 [1,4]
Shunsuke Ikeda, Miho Fuyama, Hayato Saigo, Tatsuji Takahashi
東京電機大学 [1] 早稲田大学 [2] 長浜バイオ大学 [3] 理化学研究所 [4]
Tokyo Denki University[1] Waseda University[2] Nagahama Institute of Bio-Science and Technology[3] RIKEN[4]
tatsujit@mail.dendai.ac.jp

概要

意味の創造過程としての動的な比喩理解のため提案として，圏論の概念を用いて構築された不定自然変換理論 (TINT: theory of indeterminate natural transformation, 布山 & 西郷, 2019 ; Fuyama & Saigo & Takahashi, 2020) に基づき，2 つのシミュレーションを実施する．また，実験によって，人間の比喩解釈となる対応づけデータを収集し，これをシミュレーション結果と比較することで，TINT がどこまで人間に近い判断を行うことができるのかを検証する．

キーワード：比喩，圏論，類似，類推

1. はじめに

意味の創造過程と類推・転移学習を探求するための仮設として近年に提案された不定自然変換理論 (TINT) は，さしあたりは比喩理解のモデルとして研究が進められている．TINT はイメージの意味を，イメージの間の連想関係として定義する．その上で，イメージの連想ネットワークの構造が，被喩辞のイメージからの喩辞のイメージの連想を端緒として動的に変化する過程として，比喩理解過程をモデル化する．このモデル化のために導入し用いたのが，圏論の諸概念である．イメージの意味をコスライス圏で，喩辞と被喩辞のイメージの意味の対応づけを関手で，比喩理解の過程は無数に考えられるため，適切な関手の探索が難しい．したがって，まずは自明な関手を構築し，そこからの自然変換を探索することで，比喩の理解として適切な関手を構築するという過程によって表現している．これに加えて，動的な過程として比喩理解を表現するために，あるイメージから別のイメージへの連想確率を導入し，圏の不定化を行っている．このようにして，全てのイメージどうしの連想関係を表す射に連想確率が付与されている圏を，潜在圏と呼ぶものとする．この潜在圏の連想確率を元に，あるイメージから別のイメージが連想されると判断された場合には，そのイメージの間の射は圏に残り，そうでない場合には圏から消える．これを「励起 (excitation)」および「緩和 (relaxation)」と呼び，それぞれがどのように起きるのかがルールとして定める．ある時刻において励起している射からなる圏が，顕在圏と呼ばれる．[1]

TINT の大きな特徴をなすのは，イメージ間の連想と合成性という最小の仮定を用いることで知識表現を行う点，そしてまた，構造同士の対応づけ自体も，自明な関手を構築してそこから自然変換を探索することにより，元の知識表現以上の仮定を入れることなくボトムアップに表現する点である．本論文で行う検証の主眼の一つは，小さな仮定（ほぼ最小の仮定）を前提とする知識表現，および，ボトムアップな構造の対応づけから出発した場合に，人の比喩理解に対応する構造同士の対応づけをどの程度までなしうるか，という点にある．この検証のために二つのアルゴリズム，すなわち，構造を無視する「TINT 未満」のアルゴリズムと，最小の構造を保存する「ミニマル TINT」のアルゴリズムを導入する．さらに，人間が比喩を解釈する際には喩辞と被喩辞の意味の間でどのような対応づけが行われているのかというデータを実験により取得し，シミュレーション結果と比較する．これは，TINT が人間の比喩理解をどこまで説明できるのかを検証するためである．

2. シミュレーション

本論文では，2 種類のシミュレーションを実装することにより，コスライス圏を用いた知識表現とボトムアップな構造の対応づけから，人間が行うような対応づけがどの程度なされうるのかを検証する．

1 つのシミュレーションは，対象同士の対応づけを行うものである．これは，コスライス圏における対象（圏 C においては特定の対象からの射）のみを励起さ

[1]不定自然変換理論を詳細に説明したものとしては (布山 & 西郷, 2019 ; Fuyama & Saigo &Takahashi, 2020) を参照.

せ，そのコスライス圏の対象同士をのみ対応づけるという方法である．例として，コスライス圏 $B\backslash C$ に B から X_1〜X_4 への射 b_1〜b_4(コスライス圏においては対象) が存在し，さらに $i_1 : X_1 \to X_2$ と $i_2 : X_3 \to X_4$ が存在するとする．この場合に対象同士の対応づけとは，$i_1 : X_1 \to X_2$ や $i_2 : X_3 \to X_4$ のような射を無視し，コスライス圏 $B\backslash C$ の対象 b_1 や b_2 に対し，$A\backslash C$ において対応する対象を探索するものである（圏 C において見ると，B を域とする射のみを A を域とする射に対応づけることに対応する）．この場合には，喩辞・被喩辞の意味を表すコスライス圏には（恒等射を除いて）対象以外は存在しないため，コスライス圏において，ある対象について他の対象との関係を考えて対応づけを行うことはしない．

もう 1 つのシミュレーションは，三角構造同士の対応づけを行うものである．三角構造とは，コスライス圏の射となる構造であり，この三角構造を考えることによって，対象同士の対応づけでは無視していた i_1 や i_2 のようなイメージの間の関係性を表す射を考慮しつつ対応づけを行うことができる．具体的には，コスライス圏 $B\backslash C$ に存在する三角構造からコスライス圏 $A\backslash C$ に存在する三角構造への対応づけを行う．構造同士の対応づけを目的とする TINT は，意味を表すコスライス圏の構造をいくつかの三角構造に切り分ければ，より大きな範囲の対応づけを行うことも可能となる．しかしその場合には，シミュレーションが複雑になり結果の解釈が難しくなる．そこで本研究では，結果の解釈と，対象同士の対応づけとの比較，その両方を容易にすることを目的として，最も小さい構造である三角構造 1 つを喩辞のコスライス圏に励起させ，その三角構造を被喩辞の三角構造に対応づけるという形でシミュレーションを実装する．

このシミュレーションは，大まかには以下のような流れである．まず，喩辞・被喩辞の意味を表すコスライス圏の初期状態の設定を行う．次に，自明な関手である Base of Metaphor Functor (BMF) の構築を行い，BMF からの自然変換を探索して比喩の解釈として妥当な関手である F の構築を行う．この流れに沿う形で，それぞれのシミュレーションについての説明を行う．

2.1 対象同士の対応づけ (構造無視)

「蝶は踊り子のようだ」という比喩を例に取って，TINT モデルでの対象同士の対応づけのシミュレーション方法を以下に説明する．最初に，喩辞・被喩辞の意味を表すコスライス圏の初期状態を設定する．まず，喩辞となるイメージから連想される 8 つのイメージを挙げた．この 8 つのイメージを「踊り子の初期イメージ」と呼ぶこととする．喩辞のコスライス圏は，喩辞からその初期イメージへの射を励起させ初期状態とし，被喩辞のコスライス圏についても同様にして初期状態を定める．

次に，喩辞と被喩辞の対応づけを探索する．まず，自明な関手である BMF の構築を行う.「蝶は踊り子のようだ」という比喩を受けて，蝶から踊り子への射 f が生まれ，その後に，射の合成によって f と踊り子から初期イメージへの射が合成され，蝶から踊り子の初期イメージへの射が生まれる．これによって関手 BMF，すなわち，踊り子から初期イメージへの射と f との合成により生まれた蝶からの射を対応づける関手を構築する．

次に，踊り子→踊りを例として，BMF からの自然変換の探索の説明をする．BMF では，踊り子→踊りと蝶→踊りの対応は，“踊り子にとっての踊り” は “蝶にとっての踊り子にとっての踊り” である，という形で解釈され表される．しかし，踊り子を経由する射との対応づけでは，蝶からの直接的な射と対応付いていないために，比喩の解釈としては不明瞭である．そこで，比喩の解釈としてより妥当な対応づけである関手 F，すなわち，BMF からの自然変換を探索することで踊り子→踊りを蝶からの直接の射に対応づけた関手を構築する．自然変換の探索は，踊りから蝶の初期イメージへの連想確率を用いて，その連想が実際に起こるかどうかを考えることで行う[2]．この自然変換の探索の際に，連想確率を用いる．この連想確率は，潜在圏から取得する．例えば，踊りから蝶の初期イメージへの連想確率が「舞う: 0.8, 飛ぶ: 0.4, 花: 0.3, 女性: 0.8, 空: 0.1, 美しさ: 0.8, 儚さ: 0.5, 羽: 0.5」であるとする．実際に踊りから舞う，花，儚さが連想された場合には，この中で一番連想確率の高い射である踊り→舞うを，BMF から F への自然変換の要素として選択する．踊りから蝶の初期イメージへの射が 1 つも励起しない場合には，踊り子→踊りは比喩の解釈として対応づくものがないと判断され，消える．このプロセスにおいて対象同士の対応づけの特徴となっているのは，射のそれぞれについて独立に探索が行われる点であり，これは構造の無視を反映している．

探索された自然変換の一部をなす射により，蝶→踊りが蝶→舞うに変換され，踊り子→踊ると蝶→舞うが

[2]自然変換は，関手の行き先の圏における射の族であるため，自然変換の探索は射の探索に帰着する．

対応する．これが比喩の解釈である関手 F の一部となる．踊り子の全ての射についてこの手順を施すことにより，踊り子の全ての射が蝶からの直接の射に対応づけられるか否か（対応付かないときには消える）が定まったときに比喩の解釈が完了する．こうして得られた関手 F が，比喩の解釈となる．

2.2 三角構造同士の対応づけ (構造考慮)

TINT モデルでの三角構造同士の対応づけのシミュレーション法を,「蝶は踊り子のようだ」を例に取って以下に説明する．最初に，喩辞，被喩辞の意味を表すコスライス圏の初期状態を設定する．喩辞のコスライス圏は，喩辞とその初期イメージで構成できる三角構造のうち 1 つだけを励起させ，被喩辞のコスライス圏は，被喩辞とその初期イメージで構成できる三角構造全てを励起させる．喩辞と被喩辞の意味を表すコスライス圏の例として，踊り子→舞う，踊り子→舞台 (どちらもコスライス圏の対象)，舞う→舞台 (射) の 3 つの射を持つ三角構造を初期状態とするものを考える．三角構造として，これ以降は，コスライス圏の射となる部分をとることで，三角構造 (舞う→舞台) のように記述することとする．

次に，喩辞と被喩辞の構造同士の対応づけの探索を行う．まず，自明な関手である BMF を構築する.「蝶は踊り子のようだ」という比喩を受けて，蝶から踊り子への射 f が生まれ，しかる後に射の合成により f と踊り子→舞台，f と踊り子→踊りが合成されることで，蝶→舞台，蝶→踊りが生まれる．これにより関手 BMF，すなわち，踊り子→舞台，踊り子→踊りと，f との合成によって生まれた蝶→舞台，蝶→踊りを対応づける関手が構築される．

次に，BMF からの自然変換の探索について説明する．三角構造同士の対応づけにおいても，BMF は比喩の解釈としては不明瞭さを残している．そこで関手 F，すなわち，対象同士の対応づけと同じように BMF からの自然変換を探索することで比喩の解釈としてより妥当な対応づけとなる関手を構築する．とはいえ，三角構造同士の対応づけでは，舞台→踊りが存在するため，この射について可換性を満たすような自然変換の探索を行う必要がある．そこで，可換性を満たすような自然変換の候補を探索するにあたっては，舞台から蝶の初期イメージへ連想が起こるか，踊りから蝶の初期イメージへ連想が起こるかを同時に考えることとする．自然変換の探索の際に用いる連想確率は，対象同士の対応づけと同様に，潜在圏から取得する．

例えば，踊りから蝶の初期イメージへの連想確率が,「舞う: 0.8, 飛ぶ: 0.4, 花: 0.3, 女性: 0.8, 空: 0.1, 美しさ: 0.8, 儚さ: 0.5, 羽: 0.5」であり，舞台から蝶の初期イメージへの連想確率が「舞う: 0.7, 飛ぶ: 0.3, 花: 0.6, 女性: 0.6, 空: 0.4, 美しさ: 0.6, 儚さ: 0.3, 羽: 0.3」であるとする．そして，踊りから舞う，花，儚さへの連想と，舞台から舞う，花，女性への連想が実際になされた場合，踊りから連想された射と舞台から連想された射との組み合わせを取り，正しく可換性を満たしているペアを自然変換の要素の候補として扱う[3]．ただし，自然変換をなす候補である射のペアの余域が同じ場合には，構造が潰れる恒等射に対応づけが行われてしまう．このシミュレーションは，構造同士の対応づけを目的とするものであるため，射の余域が同じとなる場合は候補から除くものとする[4]．

次いで，この候補のうち，対応づけられた射同士の連想確率の差が最小のものを，BMF から F への自然変換として選択する．例えば，踊りからの候補のうち，舞う，舞台からの候補で花を考えた場合には，踊り子→踊りと蝶→舞う，踊り子→舞台と蝶→花，踊り→舞台と舞う→花というそれぞれの射のペアにより連想確率の差をとり，その絶対値を総和する．例としては，踊る→舞う，舞台→花のペアが可換性を満たし，かつ対応づけられた射同士の連想確率の差が最小の候補である場合に，自然変換の要素としてそれを選択することができる．この際に，可換性を満たす候補が見つからない場合には，比喩の解釈ができなかったと判断する．

探索された自然変換によって，蝶→踊りが蝶→舞うに変換され，踊り子→踊りと蝶→舞うが対応づけられる．また，蝶→舞台が蝶→花に変換され，踊り子→舞台と蝶→花が対応づけられる．これらの対応づけが，比喩の解釈である関手 F となる．

3. 実験

3.1 連想確率の実験

2. 節で述べたように，TINT のシミュレーションにより自然変換の探索を行う際には，連想可能性の射に連想確率が付与された潜在圏が必要となる．そのため，潜在圏の作成にあたり必要とされるイメージ間の

[3]現状では，TINT で扱う圏は痩せた圏であり，対象間の射はたかだか 1 つである．したがって，ここでの可換性の条件は，被喩辞側のコスライス圏において三角構造に対応する射が存在することである．

[4]数学的には，恒等射に移された場合も構造を保っていると定義されるけれども，TINT では射が連想を示すのであるから，踊り子→舞台を舞う→舞うのような恒等射に対応づけることは不自然と考えられる．この理由により，ここでの候補からは省くものとする．

表 1: 喩辞・被喩辞から連想したイメージ

喩辞・被喩辞	初期イメージ
蝶	舞う，飛ぶ，花，女性， 空，美しさ，儚さ，羽
踊り子	踊り，女性，スカート，夜， 音楽，回る，揺れる，舞台
粉雪	やわらかい，冷たい，降る，水， 融ける，白い，寒い，灰色
羽毛	やわらかい，あたたかい，鳥，布団， ふわふわ，羽，白い，軽い
笑顔	笑う，明るい，嬉しい，美しい， 可愛い，表情，癒し，子供
花	咲く，明るい，きれい，鮮やか， 枯れる，植物，成長，水

連想確率を，実験により取得した．本実験は，直喩刺激-解釈セット (岡 & 大島 & 楠見, 2019) から，喩辞の慣習性の高い「蝶は踊り子のようだ」,「粉雪は羽毛のようだ」,「笑顔は花のようだ」という 3 つの比喩を対象に行った．被喩辞・喩辞となるイメージ，および，それらの初期イメージは，重複を除くと合わせて 47 個となった．表 1 に示したのは，それぞれの喩辞，被喩辞の初期イメージである．4 人の実験参加者に対し，$47 \times 46 = 2{,}162$ 個の連想について,「A から B を連想する強さ:1,2,3,4,5」のような提示を行い，連想強度を 5 件法 (1:連想しない〜5:強く連想する) により評価してもらった．しかる後，連想強度のそれぞれを（連想強度：連想確率の対応づけで書くと）「1: 0.05, 2: 0.275, 3: 0.5, 4: 0.725, 5: 0.95」の変換規則に基づいて連想確率に線形変換し，4 人のデータの平均をとった．

これらの中から，今回のシミュレーションでは「蝶は踊り子のようだ」という比喩についてのデータのみ抽出したものを用いる．具体的には，蝶から蝶の初期イメージへの連想確率，踊り子から踊りの初期イメージへの連想確率，踊り子の初期イメージから蝶の初期イメージへの連想確率を，それぞれ抽出する．また，恒等射の連想確率は 1.0 とする．今回のシミュレーションでは，これらのイメージ間の連想関係を射とし，各射それぞれに抽出した連想確率を付与したものを潜在圏として用いることとする．図 1 に一例として示したのは,「蝶は踊り子のようだ」という比喩の対象同士の対応づけのシミュレーションで自然変換の探索を行う際に用いる連想確率である．

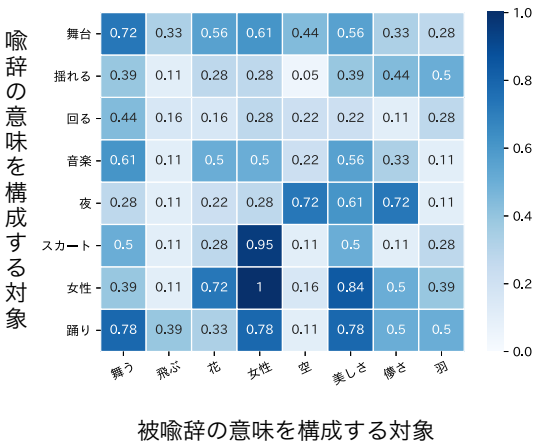


図 1: 踊り子の初期イメージから蝶の初期イメージへの連想確率

3.2 人間の比喩解釈実験

TINT の対応づけがどの程度うまくいっているのかを判断するためのデータとして，実験により人間の比喩の解釈のデータを収集した．実験参加者はクラウドソーシングで募集し，実験形式としては，実験作成ツールである Qualtrics 上に用意した比喩の解釈実験にアクセスしてもらった上で，そこに出題される設問に回答してもらう方法を採った．設問中では，まず最初に，蝶の持つ特徴 8 個，踊り子の持つ特徴 8 個が提示される．これはシミュレーションでのコスライス圏の初期状態に対応する．蝶と踊り子，それぞれ 8 個の特徴は，表 1 の蝶と踊り子の初期イメージを対象とした．そして，踊り子の持つある特徴 A と蝶の持つある特徴 B について,『「踊り子にとっての A 」を「蝶にとっての B 」に対応づけるのにどのくらい同意しますか？』と設問し，それに対して，1 〜 5（1 : まったく同意しない 〜 5 : 強く同意する）で回答してもらった．設問数は，設問の形式に慣れてもらうための練習問題がはじめに 5 問ある．本筋となる，比喩理解の際の対応づけの評価の設問は，踊り子の特徴 1 つから蝶の 8 つの特徴への対応づけ，もしくは，その特徴は対応づけるものがない，から選んで回答してもらう形式である．このような設問が，踊り子の持つ特徴 8 個と蝶の持つ特徴 8+1(対応づけるものはない) の $8 \times 9 = 72$ 問となった．実験の最後にもう一度練習問題が 4 問ある．こうして，以上の合計から 81 問となった．また，本筋の設問が提示される順番は，参加者ごとにランダマイズされるように設定した．

本実験の実験参加者は，20〜24 歳から 60〜64 歳の男女 50 人であった[5]．回答精度の観点から，回答にかかった時間の昇順で 50 人の回答データを並べ替え，上位下位 10%のデータは使用しなかった．また，実験参加者がどの程度説明文などを注意して回答を行っているかを確認することを目的として，IMC (Instructional manipulation check) と呼ばれる，特定の回答へと誘導する設問を出題した．その設問に正しく回答しない参加者の回答は分析対象から外した (Oppenheimer, Meyvis, & Davidenko, 2009)．以上のことから，実際に

[5]詳しい年齢は不要なため年齢回答は 5 歳毎とした．

有効なデータとして採用したのは，実験参加者 50 名中 37 名の回答である．そして，実験参加者 37 名の回答で平均をとった結果を分析した．

この結果が示しているのは，人間が「蝶は踊り子のようだ」という比喩を理解する際に，喩辞の意味を構成する対象から被喩辞の意味を構成する対象への対応づけにどの程度同意できるかということである．これを見ると，舞台と対応づく対象として最も強い同意が得られたものは空であり，踊りと対応づく対象として最も強く同意が得られたものは舞うと飛ぶであった．また，女性の対応づけについて，女性を美しさと対応づけることに最も強い同意が得られた．さらに，全ての対応づけについて，その喩辞の対象は被喩辞のどの対象とも対応づけられることはないという設問に対しては，同意しないと回答する傾向が見られた．

4. シミュレーション結果

4.1 対象同士の対応づけ (構造無視)

「蝶は踊り子のようだ」という比喩に対し，1,000 回のシミュレーションを行った結果を分析する．

この結果が示したのは，対象同士の対応づけのシミュレーションを 1,000 回行った場合に，喩辞の意味を構成するある対象が被喩辞の意味を構成する対象に対応づけられた回数である．ここからは，例えば以下のようなことを読み取ることができた．舞台は舞うに対応づけられることが最も多く，その回数は 725 回であった．踊りは舞うと女性に対応づけられることが多く，その回数は 345 回と 350 回であった．また，人間の対応づけでは女性を美しさに対応づけることが最も同意が強かったけれども，対象同士の対応づけでは女性は 1,000 回のシミュレーション中 1,000 回女性に対応づけられたことが確認できた．

4.2 三角構造同士の対応づけ (構造考慮)

喩辞と喩辞の初期イメージで構成できる全ての三角構造，56 個のそれぞれにつき,「蝶は踊り子のようだ」という比喩のシミュレーションを 1,000 回行った．例として，三角構造 (踊り→女性) のシミュレーション結果を分析する．

これは，三角構造 (踊り→女性) を考慮した対応づけのシミュレーションを 1,000 回行った場合に，喩辞の意味を構成するある対象が，被喩辞の意味を構成する対象へと，何回対応づけられたかを示すものである．そこからは，踊りは舞うに対応づけられることが多い点は対象同士と同様であるけれども，その回数は 650 回であり，対応づけられた回数が増加していることが読み取れた．また，対象同士では対応づけが行われなかった飛ぶにも，対応付けが 163 回行われている．女性は，対象同士では 1,000 回中 1,000 回女性と対応づけられていたのに対し，三角構造同士では女性に対応づけられるのは 212 回と減少し，最も対応づけられたのは美しさの 564 回であった．これは，人間の女性の対応づけの傾向と同様な結果となった．これらの結果から，三角構造を考慮しながらの対応づけを行う場合，対象同士の対応づけの傾向からの変化があることが示された．

5. 人間の比喩解釈と TINT の比較

シミュレーションにより出力された TINT の二つのモデルの対応づけの傾向と，人間の対応づけの傾向のデータとを比較することにより，人の比喩理解と類似した対応づけができるのかについて検証を行うことができる．

5.1 相関係数による分析

対象同士の対応づけの傾向，および，三角構造同士の対応づけの傾向のそれぞれについて，人間の対応づけとの類似度を調べるため，スピアマンの順位相関係数を計算した．この相関係数が高いほど，シミュレーションと人間の対応づけが近いことが示唆される．喩辞の対象のそれぞれについて，その対象が TINT の対象同士の対応づけにおいてはどのように対応づけられたのかというデータと，その対象を人間はどのように対応づけたのかというデータを用いて，相関係数を計算した．三角構造の対応づけについては，このシミュレーションで喩辞のコスライス圏の初期状態として設定した対象のみ，対象同士の対応づけと同様に相関係数を計算した．

5.2 結果

以下に，シミュレーション結果による対象同士の対応づけと，人間の対応づけとの相関係数を分析する．対象同士の対応づけと人間の対応づけとの相関係数に関しては，相関がやや高い対応づけも存在するものの，有意水準 10%でも，有意なペアは存在しなかった．対象同士の対応づけの方法では，人間に近い判断ができず，比喩の解釈として妥当な対応づけが困難であることを，この結果は示唆している．

次に，56 個の三角構造同士のシミュレーション結果と，人間の対応づけの相関係数を計算することにより，相関係数が 0.4 以上となった三角構造について，以下に分析する．

三角構造を構成する二つの対象の対応づけの，いずれにおいても，有意水準 10%で有意である三角構造は，(女性→踊り)，(スカート→踊り)，(舞台→踊り) の３つ．さらに，どちらも有意水準 5%で有意である三角構造は，(踊り→女性), (舞台→夜) であった．

以上のことから，対象同士の対応づけでは有意な相関のペアは存在しなかったのに対して，三角構造を考慮した対応づけによっては，いくつかの有意な相関のペアが見出されたことになる．この結果は，三角構造を考慮することで，対象同士の対応づけよりも人間に近い対応づけが可能となることを示唆するものである．

さらに，対象同士の対応づけと人間の対応づけの相関係数，三角構造同士の対応づけと人間の対応づけの相関係数において，三角構造同士の対応づけと人間との相関係数が，対象同士の対応づけと人間の相関係数を上回っている場合，それは，構造を考慮することで人間に近い判断ができていると解釈することが可能である．三角構造同士の対応づけと人間の相関係数が，三角構造をなすどちらの対象においても対象同士の対応づけと人間の相関係数を上回っているもの，および，それとは逆に，三角構造をなす対象のどちらについても，相関係数が対象同士の対応づけと人間の相関係数を下回っているものを考えた．

その結果としては，56 中 16 個の三角構造において，対象同士の対応づけよりも人間の対応づけとの相関が高かった．他方で，56 個中 15 個の三角構造では，対象同士よりも相関が低かった．以上の結果は，一見すると，両手法と人間の判断の近さに差がないことを示唆するようにも思われる．しかし，この結果には人間が連想しづらい射を持つ三角構造についての結果が含まれるため，さらなる議論が必要とされる．

References

布山 美慕 西郷 甲矢人, (2019). 不定自然変換理論の構築：圏論を用いた動的な比喩理解の記述, 知識共創, 8, III, 5, 1–11.

Miho Fuyama, Hayato Saigo, Tatsuji Takahashi (2020). A category theoretic approach to metaphor comprehension: Theory of indeterminate natural transformation, BioSystems, 104213.

岡 隆之介 大島 裕明 楠見 孝 (2019)，比喩研究のための直喩刺激-解釈セット作成および妥当性の検討，心理学研究，90，1，53-62

Daniel M. Oppenheimer, Tom Meyvis, Nicolas Davidenko (2009).Instructional manipulation checks: Detecting satisficing to increase statistical power. Journal of Experimental Social Psychology, 45, 4, 867-872

歩車混在空間における相互作用とリスク軽減行動：新しい交差空間におけるリスク共有コミュニケーションの検討

Interaction and risk-reductive behaviors in a mixed space of pedestrian and vehicle: From the viewpoint of risk-sharing communication

安久 絵里子，後藤 将志，原田 悦子，矢野 博明
Eriko Ankyu, Masashi Goto, Etsuko T. Harada, & Hiroaki Yano

筑波大学
University of Tsukuba
{ankyu@tsukaiyasusa.jp, etharada@human.tsukuba.ac.jp}

概要

新型モビリティの登場により，歩車混在空間における人―移動体間のリスク共有の重要性が増している．本研究ではライトレールを取り上げ，横断歩道における歩行者との相互作用とコミュニケーションの特性を検討するための行動観察を行った．その結果，運転者が歩行者の行動に応じてリスク回避行動を取っているが，歩行者にはそれが伝わっていない様子が観察され，歩車共存空間におけるコミュニケーション支援の重要性が示された．

キーワード: リスクホメオスタシス，人―移動体間リスク共有コミュニケーション，歩車融合空間／共有空間

1. はじめに

社会の高齢化による歩行困難者の増加を反映し，ラストワンマイル（例：最寄駅から自宅まで）の移動を支援するための様々な移動体（mobility）が新たに提言されつつある．特に，ラストワンマイル区間での運転車両として，自動運転技術等を用いた小型モビリティが提案されており，こうした移動体が利用される状況では，歩行者と小型モビリティとが歩車混在空間を形成することが多い．従来の交通安全対策では歩車分離により交通リスクを低減しようとしてきたのに対し，歩車混在空間では，歩行者とモビリティの双方が，場全体の安全確保に向けた相互作用を行いながら，安全かつ一定以上の効率性を保って移動を可能とする空間を維持することが求められている．

Monderman は 1980 年代に共有空間（Shared Space）という概念により交通信号や交通標識等を取り払い，歩行者や車両等，複数種の交通参加者が「同等の立場で場を共有する」空間をデザインすることを提案したが，伊藤 (2018) はこの提案の基本原理としてリスクホメオスタシス (Wilde, 1982) があることを指摘した．一方，谷口ら (2012, 2016) はそうした相互的なリスク低減行動のためにはコミュニケーションが重要な要素であると述べている．実際に，近年では，特に自動化を目指した移動体においてコミュニケーションのための外向け HMI (Human-Machine-Interface) が検討されてきている．

こうした試みを進めていくためには，実際の歩車混在空間において，歩行者と小型モビリティの間でどのようなリスク低減/回避行動が生じているのか，またその過程でどのような相互作用があり，コミュニケーションが発生しているのかを検討し，それらの特性について基本的な理解を深めることが必要となる．田中ら（2020）は空港における小型電動カートおよび博物館におけるパーソナル・モビリティのツアーという 2 種類のモビリティ・空間を取り上げ，周辺歩行者と小型モビリティの歩車混在空間でのリスク低減行動，歩車間相互作用，特にコミュニケーションの発生について報告している．博物館では運転者の声かけによって，周辺の歩行者に対するリスク回避行動への誘導が自然な形で行われていたが，空港では声かけは一切行われず，運転者のリスク回避行動が一方向的に行われ，歩行者とモビリティの間で安全配慮の不均衡が生じていた．これより，モビリティの運用される空間や場の制度・文化，そこにいる人にとっての目的性などが，歩車混在空間におけるコミュニケーションの在り方に強く影響していることが指摘された．

一方で，ラストワンマイルをカバーするためのモビリティは屋外空間を走行するものも多く，移動の安全性，快適性，高速性等から電動カートやパーソナル・モビリティよりもサイズが大きく，屋根やドアなどの覆いがある車体が想定されるが，そうした場合には運転者の直接的な声かけ等によるコミュニケーションは困難にもなりうる．こうした「やや大きめ」なモビリティで，直接的なコミュニケーションが困難と考えられる

場合, 歩車混在空間において, 歩行者とモビリティとの間でどのような相互作用があるのであろうか. また, そこに双方間でのコミュニケーションは成立しているのか，成立しているとするとどのようなコミュニケーションがなされているのかはこれまでに明らかにされていない.

屋外を走行する比較的大きな新型モビリティの代表例としてライトレール（Light Rail Transit, LRT）があげられる. 日本国内では, 富山市が有名であり, 新幹線と第 3 セクター鉄道の二駅が並列する富山駅の駅前空間において歩行者とライトレールが混在する空間が構築されている. ライトレールには一定の走行線路が存在するが，停車場ホームもそれ以外の線路にも特に他の空間との区切りはなく，歩行者が車両のすぐ近くまで近づけることから, まさに歩車混在空間と呼べる. 加えて, 2020 年 3 月 21 日に, 富山駅を挟んで南北に分かれていた 2 社のライトレールが接続され，ライトレール富山駅も改装されるという事象が生じた. すなわち, 歩車混在空間の構造に，ある一時点から大きな変化が生じたことになる. そうした変化の際には, それによって生じる様々な動的変動から，対象事例がもつ本質的な特性や行動要因の存在が明らかになることが推測される.

そこで本研究では, ライトレール駅の中の, 特に「歩車交差空間」となっている横断歩道をとりあげ, 南北接続という大きな環境変化を挟み，歩行者とライトレールの混在空間での両者の行動，両者間の相互作用またはコミュニケーションの存在の有無とその特性を分析し，より安全で快適な歩車共存空間のために求められる要因を明らかにすることを目的とした行動観察調査を行った. 特に本稿では, 横断歩道での歩車の相互作用を，そこで必要とされているリスク共有のためのコミュニケーション（南部ら, 2006）のデザインの視点から検討を試みる.

本研究で取り上げた歩行者とライトレールの交差空間である横断歩道は，通行の優先権が歩行者とモビリティの間で切り替わるという点，および踏切等の歩車間の境界がないという点で特異的である．横断歩道というと自動車と歩行者の通行する道路上の横断空間があげられるが，こうした横断歩道では時間によって信号が自動的に制御されており，自動車の行動や交通量等に関わらず，横断歩道の通行における優先権が歩行者と自動車の運転者の間で強制的に切り替わる．こうした信号は通常,「通行可を示す」青,「通行不可を示す」赤の他に,「これから赤になる」という黄信号あるいは青信号の点滅などの 3 段階で変化することが多い．一方, ライトレールと同じく線路上を通行する列車と人・自動車との交差空間である踏切では，信号は時間制御されるのではなく, 列車の動きに合わせて, より正確には列車のある地点の通過のセンサーの動きにより，信号が「黄信号」を示し, 続いて遮断機が下りるという形で列車以外の交差空間への侵入を強制的に止めるという仕組みになっている.

これに対し, ライトレールの横断歩道は, その仕組みにおいては列車の踏切に近く，横断歩道に車両が近接した時にその動きをセンサーが感知した結果として，信号が切り替わる. しかしそこには, 遮断機はなく, また「これから赤になる」という予告的な信号はない. すなわちライトレールの横断歩道では，通行の優先権は突然，ライトレールに渡るが，それ以外の時間はすべて，歩行者が優先権を有する空間となっている.

そのため, ライトレールの横断歩道は, 道路上にあることも手伝って，一見したところでは自動車の走行する道路上の信号付き横断歩道と同じものであるかのように思われるが，時間制御された道路上の横断歩道とは異なり, 信号の切り替え（通行の優先権の移行）のタイミングが予測しづらく，また鉄道の踏切に比べると歩行者側の自由度が大きい. このことからも, より安全な歩車交差空間を運用していくためには，歩行者とモビリティという異種の交通参加者の両者で，より一層周辺状況に気を配り，主体的にリスク回避のための行動決定を行うことが求められる，あるいはより緊密なコミュニケーションが必要になることが推察される.

そこで，そうしたモビリティと歩行者の混在する空間，特に交差空間のマネジメントはいかに実現されているのか，そこに歩車間のコミュニケーションが存在するのか, それらは環境の大きな変動（富山駅の南北接続）によってどのような影響を受け, どのように収束していく可能性があるのかを，環境変化点である南北接続の前後を標的として, 5 台のビデオカメラによる定点記録データを元に, 横断歩道での人・モビリティの行動を分析して検討を行った.

2. 方法

富山市のライトレール富山駅前空間を調査対象とし, 2020 年 3 月 21 日に実施された富山駅南北接続の直前

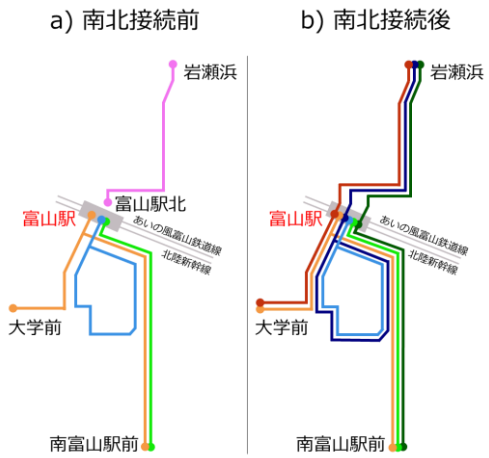


図 1　富山ライトレールの南北接続前後の路線　(a)南北接続前，(b)南北接続後

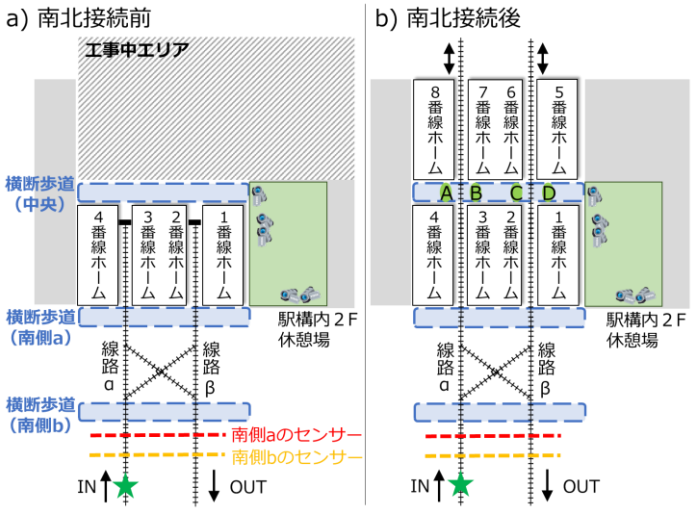


図 2　ライトレール富山駅の調査対象範囲の概要
(a)南北接続前，(b)南北接続後

の平日 2 日間（3 月 18 日 14:00-21:00 および 19 日 5:30-17:00），および接続直後の平日の 2 日間（3 月 23 日 13:00-21:00 および 24 日 5:30-17:00）に 5 台のビデオカメラを定点設置し，ライトレールと歩行者が交差する横断歩道 3 本での両者の行動を記録した．

2-1. 調査対象

2-1-1. 富山ライトレールの運行と南北接続

南北接続前の富山ライトレールは，富山駅南部地域を走行する 3 路線と，北部地域を走行する 1 路線の計 4 路線からなる（図 1 (a)）．南部地域の 3 路線は「富山駅」を始点とする環状線，「富山駅」を経由して「大学前」と「南富山駅」を往復する線，「富山駅」と「南富山駅」を往復する線があり，北部地域の 1 路線は「富山駅北」（富山駅とは異なる駅だが近傍に位置する）と「岩瀬浜」を往復する線である．

南北接続後（図 1 (b)）は，「富山駅北」が「富山駅」と統合され，「富山駅」を経由して「岩瀬浜」と「大学前」を往復する線，「富山駅」を経由して「岩瀬浜」と「南富山駅」を往復する線，「富山駅」を経由して「岩瀬浜」を始点に南部地域を循環する線の 3 路線と，南部地域の既存の 3 路線を合わせた計 6 路線での運行が行われている．

2-1-2. ライトレール富山駅

調査対象としたライトレール富山駅の概要を図 2 に示す．カメラの設置場所は，富山駅構内 2 階に位置する休憩場であり，調査対象の横断歩道 3 か所を見下ろすことができる．分析の便宜上，横断歩道 3 本を北側から順に「中央」「南側 a」「南側 b」とし，カメラ設置場所から向かって奥の線路を「α」，手前の線路を「β」とする．また，2 本の線路を挟む，横断歩道上の歩行者の停止位置を奥から順に「A」「B」「C」「D」とする．

南北接続前は 1-4 番線ホームが使用されており，行先によって線路 α か β にライトレールが進入してくる．乗客の乗降ののち，進行方向を南側に変え，折り返す形で富山駅から進行する．そのため，南側 a，南側 b の横断歩道では 1 台のライトレールの発着で，2 回の横断歩道の通過が発生している．一方，中央の横断歩道はライトレールの横断がないことから，実質的には横断歩道としての機能を未だ有していない．

南北接続後は 5-8 番線が増設され，ライトレールは進行方向側のホームに停車して乗客の乗降を行う．つまり，「岩瀬浜」行きのライトレールは 5-8 番線に停車し，「大学前」行き，「南富山駅前」行きおよび循環のライトレールは 1-4 番線に停車する．そのため，北から南へ，あるいは南から北へ，富山駅を通過していくライトレールの運行が生じるようになり，中央の横断歩道もライトレールと歩行者が交差する横断歩道としての機能を有するようになった．

また，富山駅南部から富山駅に進入する際は必ず，線路 α 側（図 2★印の位置）を通行し，南側 a と南側 b の横断歩道の間で直進，または交差することで該当のホームへ進入する構造となっている．また富山駅から駅南部へ進行する際は，線路 β 側を通行する構造となっている．駅北部も駅南部と対称な構造となる予定だが，未だ工事中で仮設状態であることから今回の調査対象範囲からは除外し，北部から富山駅に進入または富山駅から進行する際は，該当のホームに合わせた線路を運行するとみなした．

歩行者の各ホームへの出入りは中央および南側 a の横断歩道部分，または 1，5 番線ホーム東部（駅構内と直結）から可能である．また，南側 a，b の横断歩道周辺は歩行者のみが通行可能な駅前広場が広がっており，自動車等の他のモビリティが存在しない空間となっている．

2-2. 分析方法

中央の横断歩道は，横断歩道部分を拡大した画角，1-4 番線を含んだ広角での画角，5-8 番線を含んだ広角での画角の 3 種類のビデオ記録を行い，それらを同期化した．さらに，ライトレールが横断歩道を通過する間を 1 つのイベントとして切り分けた．ただし，ライトレールが停車すべきホームよりも手前のホームで一旦停車する様子が観察されたため，それらも 1 イベントとして取り扱う．特に一旦停車の時間が 0-3 分程度以下の場合はその後の横断歩道通過イベントに含めている．

南側 a，b の横断歩道はそれぞれの横断歩道を 1 台ずつのビデオで記録し，それらを同期化した．2 つの横断歩道の歩行者用信号機のどちらか一方，あるいは両方が赤信号になっているときを 1 つのイベントとして切り分けた．

各イベントに対して ELAN を用いて分析を行い，歩行者とライトレールとの相互作用に関連すると考えられる，場の構成要素の抽出を行い，リスク回避/低減にかかわる要因や行動，またはリスク行動とその結果として生じる問題について検討した．

3. 結果

3-1. 各横断歩道のデザイン，リスク状況と，構成要素の抽出

中央並びに南側 a, b の横断歩道を分析するにあたり，それぞれの横断歩道がどのように運用されているのか，そこにある構成要素を挙げ，また観察された高リスク状況を記述するために必要な要素を追加して，分析のための構成要素セットを確定した．

3-1-1. 南側 a，b の横断歩道

南側 a, b の横断歩道では車両の接近/通過のセンシングによる自動の交通信号および自動音声アナウンスがあった．富山駅に進入してきたライトレールが，南側 a, b の横断歩道それぞれに対応したセンサー位置（図 2）を通過すると横断歩道の歩行者側信号が赤に変化し，同時に，警報音「ブーブーブー」＋音声アナウンス「電車がきます．渡らないでください．」が，ライトレールが通過するまで繰り返されていた．また，ライトレール車両からは手動のオルゴール音や警報音という複合的な情報提示がなされていた．ただし，これらは周辺の状況に応じて運転者が手動で制御していると推察され，使用されない事例も観察された．

また，ライトレールが進入すべきホームにすでに別のライトレール車両が停車していた場合，南側 b の横断歩道で一時停車するが，その際はセンサー位置を通過していても南側 a，b の横断歩道では赤信号に変わることなく青信号が維持された．

歩行者の視点から見ると，信号機に青から赤信号に変化する途中で予告的な黄信号がないことから，信号が赤に変わる直前と直後の横断において，歩行者によるリスク高行動が観察された．また，南側 a の横断歩道では南側から進入してきたライトレールが直進して線路 α を通行するのか，交差して線路 β に切り替えるのかが不明のため，予期していない線路へのライトレールの進入に，慌てて回避行動をとる事例が見られた．さらに，信号情報には左右どちらからライトレールが来るのかは表示されていないため，ホームが空くのを待つために（南側 b の横断歩道よりも南側に）一時停車しているライトレールに注意を向けていると，逆方向から，ホームに停車していたライトレールが横断歩道を通過するといった様子が複数回観察された．

そこで，南側 a，b の横断歩道の分析では，歩行者，南側から進入するライトレール，北側から路線 α へ進行するライトレール，北側から路線 β へ進行するライトレール，各横断歩道の信号機の 6 つの次元を構成要素として分析した．

3-1-2. 中央の横断歩道

中央の横断歩道では，南側 a，b の横断歩道と同じ仕様の自動交通信号および自動音声アナウンス，ライトレール車両からの手動のオルゴール音や警報音に加えて，警告灯が設けられていた．2 本の線路を挟むような足元位置（図 2（b）の停止位置 A-D に相当）に計 4 本の赤色の警告灯，およびその両端には同様の警告灯が取り付けられたポールが計 8 本建っており，信号が赤色に変わると同時にこれらの警告灯が赤色に点灯した．中央の横断歩道は 2 線路 8 ホームという複雑な構造のために，リスク情報をより確実に伝達する手段として，より顕在性の高い空間デザインがなされたものと推察できる．

加えて，南北接続後の運行に支障が出ることが懸念されたためか，接続直後には警備員が常時配置されて

いた[1]．警備員はライトレール運行時間中，常時配置され，早朝の歩行者が少ない時間帯を除き 4 名以上が常駐していた．ホームの案内，乗車待ちの行列の整理等も行っていたが，本研究では赤信号時の横断歩道の交通整理（歩行者への指示の方法，タイミング）に注目した．

以上から，中央の横断歩道の分析では，歩行者，警備員，ライトレール，信号機の 4 つの次元を構成要素として分析を行った．

3-2. 高リスク場面の事例報告

3-2-1. 新設の横断歩道での過剰なリスク認知

中央の横断歩道は使用開始後 2 日経過時（平日としては初日）に調査を行ったため，横断歩道に関与するすべての要因が不慣れな状態であった．その中で，警備員や歩行者に過剰なリスク回避行動や混乱した行動が見られた．

–警備員の誘導行動

警備員は信号が青の間は歩行者の妨げにならないように，横断歩道の隅などに待機し，ライトレールが駅に進入してくると所定の配置に移動し，誘導ののち，再度待機位置に戻るという動きを繰り返していた．南北接続後の調査の 1 日目（2020 年 3 月 23 日）の事例を表 1（最終頁）に示す（00:04.1 より）．警備員は，位置 B/C において左右を見たあと，他の警備員に停止のジェスチャーを行ってから，信号が赤色に変わるよりも 10 秒以上前から誘導のための移動を開始している．その後，警備員は位置 D から横断歩道を渡り始めていた歩行者 X（先ほどの停止のジェスチャーを目視している）に対し，通過を誘導するジェスチャーを行い，その結果，歩行者 X は青信号にもかかわらず小走りで横断歩道を通過する．その後，歩行者 Y が通行するが警備員が反応することはなく横断させ，赤信号に変わる 2,3 秒前から歩行者を停止させるジェスチャーをはじめ，複数人が位置 A で立ち止まる．直後に信号は赤色に変わり，減速したライトレールがオルゴール音を鳴らしながら横断歩道に接近し，赤信号開始から約 10 秒後に横断歩道を通過する．

どの段階で，警備員がライトレールの進入を目視したかは定かではないが，最初に左右を確認した後に他の警備員（おそらく，立ち位置からはライトレールの進入が見えづらい，あるいは見えない警備員）にライトレールの進入を伝えていることが推察される．赤信号に変わってからライトレールが実際に横断するまでに約 10 秒かかるにも関わらず，さらにそれよりも 10 秒以上早く停止行動の準備を始めていることから，リスクを必要以上に高く見積もって行動していると考えられる．

–歩行者の戸惑い

歩行者は横断歩道の通行ルールやライトレールの動きを把握していないため，基本的には警備員の誘導に従って行動している．また，赤色の警告灯による強い情報発信によって，横断歩道上が危険な空間に変化したという情報が十分に歩行者に伝わっているが，危険回避のためにとるべき行動が示されていないため，歩行者の多くは横断歩道から走って離脱する様子が多く観察され，「とにかく早く渡り切る」リスク回避行動の表れとも考えられる．

そうした様子が表 1 の事例にも表れている（00:18.9 より）．2 人組の歩行者が 2-3 番ホームから 6-7 番ホームへ向かって歩いてくるが，ちょうど横断歩道にさしかかった時に横断歩道が赤信号に変化し，驚いた様子で立ち止まる．さらに，警報音が鳴り始めると一旦後ずさりし，再度，警備員に合わせて位置 B/C まで出てくる．しかし，どちらを見ていいのか分からず辺りを見渡している．ライトレールが線路 β に進入してくると，そちら側を見るが，線路 α からもライトレールがオルゴール音を鳴らしながら進入してくるとすぐに振り向いて線路 α 側を向く．位置 B/C は 2 本の線路の間に位置するので歩行者が立っていても問題のない位置ではあるが，この 2 人組の歩行者は赤色の警告灯の点灯によって，立ち行ってはいけない場所だと勘違いして脱出したものと考えられる．また，どちらの線路にライトレールが進入してくるかは，信号や音声アナウンス，警告灯などの各種情報からは判断がつかないため，両方の線路を見まわしている様子が明らかである．この事例では両方の線路から順にライトレールが横断歩道を通過したが，他にもどちらか片方の線路からのみライトレールが進入する場合や，ホームで 1 台のライトレールが停車しており反対方向・反対線路から別のライ

[1] 2020 年 6 月末の富山駅インフォ窓口担当者へのインタビューによると，接続直後 1 か月程度，期間限定で警備員が配置されていたとのことであった．特に接続直後に見学客も含め，想定以上の人出であったため，との簡単な説明であったが，具体的に想定されたリスク，あるいはなぜ期間を 1 か月にしたのか等については詳細を調査していく必要がある．なお 6 月末時点では朝ラッシュ時 1 時間のみ，警備員が 2 名配置されるように変更されていた．

トレールが進入してくる場合があり，状況を把握していない歩行者にとっては「理解が困難」な状態になっていたと考えられる. そのため, 同様にリスクを過剰に見積もり, 横断歩道からの早期の離脱をはかる, あるいは辺りを見回して状況判断をしようとするという行動が多数見られた.

3-2-2. 既設の横断歩道での高リスク行動

南側 a，b の横断歩道は，南北接続前から既に横断歩道として使用されていた空間であるため，歩行者にとっても場への理解，適応が進んでおり，ある程度，安定した空間が形成されていると考えられる．この横断歩道には警備員が配置されていないことから，歩行者とライトレールは信号や音声アナウンスを頼りにどのようなリスク回避行動を取るかを歩行者自身で判断しなくてはならない. そうした中で, 情報伝達だけでは十分にリスク情報の共有がなされずに，高リスク状態が生じていた.

その一事例を示す．南側から進入してきたライトレールは南側 b の横断歩道のセンサー（図 2）を通過しながら減速する. すぐに南側 b の横断歩道が赤に変わり，再度加速しながら南側 a の横断歩道のセンサー，南側 b の横断歩道を通過し, 赤信号に切り替わった南側 a の横断歩道にむけて進行する．このとき，南側 a の横断歩道上の両線路の中間地点には歩行者 X が線路 α 側に向けて横断中であり，線路 α 側には歩行者 Y が線路 β 側に向けて横断中であった．突然赤色に変化した信号に反応して歩行者 Y は線路 β 側に向けて走りだし，歩行者 X は特に行動は変えず歩いて横断歩道を渡り切った. 信号が赤に変わった時点ではライトレールは線路 α を走行していたが, 1-2 番線ホームへ進入するため南側 a の横断歩道の手前で交差し，線路 β へ移動した. 歩行者 Y はライトレールの位置を確認し，線路 α をそのまま直進すると思ったのか，急いで線路 α 側から線路 β 側に移動したが，ライトレールが同様に線路 β に移動したため，結果的にライトレールの目前を通過することとなった.

3-3. 外部要因を利用したリスク回避行動

南側 a，b の横断歩道では，高リスク行動だけではなく, リスク回避行動を取っている様子が観察された. 各横断歩道について，事例を報告する.

3-3-1. 南側 a の横断歩道でのリスク回避行動

南側 a の横断歩道はライトレールが南側から進入したときに, 死角になる部分が多く, 特に横断歩道へ進入を開始する歩行者の姿が，ライトレールからは目視できない. そのため,「3-2-2. 既設の横断歩道での高リスク行動」で示したような高リスク行動が数多く見られたが, 一方で, 横断歩道の中央付近を横断する歩行者がいた場合に，ライトレール車両側がリスク回避行動を取る様子が確認された.

その一事例を示す．南側から進入してきたライトレールは南側 a の横断歩道を通行する歩行者を視認すると，南側 b の横断歩道のセンサーは通過するが，南側 a の横断歩道のセンサーの手前で一旦停止する．このとき，南側 b の横断歩道は赤信号になるが，南側 a の横断歩道は青信号のままであり，複数の歩行者が横断する．南側 a の横断歩道上に歩行者がいなくなったことを確認してから，ライトレールはゆっくりと前進して南側 a の横断歩道のセンサーを通過し，南側 a の横断歩道が赤信号になったのち, 南側 b の横断歩道を通過, 続いて南側 a の横断歩道を通過する．このように，ライトレールの運転者は横断歩道の歩行者の様子を見ながら，センサーが反応するタイミングを調整している可能性が確認された.

3-3-2. 南側 b の横断歩道でのリスク回避行動

南側 b の横断歩道は，南側 a の横断歩道に比べて見通しがよく，横断歩道周辺の歩行者の有無がライトレールの運転者から視認しやすい. しかしながら, 一旦, 信号が赤に変わると，横断してはいけないにもかかわらず横断歩道に進入しようとする歩行者がいた場合でもライトレールは非常にゆっくりとではあるが前進を継続し，横断の優先権を歩行者に渡すことはなかった. その一方で，南側 b の横断歩道が赤信号になる前に運転者が歩行者を視認した場合には，リスク回避行動を取っている可能性がある事例が複数回観察された.

その一事例を示す．1 台のライトレールが南側 b の横断歩道を通過し終え，信号が赤から青に変わると同時に歩行者が横断を開始する．同時に別のライトレールが南側からゆっくりと進入してきて，南側 b の横断歩道のセンサーより南側で一旦停止する. このとき, 線路 α のすぐそばを並走するように，複数人の歩行者が南側 b の横断歩道に向かって歩いている．これらの歩行者がすべて横断歩道を渡りおわった，あるいは渡り切りそうになったのを確認してから，ライトレールはゆっくりと前進し，南側 b の横断歩道のセンサー，南側 a の横断歩道のセンサーを順に通過し，そのまま赤信号になった南側 b の横断歩道，南側 a の横断歩道を通過した. 最初の南側 b の横断歩道の赤信号によって, 横断歩道で信号待ちをする歩行者の姿が目視できたこ

とから，続けざまに進行して赤信号を継続するのではなく，一旦青信号に変え，信号待ちをしている歩行者を横断させてから，センサー位置に進行しようとする運転者の意図があったものと推察された．また，ライトレールのすぐそばを歩いていた複数の歩行者が南側 b の横断歩道を横断することが予想されたことから，それらの歩行者が渡り終わった，あるいはもうすぐ渡り終わるという状況になったときにやっと，ライトレールは進行を始めた．この間，ライトレールは 15 秒以上もの間，南側 b の横断歩道のセンサーより南側で停止していた．

4. 考察

本研究では，ライトレール富山駅の 2 か所（3 本）の横断歩道での行動観察に基づき，新型モビリティとしてのライトレールと歩行者が交差する歩車混在空間において，両者の相互作用を検討した．その結果，当初は谷口ら（2012, 2016）の述べるような運転者と歩行者が互いに配慮し合いながらリスク低減を目指すコミュニケーションというものは，存在しないように見うけられた．同時に，両者の間での情報伝達は，信号機や音声アナウンス等の外部要因によって機械的に制御されている，あるいは警備員が両者の間を媒介することによって，ライトレールと歩行者間の直接的な相互作用は成立していないかのように見えた．また，中央の横断歩道については，新しく利用され始めたばかりであるため，ライトレール，歩行者，警備員がそれぞれ，リスク回避/低減のために自分はどうふるまうべきなのかが十分に把握できず，また，他者がどのようにふるまうのかを予測することも困難であったことから，場当たり的な対応を繰り返しながら探索的にリスク回避行動を取っている様子が見うけられた．

このように，一見，ライトレールと歩行者間は互いに配慮せずに横断歩道に混在しているかのように見えたが，南側 a, b の横断歩道の観察と分析により，実際には運転者側から歩行者への配慮行動が様々になされていることが明らかとなった．南側 a, b の横断歩道は使用され始めてからある程度の時間が経過しており，一定の安定状態に達していることが推定される．そのため，歩行者は，赤信号が継続する時間の長さやライトレールが横断する頻度を感覚的に把握し，無理に赤信号を渡らなくてもすぐに青信号になる等の学習によって余裕を持った横断行動がとられている様子が観察された．また，ライトレールの運転者は，歩行者の無理な横断等のリスク行動の可能性について，歩行者のおおよその動きを推測することが可能になっていると考えられ，どんなときにどのように振舞うかをあらかじめ想定しながら運転しているものと考えられた．その結果，歩行者の横断中に信号の切り替えが起きないようにするために，信号切り替えのセンサーの手前で一旦停止し，歩行者が慌てずに横断できるようにするという配慮に基づく運行が見られた．実際に，歩行者が横断歩道に差し掛かっていても，運転者から見えやすいような位置に歩行者がいる場合には，この「横断の優先権をゆずる」行動が見られた半面，設備等による死角領域に歩行者がいた場合には，配慮が行われず通常通りに進入し，歩行者が横断中に信号が変更となり，歩行者が慌てて横断する様子が確認された．つまり，信号や音声アナウンスによってライトレールと歩行者は媒介されてはいるものの，ライトレールの運転者はすべて機械的に従うのではなく，機械の仕組みを上手く使いながら，コミュニケーションが存在するかのように，歩車間の相互作用の手段として機能させていることが推察された．

しかしながら同時に，歩行者はこのような運転者の配慮には気が付いていない様子が観察されている．これはライトレールの動きが歩行者の動きに比べて複雑であるため，運転者が歩行者の動きを推測するほど容易には，歩行者がライトレールの動きを推察することが困難であることが一因であると考えられる．例えば，ライトレールは進入すべきホームに先着の車両がいる場合，横断歩道のすぐそばで待機することが基本であるため，目の前にライトレール車両が停止しているにも関わらず青信号が継続している場合，歩行者にはその状況は分からず，横断歩道を渡ろうとしなかったり，小走りで遠慮がちに渡ったりする行動が観察されている．中には，（車道の横断歩道の横断中にそばで一旦停止している自動車に向かって会釈をするように），ライトレールに頭を下げながら青信号を渡る歩行者も見られ，おそらくはライトレールが渡るべきタイミング（優先であるタイミング）で「道を譲られた」と感じて取った行動であろうと推察される．また，目視できる範囲に複数のライトレールが存在すると，まずどの車両がどの線路を動くのかを横断歩道周辺から見て，理解することも大変困難であった．実際に，今回の分析結果は，調査者が，駅構内 2 階部分から広い範囲を同時に観察し，ライトレールの運行の規則性や運転ルールを把握しようと努めて，ようやく把握することができたルー

ル理解に基づいている[2]．他の車両との兼ね合いでライトレールの動きが変わるため，空間全体を俯瞰的に把握・理解することが必要であるが，通常の横断歩道利用ではそこまでの学習は困難と考えられる．現時点では，歩行者がライトレールの動きを把握するために利用できる主要な情報は，歩行者自身の視覚情報と信号機や音声アナウンスなどであるが，現在の信号機や音声アナウンスなどの信号では，ライトレール接近の情報のみが伝わり，どの方向からどの線路にライトレールが来るのかは分からず，その結果，どの車両をチェックし，あるいは「コミュニケーションをとる」ことが有用であるかを理解することも容易ではない．したがって，歩行者にとってのライトレールの行動把握の学習にとって不十分な環境デザインとなっていると考えられる．

このように相手の行動予測やその学習ができなければ，コミュニケーションをとる動機づけも低くなり，結果的に運転者から歩行者への働きかけのみが一方向で発生し，配慮の不均衡につながっていた．このことから，現状では，ライトレールと歩行者の間で相互にリスク共有がなされているとは言えない状態であることが明らかとなった．上記のように歩行者の理解・学習可能性を考えると，空間デザインや外向けHMI等によって，ライトレールの動きに関する情報を歩行者に伝えるための工夫が必要であり，有益なのではないかと考えられる．また，そのように環境デザインを整えることにより，運転者だけではなく歩行者もリスクを共有することが可能となり，両者の間でリスク回避/低減に向けたコミュニケーションが成立しうる可能性が示された．

今回は歩車交差空間としてライトレールを取り上げたが，こうした軌道を有しないモビリティと歩行者との歩車混在空間では，様々な方向から異種の交通参加者が様々な速度で行き交うため，これらの情報を適切かつ過不足なく伝達することがさらに重要とも考えられる．歩行者ならびに運転者の「人の視点からの」さらなる検討が必要といえよう．

謝辞

本研究はJSPS科研費 JP19H00806の助成を受けて行われました．記して感謝申し上げます．

文献

[1] 中山昴彦・宮川愛由・谷口綾子・井料美帆・小嶋文・藤井聡，（2017）“道路空間デザインが歩車間コミュニケーションに及ぼす影響に関する研究”，交通工学論文集, Vol. 3, No. 4（特集号 A）, pp. A_84-A_91.

[2] Wilde, G. J. S., (1982) The Theory of Risk Homeostasis – Implication for Safety and Health, Risk Analysis, Vol. 2, No. 4, pp. 209-225

[3] 伊藤誠，（2018）“ドライバーのリスク解析”，計測と制御, Vol. 57, No. 6, pp. 426-431.

[4] 谷口綾子・吉村聡哉・石田東生，（2012）“車両と歩行者・自転車間のコミュニケーションによる協調行動の生起に関する研究”，土木学会論文集 D3（土木計画学）, Vol.68, No.5（土木計画学研究・論文集第 29 巻）, I_1115-I_1122.

[5] 谷口綾子・田辺太一・井料美帆・宮川愛由・小嶋文,（2016）“ドライバーの協調行動促進に歩行者コミュニケーションが及ぼす影響”，土木学会論文集 D3（土木計画学）, Voi.72, No.5（土木計画学研究・論文集第 33 巻）, I_1241-I_1247.

[6] 南部美砂子，原田悦子，須藤智，重森雅嘉，内田香織，（2006）“医療現場におけるリスク共有コミュニケーション：看護師を中心とした対話データの収集と分析”，認知科学，Vol.13, No. 1，pp.62-79.

[7] 田中伸之輔，原田悦子，伊藤誠，矢野博明，（2020）“人と小型モビリティが共存する空間のデザイン：博物館・空港における歩行者・運転者間相互作用の検討”，2020 年度日本認知科学会第 37 回大会.

[2] ここで抽出されたルールが正しいものであるかどうか，現状では明らかではない．今後本研究では，これら分析結果を持参した上で，ライトレール運用母体との情報交換，運転者の行動観察やインタビューを行い，ここで推測されたルールや「配慮やコミュニケーション」の有無について，情報を得ていきたいと考えている．

表 1　中央横断歩道での行動分析の事例（赤字はリスクが不要に高く認識されている行動）

event ＃3 (central) 2020/03/23 PM 13:27～					
スタート	エンド	歩行者	警備員	信号	車両
00:04.1	00:06.3		K1: サインを出す（B/Cに立って左右を観た後，Dにいる歩行者or警備員に向かってうなづきながら停止サイン）		
00:06.3	00:07.4		K1: CからAへ動く		
00:07.4	00:09.0		K1: 女性に進行をうながす(すでにDから入っていた歩行者にはジェスチャーで「通過」誘導，その結果，歩行者は小走りで路線αを通り抜ける）		
00:07.5	00:09.6	1P: BからAへ走る			
00:09.0	00:10.8		K1: CからAへ動く（その後，D側を向いて立つ）		
00:12.8	00:15.5	1P: AからDへ動く	（K1歩行者が入ってくるのを見るが止めない） K2アナウンス「お待たせしました．．」		
00:16.3	00:17.7		K1:サインを出す（停止開始か）		
00:18.5	00:22.7	nP: Aで止まる	K1: Aで歩行者を止める		
00:18.9	00:57.8			赤信号 & 音声 アナウンス	
		2P: 2-3番線ホームから6-7番線ホーム方向へ動こうとするが，B/Cで立ち止まる（歩行者が止まる必要がないホーム間で立ち止まる）	（K2が歩行者の後ろから横断歩道上に移動）		
00:19.9	00:21.7	nP: A & Cで立ち止まる			
00:22.7	00:43.1	(二人組，K2の動きに合わせて横断歩道B/Cまで入ってくるが，どちらをみてよいのかわからない)	K1: Aで歩行者を止める， K2: Cに立ってBのほうを向く		
00:28.4	00:30.2	（二人組，車両入線で路線βを見る）			β to N: 減速
00:30.2	00:34.1	（二人組，オルゴール音で路線αの方を見る）			α to S: 音楽
00:34.1	00:41.9				β to N: 横断 α to S: 音楽
00:41.9	00:47.5				α to S: 減速＆音楽
00:43.1	00:47.2		K1: Aで歩行者を止める， K2: CからBへ動いてCのほうを向く		
00:47.2	00:57.9		K1 & K2: A & Bで歩行者を止める		
00:47.5	00:49.6				α to S: 音楽
00:49.6	00:57.0				α to S: 横断
00:59.3	01:12.3	nP: A, C & Dから歩き始める（二人組，どっちに行く？という迷いを見せた後，Dへ抜ける）			
01:06.8	01:12.7		K1: AからBへ動く		
コメント					

1回の赤信号の間に，βtoNのすぐ後にαtoSが続く事例：信号が変わる10秒強前から警備員K1がサインをしながら通過を誘導あるいは停止をサインしている（Aからのサインなのでそこだけ見ていると，どの路線に車両が来るのかはわからない）．
0'15'00ごろに2-3ホームから6-7ホームに向かおうとする2人組(子ども？）が横断歩道のところで立ち止まる（そこは電車は通らないにもかかわらず）＆αβのどちらに電車が来るのかがわからない様子が見える．その二人組を誘導するかのように，β側の警備員K2が，当初はCに立ちつつB側を向き，次にBに立ってCを向く．
K1は本来，前半はBまで歩行者を行かせても問題はなく，リスクを過剰に回避している行動ともみえる．

情報の非対称性を含む Legible Motion に対する印象的評価の検証
Evaluation of legible motions considering information asymmetry

宝田 悠†，福地庸介‡，今井倫太‡, 高橋 達二†
Yu Takarada, Yosuke Fukuchi, Michita Imai, Tatsuji Takahashi
† 東京電機大学 ‡ 慶應義塾大学
†Tokyo Denki University, ‡ Keio University
tatsujit@mail.dendai.ac.jp

概要

本研究では, 人工エージェントと人間の効果的な協働の実現に焦点を置いている. 協働では参加メンバ間の相互理解が重要となる. Fukuchi et al. は, 人間が人工エージェントを正しく理解しているかを推定するため, 他者の視点から見た自己の心的状態（信念, 目標）を推測する PublicSelf モデルを提案している. また, PublicSelf モデルを応用することによって, エージェントの目標を人に伝達する動きである legible motion を生成することができると期待される. 本研究では人とエージェントの間に情報の非対称性が発生する場面において PublicSelf モデルが効果的な legible motion を生成できるかを検証した． 特に Fukuchi et al. で行われた実験の問題点を改善することで，生成された legible motion に対する人間の主観的評価を検証した. 結果, 情報の非対称性を考慮することによって人がエージェントの目標を推測する, 向上できることが確認できた.

キーワード:強化学習, Legible Motion, PublicSelf, Bayesian Theory of Mind

1. はじめに

機械学習技術は目覚ましい成長を遂げており, その応用分野は多岐にわたっている. 機械学習技術の現実世界への適用が期待される例として，機械学習によって行動を獲得するエージェントと人との協働があげられる. 本研究はこの, 人間と人工エージェントとの協働を背景としている.

効果的な協働を実現するには参加するメンバ間の相互理解, 特に互いの目標を知ることが 必要になる. また, ロボットアームなどの身体を持つ人工エージェントには，人間と物理的に衝突してしまう危険性がある. 人間がエージェントの目標を把握できるようにすることは，事故の危険性を排除する為にも重要な要素である [1].

Fukuchi et al. が提案している PublicSelf モデルは, 行動をする人工エージェント (行為者) とそれを観察する人間 (観測者) の間の関係において, 観測者から行為者の行動がどう見えているかを推測する行為者のモデルである. PublicSelf モデルを使うことによって行為者の目標を観測者に効果的に伝達する動き, legible motion を生成することができる [5]. Fukuchi et al. は legible motion の 生成の際に，行為者と観測者の間で環境の状態に関する情報の非対称性を考慮することの必要性を主張し，また PublicSelf モデルによって生成される legible motion が情報の非対称性のある場面でも有効に行為者の目標を伝達できていることを検証する実験を行った. 情報の非対称性を考慮することで PublicSelf モデルによって生成される legible motion がより明確に目標を目指しており予測しやすく感じるといった主観評価への影響が期待されたが, 実験結果からは情報の非対称性を考慮した動きと考慮しない動きでの人間の主観評価には差異が確認されなかった.

この結果に関して, 実験デザインの問題から十分な検証がされていなかったことが問題として挙げられる. 代表例としては, 実験参加者へ提示される刺激にはダミー刺激が多く, 行動方針ごとの主観評価がランダム刺激に左右されてしまうということがある. 他にも, 実験参加者へ求める主観評価の項目も同様に実験デザイン上の問題点として挙げられる.

本研究ではこれらの要素を改善し再度実験を行い, 情報の非対称性が観測者の主観評価に与える影響を考察し検証を行なった. 結果，観測者が行為者の目標を推測する際の精度の向上が確認され，主観評価への影響は確認できなかった.

2. 背景

2.1 Legible motion

人と人工エージェントが共存するには，人がエージェントの振る舞いを理解できることが必要である.

人が予期しないエージェントの振る舞いは致命的な事故に繋がる．また人とエージェントによる効果的な協働を実現するためには，エージェントの目標を人が理解できることが重要となる．人はエージェントの目標が理解できてはじめて，役割分担やエージェントの補助などといった行動を選択できるようになるためである．

しかし，一般的な強化学習によって行動を獲得するエージェントの場合，周囲の人にはエージェントの行動決定がブラックボックス化してしまい人がエージェントの目標を理解することが困難であるという問題が生じる．行動を決定する強化学習器が，エージェントの目標に関して明示的な表現を持たないことが多いためである．

これまで実世界へのプロジェクション [2] や自然言語 [7] など，様々な手段を通じてエージェントの目標を人に伝達する手法が提案されているが，その中で Dragan et al. は，人が他者の行動からその背後にある目標を推測しようとする（心を読む）能力に着目し，動きによってエージェントの目標を伝達する legible motion の生成手法を提案している [4]．例えば図 3 で，青いエージェントがりんごかなしのどちらかを目標に移動している状況を考える．図 3 左ではエージェントがりんごとなしの間に向かって直進し，りんごとなしの直前で向きを変えりんごに向かっている．エージェントの動きを観測している人間には，エージェントが向きを変えるまでエージェントの目標を推定することが難しいといえる．一方，図 3 右ではエージェントがりんごの側へ回り込んでいるため，図 3 左に比べてエージェントの目標をより早い段階から推定できると考えられる．

Dragan et al. は legible motion を「エージェントの軌道 ξ を元に人が推測するエージェントの目標 g が，実際の目標 g^* と一致する確率を最大化する軌道」と定義している．

$$LegibleMotion(g^*) = \mathrm{argmax}_{\xi} \frac{\int P(g=g^*|\xi) f(t) dt}{\int f(t) dt}, \tag{1}$$

ここで，f は軌道の初期に大きく重みをつけることでエージェントの目標がより素早く推測されるようにする関数である．ベイズ則によると $P(g|\xi) \propto P(\xi|g)P(g)$ であり，$P(\xi|g)$ は，行動するエージェントが目標に対してコストが小さくなる動きほど選択されやすい，というエージェントの行動の合理性を仮定することで推定される．

$$P(\xi|g) \propto e^{-(C[\xi]+\min(C[\xi']))} \tag{2}$$

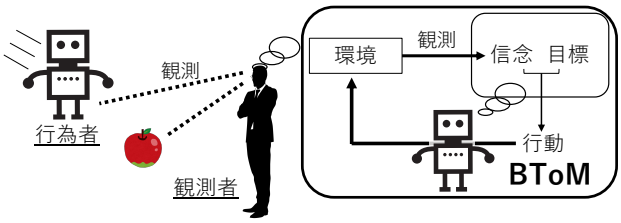


図 1　Bayesian Theory of Mind

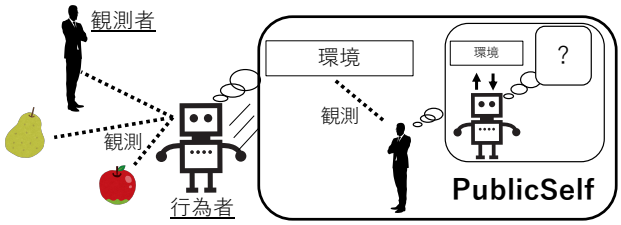


図 2　PublicSelf モデル

$C[\xi]$ は軌道 ξ に必要なコストであり，ξ' は ξ の時点から目標 g を達成する軌道である．

Dragan et al. は人とロボットとの協働に legible motion を応用しその有効性を示している [4]．が，これまでの legible motion の研究では協働を行う環境が限定的であり，人とエージェントが物の位置などといった環境の情報を完全に共有していることを前提であった．実際の協働では人とエージェントにはそれぞれ部分観測性があるため，一方が知っている環境の情報を他方が把握していないという情報の非対称性が生じ得るが考慮されてこなかった．

2.2　Bayesian Theory of Mind

Bayesian Theory of Mind (BToM) は，人が他者の振る舞いから信念や目標といった心的状態を帰属する過程をベイズ推論としてモデル化したものである (図 1)[3]．本稿では，行動を見せているエージェントを “行為者”，行為者の行動を観測しているエージェントを “観測者” と呼ぶ．BToM は行為者に心的状態を帰属している観測者をモデル化したものである．

BToM は，行為者の行動選択に合理性を仮定し行為者の目標を推定する点では Dragan et al. の legible motion と共通している．一方 BToM では行為者の部分観測性を前提にしている．また BToM では，行為者は自身の観測をもとに環境に関する信念を形成し，信念のもとで目標を合理的に達成する行動を選択しているという過程がモデル化されている．

3. PublicSelf モデルによる Legible motion の生成

3.1 PublicSelf モデル

PublicSelf モデルは「観測者が行為者に帰属する心的状態」を推定する行為者のモデルで，BToM の入れ子構造を 1 つ深くしたものである (図 2)[5].

PublicSelf モデルは，時刻 t までの行為者の観測 $o_{:t}$ と行動 $a_{:t}$ をもとに観測者が行為者に帰属する行為者の目標 g^2 を推定する．

$$
\begin{aligned}
&P(g^2 \mid o_{:t}, a_{:t}) \\
&\propto \sum_{\substack{b_t^2, b_{t-1}^2, b_t^1, b_{t-1}^1 \\ o_t^2, o_{t-1}^1, s_t . s_{t-1}}} P(a_t \mid b_t^2, g) P(b_t^2 \mid b_{t-1}^1) P(o_t^2 \mid b_t^1) \\
&\qquad P(b_t^1 \mid b_{t-1}^1, o_t^1) P(o_t^1 \mid s_t) P(o_t \mid s_t) \\
&\qquad P(s_t \mid s_{t-1}, a_{t-1}) P(g^2 \mid o_{:t-1}, a_{:t-1})
\end{aligned} \tag{3}
$$

ここで，b は信念，上付きの添字 ^{1} はその変数が行為者が観測者に帰属する心的状態，添字 ^{2} は，行為者が推定する「観測者が行為者に帰属する心的状態」を示している．この式 3 は前向きアルゴリズムによって計算することができる．

3.2 Legible motion の生成

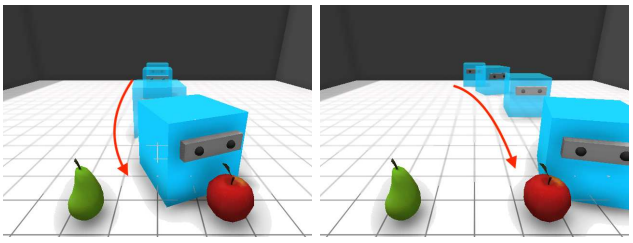
式 3 によって「観測者が推測する行為者の目標が，実際の行為者の目標と一致する確率」を最大化する行動を選択することができる：

$$
\mathrm{argmax}_{a_t} P(g^2 = g^* \mid o_{:t}, a_{:t}) \tag{4}
$$

ただし，式 4 によって選択される行動がエージェントの実際の目標を達成するためのコストを大きく増加させる行動を選択しないよう，選択可能な行動には制限をかける．これは例えば，エージェントの目標が誤解される確率 $P(g^2 \neq g^* \mid o_{:t}, a_{:t})$ を減少させる行動を取ることで $P(g^2 = g^* \mid o_{:t}, a_{:t})$ が大きく上昇することがある一方，そういった行動が実際の目標の達成を阻害してしまうことがあるためである．

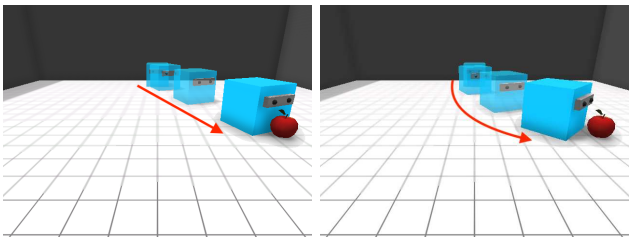
4. シミュレーション環境における実装

PublicSelf モデルによる legible motion の生成を評価するためシミュレーション環境を用意し，環境内のエージェントに対して legible motion の生成手法を実装した．環境には行為者であるエージェント，観測者である人 (カメラ) とエージェントの目標 g である林檎，梨が存在する．エージェントの行動は，深層強化学習によって林檎か梨に向かうよう学習した Original，従来手法と同様に観測者と行為者に生じる情報の非対称性を考慮せずに legible motion を生成する False-projective，そして情報の非対称性を考慮する PublicSelf の 3 種類のモデルから生成した．Original は，目標に向かう際のコストを最小化する行動を学習している．評価は `center`，`side_visible`，`side_invisible` という 3 種類のシナリオで行なった．図 3,4,5 は，観測者の視点から見たそれぞれのシナリオを示している．本章では行為者が林檎を目標としている場合を考える．



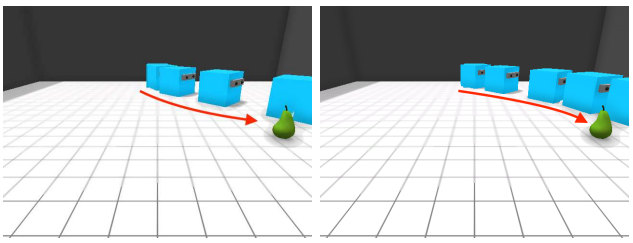
(a) Original motion (b) False-projective, PublicSelf

図 3 `center` シナリオ



(a) Original motion, PublicSelf (b) False-projective

図 4 `side_visible` シナリオ



(a) Original motion (b) False-projective , PublicSelf

図 5 `side_invisible` シナリオ

`center` シナリオでは林檎と梨が観測者の目の前にあり観測者と行為者の両者が林檎と梨を観測できる．そのため，観測者と行為者の間には情報の非対称性が存在しない．Original の動き (図 3 左) では行為者が観測者の方向へまっすぐ進み直前で林檎に向きを変えるため，観測者は終盤になるまで行為者の目標を推定することができない．一方 False-projective と PublicSelf の動き (図 3 右) では最初から行為者が林檎の方向に回り込んでいるため，観測者は早い段階から行為者の目標が林檎であることを推測しやすくなっていると言

える．

side_visible シナリオは，エージェントの目標である林檎のすぐ隣に梨があるが，観測者の視界には入っていない状況である．Original と PublicSelf では，行為者は図 4 左のように一直線に目標に向かっている．一方 False-projective（図 4 右）は，林檎の方向に回り込むことで行為者が梨を目標にしていると誤解される可能性を減少させようとしている．しかし観測者の視点からは梨が見えていないため，林檎の方向に回り込む動きは有効にエージェントの目標を伝達できていないと考えられる．

side_invisible シナリオにおいて，エージェントの目標である林檎は梨のすぐ隣にあるものの，観測者の視界からは見えないというシチュエーションである．Original（図 5 左）は梨方向へ膨らんだカーブを示し動いた．一方 False-projective と PublicSelf（図 5 右）は林檎の方向に回り込むことで，行為者の目標が梨でないことを示している．

5. PublicSelf モデルによって生成された Legible motion の評価実験

5.1 先行研究における評価実験

Fukuchi et al.[5] は観測者及び行為者間の情報の非対称性が発生する場面において，PublicSelf モデルで生成した legible motion が情報の非対称性を考慮することで観測者に与える影響を検証すべく, ディスプレイの映像観察とキーボードによる入力を用いた実験を行なった．しかし，この実験では PublicSelf モデルとその他のモデルの間に主観的評価の差異が見られなかった．その理由として，以下のような実験上の問題点が挙げられた．

1. 実験実施上の環境に関して, 実施時間が長かった事
2. 提示刺激に関して, ダミー刺激が多かった事
3. 刺激観察実験後の主観アンケートに関して, 質問内容の検討が十分に行われていなかった事

5.1.1 実験概要

Takarada et al. では, 情報の非対称性を考慮した PublicSelf モデルによって生成された legible motion が Original や False-projective と比較して観測者に与える影響を検証することを目的として, これらの点に関する改善を行った上で実施した．以下に Fukuchi et al. で行われた実験からの変更点を示す．

1. 各モデルのシミュレーション刺激を実験参加者ごとにカウンターバランスし, 比較対象とするモデルのどれか 1 つに関しての実験刺激の観察のみを行う形式に変更
2. ダミー刺激の提示を廃止し, 分析対象のシーン 3 つのみを提示する形式に変更
3. 主観アンケートの内容を変更

項目 1 に関して, 全てのモデルの刺激を全実験参加者に提示していた形式から, モデルを 1 つ選択し提示する形式へと変更することで, 実験参加者の疲労度をはじめとする負荷を軽減し回答への影響を軽減した．項目 2 に関して, 上記項目 1 によりダミー刺激を提示する必要がなくなった為削除した．項目 3 に関して, legible motion の先行研究である Dragan et al. を参考に, 実験で該当する質問項目を選択し設定した [4].

実験は大学生 20 名を対象として行った． 結果として, 各シナリオにおける意図推定過程, 特に side_invisible シナリオでの複雑な推定過程を観察することができた．また, 刺激観察後に行った主観評価アンケートでモデルごとに全てのシーンを観察後評価を行ったところ, 情報の非対称性有無による評価の差異が見られなかった．

5.2 実験

5.2.1 実験概要

本研究では, 観測者 - 行為者間に生起する情報の非対称性が発生する場面において, 行為者が情報の非対称性を考慮することが観測者に与える影響を検証することを目的としてる．前回の実験と比較した本実験の変更点を以下に示す．

1. 刺激提示の形式を, 単一のシナリオでの各モデルの動作をランダムな順番で一つずつ提示する形式から, 各モデルの動作を並べて同時に観察する形式に変更した。
2. side_invisible シナリオでの提示刺激について, 各要素の位置を変更した．
3. クラウドソーシングで実施可能な形式に変更し, 実験参加者を募集した．

項目 1 について, 実験参加者ごとの評価のばらつきを抑える目的で変更を行った．項目 2 について, 特に複雑な状況である side_invisible シナリオにおいて, エージェントの動き出しや最終的な目的地が見え辛いために判断が困難である可能性を考え, エージェントとカメラの距離を近づける, カメラからより見え

やすい位置に目標を移動するなどの変更を行った．項目 3 について, 実験参加者のバイアスを極力排除し多様な回答を得るため変更を行った．

5.2.2 実験手順

実験は Web ページをブラウザで表示する形式で行った. 実験手順を以下の通りである．

1. クラウドソーシングサイトにて, 実験参加者に実験ページへの遷移を指示した．
2. 実験ページで実験参加者に対し説明文章を提示し, 実験内容に関する各注意事項の確認有無をチェックボックスで入力するよう促した．
3. はじめに, 本実験で実際に使用する刺激と同様のレイアウトで IMC(Instructional Manipulation Check) を実施した．説明文に記載されている指示通りの選択肢を選択しなかった場合にはエラー文章を表示し, IMC 用の問題を表示し続けた．
4. 今回比較する 3 つのシナリオのうち 1 つに関して, 動画形式の提示刺激を横に並べて表示した．この時動画を再生する回数に上限は設けなかった．
5. 手順 4 で観測した 2 つの動き方に関して, どちらがどれくらいわかりやすいかを 5 段階評価で入力した．
6. 手順 4 から手順 5 に関して 3 つのシナリオ全てを評価するまで繰り返した．各シナリオの提示順, 提示するモデルの提示位置 (左右) はそれぞれカウンターバランスをとった．

5.2.3 結果

実験参加者はクラウドソーシングで募集した 50 人 (男性 33 人, 女性 17 人) に対して, 作業時間の上位及び下位各 5% のデータを除いた計 45 件を分析の対象とした．実験結果は以下の通りである．実験参加者が回答した各モデルの評価値を t 検定により検定した．$\texttt{center}(t(43) = 7.76, p < .05)$, $\texttt{side\_visible}(t(43) = -19.94, p < .05)$, $\texttt{side\_invisible}(t(43) = 7.52, p < .05)$ シナリオにおいて, 各モデルの評価平均値に有意差が認められた．本実験で得られた評価データの平均値を図 6 に示す．ここで, 1 つの刺激に 2 つのモデルが当てはまる場合同一の点数が記述されている．また, 一対比較法による各モデルの比較結果を図 7 に示す．

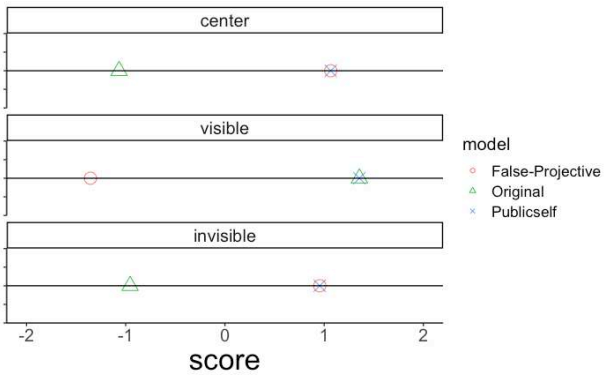


図 6 シナリオ毎の回答値の平均

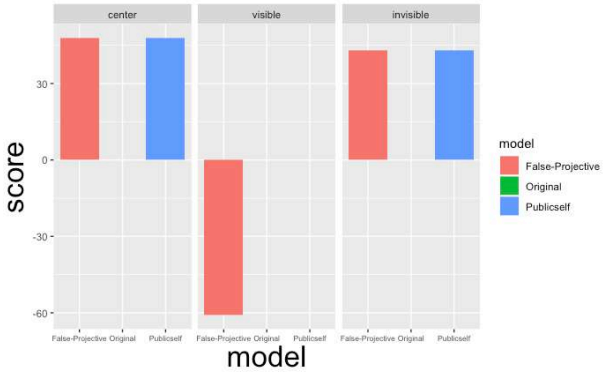


図 7 Sheffe の一対比較法を用いた評価の相対的スコア

5.2.4 考察

今回の実験では, 実験参加者の認知的負荷軽減のため同じ動きを生成する場合は 1 つの刺激として提示していた．`center` シナリオ, `side_invisible` シナリオでは PublicSelf モデルと False-Projective モデルを同一の刺激とし, `side_visible` シナリオでは Original モデルと PublicSelf モデルを同一の刺激としている．そのため, `center` シナリオと `side_invisible` シナリオでは legible Motion の有無による評価の差を, `side_visible` シナリオでは情報の非対称性考慮による影響を見ることができる．また, 図 6 より各モデルの平均値の差は `center` シナリオでは 2.12, `side_visible` シナリオでは 2.71, `side_invisible` シナリオでは 1.91 ほど生じている．このことより, これらのシナリオ下においては legible Motion と情報の非対称性を考慮することは人間にとってわかりやすい動きをしているということが言える．これは前回の実験であるリアルタイム推測実験から得られた結果とは一部異なるものではあるが, 前回と似た傾向がみられた `center` シナリオ及び `side_visible` シナリオにおいては, より顕著に差があらわれていると言えるだろう．その一方で, `side_invisible` シナリオの結果は前回の実験の結果と異なり, 各モデル間の差がみられてい

る．本実験と前回の実験の差異としてエージェントの位置を変更したことが挙げられる．本実験ではよりカメラに近く, 観測しやすい位置へと移動していた．このことから, PublicSelf モデルを現実世界へ適用するための条件の一つとして, 観測者からどれほど見えているかという連続的な捉え方をする必要があるとは言えないだろうか．

また, 現在は主観的評価のみを対象としてクラウドソーシングで検証をしており, リアルタイムで判断するような実際の推測自体を検証する実験も今後行っていく必要がある．

6. おわりに

本研究では, Fukuchi et al. が提案した PublicSelf モデルに関して, 観測者と行為者間で生じる非対称性を考慮した挙動が, 観測者への与える効果を検証することを目的とした実験を行った．結果として, 情報の非対称性を考慮することが主観的評価を向上させていることがわかった．今後の展望としては, より現実世界への適用に必要な要素をモデルに組み込むことや現実により近い状況での実験・検証などが挙げられる．

7. 参考文献

参考文献

[1] Amodei, D., Olah, C., Steinhardt, J., Christiano, P.F., Schulman, J., Man´ e, D.(2016). “Concrete problems in ai safety.” *CoRR* abs/1606.06565

[2] Andersen, R. S., Madsen, O., Moeslund, T. B., & Amor, H. B. (2016, August). Projecting robot intentions into human environments. In 2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) pp. 294-301. IEEE.

[3] Baker, C.L., Jara-Ettinger, J., Saxe, R., Tenenbaum, J.B.: Rational quantitative attri- bution of beliefs, desires and percepts in human mentalizing. Nature Human Behaviour 1, 0064 EP (2017). URL http://dx.doi.org/10.1038/s41562-017-0064

[4] Dragan, Anca D., et al. (2015) “Effects of Robot Motion on Human-Robot Collaboration.” *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, HRI ’15 pp. 51–58.* doi:10.1145/2696454.2696473.

[5] Fukuchi, Y., Osawa, M., Yamakawa, H., Takahashi, T., Imai, M.(2018). “Bayesian inference of self-intention attributed by observer.” , *Proceedings of the 6th International Conference on Human-Agent Interaction, HAI ’ 18, pp. 3–10. ACM, New York, NY, USA.* DOI 10.1145/3284432.3284438. URL http://doi.acm.org/10.1145/3284432.3284438

[6] Hayes, B., Scassellati, B.(2013) “Challenges in shared-environment human-robot collaboration. ” *Collaborative Manipulation Workshop at the ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2013)*, vol. 8, p. 9

[7] Hayes, B., & Shah, J. A. (2017, March). Improving robot controller transparency through autonomous policy explanation. In 2017 12th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI (pp. 303-312). IEEE.

[8] Kahn, G., Villaflor, A., Ding, B., Abbeel, P., Levine, S. (2018) “Self-supervised deep reinforcement learning with generalized computation graphs for robot navigation.” *2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 1–8 (2018). DOI 10.1109/ICRA.2018.8460655

[9] Kalashnikov, D., Irpan, A., Pastor, P., Ibarz, J., Herzog, A., Jang, E., Quillen, D., Holly, E., Kalakrishnan, M., Vanhoucke, V., Levine, S. (2018) “Scalable deep reinforcement learning for vision-based robotic manipulation. ” *A. Billard, A. Dragan, J. Peters, J. Morimoto (eds.) Proceedings of The 2nd Conference on Robot Learning, Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 87, pp. 651–673. PMLR (2018). URL http://proceedings.mlr.press/v87/kalashnikov18a.html

[10] Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Rusu, A.A., Veness, J., Bellemare, M.G., Graves, A., Riedmiller, M.A., Fidjeland, A., Ostrovski, G., Petersen, S., Beattie, C., Sadik, A., Antonoglou, I., King, H., Kumaran, D., Wierstra, D., Legg, S., Hassabis, D. (2015) “ Human-level control through deep reinforcement learning.” *Nature* 518(7540), 529–533

[11] Silver, D., Schrittwieser, J., Simonyan, K., Antonoglou, I., Huang, A., Guez, A., Hubert, T., Baker, L., Lai, M., Bolton, A., Chen, Y., Lillicrap, T., Hui, F., Sifre, L., van den Driessche, G., Graepel, T., Hassabis, D. (2017) “Mastering the game of go without human knowledge.” *Nature* 550, 354– . URL http://dx.doi.org/10.1038/nature24270

OA 作業時のエラーと認知機能との関係：保続傾向に注目して
The relationship between errors and cognitive functions during working with office automation systems: Focusing on the tendency to perseverate

渋谷 友紀，八木 繁美，野澤 卓矢，村久木 洋一，田村みつよ，武澤 友広，山科正寿
Tomonori Shibuya, Shigemi Yagi, Takuya Nozawa, Yoichi Murakuki, Mitsuyo Tamura,
Tomohiro Takezawa, Masatoshi Yamashina

障害者職業総合センター
National institute of vocational rehabilitation
Shibuya.Tomonori@Jeed.or.jp

Abstract

The "Makuhari Work Sample" (MWS) developed by the National Institute of Vocational Rehabilitation (NIVR) is a tool of vocational evaluation that extracts various types of basic task from actual jobs and sets 16 tasks. In this study, we investigated the relationship between error items in the newly developed task "payroll calculation" and each index of the Wisconsin Card Sorting Test (WCST), which is a neuropsychological test that can evaluate the tendency to perseverate. As a result, we confirmed that the perseverative errors in WCST tended to correlate with error items with a small number of occurrences in the MWS “payroll calculation”.

Keywords — vocational rehabilitation, work samples, human error, Wisconsin Card Sorting Test (WCST)

1. はじめに

障害者職業総合センターによって開発された「ワークサンプル幕張版」（Makuhari Work Sample; MWS）は，実在する職務から基本的な作業を抽出し，対象者の作業の様子および作業速度や正確性などの作業遂行上の成績を確認することで職業評価を行う職業リハビリテーション（以下，職リハ）のツールである[1]．現在までに 16 種類の作業課題が開発されており，職リハ機関を利用する対象者の作業遂行力や作業特性のアセスメント，また作業のセルフマネジメント能力獲得のための訓練などに活用されている[2].

近年，高次脳機能障害者，発達障害者を含む精神障害者の雇用の義務化などの影響により，精神障害者の雇用が増加している[3]．一方，精神障害者の就労支援においては，認知機能のアセスメントや訓練が重要だとされており[4]，MWS を活用した支援においても，認知機能への注目は重要な視点となりうる.

MWS の実施に際しては，認知機能と関連する指標として，各作業課題で生起しやすいエラーを分類・定義した「エラー項目」が設定されている．一般にヒューマンエラーは，ヒトの情報処理過程において生じると考えられており[5][6][7]，産業安全上の観点からも重要な指標である[8].

MWS を介した支援においては，エラーの発生のパターンや発生状況を把握することで，その発生を抑制するような作業の補完方法や疲労等への対処方法，あるいは作業環境の構造化を検討することが推奨されている．しかし，MWS は，現状においては，行動観察を通して間接的に対象者の認知的特性を把握することを目指すものとされており，エラー項目として設定されている各項目が具体的にどのような認知機能と関連するかなど，認知機能を直接測定したり評価したりすることは行われていない[1][2].

したがって，MWS を用いた支援において，認知機能や特性の把握の技法は一種の暗黙知となっており，それを実施するためには，行動観察についての一定の熟練が求められるものとなっている．このように，MWS の実施結果の理解が支援者の熟練に負うところが大きい点は，MWS を有効に活用する上で，ともすれば妨げになりかねない．例えば，2013 年に行われた MWS 活用の実態調査では，MWS の実施結果の理解に資するものとして，有効な活用方法の研修や関係者間での情報共有のための様式の整備の必要性などが指摘されており，有効な活用方法が十分に伝わっていない現状が確認できる[9].

2. 目的

本研究では，MWS の職リハツールとしてのより有効な活用方法の検討に資することを目的として，MWS の試行において発生したエラー項目と認知機能の関係

を検討する.

3. 方法

（1）実験参加者

当初の実験参加者は，身体・知的・精神・その他の障害が確認されていない一般成人 176 名であった．分析対象となった実験参加者は，参加条件などによって 63 名が除外され 113 名であった．除外の理由については，結果の項において述べる.

分析対象者 113 名の性別，年齢の内訳は，表 1 のとおりである.

表 1　実験参加者の年齢，性別の内訳

	20代	30代	40代	50代	計
女性	10	14	21	24	69
	(14.5%)	(20.3%)	(30.4%)	(34.8%)	(100.0%)
男性	6	9	13	16	44
	(13.6%)	(20.5%)	(29.5%)	(36.4%)	(100.0%)
計	16	23	34	40	113
	(14.2%)	(20.4%)	(30.1%)	(35.4%)	(100.0%)

（2）課題

課題は，MWS の OA 課題のうち，「給与計算（簡易版）」を用いた[2].

MWS には，訓練版と簡易版が用意されている．訓練版は，多くの試行を繰り返し実施することで，作業そのもののトレーニングや苦手な作業の補完方法の検討，あるいは疲労やストレスへの対処方法の検討などを，設定されたレベルごとに段階的に行い，作業遂行力の向上を目指す．一方，簡易版は，訓練版に含まれるレベルを短時間で一通り経験できるよう少ない試行数で構成されており，主に作業遂行力の評価に用いられる．本研究では，エラーの評価を行うという目的から，簡易版の結果を用いることにした.

また，MWS における「給与計算」は，「サブブック」と呼ばれる作業手引書と保険料額表などの資料を参照しながら，パソコンの画面に表示される架空の社員の給与計算を行う課題である（図 1）．「給与計算」は，MWS の諸課題の中でも，手続きが最も複雑な課題の一つであり，多様なエラーの生起が確認されているため，本研究の対象とした.

（3）エラー項目

本研究で扱うエラー項目は，実験参加者の回答について，その誤答部分を研究担当者 2 人が別々に検算し，その誤答がどのように算出されたかを確認することで，８つの入力項目に対し，分類不能だったものを集約した「その他」を含む 29 項目とした（表 2）．ただし，入力項目【雇用保険料】の「免除年齢」は，簡易版では問われないため，本研究では「免除年齢」を除いた 28 項目を分析対象とした.

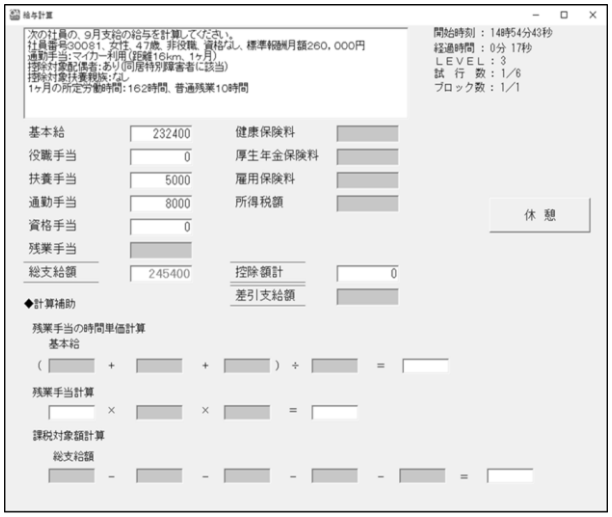


図 1　MWS「給与計算」の画面の例

また，ある入力項目が誤答であっても，それ以前の入力項目の特定ないし計算方法を誤った影響と考えられる場合は，エラーとして計数しなかった.

（4）認知機能の指標

認知機能の指標には，Wisconsin card sorting test（以下，WCST）を用いた．WCST は，MWS をその構成要素の一つとする「職場適応促進のためのトータルパッケージ」（以下，「トータルパッケージ」）[1]に含まれ，MWS がエンドユーザとして想定する高次脳機能障害[10]，発達障害[11]などで特徴的に観察される概念ないし「セット」（心の構え）の転換の困難さ（高次の保続）を評価できる神経心理学的検査である．WCST の実施に際しては，PC 版[12]を用い，実施方法は，鹿島・加藤（1993）の WCST（Keio version，以下，KWCST）を用いた[13].

WCST（PC 版）は，パソコン画面中央に提示された１枚のカードと同じカテゴリーと思われるカードを，その下段に提示される４つのカードの中から選ぶ検査である．カードを分類すべきカテゴリーには，色，形，数の３つがあることが実施前に教示される．ただし，最初に提示された色，形，数のうちどのカテゴリーに分類すればよいかという分類のルールは示されず，ただカード選択後に選んだカードが正答であれば○，誤

表2　MWS「給与計算」の入力項目とエラー項目

入力項目	エラー項目	略称	正しい作業内容
健康保険料	表選択	健-表	支給月の情報から，適用月の異なる2種類の表のうち1つを選択する
	行選択	健-行	標準報酬月額の情報から，適切な給与の等級（行）を選択する
	介護要件	健-介	年齢情報から，介護要件の適用を判断し，適切な列を選択する
	折半額選択	健-折	全額／折半額のうち，折半額の列を選択する
	小数点以下の処理	健-小	小数点以下の数字を，サブブックのルール通りに処理する
	その他	健-他	（上記以外のミス／判別不能のミス）
厚生年金保険料	表選択	厚-表	支給月の情報から，適用月の異なる2種類の表のうち1つを選択する
	行選択	厚-行	標準報酬月額の情報から，適切な給与の等級（行）を選択する
	折半額選択	厚-折	全額／折半額のうち，折半額の列を選択する
	小数点以下の処理	厚-小	小数点以下の数字を，サブブックのルール通りに処理する
	その他	厚-他	（上記以外のミス／判別不能のミス）
雇用保険料	免除年齢	雇-免	年齢情報から，免除されるかどうかを判断する
	小数点以下の処理	雇-小	小数点以下の数字を，サブブックのルール通りに処理する
	その他	雇-他	（上記以外のミス／判別不能のミス）
課税対象額	総支給額	課-総	計算補助セルの指定されたセルに，総支給額を入力する
	通勤手当	課-通	通勤手当に関する情報から，交通手段，限度額を考慮し，通勤手当の非課税額を算出する
	その他	課-他	（上記以外のミス／判別不能のミス）
所得税額	甲列選択	所-甲	甲列／乙列のうち，甲列を選択する
	扶養親族	所-扶	扶養親族などの情報から，扶養親族数を判断し，適切な列を選択する
	参照値	所-参	所得税額を特定するために必要な参照値として，課税対象額を選択する
	行選択	所-行	課税対象額から，適切な行を選択する
	その他	所-他	（上記以外のミス／判別不能のミス）
時間単価	諸手当選択	単-諸	時間単価を計算するための諸手当を適切に選択する
	その他	単-他	（上記以外のミス／判別不能のミス）
残業手当	割増率選択	残-割	残業の情報から，残業の種類（普通／深夜）に応じた割増率を選択する
	その他	残-他	（上記以外のミス／判別不能のミス）
差引支給額	総支給額	差-総	計算の際，被減数に総支給額を選択する
	計算	差-計	総支給額から控除額の合計を減算する
	その他	差-他	（上記以外のミス／判別不能のミス）

答であれば×が表示されるのみである．被検査者は，この○や×を手掛かりにして，分類のルールを推測しなければならない．

また，被検査者が６回連続で正答を出すまでは同じルールが適用され続け，色なら色で分類するルールが続く．しかし，６回連続正答後は分類のルールが予告なしに切り替わる．例えば，色での分類が続いていた場合，形ないし数での分類に切り替わり，そのルールも６回連続正答後に別のルールに切り替わる．

KWCST の方法で実施する場合，48 枚の分類が終わると，そのセッションは終了する．また，KWCST の方法は，①色，形，数の分類カテゴリーがあること，②被検査者の反応の正誤だけが返されることが事前に説明されるセッション１と，③正解となる分類カテゴリーが時々変わることを事前に追加教示するセッション２から構成される．

WCST の結果は，表３に挙げた指標を用いて，概念が適切に形成されているか，形成された概念が必要に応じて保持されているか，また，形成された概念が必要に応じて転換できているかなどが評価される．

WCST による評価は，認知機能としては極めて限定的なものであるが，精神疾患を主たる障害とした対象者の場合，認知的な柔軟性に障害特性が現れる場合が多いこと，また，本研究で用いる MWS「給与計

表３　WCSTで用いられる主な指標（[10]・[11]を参考に作成）

略称	指標の名称	指標の内容
CA	達成カテゴリー数（categories achived）	・ ６回連続正答が達成された分類カテゴリーの数 ・ 概念の形成および転換の程度を相対的に表現
NUCA	第１カテゴリー達成までに使用された反応カード数（Numbers of response cards used until the first category achieved）	・ 最初の６回連続正答が形成されるまでの試行錯誤段階の評価値
PEM	Milner型の保続性の誤り（perseverative errors of Milner）	・ カテゴリーが変換されたにもかかわらず，直前に形成されたカテゴリーに固執し，それへの分類を続ける場合の誤反応数 ・ 達成されたカテゴリーの保続傾向の評価値
PEN	Nelson型の保続性の誤り（perseverative errors of Nelson）	・ 直前のご反応と同じカテゴリーに続けて分類された誤反応数 ・ 直前の誤反応の保続傾向ないし前反応の抑制障害の評価値
DMS	セットの維持困難（diffeiculty maintaining sets）	・ ２以上５以下の連続正反応後に誤反応が生じた回数 ・ 準拠している概念を見失う程度の評価値
TE	全誤反応数（total errors）	・ 誤反応の合計数

算」が独力で作業のルールを理解し，それを実際に運用するという意味で，概念の獲得とその維持，転換が問題になる可能性が考えられることから，WCST を活用することには一定の妥当性がある．

（４）手続き

実験は，MWS の新規課題として開発された「給与計算」「文書校正」「社内郵便物仕分」の一般成人のデータ収集の過程において実施された[2]．これらのデータ収集には時間がかかるため，１人の実験参加者につき３日間の日程が組まれた．

MWS は，１日目に簡易版を実施し，１日目の後半か２日目以降に訓練版を実施した．教示は，最大６名の実験参加者に対し，はじめは１名の実験者が一斉に行った．実験参加者によって作業の進度が異なることから，途中からは最大３名の実験者がその都度，個別に教示を行った．

WCST は，MWS 実施時間の確保を優先するため，３日目の作業終了前に，時間に余裕がある場合に限り実施した．ただし，日程の都合上，１日目や２日目に実施した場合もある．本研究では，実施の条件を揃えるため，（１）の項で述べた通り，３日目に WCST を実施した実験参加者のデータのみを分析に用いた．

WCST の教示は，最大６人の実験参加者に対し，１人の実験者が一斉に行った．KWCST のマニュアルに則り，初めにカードを分類する検査であることを告げ，色，形，数の３つの分類カテゴリー（分類の仕方）があることを説明した．その後，短時間の練習を行った後，１回目のセッションを実施した．２回目のセッションを行う前に，実験者は，分類カテゴリーは時々変わることを教示し，２回目のセッションを実施した．

4. 結果

（１）分析対象者

実験参加者のうち，募集時に示した職歴，OA 機器操作経験などの条件に合わなかった６名，作業の継続が困難だった８名，WCST 未実施の９名に加え，WCST の実施タイミングが異なる 40 名を除いた 113 名を分析の対象とした．

（２）MWS「給与計算」のエラー項目

表４　MWS「給与計算」のエラー項目の基本統計量

入力項目	エラー項目	実生起数	平均	最大値	最小値	中央値	標準偏差	生起者	生起者数平均
健康保険料	表選択	23	0.204	3	0	0	0.551	17	1.353
	行選択	28	0.248	5	0	0	0.711	19	1.474
	介護要件	62	0.549	4	0	0	1.004	34	1.824
	折半額選択	25	0.221	8	0	0	1.135	7	3.571
	小数点以下	47	0.416	1	0	0	0.493	47	1.000
	その他	21	0.186	5	0	0	0.759	10	2.100
厚生年金保険料	表選択	59	0.522	3	0	0	0.810	40	1.475
	行選択	31	0.274	5	0	0	0.682	23	1.348
	折半額選択	27	0.239	8	0	0	1.312	4	6.750
	小数点以下	50	0.442	5	0	0	0.950	30	1.667
	その他	17	0.150	5	0	0	0.613	10	1.700
雇用保険料	小数点以下	14	0.124	4	0	0	0.518	9	1.556
	その他	62	0.549	5	0	0	1.013	37	1.676
課税対象額	総支給額	25	0.221	4	0	0	0.688	14	1.786
	通勤手当	247	2.186	8	0	1	2.988	59	4.186
	その他	17	0.150	2	0	0	0.425	14	1.214
所得税額	甲列選択	12	0.106	8	0	0	0.780	4	3.000
	扶養親族	116	1.027	4	0	1	1.171	65	1.785
	参照値	102	0.903	8	0	0	1.973	32	3.188
	行選択	41	0.363	4	0	0	0.842	26	1.577
	その他	80	0.708	9	0	0	1.803	26	3.077
時間単価	諸手当選択	31	0.274	4	0	0	0.719	20	1.550
	その他	11	0.097	4	0	0	0.441	8	1.375
残業手当	割増率選択	13	0.115	2	0	0	0.346	12	1.083
	その他	9	0.080	3	0	0	0.356	7	1.286
差引支給額	総額選択	6	0.053	3	0	0	0.322	4	1.500
	計算ミス	46	0.407	8	0	0	1.267	21	2.190
	その他	14	0.124	2	0	0	0.402	11	1.273

各エラーの基本統計量を表４に示した.

実生起数はエラー項目によって異なっている．実生起数を見ると，【課税対象額】の「通勤手当」（生起数247），【所得税額】の「扶養親族」（生起数 116），「参照値」（生起数 102）は，相対的に多く生起している.

一般に，実生起数の大きい項目は，標準偏差も大きくなると考えられるが，実生起数が大きくなくても【健康保険料】および【厚生年金保険料】の「折半額選択」（SD 1.135，1.132）のように標準偏差が相対的に大きいものがある．そこで，あるエラー項目の実生起数を，そのエラーを１度でも生起させた者の数である「生起者数」で除した「生起者数平均」を確認する.「生起者数平均」では，エラーを生起させた者一人当たりの生起数を確認することができる.

【課税対象額】の「通勤手当」（4.186）や【所得税額】の「参照値」（3.188）のように，実生起数も大きい項目は，生起者数平均も比較的大きい値を維持していた．ただし，同様に実生起数が大きかった【所得税額】の「扶養親族」（1.785）の生起者数平均は，必ずしも大きくなく，比較的多くの者が少ない回数のエラーを生起させたと考えられた.

一方で，【健康保険料】，【厚生年金保険料】の「折半額選択」（3.571，6.750），【所得税額】の「甲列選択」（3.000）といった実生起数が大きくないエラー項目において，生起者平均が大きくなっており，これらの項目においては，少数の者が多くのエラーを反復したと考えられる.

（２）MWS のエラー傾向と WCST の指標の関係

次に，これらの MWS「給与計算」のエラー項目と WCST の各指標との関係を検討する．ここでは，エラー項目の生起数と WCST の各指標の間の相関係数を検討する．表５に本研究で扱う WCST の各指標の基本統計量を示す.

表５　WCSTの結果の基本統計量

		合計	平均	標準偏差
CA	セッション１(S1)	438	3.876	1.699
	セッション２(S2)	523	4.628	1.397
TE	セッション１(S1)	2209	19.549	8.826
	セッション２(S2)	1511	13.372	6.159
NUCA	セッション１(S1)	1170	10.354	8.036
	セッション２(S2)	1114	9.858	5.776
PEM	セッション１(S1)	241	2.133	1.953
	セッション２(S2)	99	0.876	1.074
PEN	セッション１(S1)	802	7.097	6.574
	セッション２(S2)	329	2.912	3.471
DMS	セッション１(S1)	209	1.850	2.358
	セッション２(S2)	174	1.540	1.499

６回連続正答の回数であり，総合的な成績を評価する指標カテゴリー達成数（以下，CA）の平均は，セッション１で 3.9（SD 1.7），セッション２で 4.6（SD 1.4）であった．本研究と同様の設定で，一般成人に対して実施された障害者職業総合センター（2013）の CA の平均は，セッション１で 3.4（SD 2.0），セッション２で 4.0（SD 1.6）であった（n=202）[14]．このことから，本研究における実験参加者の成績が一般的な個人の状況を大きく逸脱するものではないと考えられる.

各エラー項目と WCST の各指標の間のピアソンの積率相関係数を表６に示す。煩雑を避けるため，無相関検定の結果が５％水準で有意な相関係数がある項目のみを掲載した．なお，各入力項目の「その他」は除

表６　MWS「給与計算」のエラー項目とWCSTの各指標との間の相関係数

	健-行	健-介護	厚-表	厚-行	厚-小数	雇-小数	課-総額	課-通勤	所-扶養	所-参照	単-諸手当
CA_S１	-0.172	-0.100	-0.236	-0.139	0.001	-0.083	-0.105	-0.117	-0.127	-0.252	-0.160
CA_S２	-0.148	-0.227	-0.157	-0.125	-0.123	-0.157	-0.228	-0.195	-0.145	-0.129	-0.145
TE_S１	0.128	0.081	0.160	0.109	0.010	0.136	0.104	0.171	0.097	0.302	0.125
TE_S２	0.226	0.335	0.218	0.168	0.128	0.105	0.194	0.177	0.166	0.205	0.231
PEM_S１	-0.087	-0.141	0.051	-0.087	0.255	0.203	-0.028	-0.019	0.235	0.109	-0.076
PEM_S２	0.063	-0.011	0.237	0.022	0.106	-0.020	0.037	0.032	0.059	0.078	0.216
PEN_S１	0.090	0.039	0.143	0.063	0.053	0.181	0.036	0.233	0.138	0.325	0.157
PEN_S２	0.321	0.250	0.262	0.246	0.135	0.124	0.205	0.182	0.170	0.206	0.290
DMS_S１	0.107	0.054	0.189	0.075	0.002	-0.035	0.086	-0.016	0.094	-0.011	0.129

≦0.05　≦0.01

外した.

WCST の各指標との間に５%水準で有意な相関が認められなかった MWS「給与計算」のエラー項目は,【健康保険料】の「表選択」,「折半額選択」,「小数点以下の処理」,【厚生年金保険料】の「折半額選択」,【所得税額】の「甲列選択」,「行選択」,【残業手当】の「割増率選択」,【差引支給額】の「総支給額」,「計算」の９項目であった. MWS「給与計算」のエラー項目との間に有意な相関が認められなかった WCST の指標は, 両セッションの最初のカテゴリー達成までに使用されたカード枚数（以下，NUCA）と，セッション２のセットの維持困難（以下，DMS）の３指標であった.

WCST のいずれかの指標との間に，５%水準で有意な相関が認められたのは,【健康保険料】の「行選択」,「介護要件」,【厚生年金保険料】の「表選択」,「行選択」,「小数点以下の処理」,【雇用保険料】の「小数点以下の処理」,【課税対象額】の「総支給額」,「通勤手当」,【所得税額】の「扶養親族」,「参照値」,【時間単価】の「諸手当選択」の 11 項目であった. いずれも約 0.2～0.3 の小程度ないし中程度の相関が認められた.

CA との相関のほとんどが負の相関になっているのは，CA が誤答数を計数した指標ではなく，正答が６回続いた回数を計数したものであるためである.

5. 考察

（１）実生起数が大きいエラー項目

まず，実生起数が大きい MWS「給与計算」のエラー項目として,【課税対象額】の「通勤手当」(生起数 247),【所得税額】の「扶養親族」（生起数 116),「参照値」（生起数 102) の上位３項目を取り上げる. これらのエラー項目は, 複数の参照先があり, それらの情報を統合するという認知的に複雑な作業を必要とする. いずれも WCST の指標と相関があった.

【課税対象額】の「通勤手当」は，パソコン画面に表示された社員の情報のうち，交通手段の情報と支給される通勤手当の額を特定する必要がある. 次に, その２つの情報を組み合わせて，サブブックにある通勤手当の非課税限度額の２つの表のなかから適切な額を特定する. そののちに, 再び支給される通勤手当と限度額を見比べ, 通勤手当の非課税額として, 通勤手当が限度額以下であれば通勤手当を，限度額以上であれば限度額を所定のセルに入力する.

【課税対象額】の「通勤手当」は，最も実生起数が大きく，生起者数（59）も生起者平均（4.186）も高くなる傾向にあった．このエラー項目は，セッション２の CA と小さな負の相関（r＝ −0.195），セッション１の保続傾向を示す指標の一つである Nelson 型保続性の誤り（以下，PEN）と小さな正の相関（r＝0.233）が確認されている. セッション２は, 練習効果や追加教示の影響でセッション１に比べて課題遂行が容易になるとされている[15]．本研究においても，CA の平均は，セッション１の 3.876 からセッション２の 4.628 に上昇している. すなわち, セッション２において, 何らかの形で学習がなされ正答が多くなる者が【課税対象額】の「通勤手当」においてエラーを低減させている可能性があり，学習可能性との関係が示唆される.

また，このエラー項目は, セッション１の PEN で正の相関が認められたが，セッション２では相関が見いだせなかった. セッション２では, 上述のように練習等の学習効果があり，特にルールの転換があることについての追加教示があるため，一般に PEN は減少する. 本研究においても，PEN の平均はセッション１の 7.097 からセッション２の 2.912 へと大幅に減少をしている．このことから，セッション２での PEN は，より強い保続傾向を示すと考えられる. したがって, セッション１においてのみ PEN と相関がみられた【課税対象額】の「通勤手当」は，顕著に保続傾向を反映する項目とは言えない.

同様に実生起数が大きかった【所得税額】の「扶養親族」は,【課税対象額】の「通勤手当」と同様に，パソコン画面上の社員情報から，扶養親族等の数を把握する. その際, 所得者本人や扶養親族が障害者か, 扶養親族が年少か，あるいは特別障害者かなどの条件によって数が変わるため，複数の項目をチェックする必要がある. それらの情報を統合したのち, 別添資料の「給与所得の源泉徴収税額表」から適切な列を選択する. このエラー項目は, セッション１の PEN とのみ小さな相関（r＝0.235）が確認されており,【課税対象額】の「通勤手当」と同様に強い保続傾向を反映した項目ではないと言える.

一方,【所得税額】の「参照値」は，上記の「扶養親族」確定ののち, 行を選択するための基準となる数値を特定する作業である．サブブックには,「課税対象額」を参照するよう書いてあるが，他の項目を特定する際に用いられた「総支給額」や「基本給」「標準報酬月額」を参照してしまうというエラーが見られ，ルールは一義的に示されていても，類似した項目が複数ある場合，それらが誤って参照される可能性が高まることを示し

ている．このエラーでは，セッション１の CA（r＝ －0.252），両セッションの全誤反応数（以下，TE；セッション１：r＝0.302, セッション２：r＝0.205），両セッションの PEN（セッション１：r ＝ 0.325, セッション２：r＝0.206）と小程度ないし中程度の相関が認められた．セッション１の CA，TE，PEN との相関がより高いことから，上記２つの項目と同様の傾向が考えられる一方で，セッション２の TE，PEN とも相関が認められることから，【所得税額】の「参照値」に一定の保続傾向が反映されている可能性も考えられる．

実生起数が大きかった MWS「給与計算」のエラー項目は，参照先が複数あり，それらの情報を統合的に処理する必要がある項目か，参照先と類似する情報が複数ある項目であった．これらは，WCST においては，練習効果や追加教示による学習が生じる前のセッション１の CA や PEN と相関が高くなる可能性があり，セッション２ではその関係が成立していないか，弱くなる．このことは，これらのエラー項目が，必ずしも保続傾向を強く反映しているとは言えないことを示唆する．ただし，【所得税額】の「参照値」は，同時に保続傾向も反映する可能性があり，複合的な要因をもつエラーである可能性が考えられる．

（２）生起者数平均が大きいエラー項目

次に，生起者数平均が大きく，少数の実験参加者が繰り返し反復的にエラーを生起させる可能性が考えられた【健康保険料】と【厚生年金保険料】の「折半額選択」および【所得税額】の「甲列選択」について検討する．ここで挙げた３つのエラー項目は，WCST のいずれの指標とも有意な相関が認められなかった．このことは，少数の者が反復的に生起させるエラーと WCST で見ることができる保続性のエラーが概念的に異なっている可能性を示唆する．

ここで挙げた３つのエラー項目のうち，【健康保険料】と【厚生年金保険料】それぞれの「折半額選択」のエラーは，サブブックに「折半額」の列を選ぶよう明示的に書かれているにも関わらず，隣にある「全額」の列を選び続けるエラーである．一見すると保続傾向と類似しているように思えるが，PEM ないし Milner 型保続の誤り（以下，PEM）と有意な相関がみられなかったことから，この場合，ルールのその部分を見落としていた可能性など，他の原因も考慮する必要がある．同様に，【所得税額】の「甲列選択」は，前述した「扶養親族」の数ごとに列が作られている領域から，特定の列を選ぶように指示があるにもかかわらず，「乙列」という関係のない列から数値を選んでいる場合のエラーであり，やはりルールを見落としているために生起者一人当たりの生起数が多くなっている可能性を考慮する必要がある．

また，既に見た【課税対象額】の「通勤手当」も，生起者平均より，少数の者が反復的にエラーを生起させていると考えられるが，すでに確認したように，より保続傾向が強く表れると考えられるセッション２の PEN との間に有意な相関が認められていない．

以上のことから，これらの少数の者が反復的に生起させる傾向をもつエラー項目は，WCST で検討することができる「概念の獲得」や「概念の転換」とは必ずしも関係があるとは言えないと考えられる．これらのエラーには，いわゆる保続傾向とは別の要因，例えばルールの見落としなどが関係している可能性を，今後検討する必要がある．

（３）保続傾向が反映されやすいエラー項目

一方，保続傾向が反映されやすいと考えられるエラー項目も存在する．（１）でも述べたが，WCST のセッション２は一定の学習効果が表れる可能性が高く，実際に成績もセッション１よりも２の方が高くなっている．そのため，セッション２において PEM ないし PEN を多く生起させる者は保続傾向が強いと考えられる．

そこで，WCST のセッション２の PEM および PEN と相関がある MWS「給与計算」のエラー項目を挙げると，PEM と相関が認められるのは【厚生年金保険料】の「表選択」（r＝0.237）と【時間単価】の「諸手当選択」（r＝0.216），PEN と相関が認められるのが【健康保険料】の「行選択」（r＝0.321），「介護要件」（r＝0.250），【厚生年金保険料】の「表選択」（r＝0.262），「行選択」（r＝0.246），【課税対象額】の「総支給額」（r＝0.205），【所得税額】の「参照値」（r =0.206），【時間単価】の「諸手当選択」（r＝0.290）であった．

そのうち，【所得税額】の「参照値」はすでに（１）で触れたが，保続傾向も含めた複合的な要因を持つエラーと考えられた．

セッション２の PEM で小さな相関が認められた【厚生年金保険料】の「表選択」と【時間単価】の「諸手当選択」の２項目は，セッション２の PEN でも中程度の相関が認められている．この２つのエラー項目が多く生起した場合，直前の誤反応の保続傾向だけでなく，達成されたカテゴリーを保続させる傾向，すなわち一度

形成された概念の転換されにくさも認められる可能性がある.

また，それら以外の【健康保険料】の「行選択」,「介護要件」,【厚生年金保険料】の「行選択」,【課税対象額】の「総支給額」は，生起数がそれぞれ 28，62，31，25，生起者数平均がそれぞれ 1.5，1.8，1.3，1.8 であり，実生起数が相対的に少なく，少数の者による反復的な生起も少ないことから，難易度の低い項目のエラーであると考えられる. したがって，このような難易度の低い項目を多く生起させることと保続傾向とが関係する可能性が示唆される．なお，上述した PEM と PEN で相関が認められた【厚生年金保険料】の「表選択」と【時間単価】の「諸手当選択」の２項目は，実生起数がそれぞれ 59，31，生起者数平均が 1.5，1.6 であり，難易度の低い項目であると言える.

6. おわりに

以上のことから，次の３点が示唆された.

① MWS「給与計算」において，実生起数の大きいエラー項目は，保続傾向を直接反映するというよりも，複数の参照先から得た情報を統合的に処理するという認知的な複雑さが影響している可能性がある.

② MWS「給与計算」のエラー項目のうち，少数の実験参加者が反復的にエラーを生起させた項目は，エラーを反復させるという点では保続性エラーに似ているが，保続傾向を示す指標である PEM や PEN と相関が認められず，ルールの見落としが影響している可能性がある.

③ MWS「給与計算」のエラー項目のうち，難易度の低い項目において，保続傾向と相関が認められた.

MWS のエラー項目および WCST の諸データは，職リハ，とりわけトータルパッケージを介した就労支援においては，MWS を活用し，作業遂行能力のトレーニングを行う際，実際の職場でも有効な作業の補完手段を検討する際の検討材料とされる．本研究で示唆された③の結果によれば，難易度が低い項目でエラーを多発する対象者がいた場合，その対象者が一度獲得した回答方法に固執している可能性を考慮し，考え方などを柔軟にするような支援を行う必要があるかもしれない．また，①や②で示したようなエラーが続く場合は，ルールをもう一度見直したり，ルールの複雑さを低減する方略を考えるための支援を行う必要があるかもしれない．また，事前に WCST を実施することで，生起しやすいエラーを把握することができ，あらかじめ支援の計画を準備することができるかもしれない.

しかし，本研究で言及できたのは，きわめて限定的な範囲に過ぎず，まだ様々な要因の検討が必要である.

参考文献

[1] 障害者職業総合センター. (2004). 『精神障害者等を中心とする職業リハビリテーション技法に関する総合的研究（最終報告書)』, 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構.

[2] 障害者職業総合センター. (2019). 『障害の多様化に対応した職業リハビリテーション支援ツールの開発（その２)』, 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構.

[3] 厚生労働省. (2019). “平成 30 年 障害者雇用状況の集計結果”. https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_04359.html

[4] 伊藤 昌子・渡辺 めぐみ. (2020). 『職場学習の心理学: 知識の獲得から役割の開拓へ』. 勁草書房.

[5] Norman, D. (1981). “Categorization of action slips.” *Psychological Review*, 88(1), 1-15.

[6] 篠原 一光. (2011). “注意とヒューマンエラー: 交通安全と注意問題を中心として”. 原田 悦子・篠原 一光[編]. 『現代の認知心理学 4 注意と安全』, 北大路書房, 186-208.

[7] Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press. (十亀 洋[訳]. (2014). 『ヒューマンエラー 完訳版』. 海文堂.)

[8] 臼井 伸之介 (2011). “産業安全におけるヒューマンエラーと違反”. 原田 悦子・篠原 一光[編]. 『現代の認知心理学 4 注意と安全』. 北大路書房. 209-225.

[9] 障害者職業総合センター. (2013). 『障害の多様化に対応したワークサンプル幕張版（MWS）改訂に向けた基礎調査』. 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構.

[10] 加藤 元一郎. (1988). “前頭葉損傷における概念の形成と変換について: 新修正 Wisconsin card sorting test を用いた検討”. 慶應医学. 65(6), 861-885.

[11] 加戸 陽子・松田 真正・眞田 敏. (2004). Wisconsin card sorting test の諸手法と発達障害への臨床応用. 『岡山大学教育学部研究集録』. 125, 35-42.

[12] 株式会社ファティマ. (2015). http://www.phatima.co.jp/product/wcst.html

[13] 鹿島 晴雄・加藤 元一郎, (1993). “前頭葉機能検査: 障害の形式と評価法. 『神経進歩』, 37(1), 93-109.

[14] 障害者職業総合センター (2013). 『トータルパッケージ活用のために（増補改訂版）: ワークサンプル幕張版（MWS）とウィスコンシン・カードソーティングテスト（WCST）幕張式を中心として』. 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構.

[15] 加戸 陽子・眞田 敏・柳原 正文・荻野 竜也・阿比留 聖子・中野 広輔 (2004). “健常児・者における Keio 版 Wisconsin Card Sorting Test の発達的および加齢変化の検討. 『脳と発達』, 36, 475-480.

「思い込み」の認知過程の定式化に向けて：画像回転課題と事前制約の関係の分析

Toward a Formalization of the Cognitive Process of "Thinking-into": Analysis of the Relationship between Image Rotation Task and Prior Constraint

亀井 暁孝 †，日高 昇平 †
Akimichi Kamei, Shohei Hidaka
† 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology

概要

People tend to choose one or a few interpretations even when there are innumerable interpretations that can explain the phenomenon. In this research, we call the tendency of cognitive processing of "thinking-into" and advanced research for the purpose of mathematical formulation. Specifically, we proposed an image rotation task as a toy model, and conducted a numerical experiment on the relationship between prior-constraint and learning efficiency.

キーワード：思い込み，情報圧縮，クワス算，モデル制約

1. はじめに

人は，現象を説明可能な解釈が無数に存在するときでも一つあるいは少数の解釈を選ぶ傾向にある．恣意的な解釈がある状況でも人が特定の規則性を見出す傾向を図 1 に模式図で表した．画像 (a) は"Coffer illusion"という一種の錯視を起こす曖昧画像の一つで，この画像には (c) 二つの解釈 (円と四角) が存在する．人はこの画像に対し，例えば，円が図であるという解釈 (c) を一つに定める．しかし，円と四角のどちらを図あるいは地と解釈するかには，いずれにも優劣や正当性があるわけではない．それでも多くの人は，典型的に初めに四角が映ると解釈し，円が見える可能性を排除している．さらに言えば，"Coffer illusion"は既に無数の解釈から 2 択へと解釈が絞られているともいえる．こうした論理的には複数存在する解釈の候補から少数を無意識に選択し信じる人の認知的な情報処理を，本研究では「思い込み」と呼ぶ．

思い込みは無数の潜在的な可能性を一瞬で絞り込む効率的な情報処理とも言える一方で，その思い込みが成り立たない状況下では不利にも働く．本研究では，「思い込み」の数理的な定式化を目指し研究を進めた．

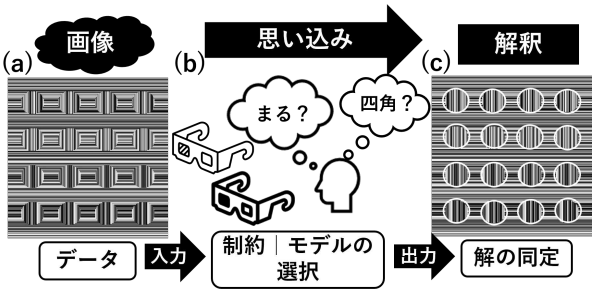


図 1　(a) 四角と円の 2 種類の解釈のある"Coffer illusion"[2] の視覚データが与えられた場合，(b) そのデータのどの部分を図・地と解釈するかにより，(c) 知覚される像が変わる．(a),(c) の画像は© 2006 Anthony Norcia の画像およびそれを加工したもの．

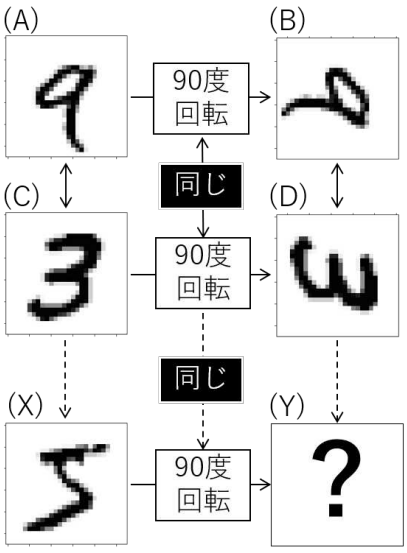
2. 「思い込み」とクワス算

関連する先行研究に，論理学者のクリプキが提示した哲学的思考実験である「クワス算」がある [1]．クワス算とは，特定の範囲の数の「クワス演算 $\oplus$」の結果 (e.g., $1 \oplus 2 = 3$) は標準的な和 (加算) と同等に見えるが，その範囲を超えた数のクワス算は和算とは全く異なる結果 (e.g., $58 \oplus 2 = 5 \neq 58 + 2$) を導く演算を指す．我々の「プラス +」演算の解釈は有限事例の観察に基づくため，過去に観察した事例を超えた範囲で，我々がプラスと思い込んでいる記号が実は“クワス”である可能性を排除できない．こうして「クワス算」は「+」記号の解釈が一意に定まらないという一種の規則のパラドックスを導く．それにも関わらず，我々は典型的にはプラス記号はいわゆる“加法演算”を指すと解釈する．つまり，クワス算は演算規則の解釈を例に帰納推論だけでは成立しない「思い込み」的な推論方法の存在を指摘していると言える．これを言い換えれば，観測された現象を説明可能とする解釈が複数存在するとき，(観測事例の範囲を超えた規則性を対

象とするため）多数の事例学習を必要とせず，特定解釈の選択を可能とする推論方法は何かという問いになる．本研究では，クワス算を「思い込み」の概念的な鋳型と捉え，この推論方法の数理的な定式化を目指す．

3. トイモデルとしての画像回転課題

前節で述べた哲学的思考実験のクワス算には，計算機実装可能な定式化が存在しない．これを踏まえ，本研究では本質的にクワス算の特徴を捉えた課題として画像回転課題 [3] を考える．本課題は，同じ回転関係にある画像対 (A,B),(C,D),... を複数観測し，ある画像 X に対する未知画像 Y は何であるかを問う課題である．図 2 は画像回転課題の事例で，画像対がもし 90 度回転の対応にあったならば，人は少数の画像対を見て未知画像 Y はきっと 90 度回転しているに違いないと推測する．しかし，デジタル画像では同じ画素値を持つドットは見た目で区別がつかない．そのため，仮にドットが 90 度回転の対応でなくとも結果的に「90 度回転」したように見える対応付けは無数に存在する．しかし，人は典型的には 90 度回転という特定の規則を推定する．従って，画像回転課題は規則の選択に優劣がつかない状況から，多数の事例学習を要さずに解釈を絞り込むという意味でクワス算と本質的に同じ性質を持つ．本研究では，予備実験として，回転規則の推定に必要十分未満のサンプル数において，モデルに事前制約を与えることで実際に潜在規則の学習が可能となるか数値実験を行った．



..

図 2 画像回転課題 : MNIST の手書き文字データセットを用いた 90 度回転における事例

4. 数値実験による分析

計算モデルの変数が満たす制約は，データの持つ潜在的な意味やその解釈を反映しているため，思い込み推論とはモデルの制約を適切に選択することと同一視することができる．従って，予備実験として人手で様々な制約を与え，制約が満たす性質と規則の学習効率に関係があるか分析を行った．

画像回転課題は以下のような制約付き最適化問題として定式化される．2 つの正方行列を $X, Y \in \mathbb{R}^{n\times n}$ とし，その i 行 j 列の要素を $X_{i,j}$ と書くとき，どの $i, j \in \{1, 2, \ldots, n\}$ に対しても $Y_{j,n-i+1} = X_{i,j}$ であるとき，Y を X を時計回りに 90 度回転させた行列と呼ぶ．また，ベクトル化演算子 $\mathrm{vec} : \mathbb{R}^{m\times k} \to \mathbb{R}^{mk\times 1}$ を，任意の行列 $X \in \mathbb{R}^{m\times k}$ に対して

$$\mathrm{vec}(X) = (X_{1,1} \ldots, X_{m,1}, \ldots, X_{1,k} \ldots, X_{m,k},)^\top$$

と定義する．このとき，ある関数 $f : \mathbb{R}^{mk\times mk} \to \mathbb{R}$ を事前制約とした場合，以下のような最適化問題となる．

$$\hat{W} = \underset{W\in\mathbb{R}^{n^2\times n^2}}{\arg\min} \quad f(W) \tag{1}$$

$$\text{subject to} \quad \mathrm{vec}(Y) = W\mathrm{vec}(X) \tag{2}$$

一例として，行列の l_2 ノルム (フロベニウスノルム) の二乗の場合 $f(W) = \|W\|_2^2 := \mathrm{tr}\left(W^\top W\right)$ ($\mathrm{tr}(\cdot)$ は行列の跡，$(\cdot)^\top$ は転置を表す) になる．多くの文脈では，”制約”が (1) のように等号で与えられ，”目的関数”が (2) のように最小化される．しかし，本課題では，データが少数の不良設定問題を扱うため，(2) の”誤差”$(\mathrm{vec}(Y) - W\mathrm{vec}(X))$ は常に 0 であるため，この関係が逆転することに注意が必要である．

具体的に行った数値実験では，課題の計算を単純化するため $n = 4 \times 4$ 行列サイズのデジタル画像をランダムに生成しベクトル化したもの $\mathrm{vec}(X_i)$(図 4) と 90 度回転の関係にある画像ベクトル $\mathrm{vec}(Y_i) = P\mathrm{vec}(X_i)$ を用意し，それらの k 対の画像の集合 $\{(\mathrm{vec}X_i, \mathrm{vec}Y_i)\}_{i=1,\ldots,k}$ を 1 セットの学習データとした．これらデータの画像対間の潜在的な変換は図 3 に示す置換行列 $P \in \mathbb{R}^{n^2\times n^2}$ に固定し，P を最適化 (1)-(2) で推定すべき行列 $\hat{W}$ の”正解”と定義した．置換行列 P は，クロネッカー積 $\otimes$ と j 番目の要素のみ 1 でそれ以外 0 のベクトル

$$e_{n,j} := (0, 0, \ldots, 1, \ldots, 0)^\top \in \mathbb{R}^n$$

を用いて以下のように定義される．

$$P = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} e_{n^2,nj-i+1} \otimes e^{T}_{n^2,(i-1)n+j} \tag{3}$$

推定する変数 (変換行列 W) の次元は，画像サイズから $256(=n^2 = 16^2)$ であり，1 事例の学習につき 16 個の制約式が得られる．つまり，16 事例の画像対を学習すれば，W を推定するのに必要十分な 256 個の制約式を得ることができ (1)，どんな制約関数 f でも $\hat{W}$ は求めるべき置換行列 P に一致する．従って，何らかの事前制約関数 f に対して，16 事例未満の事例数で置換行列 P を推定することが可能となるか確認する必要がある．なお，数値実験では推定に用いる 16 事例分のデータセットをランダムに 10 セット生成して得た置換行列 P と推定行列 $\hat{W}$ の二乗予測誤差 $\|P - \hat{W}\|_2^2$ を算出し，それらの平均と標準誤差の範囲をプロットして確認した．制約関数 f として，$f_1, \cdots, f_8$ 用いて数値実験を行った．

$$f_1(W) = \|W\|_1 \tag{4}$$
$$f_2(W) = \|W^4 - I\|_2^2 \tag{5}$$
$$f_3(W) = \|W^8 - I\|_2^2 \tag{6}$$
$$f_4(W) = \|W^T W - I\|_2^2 \tag{7}$$
$$f_5(W) = \|W\|_2^2 \tag{8}$$
$$f_6(W) = \|W^5 - I\|_2^2 \tag{9}$$
$$f_7(W) = \{\det(W)\}^2 \tag{10}$$
$$f_8(W) = \|W^T W - W W^T\|_2^2 \tag{11}$$

これらの制約関数を選んだ理由は，求めるべき置換行列 P が持つ性質を，制約が満たす場合と満たさない場合において，回転規則の学習効率に違いがあるか分析するためである．例えば，置換行列 P が持つ性質の一つに疎な行列であることが挙げられる．制約関数 f_1 は一般にスパース制約と呼ばれ，疎な行列を効率的に求めることができる．つまり，制約関数 f_1 は P が持つ性質を満たす制約であるといえる．数値実験では，P の性質を満たす制約として，f_1：スパース制約，f_2：位数 4 の巡回群制約，f_3：位数 8 の巡回群制約，f_4：直交行列制約を選択した．また，P の性質を満たさない制約として，f_5：L2 ノルム制約，f_6：位数 5 の巡回群制約，f_7：非正則行列制約，f_8：対称行列制約を選択し数値実験を行った．

5. 数値実験の結果と考察

各制約関数に対する置換行列 P と推定行列 $\hat{W}$ の二乗予測誤差の結果を図 5 から図 12 に示す．実際に必要十分未満のサンプル数において回転規則を学習可能とする制約が存在することが確認された．具体的に，制約関数 f が f_1：スパース制約 (図 5)，f_2：位数 4 の巡回群制約 (図 6)，f_3：位数 8 の巡回群制約 (図 7) の場合であった．これは，制約関数 f が推定すべき規則を表す行列 W の性質と合致し，$f(W)$ が局所的に最小になる集合に正解 P が含まれると考えられる場合に少数事例での学習が可能であることを示唆する．加えて，少数事例で学習できない制約の関数 (f_4：直交行列制約 (図 8)，f_5：L2 ノルム制約 (図 9)，f_6：位数 5 の巡回群制約 (図 10)，f_7：非正則行列制約 (図 11)，f_8：対称行列制約 (図 12)) の場合，学習規則の予測二乗和誤差が線形的に減少する傾向を持つ点が示唆された．従って，この予測誤差の分析により，必要十分数未満の数の事例で学習を可能とする制約を，少数事例から判別するための条件が得られると期待される．

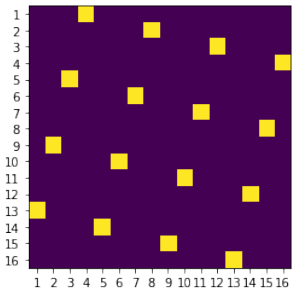


図 3 人の認識に対応する置換行列 P：画像サイズは 16×16 で変数の次元は 256.

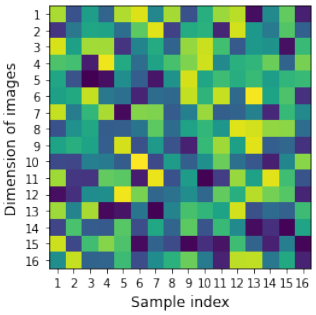


図 4 ランダムに生成した回転前の画像ベクトル：横軸がサンプルのインデックスであり，16 サンプル分に相当する．

6. まとめと今後の展望

本研究では，論理的には無数に存在する解釈の候補から少数を無意識に選択し信じる人の認知的な情報処理を「思い込み」と定義し，哲学的思考実験のクワス算との関係を整理した．また，具体的な分析を行うためのトイモデルとして画像回転課題を提案した．

さらに，予備実験として，実際にモデルに事前制約を与えることで，推定に必要十分でない少数事例の学習によって，人の認識に対応する解釈を一意に定めることが可能であることを確認した．この結果から，適切な制約関数が必要十分数未満の数で推定可能となる条件に関する示唆が得られた．

本研究の提案する「思い込み」の定式化は，日高・高橋ら [4] の提案する “未知領域” の考え方と本質的な類似性を持つ．すなわち，得られた少数のデータ標本

への適合性だけでなく，未知の規則性の空間まで拡張した整合性により，尤もらしい仮説・規則を導く必要のある問題である．

今後は，予備実験の結果を分析するとともに，代数学の群論などを用いた情報圧縮の数理的解釈が可能であるか分析を進める予定である．

文献

[1] 黒崎宏. ウィトゲンシュタインのパラドックス：規則・私的言語・他人の心. 産業図書, 1983.

[2] Norcia, A. (2006). The Best Illusion of the Year Contest Neural Correlate Society.

[3] 河井翔太郎 (2020). 人らしく視覚的タスクを行うための学習モデルにおける制約に関する研究　北陸先端科学技術大学院大学修士論文研究 (未公刊)

[4] 日高昇平 & 高橋康介 (2019). 未知領域を含むオブジェクト同定による窓問題知覚の説明 日本認知科学会第 36 回大会論文集, O2-1, pp. 16-18.

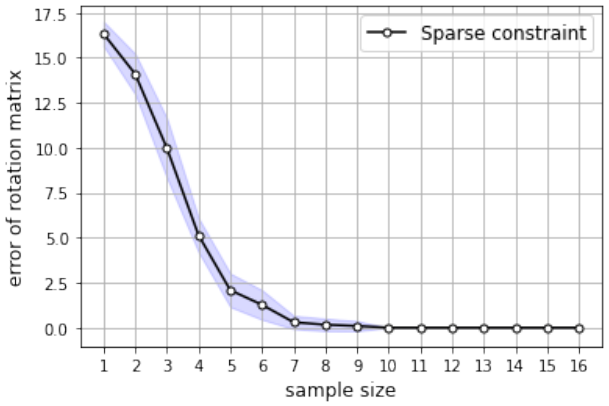


図 5　スパース制約における回転誤差とサンプルサイズの関係:16 サンプル未満で学習可能

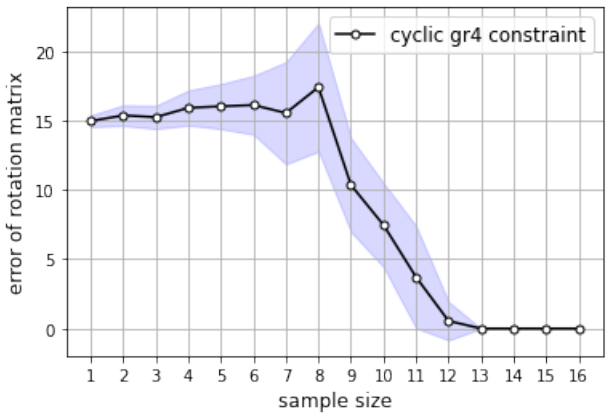


図 6　位数 4 の巡回群制約における回転誤差とサンプルサイズの関係：16 サンプル未満で学習可能

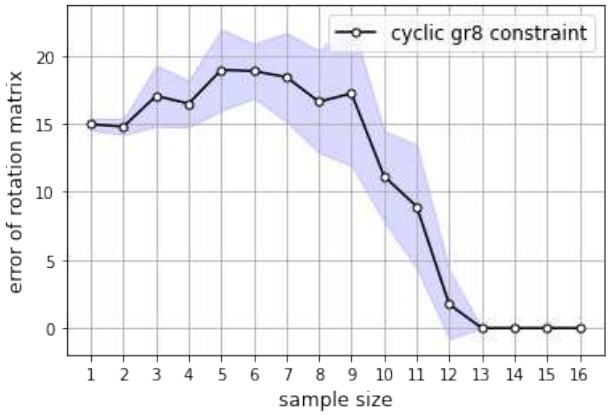


図 7　位数 8 の巡回群制約における回転誤差とサンプルサイズの関係：16 サンプル未満で学習可能

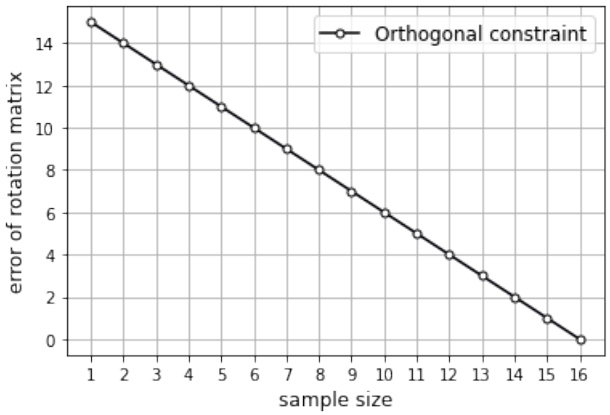


図 8　直交行列行列制約における回転誤差とサンプルサイズの関係

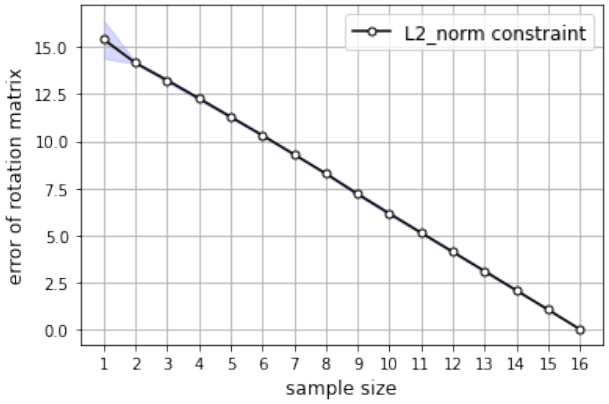


図 9　L2 ノルム制約における回転誤差とサンプルサイズの関係

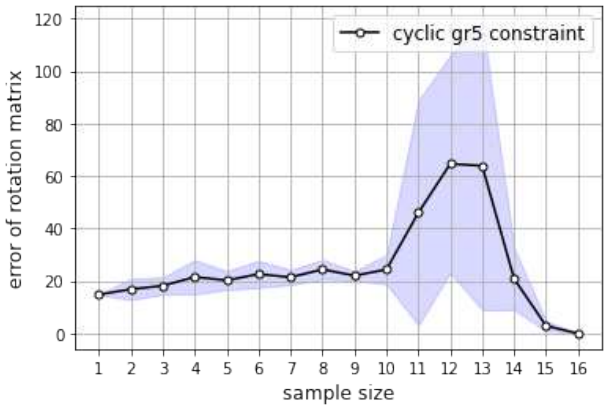


図 10　位数 5 の巡回群制約における回転誤差とサンプルサイズの関係

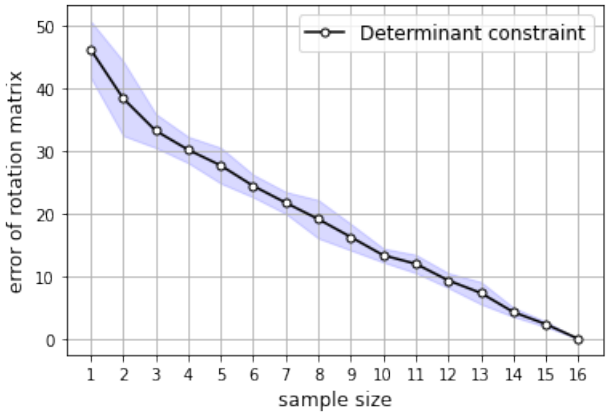


図 11　非正則行列制約における回転誤差とサンプルサイズの関係

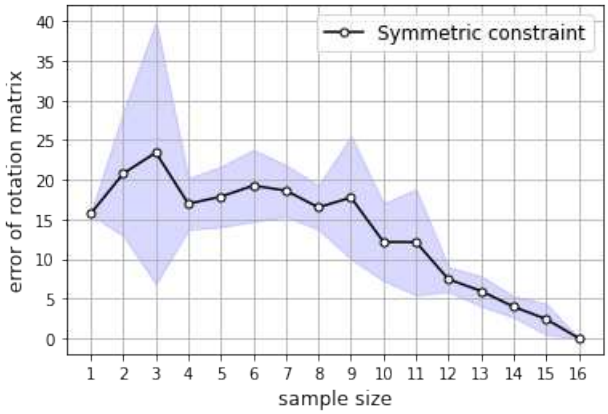


図 12　対称行列制約における回転誤差とサンプルサイズの関係

成功・失敗経験に対する自伝的推論が生きがい感に及ぼす影響

The effects of autobiographical reasoning for memories of success and failure on the sense of a life.

西井　亮太朗[†]，南　学[‡]
Ryotaro Nishii, Manabu Minami

[†]三重大学大学院教育学研究科，[‡]三重大学教育学部
Mie University Graduate School of Education, Mie University Faculty of Education
218M004@m.mie-u.ac.jp

概要

本研究では、成功経験と失敗経験に対する活発な自伝的推論に着目し、自己受容的な態度との関連や生きがい感に及ぼす影響を検討した。大学生 135 名を対象に質問紙調査を実施した。その結果、成功経験と失敗経験のどちらにおいても、それらの経験に対する重要であったり転機であったりするという意味づけを行うことが同等程度の生きがい感への正の影響を示した。しかし、この結果に対する自己受容的な態度の関連は認められなかった。

キーワード : 成功経験と失敗経験, 自伝的推論, 生きがい感

問題と目的

人は社会に出るまでの生活の大半を学校で過ごす。学生が、逆境や困難を感じる場面で、「これまでもやってこられたから大丈夫だ」と、過去の学校生活の中で得られた成功経験を振り返り、それが行動指針として機能することで生きていく支えとなることが考えられる。このように、過去経験から洞察や教訓を引き出したうえでこれから先の行動指針とするような、自分が経験した出来事に対して何らかの意味づけを行い想起することで、過去と現在の変わらない自分を確認したり複数の出来事どうしを結び付けたりする内省的な思考過程は自伝的推論と呼ばれる(Bluck & Habermas, 2000)。

Bluck & Glueck(2004)は、経験から得られる教訓の生活状況や物事を改善する役割と内容について調査し、その結果、人はネガティブな出来事を想起し教訓を引き出そうと意味を考えることが多く、そこからポジティブな結果を導き出し、その出来事がライフストーリーに統合されアイデンティティの一部となることを報告している。続いて、これまでは心的外傷後成長や失敗経験を活かすというようなネガティブな出来事に対する自伝的推論が注目されてきている傾向にあったとその偏りを指摘した佐藤(2012)は、出来事の内容と自伝的推論の関連を検討し、否定的な出来事よりも肯定的な出来事に対して活発な自伝的推論を引き起こすことを示した。続く佐藤(2016,2017)が成功したポジティブな出来事と失敗したネガティブな出来事に対する自伝的推論について関連を比較検討した結果、失敗経験と比べ成功経験は繰り返して想起されることは少ないが、強い感情と高い鮮明さを持ち合わせて想起され、活発な自伝的推論を引き起こすとされる。また成功経験はより自分の考えや感じ方に変化を促し、重要な意味を持っているという認識がなされたとされる。山本(2017)は、学習場面における成功と失敗の経験を想起したどちらの場合においても学習動機づけの向上志向が促進されることを見出した。これは、成功したか失敗したかということではなく、自分が努力をしたという出来事として想起されたことが学習動機づけへの影響を示したとされている。

以上のようにネガティブな出来事に着目されることが多いと指摘される中で、ポジティブな出来事に対しても学んだり活かしたりしようとする様子は示唆されてきているが、これまでの研究をふまえると、成功か失敗かという経験の内容の効果についてはその結果がさまざまであり検討は未だ不十分であると言える。失敗経験はその克服や繰り返さないように注意することに有用であると考えられるが、成功経験でも自尊感情への強いつながりや自分を信じることに有用であることが指摘される(佐藤,2017)。成功経験は自分の実績として残り、これから成功を収めたいときにも役立つ経験であると考える。これまではどのような経験の内容や世代の人が活発な自伝的推論を引き起こしているのか検討する研究が多かったことから、活発に引き起こされた自伝的推論に着目し、本研究では、自伝的推論を引き起こすことの効果として、現状への満足、人との関わりと自分の積極的な取り組みから感じられる充実感を示す生きがい感への影響を検討することを目的の一つとする。

二つ目の目的として、経験に対して自伝的推論を引き起こし、活かそうとする過程において、人それぞれ経験しそこから感じられるものには違いがあることが想像できるため個人レベルの差に依存する可能性があると考えられることから、どのような個人差がはたらくかを検討する。

山本(2015)によると、過去の生涯を振り返り想起される個人的な経験である自伝的記憶を想起させ、想起の前後によるアイデンティティ尺度得点の違いを調査した結果、重要度の高い自伝的記憶は当時感じたことやエピソードに関わる情報が豊富なため、経験したときの鮮明な自分の姿が詳細にイメージできたことによって、過去の自分と現在の自分とのつながりを確認することができ、アイデンティティ尺度得点の増加が見込めたという結果が示された。過去の経験が現在の自分に強いつながりを感じ、自己を形成する一部となることが考えられる場合、失敗に捉われず、そのままを受け入れることで成功に着目していく前向きな態度が関連していることが予想される。そのため本研究では、自己受容的な態度の個人差との関連を検討する。自己受容的な態度のひとつとして適応的諦観が考えられる。適応的諦観とは、自己や状況のネガティブな側面をそのまま受け入れつつも、そこにこだわらない前向きな態度(菅沼,2018)と定義されている。ネガティブに捉えられがちな諦観という言葉が含まれてはいるが、上田(1996)は、本来受け入れられないはずの自分を受け入れる諦めが自己評価へのメタレベルな肯定度を維持し自尊心へ寄与することから、自己受容として諦めが意義を持つとの見解を述べている。したがって、自伝的推論を活発に引き起こす人は適応的諦観を有すると考える。

そこで本研究では、成功経験と失敗経験に対する活発な自伝的推論に着目し、自己受容的な態度の個人差との関連や生きがい感に及ぼす影響を確認し、成功経験でも失敗経験と同等かそれ以上の効果を有するのかについて検討する。

方法

調査協力者

大学生 149 名(男性：73 名，女性：76 名，平均年齢：19.5 歳)を対象に、ランダムに成功経験想起群と失敗経験想起群に振り分け質問紙調査を行った。回答に不備のあるデータを除き、残った大学生135名(男性:64名，女性：71 名，平均年齢：19.4 歳)、成功経験想起群(男性：37 名，女性：30 名，平均年齢：19.6 歳)と失敗経験想起群(男性：27 名，女性：41 名，平均年齢：19.3 歳)のデータを用いて分析を行った。

質問紙構成

質問紙は調査の説明や年齢、性別、所属を尋ねる欄を含むフェイスシートに加え、自由記述欄と以下の尺度によって構成された。

・想起した成功経験または失敗経験の自由記述欄

成功経験想起群は、成功経験の想起で「経験したうまくいったことや何か成し遂げられたこと、良かったことなど、成功した出来事を振り返り、詳細に記述してください。」と教示文が提示され、失敗経験想起群には、失敗経験の想起で「経験したうまくいかなかったことや成し遂げられなかったこと、悪かったことなど、失敗した出来事を振り返り、詳細に記述してください。」と教示文が提示された。加えてどちらの群も想起した当時の経験から現在までの時間の経過をおおよそ統制するために「小学校 1 年生～中学校 3 年生の間」の義務教育期間から選択するように求めた。また具体性の確保を目的とし、記述欄には想起の手がかりとして、場所(どこで)、登場人物(誰がいたか)、感情(何を感じていたか)、エピソード(何が起きたか)という表記を加えた。

・自伝的推論に関する項目(佐藤,2017)

自伝的推論に関する項目は 26 項目 7 件法で、想起された経験に対してどのような認識を行ったのか自伝的推論を測定する。

・適応的諦観尺度(菅沼ら,2018)

適応的諦観尺度は 10 項目 4 件法で、適応的諦観の定義に基づいた態度を測定する。

・生きがい感スケール(近藤・鎌田,1998)

生きがい感スケールは 25 項目 5 件法で、生きるうえでの意欲や存在価値を意識する過程で得られる充実感を測定する。本研究では、「暖かい日差しの中でよく昼寝を楽しみます」などの人生享楽にかかわる 6 項目は目的にあてはまらないと考え、調査から除いた。

手続き

調査は 2019 年 12 月～2020 年 1 月に実施された。講義終了後に質問紙の配布と説明を行い、1 週間後までに回収することを伝えた。回答の際は質問紙の内容について他者と相談しないように注意してもらい、質問紙への回答は自由であること、質問紙に記入された個人情報は厳重に管理される説明をした。

結果

まず、成功経験に対する自伝的推論尺度 26 項目の評定と、失敗経験に対する自伝的推論尺度 26 項目の評定のそれぞれについて因子分析を行った(最尤法・プロマックス回転)。この尺度では、調査協力者が想起した出来事の違いによって、因子に含まれる項目にずれが生じるため、調査ごとに改めて適切な因子の解釈が求められること(佐藤,2017)と、成功経験と失敗経験で類似

の因子構造とすることが分析において必要なために、因子分析の結果から、成功経験と失敗経験で十分な因子負荷量を示さなかった 2 項目とそれぞれで異なる因子に含まれた項目を除外し、残った 11 項目で再度因子分析(最尤法・プロマックス回転)を行ったところ、成功経験と失敗経験で類似の因子構造が確認されたことから 3 因子解を採択した(表 1,2)。

表1　成功経験に対する自伝的推論の因子分析結果

		1	2	3
転機	この出来事は現在の私の中心部分になっていると	0.966	-0.283	0.143
	この出来事は私の人生における転機だったと	0.865	0.096	-0.181
	この出来事は現在の私に	0.806	0.120	-0.004
	この出来事と今の自分との間につながりが	0.660	-0.072	0.307
重要	この出来事が起こった当時，そのことについて	-0.098	0.779	-0.023
	この出来事は大きな意味を持つと	-0.034	0.572	0.200
	この出来事にどんな意味があるのか	0.227	0.533	-0.032
	この出来事と関連する他の出来事を	0.002	0.473	0.112
	この出来事はその当時の私を	0.157	0.335	0.260
自己	この出来事は現在の私がどんな人間か	-0.205	0.031	1.035
	この出来事はその当時の私がどんな人間か	-0.075	0.286	0.431
因子間相関		1	2	3
	1	―	0.637	0.614
	2		―	0.596
	3			―

表2　失敗経験に対する自伝的推論の因子分析結果

		1	2	3
転機	この出来事は私の人生における転機だったと	1.109	-0.113	-0.116
	この出来事は現在の私の中心部分になっていると	0.896	-0.021	-0.107
	この出来事は現在の私に	0.748	0.029	-0.106
	この出来事と今の自分との間につながりが	0.402	0.283	0.068
重要	この出来事は大きな意味を持つと	0.018	0.760	0.054
	この出来事と関連する他の出来事を	0.165	0.674	-0.126
	この出来事が起こった当時，そのことについて	0.043	0.646	0.162
	この出来事にどんな意味があるのか	0.004	0.634	0.174
	この出来事はその当時の私を	0.276	0.574	-0.017
自己	この出来事は現在の私がどんな人間か	-0.084	-0.049	1.039
	この出来事はその当時の私がどんな人間か	-0.076	-0.161	1.027
因子間相関		1	2	3
	1	―	0.781	0.553
	2		―	0.531
	3			―

抽出された因子については、佐藤(2014)が定めた自伝的推論を構成する要素である「過程」と「内容」を参考にして定めることとする。自伝的推論の「過程」とは、想起した出来事について繰り返し熟考を重ね意味を見出すことを指し、「内容」は「過程」を経て得た意味づけの内容を示し、出来事が重要であるか、出来事と自己がつながっていることを強く意識し自己に成長や転機としてどれほど影響しているか、出来事がどれほど自分自身を定義づけているか、複数の出来事同士が関連し合っているかといった認識を含んでいる。

本研究で得られた因子は、第一因子を出来事をきっかけに自分自身が変わる転機となった認識を含むと捉え、「転機」因子とした。第二因子は出来事にどのような意味があるかを考える強い認識として捉え、「重要」因子とした。第三因子は、その出来事が過去も今も変わらない自分を表している認識とし、「自己」因子とした。

その他の尺度については、先行研究と変わらない因子構造を得られた。適応的諦観尺度は単純因子構造、生きがい感は「私は他人から信頼され頼りにされています」などの項目を含む「存在価値」因子、「私は今の生活に満足感があります」などの項目を含む「現状満足感」因子、「私は将来に希望を持っています」などの項目を含む「意欲」因子で構成されている。

次に自伝的推論尺度においては因子構造が先行研究と大きく異なるため、信頼性の検討を行った。各自伝的推論尺度の得点の記述統計と Cronbach の α 係数を表 3 に示す。

表3　自伝的推論尺度の記述統計およびCronbachの α 係数

		N	平均値	標準偏差	α
自伝的推論成功	転機	67	4.38	1.489	0.903
	重要	67	4.98	1.057	0.766
	自己	67	4.65	1.366	0.680
自伝的推論失敗	転機	68	4.74	1.377	0.858
	重要	68	3.91	1.440	0.870
	自己	68	5.49	1.681	0.941

成功経験に対する自伝的推論の「自己」因子のみ α =.680 とやや低い数値ではあったものの、おおむねの信頼性は得られたと判断し、以降の分析を行った。

続いて、成功経験に対する自伝的推論の程度で生きがい感に違いが現れるかを適応的諦観の有無に着目して検討する。まず、「適応的諦観」得点の平均値からデータを高群・低群に分類し、その後成功経験に対する自伝的推論の下位尺度である「転機」因子、「重要」因子、「自己」因子の 3 得点においても平均値からデータを高群・低群に分類した。自伝的推論得点の高群は各認識が強いことを示し、低群が認識が弱いことを示すこととする。適応的諦観得点の高群はその態度を有しているとし、低群はその態度があまり強くなく有しているとは言えない扱いとする。そして、「適応的諦観」得点の高群・低群と「転機」、「重要」、「自己」それぞれの得点の高群・低群を独立変数とし、生きがい感の下位尺度である「存在価値」、「現状満足感」、「意欲」の 3 得点を従属変数とし、2 要因の分散分析を行った(表 4~6)。それぞれの分散分析の結果、「適応的諦観」と「重要」の 2 要因分散分析において、「存在価値」における「重要」要因の主効果が有意であり、また「意欲」における「適応的諦観」要因の主効果が有意であった。「存在価値」については「重要」得点の高群のほうが低群よりも値が高くなり、「意欲」では「適応的諦観」得点の高群のほうが低群より値が高くなることが示された。つまり、適

表4　適応的諦観の有無における成功経験に対する自伝的推論(重要因子)の程度の生きがい感の変化の分散分析結果

適応的諦観	高		低		主効果		
重要	低	高	低	高	適応的諦観	重要	交互作用
存在価値	3.33(0.53)	3.90(0.59)	3.15(0.47)	3.43(0.70)	4.76	8.09*	0.98
現状満足感	3.75(0.80)	4.08(1.08)	3.59(0.68)	3.52(0.91)	2.41	0.31	0.77
意欲	3.73(0.79)	3.99(0.71)	3.26(0.86)	3.38(0.73)	7.40*	0.90	0.15

*** $p < .001$,** $p < .01$,* $p < .05$

表5　適応的諦観の有無における成功経験に対する自伝的推論(転機因子)の程度の生きがい感の変化の分散分析結果

適応的諦観	高		低		主効果		
転機	低	高	低	高	適応的諦観	転機	交互作用
存在価値	3.53(0.67)	3.91(0.54)	3.13(0.47)	3.48(0.70)	8.13*	6.40*	0.01
現状満足感	3.61(1.22)	4.32(0.61)	3.46(0.61)	3.71(0.98)	3.09	4.98	1.15
意欲	3.77(0.87)	4.04(0.58)	3.21(0.77)	3.46(0.83)	9.02*	1.937	0.01

*** $p < .001$,** $p < .01$,* $p < .05$

表6　適応的諦観の有無における成功経験に対する自伝的推論(自己因子)の程度の生きがい感の変化の分散分析結果

適応的諦観	高		低		主効果		
自己	低	高	低	高	適応的諦観	自己	交互作用
存在価値	3.61(0.66)	3.84(0.59)	3.16(0.54)	3.41(0.63)	8.66*	0.11	0.01
現状満足感	4.02(0.90)	3.96(1.11)	3.47(0.67)	3.68(0.91)	3.39*	0.74	0.35
意欲	3.77(0.71)	4.04(0.74)	3.14(0.83)	3.54(071)	9.21*	0.08	0.10

*** $p < .001$,** $p < .01$,* $p < .05$

表7　適応的諦観の有無における失敗経験に対する自伝的推論(重要因子)の程度の生きがい感の変化の分散分析結果

適応的諦観	高		低		主効果		
重要	低	高	低	高	適応的諦観	重要	交互作用
存在価値	3.37(0.71)	4.16(0.65)	3.11(0.58)	3.20(0.56)	15.77***	8.15*	5.13
現状満足感	3.93(0.65)	4.37(0.74)	3.63(0.79)	3.38(0.84)	11.09**	0.24	3.13
意欲	3.45(0.95)	4.28(0.80)	3.01(0.68)	3.07(0.79)	17.39***	5.03	3.71

*** $p < .001$,** $p < .01$,* $p < .05$

表8　適応的諦観の有無における失敗経験に対する自伝的推論(転機因子)の程度の生きがい感の変化の分散分析結果

適応的諦観	高		低		主効果		
転機	低	高	低	高	適応的諦観	転機	交互作用
存在価値	3.29(0.62)	4.04(0.73)	3.16(0.61)	3.13(0.51)	9.14*	4.41*	5.26
現状満足感	4.04(0.78)	4.25(0.72)	3.57(0.79)	3.45(0.86)	8.76*	0.05	0.61
意欲	3.82(0.67)	4.00(1.02)	3.06(0.69)	3.00(0.81)	15.15*	0.07	0.28

*** $p < .001$,** $p < .01$,* $p < .05$

表9　適応的諦観の有無における失敗経験に対する自伝的推論(自己因子)の程度の生きがい感の変化の分散分析結果

適応的諦観	高		低		主効果		
自己	低	高	低	高	適応的諦観	自己	交互作用
存在価値	3.58(0.59)	4.01(0.83)	3.09(0.47)	3.19(0.64)	15.45***	2.44	1.01
現状満足感	4.20(0.67)	4.19(0.77)	3.76(0.65)	3.35(0.88)	10.71*	1.16	1.10
意欲	3.60(0.99)	4.15(0.88)	3.18(0.64)	2.93(0.78)	16.00***	0.58	3.75

*** $p < .001$,** $p < .01$,* $p < .05$

応的諦観をあまり有していなくても成功経験が自分から見て重要な意味を持っていると認識することで自分の存在価値を高める可能性があることが示唆された。次に「適応的諦観」と「転機」の 2 要因分散分析の結果では、「存在価値」における「適応的諦観」要因と「転機」要因の主効果が有意であり、「意欲」因子における「適応的諦観」要因の主効果が有意であった。「存在価値」は、「転機」得点の低群よりも高群のほうが値が高いため、適応的諦観の有無にかかわらず、成功経験に対してそれが新しい自分との出会いや成長するための転機となったという認識がよりなされたと言える。「適応的諦観」と「自己」の 2 要因分散分析の結果は、生きがい感の 3 因子における「適応的諦観」要因の主効果が有意であり、それ以外は有意ではなかった。

次に、失敗経験に対する自伝的推論の程度で生きがい感に違いが現れるかを適応的諦観の有無に着目して検討する。分析は、成功経験と同様の手順をふみ、「適応的諦観」得点の高群・低群と「転機」、「重要」、「自己」それぞれの得点の高群・低群を独立変数とし、生きがい感の下位尺度である「存在価値」、「現状満足感」、「意欲」の 3 得点を従属変数とし、2 要因の分散分析を行った(表 7~9)。その結果、「適応的諦観」要因の主効果がどの分散分析の結果においても生きがい感の 3 因子に確認され、適応的諦観を有しているほど生きがい感の得点は増すと捉えられる。その他には、「適応的諦観」と「重要」の 2 要因分散分析の結果で、「重要」要因の主効果が「存在価値」において有意であり、「適応的諦観」と「転機」の 2 要因分散分析の結果においても、「転機」要因の主効果が「存在価値」に有意であり、適応的諦観の影響を除くと、成功経験を想起させている場合と類似する結果となった。

考察

本研究では、成功経験を想起させた場合と失敗経験を想起させた場合のそれぞれで自伝的推論の程度と適応的諦観の有無が生きがい感への影響を検討した。

自伝的推論の程度と適応的諦観の有無で分散分析を行った結果、交互作用は見られなかったが、自伝的推論の程度の差と適応的諦観の有無の差のそれぞれで生きがい感が変わることが確認された。特に自伝的推論の自分から見て出来事の意味を考え重要な意味を持っているという認識と出来事が新しい自分との出会いや成長するための転機となったという認識が自分自身が周囲の役に立ったり成長できたりするなどの価値を認められることにつながることが示唆された。しかし本研究からは、成功経験を想起した場合でも失敗経験を想起した場合でも同様に自分自身の存在価値を認められることを意味する充実感を得られる可能性があると考えられた。日本の学生は出来事がより重要であれば正と負のどちらの出来事であったとしても内的、安定的に原因帰属を行うこと(新名,1984）からも、成功したか失敗したかよりもその出来事の重要性を捉え、自分自身とのつながりや意味を考えることが経験を振り返り活かそうとすることには有用であると考えられる。

適応的諦観に関して菅沼(2018)は、現在の出来事と未来や過去の出来事を関係づける時間的展望と深いかかわりがあることを述べており、現在にネガティブな要素を含むことがあってもそれはそれとして受け止めとらわれない姿勢を有するとしていることから、適応的諦観を有する人は過去の自己と現在の自己とをつなげて考えようとする自伝的推論を活発に引き起こし、生きがい感を高めるだろうと考えたが、自伝的推論の生きがい感への影響に適応的諦観の影響は加味されず、成功経験を想起しているとどの内容の自伝的推論を行っていても生きがい感としての意欲を高め、失敗経験を想起している場合では、生きがい感全体への影響が見られ、仮定した結果は得られなかったが、適応的諦観は提言されてからまだ日が浅く、受容ともとれるネガティブな要素に縛られない適応的な態度の側面を持つ諦観の機能として生きがい感を高める可能性を含む結果は新たな知見を加えるものと考える。

今後、具体的にどのような経験と意味づけがポジティブな効果を生むのか想起と自伝的推論の内容に関しても検討を重ねていきたい。

引用文献

[1] Bluck, S., & Glueck, J. (2004). Making things better and learning a lesson:Experienc ing wisdom across the lifespan. Journal of Personality, Vol.72, pp.543-572.

[2] .Bluck, S., & Habermas, T. (2000). The life schema. Motivation and Emotion,Vol.24, 121-147.

[3] 近藤勉・鎌田次郎 (1998). 現代大学生の生きがい感とスケール作成 健康心理学研究, Vol.11, No.1, pp.73-82.

[4] 新名理恵 (1984). ASQ 日本版による大学生の原因帰属スタイルの検討 日本心理学会第 48 回発表論文集, pp.619.

[5] 佐藤浩一・清水寛之 (2012). 中学校時代の教師に関する自伝的記憶：日常的な出来事に対する自伝的推論の検討 認知心理学研究, Vol.10, No.1, pp.13-27.

[6] 佐藤浩一 (2014). 自伝的推論－概念ならびに評価方法の整理と包括的な枠組みの提案－ 群馬大学教育学部紀要人文・社会科学編, Vol.63, pp.129-148.

[7] 佐藤浩一 (2015). 教師の思い出、家族の思い出に対する自伝的推論－教職志望、世代との関連－ 群馬大学教育学

部紀要人文・社会科学編, Vol.64, pp.145-156.
[8] 佐藤浩一 (2016). 成功経験と失敗経験に対する自伝的推論 群馬大学教育学部紀要人文・社会科学編, Vol.65, pp.187-198.
[9] 佐藤浩一 (2017). 成功経験と失敗経験に対する自伝的推論とアイデンティティ発達,適応との関連 認知心理学研究, Vol.14, No.2, pp.69-82.
[10] 菅沼慎一郎 (2018). 精神的健康における適応的諦観の意義と機能 心理学研究, Vol.89, No.3, pp.229-239.
[11] 上田琢哉 (1996). 自己受容概念の再検討－自己評価の低い人の上手なあきらめとして－ 心理学研究, Vol.67, No.4, pp.327-332.
[12] 山本晃輔 (2015). 重要な自伝的記憶の想起がアイデンティティの達成度に及ぼす影響 発達心理学研究, Vol.26, No.1, pp.70-77.

ランダムドット運動刺激の速度と運動残効の持続時間の関係：計算科学的モデルの構築に向けて

Relationship between Random Dot Motion Stimulus and Motion Aftereffect Duration Toward Computational Scientific Modeling

朱　剣[†]，日髙　昇平[†]
Jian Zhu, Shohei Hidaka
[†]北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract

Motion aftereffect is a phenomenon in which people adapt to a motion stimulus for a relatively long time, and after the motion stops, perceive a motion of a stimulus that should not exist (opposite to the presented direction). Excluding the phenomenon of motion aftereffect from the visual model is the main limitation of mainstream theoretical models. Researchers have proposed models by adding structural units in which motion aftereffects occur to the mainstream theoretical model. There are two attributes of motion aftereffect: the direction of the stimulating motion and the speed of the stimulating motion. However, these theoretical models are limited to the explanation of the direction of motion aftereffect, and the relationship between the duration of motion aftereffect and the speed of motion stimulus is not clarified. The purpose of this study is to construct a computational model that predicts the relationship between the speed of exercise stimulus and the duration of exercise aftereffect, and to explain the findings of psychophysical experiments of exercise aftereffects computationally.

Keywords — Motion Aftereffect, Visual Cortex, Velocity Perception, Computational Model

1.　はじめに

運動残効は人々が比較的長い時間に運動刺激に順応し，その運動が停止した後，存在しないはずの刺激の(提示された方向とは逆向きの)動きを知覚する現象である．運動残効は，運動知覚を促進するための指標と見なされる．Mather らの実験では，ストライプカバレッジがない場合と比較し，ストライプカバレッジがランダムドット運動刺激の動きの知覚を促進することを示している[1]．その理由は，後者のほうが運動残効は短いからである．一方，スリット錯視と呼ばれる錯視では，ストライプカバレッジで覆われたランダムドット運動刺激がストライプカバレッジで覆われていないランダムドット運動刺激と比較される．ランダムドット運動刺激の速度はどちらの場合も同じだが，被験者は前者の動きが速いようだと報告する傾向がある． Mather らの実験とスリット錯視によって明らかにされた現象を組み合わせて見ると，速度知覚の逸脱は運動残効と何らかの相関関係があると考えられる．

運動残効の現象を視覚モデルから除外することが，主流な理論モデルの主な制限である．この制限を解決するために，van de Grind らは第五次視覚野に相当する脳の領域において運動残効が発生する構造単位を追加し，モデルを提案した[2]．これに対し，Pavan らは第一次視覚野に相当する脳の領域において運動残効が発生する構造単位を追加し，順応時間と運動残効の持続時間の関係を説明した[3]．2 つの研究において追加された構造単位は同等であり，広く受け入れられている．一方，運動残効には刺激運動の方向性と刺激運動の速度の２つの属性がある．刺激運動速度と持続時間は密接に関連している[4]．ただし，これらの理論モデルは運動残効の方向性の説明に限定されており，運動残効の持続時間と運動刺激の速度の関係については，明らかにされていない．

2.　目的

本研究の目的は，運動刺激の速度と運動残効の持続時間との関係を予測する計算モデルを構築し，運動残効の心理物理実験の知見を計算論的に説明することである．

3.　心理物理実験

ランダムドット運動刺激の速度と運動残効継続時間の単調に減少する関数という関係を追試で確認する．

■方法

北陸先端科学技術大学院大学の院生 5 名（年齢 M =24.00, SD=2.26）は実験を参加した. 被験者は全員，正常視力であった．実験ではレーザー視距離計（Leica 社 DISTO plus 型），実験専用コンピューターを用いた．図 1 に実験刺激のイメージを示している．中央の十字形は 2 ㎜×2 ㎜でおり，ランダムドットは 1.5 ㎜×1.5 ㎜であった．

刺激呈示の速度は 17 種類があった.各試行の最初に，画面の中心に注視点が呈示された．次に運動刺激が呈示された．被験者は 30 秒続けて注視点を注目してい

た．そして，30 秒後に静止刺激が提示された．被験者は注視点を注目しつづけ，元の方向と反対の動きを知覚した．被験者にこの現象が止まったと判断する時点で，キー押しを求められた．これらの手続きを 1 試行とし，14 試行を行った．

■結果

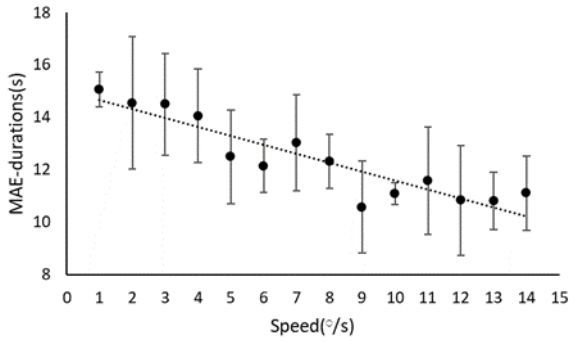


図 1　ランダムドット運動刺激の速度(横軸)と運動残効の平均持続時間の関係(縦軸)

図 1 にランダムドット運動刺激の速度と運動残効の持続時間の関係を示す．提示した運動刺激の速度の増加に従い運動残効の継続時間は減少する傾向が示される．

「運動残効の平均持続時間」に対して 1 要因参加者内計画の分散分析を行った結果，ランダムドット運動刺激の速度の効果が有意に認めたれた（$F(13, 52)=12.17$ $p<.05$）．そこで，有意水準５％で Holm 法による多重比較を行ったところ，速度 1°/s の場合は、8，9，10，11，12，13，14°/s の場合より、運動残効の平均持続時間は有意に長かった。

速度 2°/s の場合は、6，8，9，10，11，12，13，14°/s の場合より、運動残効の平均持続時間は有意に長かった。速度 3°/s の場合は、8，9，10，11，12，13，14°/s の場合より、運動残効の平均持続時間は有意に長かった。速度 4°/s の場合は、9，10，11，12，13，14°/s の場合より、運動残効の平均持続時間は有意に長かった。速度 7°/s の場合は、9，12，13°/s の場合より、運動残効の平均持続時間は有意に長かった。他のペアは有意差が認められなかった。

4.　モデル化に向けて：　先行研究のモデルの整理

長年にわたり，コンピュータビジョンや神経科学などのさまざまな分野で多くの運動処理モデルが提案された．提案されている生物学に解釈可能なモデルのほとんどは，視覚運動処理に関与する異なる脳領域間の役割と相互作用を理解する試みである．既存のモデルの変換と再構築により，運動後の効果と運動刺激の速度を表す計算モデルを確立する．

Adelson らは，位相に依存しない動き検出器を提案した（図 2）．Adelson-Bergen の運動エネルギーモデルでは 2 つの線形時空間要素を組み合わせ，それらの 2 乗応答を合計する．数学的便宜上，Gabor 関数の理想的な場合を考える．1 つのケースには偶数フェーズ（コサイン）があり，もう 1 つのケースには奇数フェーズ（サイン）がある．典型的な一次元 Gabor 時空単位は以下の 1 次元空間と時間の関数で表される：

$$F_{odd}(x,t) = \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)\sin(\omega_x x + \omega_t t)$$

$$F_{even}(x,t) = \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)\cos(\omega_x x + \omega_t t)$$

これらの式において σ はガウス分布の標準偏差を表す．ω_x と ω_t はそれぞれ空間周波数と時間周波数を表すである．

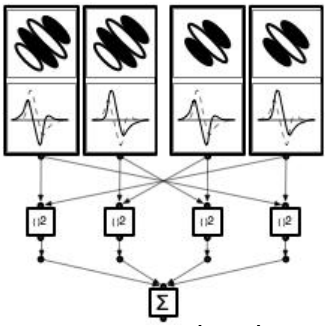


図 2　Adelson and Bergen (1985)によって提案された運動エネルギーモデル

Nowlan and Sejnowski (1994, 1995)は，オクルージョンされた透明な移動オブジェクトの 2 次元速度を計算するためのモーション処理モデルを提案した．彼らの目標は，正確な速度表現を持つことではなく，画像をコヒーレントな動きの領域にセグメント化し，各領域の速度の推定値を提供し，最も信頼できる推定値を積極的に選択することである．モデルは，処理の最初の段階でモーションエネルギーフィルターを使用し，2 つの異なる単位応答を並列で計算する．1 つの単位のセットは局所速度を推定し，2 番目のセットはこれらの局所推定からグローバル速度をサポートするものを選択する(図3)．

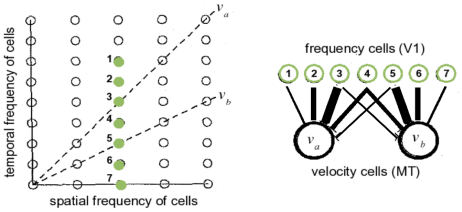


図3　Grzywacz and Yuille (1990)によって提案された速度計算の戦略

ネットワーク構造と脳の操作アルゴリズムを参照して開発されたディープニューラルネットワーク（DNN）は，コンピューターを含む幅広い分野で顕著な成功を収めている．人間の脳，特に大脳皮質は，少なくとも部分的に教師なしの方法で世界を学習する．教師なし学習に基づくこれらの理論は，脳が絶えずリアルタイムで取得される視覚情報からオブジェクトの時空間構造を抽出し，移動するオブジェクトの将来の位置と図形を予測することを示唆している.知覚の予測能力が不可避の神経遅延を補間し，人間の行動がリアルタイムで進行している世界に適応していると想定されている.自動エンコーダネットワークまたは反復性メモリセル（長期短期メモリ，LSTM）を組み込んだ生成的敵対的ネットワークを使用すると，動画内のオブジェクトの将来の状態を予測することが可能になる.PredNet と呼ばれる DNN は，予測コーディング理論に基づいて本質的に設計されている[9][10]. 大脳皮質の視覚系の情報処理メカニズムを包括的に説明する.PredNet は，ビデオシーケンスの将来のフレームを予測することを学習する.ネットワークの各レイヤーは，上位レイヤーからの後方情報を使用してローカル予測を行い，それらの予測からの差分値のみを後続の上位ネットワークレイヤーに転送する（図４）.

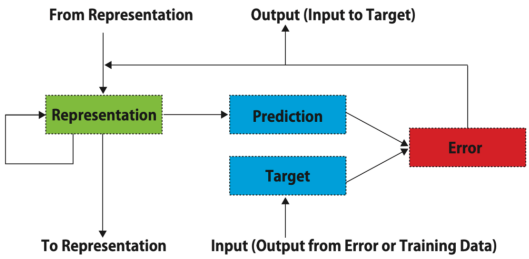


図４ Lotter(2016)によって提案された PredNet モデル

5. Prednet モデルでの探測

人間の視覚予測は非常に正確ですが，錯覚の場合など，「間違い」が時々行われます．予測コーディング理論は，錯覚を生成する理論的なメカニズムであることが示唆されると考えている．予測コーディング理論がこの錯覚を説明するとしたら，PredNet が人間の視覚的錯覚に関連するものと同様の「間違い」も生じると推測する．

■実験

自然画像シーケンスの学習のためのランダムハイパーパラメーター検索の以前の結果によると，すべての畳み込みに対して3×3 のフィルターサイズを使用する 4 層モデルと，層ごとのスタックサイズが 3，48，96，および 192 の 4 層モデルが採用される[9]．モデルの重みは，Adam アルゴリズムとデフォルトのパラメーターを使用して最適化される[11]．モデルは，Charades データセットのビデオを使用して，平均二乗誤差でトレーニングされた．ランダムに選択されたビデオがダウンサンプリングされ, MP4（幅 160×高さ 120 ピクセル，30 fps）にフォーマットされた．シリアル静止 JPEG 画像（160×120 ピクセル）に再フォーマットされた. 全体として, トレーニングセットは約 490K の画像で構成されていた．各画像セットは，ネットワークに順次入力された．モデルは，バッチの最後の予測エラーを使用したバックプロパゲーションにより，連続する 32 の画像（バッチ）ごとに更新された．トレーニングは，Crey-XC40 で約 28 時間続いた．

■結果

PredNet 予測では，ランダムドット運動刺激が用いられた．刺激は 15 フレームシーケンスとして作成された。

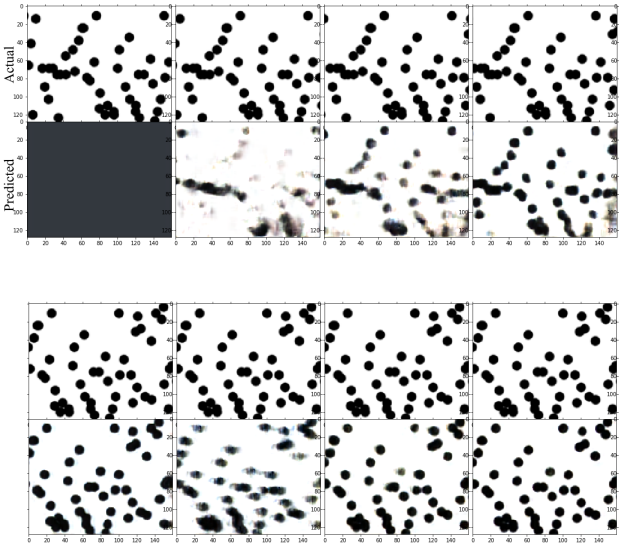


図５ PredNet によるフレームごとの予測結果

6. RC 積分

本研究では，モデルの新しい拡張機能は，「漏れやすい積分器」（図 6）回路を使用してモーションセンサーに分裂的なフィードフォワードゲイン制御を実装する．一般的な特徴は，任意の時点での出力信号が，過去の入力の大きさに比例して，入力の一部であることである．漏洩積分回路の最も単純な形式は，RC 積分器として知られている．出力は，入力値が増加するにつれて増加する割合で，漸近的にゼロに向かう傾向が

ある．このような単純なRC積分器では，出力にゼロの制限値がある．これは，特定の神経回路が十分に長い時間刺激を受けた場合にゼロ効率に達することを意味する．その結果，一定の方向性刺激にさらされると，対応するセンサーが完全に無音になる．この行動が生理学的または精神物理学的に観察されることは非常に多い．

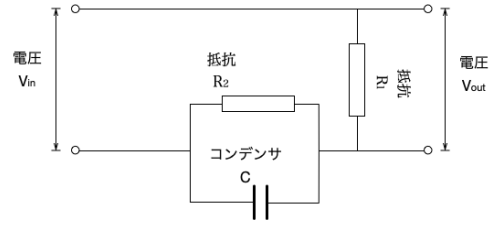


図６　モデルの新しい拡張機能の漏洩積分回路

この「漏洩積分回路」の効果は次のとおりである。一定強度の入力信号の場合、出力信号の強度は入力信号の1/ α （$1<\alpha<\infty$）である。入力信号強度が0の場合、出力端は一定期間信号を出力し続け、出力信号の強度は徐々に減少してゼロに戻る。

図6に示す回路の入力電圧と出力電圧（電圧は時間の関数です）の関係を次の関数で表される：

$$V_{out} = V_{in} - c_1 e^{-\frac{t}{R_1C}-\frac{t}{R_2C}} + \frac{1}{R_1C} e^{-\frac{t}{R_1C}-\frac{t}{R_2C}} \int_1^t e^{\frac{\xi}{R_1C}+\frac{\xi}{R_2C}} \cdot V_{in}(\xi) d\xi$$

7.　今後の研究

以上の先行研究を踏まえて，今後の課題として漏洩積分回路をPredNetモデルに埋め込み，新たなモデルを構築する．大会発表ではモデルシミュレーションの結果とモデルの有効性の分析について報告する予定である．

参考文献

[1] Mather G., Pavan A., Bellacosa R. M., & Casco C., (2012) “Psychophysical evidence for interactions between visual motion and form processing at the level of motion integrating receptive fields”, Neuropsychologia, Vol. 50, No. 1, pp. 153-159.

[2] van De Grind W. A., Lankheet M. J. M., & Tao R., (2003) “A gain-control model relating nulling results to the duration of dynamic motion aftereffects”, Vision research, Vol. 43, No. 2, pp. 117-133.

[3] Pavan A., Contillo A., & Mather G., (2013) “Modelling adaptation to directional motion using the Adelson-Bergen energy sensor”, PloS ONE, Vol. 8, No. 3.

[4] Pantle A., (1974) “Motion aftereffect magnitude as a measure of the spatio-temporal response properties of direction-sensitive analyzers”, Vision Research, Vol. 14, No. 11, pp. 1229-1236.

[5] Adelson E. H., & Bergen J. R., (1985) “Spatiotemporal energy models for the perception of motion”, Josaa, Vol. 2, No. 2, pp. 284- 299.

[6] Nowlan S. J., & Sejnowski T. J., (1995) “A selection model for motion processing in area MT of primates”, Journal of Neuroscience, Vol. 15, No. 2, pp. 1195-1214.

[7] Nowlan S. J., & Sejnowski T. J., (1994) “Filter selection model for motion segmentation and velocity integration”, JOSA A, Vol. 11, No. 12, pp. 3177-3200.

[8] Wilson H. R., Ferrera V. P., & Yo C., (1992) “A psychophysically motivated model for two-dimensional motion perception”, Visual neuroscience, Vol. 9, No. 1, pp. 79-97.

[9] Jackson, P., Wuerz, R., Hariskos, D., Lotter, E., Witte, W., & Powalla, M. (2016). Effects of heavy alkali elements in Cu (In, Ga) Se2 solar cells with efficiencies up to 22.6%. physica status solidi (RRL)–Rapid Research Letters, 10(8), 583-586.

[10] Rao, R. P., & Ballard, D. H. (1999). Predictive coding in the visual cortex: a functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects. Nature neuroscience, 2(1), 79-87.

[11] Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. arXiv preprint arXiv:1412.6980.

ハンドトラッキングを用いた操作における運動手順の分離が運動主体感と身体所有感に与える影響

Influence of separation of motion on Sense of Agency and Ownership in hand tracking operation

千葉 哲志[†]，山崎 治[‡]
Tetsushi Chiba, Osamu Yamazaki
[†]千葉工業大学大学院，[‡]千葉工業大学
Graduate School of Chiba Institute of Technology, Chiba Institute of Technology
s1532100fs@s.chibakoudai.jp

Abstract

In this research, we aimed to clarify how the separation of motion into "positioning" and "action" affects the sense of agency and ownership. In the experiment, participants performed the task of moving and shaping a one-handed avatar displayed in the VR space to a specified area and shape using a hand-tracking operation. As a result, we found that the separation of motion forms a sense of agency, but not a sense of ownership.

Keywords — Sense of Agency, Sense of Ownership, Virtual Reality

1. はじめに

近年、情報技術の発展はめざましく、多様化するアプリケーションのインタフェースデザインについて渡邊(2017)は、近年のセンサの発達によりジェスチャ操作が一般的になりつつあることを指摘した。その一方で、身体や知覚の特性の理解とそれをどのように設計に落とし込むかは課題が多く、分野を横断して知見を融合した設計論が求められるとしている。さらに齊藤(2019)は、ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI)の分野においては、操作者が身体の運動によって操作対象を操作するようなインタフェースの有用性が示されており、その理由としてその対象を自己の身体と同一あるいは延長するものとして捉えていることが挙げられるとしている。

Gallagher(2000)は基本的な自己の認識について”narrative self”と”minimal self”の２つに分けて考察しており、”narrative self”を過去と未来で構成されるアイデンティティとしての自己、”minimal self”を経験から生じる即時的な自己としている。前段で述べた「対象を自己の身体と同一あるいは延長するものとして捉えている」という現象は”minimal self”に該当する。Gallagher(2000)はこの”minimal self”を構成する感覚として、「運動主体感(sense of agency)」と「身体所有感(sense of ownership)」という２つの概念からなると提唱している(これらは自己主体感/自己所有感とも呼ばれる)。これら２つの概念は、「自分が」操作しているという感覚を生じさせる体験をデザインする上で重要な概念である。

Gallagher(2000)によれば、運動主体感とは、ある運動に対して「自分が引き起こした」と感じる感覚のことである。例えば、自分でサッカーボールを蹴って飛んでいくところを見た際に「自分が蹴ったことでボールが飛んでいる」と認知する感覚である。運動主体感は必ずしも自身が直接引き起こす運動である必要はなく、例えば手をパンと叩いた際に遠くにある風船が偶然割れたような場合に、あたかも「自分の拍手の衝撃によって風船が割れたのではないか」と錯覚してしまうような場合であっても生じる。

一方で身体所有感とは、あるモノが「自分の体の一部のように感じられる」感覚のことである。身体所有感は、自分の身体は当然ながら、自分の身体以外のモノにも感じることができるということが知られている。例えば、テニスの選手はラケットを文字通り「手足のように」意のままに操ることができ、特別な意識をせずともあたかも腕の延長であるかのような感覚で扱い、ボールを打つことができる。

我々が身体所有感・運動主体感を感じる(拡張される)条件について、瀧見・坂本・小野(2017)は表 1 のようにまとめており、時間的なズレの有無や、対象物の形状条件のいずれの点においても、運動主体感のほうが容易に感じるとしている。

近年では、運動主体感や身体所有感を利用して人間の感覚を拡張する研究が行われており、VR やその他のトラッキング技術を用いた、現実世界の身体感覚とは異なる場合の「自己」の感覚についての検証がなされている。一例として小柳・大村(2017)の研究では、VR 空間上での飛行体験においてヒト型のアバタではなく「鳥アバタ」を用いることで身体所有感の向上を図り、飛行体験に対する没入感を向上させることを明らかにしている。

表 1 自己所有感と自己主体感が拡張されるために必要な条件 (瀧見他, 2017)

	視触覚刺激	操作対象の形状
自己所有感	同期している（誤差 0.3s 以内）	身体図式と矛盾しない形状
自己主体感	運動結果の予測と視覚フィードバックが一致している（同期している必要はない）	形状に制限なし

近年では、運動主体感や身体所有感を利用して人間の感覚を拡張する研究が行われており、VR やその他のトラッキング技術を用いた、現実世界の身体感覚とは異なる場合の「自己」の感覚についての検証がなされている。一例として小柳・大村(2017)の研究では、VR 空間上での飛行体験においてヒト型のアバタではなく「鳥アバタ」を用いることで身体所有感の向上を図り、飛行体験に対する没入感を向上させることを明らかにしている。

多くのこのような研究では、現実の身体の運動をそのままアバタの運動に反映させることがほとんどであり、その状態での運動主体感・身体所有感を題材としている。VR などを始めとしたトラッキングを用いてアバタを運動させる場合、アバタの位置を自分の意図した位置に持っていく「ポジション」と、叩いたり掴んだりといった意図した行動を起こす「アクション」の 2 つの手順に分離できると考えられる。例えば物を掴む際には、対象物のところまで手を伸ばし（ポジション）、その後掴むというアクションを起こしている。これらは現実では特に意識されることなく行われている手順だが、VR 空間等の「仮想的な自分の身体」を操る際には顕著に意識されると考えられる。既存の研究はこの 2 つの手順が直感的に行われる状態でなされているが、この手順が直感的に行えず分離された状態で運動主体感・身体所有感が保持されるのかどうかは明らかになっていない。

そこで本研究では、「ポジション」と「アクション」の操作が分離された状態における運動主体感・身体所有感について、VR 空間上でハンドトラッキングを用いて、体の無い手首から先を模った手アバタのみを操作する課題を通して検証する。このような状態の具体例として、VR 空間上で右手のモデルが表示されているとき、リアルの左手ポジションが反映されて VR 上の位置が決定されているとする。このとき、手の開閉やそれに伴う VR オブジェクトの把持はリアルの右手アクションによって操作される、といった状態である。

一見、これらの手順を分離することによって運動主体感・身体所有感は低下するようにも感じられるが、その一方で運動主体感の形成条件とされる運動結果の予測とフィードバックの一致、身体所有感の形成条件とされる運動の同期と身体図式との矛盾が小さく感じられる可能性があり、表 1 における条件に当てはまり、「ポジション」「アクション」の操作手順によらず運動主体感・身体所有感が保持される可能性が考えられる。

運動主体感や身体所有感の関係や、その形成要因について「操作手順の分離」という観点から検証・考察することで、VR のみならず今後様々な分野におけるインタフェース設計に役立てられると考えられる。

2. 目的

本研究では、運動主体感・身体所有感の形成に必要な要素について明らかにし、これらの感覚の形成にとって「ポジション」と「アクション」という運動手順の統合/分離が重要な要素であるかどうかについて検証する。さらに、可能であればこのような操作手順の分離を 2 次元の GUI アプリケーション操作に導入した場合について、VR 上で 3 次元的に操作する場合と比較し、その有効性や本条件での運動主体感・身体所有感の形成の差異について検証する。それら結果を踏まえ、今後の運動主体感・身体所有感を用いたインタフェース設計の指針を提案することを目的とする。

したがって本研究では、VR 空間において表示される片手の位置と表裏を決める「ポジション」と、握る・摘むなどを行う「アクション」の操作の手順について、それらが統合している通常の感覚の操作方法を【統合条件】、一方の手を「ポジション」のみ、もう一方の手を「アクション」のみの操作に割り振った操作方法を【分離条件】として実験を行い、それらの条件設定が運動主体感や身体所有感に及ぼす影響を検証する。

3. 実験

3.1. 実験環境

Oculus VR 製 Oculus Quest のヘッドマウントディスプレイ(以下、HMD)を用いた。Oculus Quest は外部機器接続を必要としないスタンドアロン型 HMD であり、コントローラを必要とせず、ユーザの手指を認識して操作することが可能なハンドトラッキング機能を有して

いる。本研究では、このハンドトラッキング機能を用いた VR 空間上に表示される手アバタを操作するアプリを制作して実験に用いた。アプリの制作には Unity(バージョン:2019.1.8f1)を利用し、実験の各種機能 (課題の提示・残り時間の表示)は C#で記述を行った。

実験用アプリでは以下の機能を実装した（図１）。

- ハンドトラッキング機能を利用して参加者の手の位置及び指の形状を認識し、VR 空間内に「手アバタ」を表示する（図１中の手の影のモデル）。表示される手アバタは片手のみ（操作を行わない側の手アバタを透明とし、操作者から見えない状態）とした。
- 課題やインストラクションを提示するため、VR 空間内にメッセージを表示する。メッセージの提示場所は HMD の動きに追従し、常に視界の中央に固定して表示された。
- 課題の提示タイミングを制御するとともに、反応時間を取得するため、タイマー機能を実装した。タイマーもメッセージとして表示を行った。

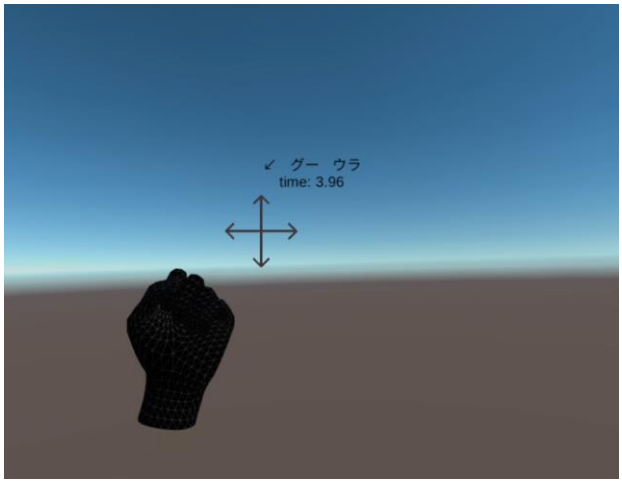


図１ 実験風景

3.2. 参加者・実験計画

実験には情報科学を専攻する大学院生 2 名が参加した。実験計画は、ポジションとアクションの操作手順の統合/分離の 2 条件を設けた 1 要因 2 水準参加者内計画とした。

3.3. 課題

3.3.1. 手アバタの操作課題

課題は、ハンドトラッキングによる操作で、VR 空間上で表示される片手アバタを指定された領域に移動させつつ指定された手アバタの形をつくるものとした。

手アバタの移動の操作は「ポジションの操作」であり、画面に表示された十字のうち矢印で示された方向の領域に手を移動するものとした。移動先の領域は図 2 のように、画面の右上／左上／左下／右下の 4 領域から指定された。例えば、十字上の矢印が左下を指していた場合は、左下の領域に手を移動するものとした。この際、手首部分から手先までがその領域内に入っていればよいものとした。ただし、手の移動量を考慮し、十字はポジションを操作する側の手にやや寄った形で表示した（例えば、左手でポジションを操作する場合は左に寄った形で十字が表示される）。手アバタの形をつくる操作は「アクションの操作」であり、 じゃんけんの手（グー／チョキ／パー）と手の向き（掌を自身側に向ける（表）／外側に向ける（裏））の組合せで指定された。

手アバタの操作は各試行 5 秒を制限時間として実行することとした。さらに、実験参加者の利き手を考慮し、【統合条件】では「利き手操作」と「非利き手操作」、【分離条件】は「利き手ポジション操作（非利き手アクション操作）」「非利き手ポジション操作（利き手アクション操作）」のそれぞれを課題として、4 種類の課題を各 10 試行ずつ実施した。各試行で指定される内容は、移動の領域、じゃんけんの手、手の向きの 3 要素をランダムで組合せて提示した。ただし、領域については直前の試行と同じ領域になることはないようにした。

課題を行う際には頭をなるべく動かさず、特に分離条件における操作の際には、アクション側の手は脇を締めて肘を軽く曲げ、極力腕を動かさないように指示した。ただし、課題開始時の VR 空間内の手アバタのスタンバイ位置や形については特に指示をしなかった。

各試行で、指定されたポジションおよびアクションが完了するまでの時間を反応時間として測定した。

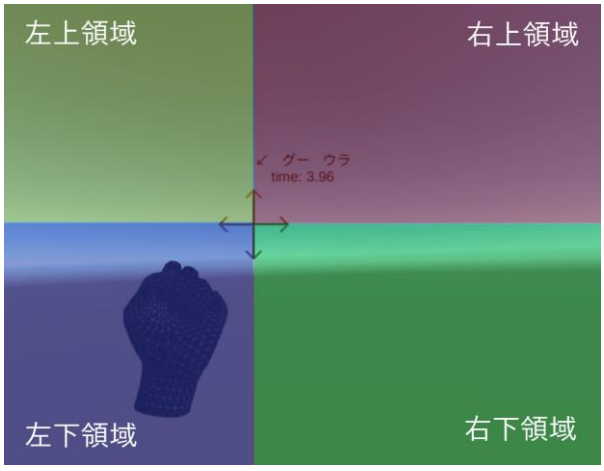


図 2 課題中の領域の図示

3.3.2. アンケート

4 種類の課題終了後に運動主体感や身体所有感について問うためのアンケートを作成した。表 2 にアンケートの設問を示す。このアンケートは小柳他(2017)や宮路・舟橋・谷田(2019)が用いたアンケートの設問を参考に作成した。実験参加者が課題を通して手アバタに対しどのように感じたかといった運動主体感・身体所有感に関する主観的評価を、1:当てはまらない～5:当てはまる）の 5 段階評価で質問した(設問 6 を除く)。

表 2 運動主体感・身体所有感のアンケート

設問 1	表示された手を「自分が操作している」という感覚はありましたか？
設問 2	表示された手を「自分の身体の一部（延長）」のように感じられましたか？
設問 3	表示された手を直感的に操作できましたか
設問 4	操作に素早く慣れる事ができましたか？
設問 5	操作は難しく感じましたか？
設問 6	操作していた手は左右どちらの手のように感じましたか？
	(1:右手, 2:左手, 3:どちらにも感じた, 4:どちらにも感じなかった)

さらにすべての課題終了後に、利き手や実験全体の難度、感想についての質問をした。表 3 に全体アンケートの設問を示す。

表 3 全体アンケート

設問 1	利き手はどちらですか？（1:右手, 2:左手, 3:両手)
設問 2	課題を行うのに難しいと感じた順に番号を振ってください
	（右手（普通）/ 右手で手の場所を動かし、左手で手指を動かす
	左手（普通）/ 左手で手の場所を動かし、右手で手指を動かす）
設問 3	ご意見・ご感想があればお書きください

3.4. 手続き

実験は 1 名ごとに行い、両手を広げて回しても手がぶつからない広い場所で椅子に座って行った。実験の導入として、統合条件及び分離条件でのハンドトラッキングを説明・体験してもらい、参加者がその挙動や仕組みを十分に理解したことを確認した。その後、課題についての説明として課題の始め方や解答方法、手の動かし方・仕組みなどを説明し、参加者の理解に不足がないことを確認してから実験に移った。

実験では、①利き手課題（統合条件）、②非利き手課題（統合条件）、③利き手ポジション課題（分離条件）、④非利き手ポジション課題（分離条件）の 4 条件による課題を各 1 回ずつ行った。この際、統合条件と分離条件の順序効果を考慮して、課題を実施する順番は参加者ごとにランダムとした。

アプリを起動すると中央のタイマーが30秒からカウントダウンを開始し、残り時間が 0.00 秒になると、それ以降は 5 秒毎に課題が 10 問連続で提示された。この時タイマーはカウントアップし、タイマーが 5.00 秒を示すと同時に次の課題を提示するようにした。また、すべての課題が終了すると、「終了です」の表示とともにタイマーがストップするようにした。

課題中は、課題遂行の様子を Oculus の録画機能およびスマートフォン(Google Pixle3)で録画するとともに、各試行にかかった時間を計測した。1 つの課題が終了するごとに HMD を外してもらい、実験参加者が感じた運動主体感・身体所有感について問うアンケートを実施した。実験終了後、実験全体の難度と感想を問う全体アンケートを実施した。

4. 結果

4.1. 達成時間

条件ごとの各試行の平均達成時間のグラフを示す。実験参加者全員の全条件・全試行において、達成できなかった試行は存在せず、統合条件も分離条件も共に 10 試行*2(左右)=20 試行ずつであった。

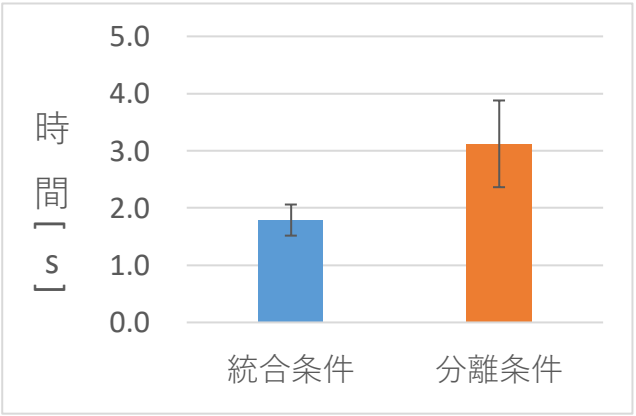


図 3 平均達成時間

表 4 運動主体感・身体所有感のアンケート結果

	統合条件				分離条件			
	利き手課題		非利き手課題		利き手ポジション課題		非利き手ポジション課題	
	1人目	2人目	1人目	2人目	1人目	2人目	1人目	2人目
運動主体感	5	5	5	5	4	5	5	4
身体所有感	4	3	4	3	1	2	1	2
直感的操作	5	4	5	4	1	3	1	3
操作の慣れ	5	4	4	4	2	2	2	3
操作難易度	1	3	1	2	2	4	2	3
操作していた手	利き手	利き手	非利き手	非利き手	どちらにも感じた	どちらにも感じた	どちらにも感じた	どちらにも感じた

このデータに対しt検定を行ったところ、2条件の間に有意差があり(t(49)=10.34, p<0.01, r=.89)、分離条件よりも統合条件が有意に早かった。

4.2. アンケート結果

表 4 に運動主体感と身体所有感に関するアンケートの結果と、全参加者の設問 1~5 の条件ごとの回答結果の平均値のグラフを図 4 として示す。ポジティブな解答は黄色、ネガティブな解答は青でセルを塗りつぶしてハイライトした。また、表 5 に全体アンケートの結果を示す。

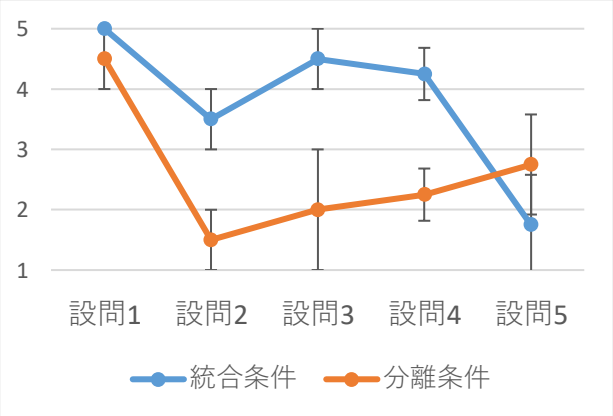


図 4 アンケートの統合/分離間の結果のグラフ (設問 1~5)

表 5 全体アンケートの結果

	1人目	2人目
利き手	左手	右手
難しかった課題順	3 > 4 > 1 > 2	4 > 3 > 2 > 1
1:利き手課題(統合) 2:非利き手課題(統合)		
3:利き手ポジション課題 (分離)		
4:非利き手ポジション課題(分離)		

設問 1 は、表示された手の操作時に運動主体感が形成されているかどうかを問うもので、統合条件での課題では参加者全員が最もポジティブな 5 を回答した。分離条件の課題に対する同質問においても、最低でも 2 番目にポジティブな 4 が解答された。2 条件間での傾向の違いは見られなかった。

設問 2 は、表示された手の操作時に身体所有感が形成されているかについて問う質問であった。統合条件のほうが分離条件よりも身体所有感が形成されやすい傾向にあるという結果となった。

設問 3 は、統合/分離条件での操作の直感性(身体所有感の強さ)を問うものであった。統合条件のほうが分離条件よりも高い直感性を持つ傾向にあるといえる。この結果は設問 2 の身体所有感の形成と同様の傾向であった。

設問 4 は、身体所有感の生起の早さ・容易さについて問う設問である。操作の慣れについて統合条件のほうが分離条件よりも慣れやすい傾向にあるといえる。

設問 5 は、操作の条件設定が課題をどれほど困難に

していたかの指標とした。ほとんどの回答で 3 以下(容易)であったが、利き手ポジション課題(分離)の 2 人目の回答のみ 4(やや難しい)と回答された。

設問 6 は、身体所有感の形成に視覚的要素とアクション操作とポジション操作のいずれが強く寄与しているのかを測ることを目的としていた。、統合条件では見えている手アバタと一致した手と回答された。分離条件では全ての回答が「どちらにも感じた」というものであり、左右どちらかの手として感じたという回答はなかった。

全体アンケートにおいては、難しかった課題の順番を質問したが、参加者両者共に上位 2 つが分離条件、下位 2 つが統合条件であったと回答した。

4.3. 考察

今回のように、操作手順の分離を行った場合、運動主体感は統合条件と同程度に保たれるものの、身体所有感は統合条件よりも低下する結果となった。分離条件におけるアンケート中の、設問 3 での操作の直感性が低いとする回答や、設問 6 で「1 つの手を両方の手で操作している感覚」とする回答をしていることからも、統合条件よりも分離条件では身体所有感が低下してしまう事が考えられる。

また、分離条件においては利き手でポジションとアクションのどちらを操作するかによって運動主体感・身体所有感の形成の度合いに影響がある可能性も考えられる。表 6 は表 4 から分離条件だけを抜粋したものである。設問 1 について、1 人目の参加者は利き手でポジション操作をするよりもアクション操作をしたときに運動主体感が高かったとする回答している。逆に、2 人目の参加者は利き手でポジション操作をしたときに運動主体感が高かったとする回答をしている。さらに、設問 4,5 においても、1 人目はどちらの課題でも慣れや難易度の体感が変わらなかったのに対し、2 人目は非利き手でポジション操作にしたときのほうが、そうでないときよりもポジティブな回答をしている。加えて、全体アンケートの質問難しかった課題の順番について、1 人目と 2 人目で両条件が逆の結果になっている。以上のことから、利き手による操作としてポジション操作が得意なのか、アクション操作が得意なのかが分かれる可能性が考えられる。

表 6 身体所有感・運動主体感のアンケート結果(分離条件)

	1 人目		2 人目	
	利き手ポジション課題	非利き手ポジション課題	利き手ポジション課題	非利き手ポジション課題
運動主体感	4	5	5	4
身体所有感	1	1	2	2
直感的操作	1	1	3	3
操作の慣れ	2	2	2	3
操作難易度	2	2	4	3
操作していた手	どちらにも感じた	どちらにも感じた	どちらにも感じた	どちらにも感じた

また、運動の様子について、統合条件/分割条件の課題でどのような運動手順で操作しているのかを、録画したビデオ(手アバタの動作及び身体動作)で観察した。両条件の大半の場合、領域移動(ポジション)→じゃんけんの手(アクション)→裏表(ポジション)という順に行われていた。ただし、統合条件ではこれらの手続きがほぼ同時に行われており、指定領域に手を移動しながら手の形・表裏を作っていた。逆に分離条件では、この順番に沿って一つずつ動かしており、領域の移動を済ませてからじゃんけんの手を作り、その後に表裏の操作をしていた。この手順は、課題中に表示された指示を単に左から順に解釈し、操作に反映させていったと考えられ、3 要素の提示順を変更することで全く異なる運動の順番になる可能性が考えられる。

また、身体動作の観察結果から、分離条件の課題において、ポジション操作につられてアクション側の手を移動させたり、逆にポジション側の手指を動かしてアクション側の手を止めてしまったりと、「動かしているはずなのに手アバタが動かない」という状態に一瞬混乱する様子が散見された。実験の前に説明と練習をし、頭では分離条件の動きの仕組みを理解していても、今回の課題のように時間に追われて操作する場合には、急ぐあまりその仕組みよりも普段の感覚を優先して運動しまっていると考えられる。逆に、分離条件における課題に対して円滑な身体動作が行われる程度まで慣れた場合には、身体所有感の浄化自体が変わる可能性も考えられる。

5. まとめと今後の展望

本研究は運動主体感・身体所有感の形成に必要な要素について明らかにし、「ポジション」と「アクション」

という運動手順の統合/分離がそれらの感覚の形成にとってどのような影響を与えるかについて明らかにすることが目的であった。実験では、VR 空間上に表示される片手アバタをハンドトラッキング操作によって指定された領域に移動させつつ、指定された手アバタの形を作る課題を実施した。この手アバタの操作に関し、通常通りの操作を「統合条件」、左右の手にポジション操作とアクション操作をそれぞれ割り振ったものを「分離条件」として当該の課題を行った。

結果として、試行の達成時間について、統合条件のほうが分離条件よりも有意に早いことが明らかになった。また、分離条件においては、利き手による操作としてアクション操作とポジション操作のどちらを得意とするかが人によって異なる可能性があり、訓練のない内は運動をひとつずつしか行えない傾向にあると考えられる。以上より、運動手順が分離された場合、運動手順が統合された状態と同等の身体所有感は得られないことが明らかになった。

本研究で明らかにできなかった運動主体感・身体所有感と運動の関係を明らかにするためには、さらなる調査と検証を行い、運動手順の分離以外のアプローチでも検証方法を吟味する必要があると考えられる。

参考文献

小柳陽光, 大村 廉 (2017). 飛行体験における没入感向上のための鳥アバタへの身体所有感の生起可能性の検討 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 **22**(4) 513-522

齊藤寛人 (2019). 運動予測に基づく視覚的運動と自己運動との関連性の認知メカニズムについての分析 明治大学大学院先端数理科学研究科博士論文

瀧見彰太, 坂本大介, 小野哲雄 (2017). 身体像の投射を用いた「自己所有感」と「自己主体感」のゆらぎ 日本認知科学会第 34 回大会発表論文集 139-147

宮路大勇, 舟橋健司, 谷田公二 (2019). 遅延が道具における身体所有感に与える影響に関する調査 第 24 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 5B-01 2019

渡邊恵太 (2017). 自己帰属感とインタフェースデザイン 基礎心理学研究 **36**(1) 117-118

Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: Implications for cognitive science. Trends in Cognitive Sciences, 4, 14–21.

VR 空間での表示ずれが 身体のメンタルモデルに与える影響の考察
The effect of displayed position of body parts in VR space on mental model of one's body

小林　晶[†]，松室　美紀[‡]，柴田　史久[‡]，木村　朝子[‡]
Hikari Kobayashi, Miki Matsumuro, Fumihisa Shibata, Asako Kimura
[†] 立命館大学大学院情報理工学研究科，[‡] 立命館大学情報理工学部
Graduate School of Information Science and Engineering,
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University,
is0356pv@ed.ritsumei.ac.jp（小林）

概要
本研究では，身体の視覚的位置変更が身体のメンタルモデルにどのような影響を与えるかを検討した．複合現実感技術を用いて，腕の位置を変更した映像を作成し，その映像を提示しながら単純な動きを繰り返し行わせた．その前後で同じ課題を行わせた結果，課題中の身体の動きが変化した．これより，身体の視覚的位置を操作してトレーニングを行うことにより，身体のメンタルモデルにおける身体の位置関係が変化する可能性が示された．

キーワード：身体のメンタルモデル，複合現実感，Multimodality

1. はじめに

1.1. 身体のメンタルモデル

人間は自身の身体がどのようなものであるかという知識やイメージを保持している．これにより，我々は目を閉じていても自身の手足がどこにあるのか，身体の色は何色か，どういった姿勢を取っているのかを推定可能である．本研究では，このような身体に関する全般的な知識やイメージをまとめて身体のメンタルモデルと呼び，特に手や足などの身体の各部位やその位置関係に着目した．

身体のメンタルモデルは視覚や深部感覚などの様々な知覚器官からの情報を統合することで形成され，日常の体験や経験によって維持，更新されている [1]．ラバーハンドイリュージョンなどの先行研究の結果から，視覚や触覚から得られる情報に基づき，身体のメンタルモデルを変更可能であることが確認されている [2]．

さらに，人間は行動を決定する際にこの身体のメンタルモデルを利用している [3]．例えば，進路に障害物が存在する場合，自身の身体の大きさに合わせ，くぐる，またぐなどの行動が決定される．成長期の子供が判断を間違えて頭をぶつけてしまうように，このような行動の決定は，視覚などの外界から得られる情報だけではなく，内的に保持している身体のメンタルモデルが利用されている．従って，身体のメンタルモデルが変化すれば，人間の行動にも影響が出ると考えられる．

1.2. 本研究について

近年では，様々な技術の発展に伴い，身体の動きを使って，自身の身体以外のものを操作する場面が増加している．例えば，身体の動作と対応させることによって，ロボットの遠隔操作が行われている．一方で，人工現実感（Virtual Reality; VR）や複合現実感（Mixed Reality; MR）の技術を用いる状況では，自身の身体が拡張されることがある．指が 6 本ある [4]，腕が長い [5] といった実際とは異なる構造を持つ身体の実現が可能である．

そのような状況で，操作者自身の身体のメンタルモデルを用いると，思わぬ問題が生じてしまう可能性がある．例えば，仮想空間上で腕が長くなっているにも関わらず，いつものように腕を振ってしまうと，周囲のものに腕がぶつかってしまう．また，遠隔ロボットの身体構造が自身と異なると，動作を行う際に時間がかかってしまう．

このように，身体構造が異なる対象を自身の身体を用いて素早く正確に操作するためには，身体のメンタルモデルを対象に適応させることが重要である．

そこで，本研究では，身体のメンタルモデルの中でも，身体部位の位置関係に注目し，身体部位の視覚的位置変更が身体のメンタルモデルに与える影響を検討した．具体的には，身体のメンタルモデルが変化した場合に行動も変化するため，実験参加者の行動変化を分析することにより，以下の 2 点を検討した．

第一に，身体の視覚的位置が変更されている状態では，身体の位置決定において視覚情報と深部感覚のどちらが優先されるかを確認した．第二に，視覚的に表示される身体の位置が操作された状態でトレーニングを行うことにより，その後の行動が変化するかを分析した．

2. 実験

2.1. 身体の視覚的位置の操作

図 1 に実験の様子を示す．ビデオシースルー型 HMD (Head Mounted Display, Canon, HM-A1) を用い，実験参加者に映像を提示した．

HMD のカメラで取得した映像を左右半分に分割し，左半分を下に右半分を上にずらし映像を提示することで，手の表示位置を変更した．本実験では，左右のどちらか一方のカメラで取得した映像を両方の目のディスプレイに投影した．左右どちらの目の映像を使用するか（以下，使用視野と記述）は，実験参加者によってランダムに設定した．

映像のずらし方（以下，ずれ条件と記述）は，全くずらしていない状態を映像のずれ条件 0%, 映像の左半分の上辺がディスプレイの下部，右半分の下辺がディスプレイの上部の淵に接した状態を映像のずれ条件 100%とし（図 2），本実験では 0%, 5%, 10%, 15%, 20% の 5 条件で実施した（図 3）．

2.2. 方法

2.2.1. 実験参加者

実験には成人 12 名（男性 3 名，女性 9 名）が参加した．矯正を含め，全実験参加者が正常視力を有した．また，北澤ら [6] や鈴木ら [7] の用いているローゼンバッハ法によって，実験参加者の利き眼を調査した．結果は右利き眼が 9 名，左利き眼が 3 名であった．

2.2.2. 手続き

実験参加者は各条件において，プレテスト，トレーニング，ポストテストの 3 段階を行った．いずれにおいても，実験参加者は左右の人差し指を同じ高さで合わせる課題を行った．課題では，実験参加者は，幅10mm ×高さ 295mm×奥行 297mm の仕切り台が置かれた机の前に座り，頭を顎台 (NAMOTO, TKD-UK1) に固定した（図 1）．実験参加者は合図に合わせ，机に置いていた腕を上げ，指同士が同じ高さだと思う位置で指を合わせるように求められた．なお，仕切り台の両面に

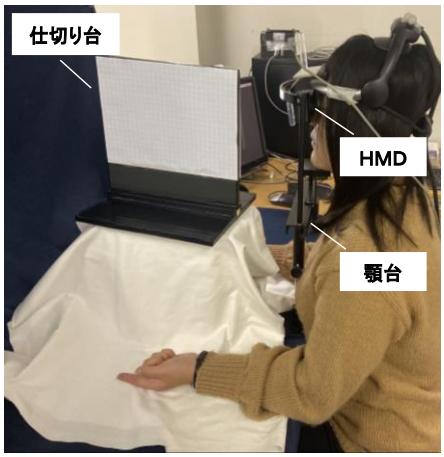


図 1 実験風景

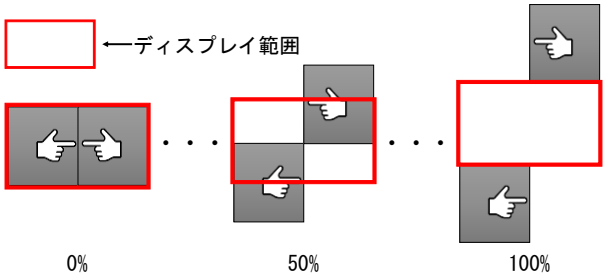


図 2 映像のずらし方のイメージ

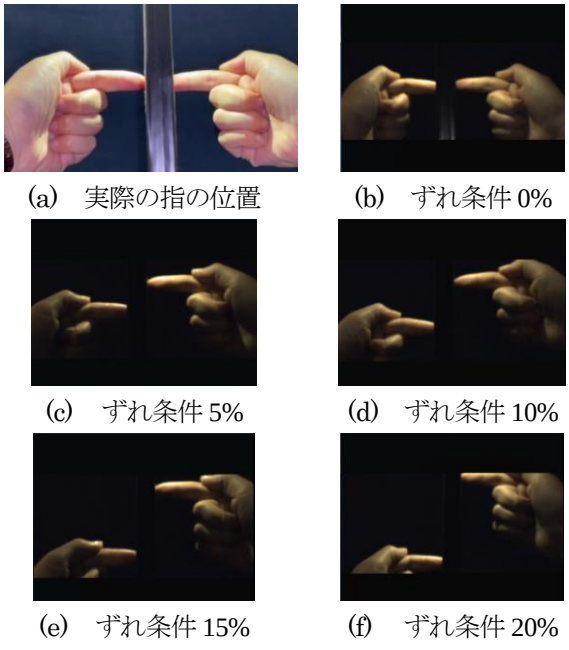


図 3 指を合わせた際の各ずれ条件での映像

は，それぞれ方眼紙が貼り付けられており，実験参加者の人差し指に予めインクを塗布することによって，指を合わせた際の左右の指の位置を記録した．

各条件を開始する前に，実験参加者は HMD を装着していない状態で人差し指同士を合わせることを 2 回繰り返した．その際，実験参加者は指をよく観察し，同じ高さで指が合うように動かすことを求められた．これは，操作されていない状態の身体を観察しながら動作を行うことにより，直前の条件での行動が身体のメンタルモデルへ与えた影響をリセットするためである．

続いて，実験参加者は HMD を装着し，画面に何も表示されていない状態で人差し指同士を合わせることを 3 回繰り返した．これがプレテストにあたり，トレーニングを行う前の指合わせの正確性を測定した．

続いて，いずれかのずれ条件が適用された映像を観察しながら人差し指同士を合わせた．その際，実験参加者には映像がずれていることは伝えず，視覚だけではなく自身の身体の感覚も用いて指を合わせるよう教示した．トレーニングとしてこれを繰り返し 5 回行わせた．

最後に，ポストテストとして，プレテスト同様に，画面に何も表示されていない状態で人差し指同士を合わせることを 3 回繰り返し行わせた．

以上の手続きを全てのずれ条件において 1 回ずつ行わせた．直前の条件の影響，および，身体の違和感や疲労感をなくすために，条件間で 5 分間の休憩を取らせた．また，実験の終了時に，指を合わせた際の指同士が合っていたかの自信度や映像のずれに気がついたか等のコメントを聴取した．

2.2.3. 指標

本実験では，実験参加者の指の高さのみを操作し，実験参加者に同じ高さで指を合わせることを求めたため，前後の奥行きの誤差は考慮しない．従って，高さの情報（以下，垂直位置と記述）のみを利用し，指を合わせた際の左右の垂直位置の違いを分析した．具体的には，左手の垂直位置から右手の垂直位置を引いた値（以下，垂直誤差と記述）を分析に用いた．垂直誤差が 0 の場合は指同士が正確に合わせられた状態，マイナスの値の場合は右手が左手よりも高い位置で指を合わせた状態，プラスの値の場合は左手が右手よりも高い位置で指を合わせた状態を表す．

プレテスト，トレーニング，ポストテストの各段階で取得された値を平均したものを各段階の垂直誤差として分析した．

3. 結果

使用視野と利き眼による結果の差異は観察されなかったため，以降は使用視野と利き眼によって分けずに分析を行った．

3.1. トレーニング中

トレーニング時の各ずれ条件における垂直誤差の結果を**図 4** に示す．参加者内分散分析の結果，ずれ要因の主効果が有意であった ($F_{(4,44)} = 222.387, p < .001$)．多重比較の結果，全ての条件間の垂直誤差に有意な違いがあった ($ps < .01$)．ずれが大きいほど，垂直誤差が大きくなることが示された．

また，トレーニング中はほとんどの実験参加者が全てのずれ条件において，視覚的に指同士の高さが一致するように指を動かしていた．数名の実験参加者は，身体の位置変更度合いが大きいずれ条件 15%と 20%の時に違和感を持ち，視覚的に指を合わせるのではなく，深部感覚を用いて指を合わせようとしていた．しかし，ずれ条件 0%以外の全てのずれ条件において，指を完全に同じ高さに合わせられる実験参加者はいなかった．

3.2. トレーニング前後の差異

ポストテストでの垂直誤差からプレテストでの垂直

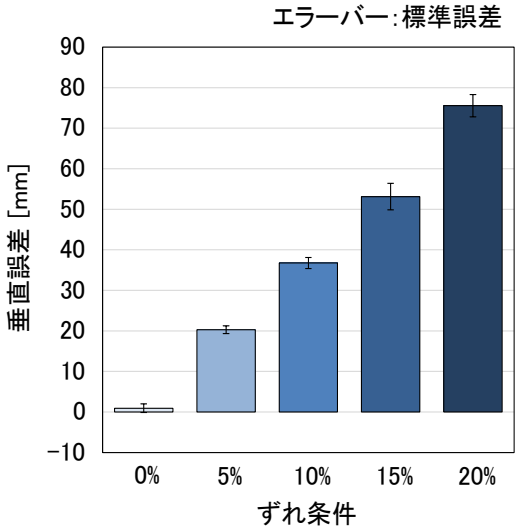


図 4 トレーニング中の垂直誤差

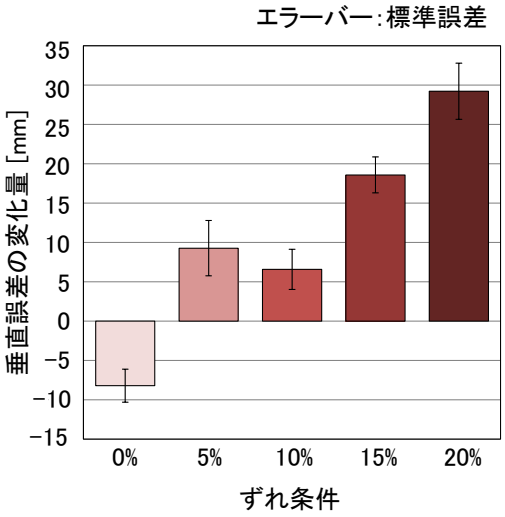


図 5 プレ・ポストテストの垂直誤差変化

誤差を引いた値を垂直誤差の変化量として分析した．結果を**図 5** に示す．参加者内分散分析の結果，ずれの主効果が有意であった（$F_{(4,44)} = 20.323, p < .001$）．多重比較の結果，ずれ条件 0%の変化量は他の全ての条件と比べて有意に小さかった（$ps < .05$）．また，ずれ条件 20%における変化量は，ずれ条件 5%，10%に比べ有意に大きかった（$ps < .01$）．図 5 より，ずれ条件が大きいほど，ポストテストにおいて変化量が大きい．つまり，右手をより下，左手をより上へ位置させていることが示された．また，実験終了後コメントを聴取した結果，ほとんどの参加者が映像を見た後の方が指を同じ高さで正確に合わすことができたと回答した．

4. 考察

本研究では，身体の視覚的位置変更が身体のメンタルモデルに与える影響を行動変化の観点から分析した．第一に，身体の視覚的位置が変更されている状態では，視覚情報と深部感覚のどちらを優先した動きが行われるかを確認した．第二に，視覚的に表示される身体の位置が操作された状態でトレーニングを行うことにより，その後の行動が変化するかを分析した．

4.1. 視覚情報の優位性

トレーニング時の垂直誤差を分析することによって，身体の位置を決定する際に，視覚情報と深部感覚のどちらを優先するかを確認した．

実験の結果，身体の視覚的位置のずれが大きくなると，それに伴って垂直誤差も大きくなっていることが示された．また，実験参加者は，画面に表示された指同士が同じ高さで合うように指を合わせていた．さらに実験終了後コメントを聴取した結果，ほとんどの実験参加者が「視覚情報を信頼して指を合わせた．視覚情報を基に指を合わせた方が指をしっかりと同じ高さで合わせられたと感じた.」と回答した．以上から，実験参加者は深部感覚よりも視覚情報を優先し，現在の指の位置を認識していることが示された．

4.2. 身体の視覚的位置変更による行動変容

プレテストとポストテストの垂直誤差を比較することにより，視覚的に表示される身体の位置が操作された状態で行ったトレーニングが，その後の行動にどのように影響するかを分析した．

実験の結果，実験参加者は手の位置を実際よりも高い（または低い）位置に観察することにより，視覚情報に頼らずに指を合わせる際には，観察前よりも指を低い（または高い）位置へと移動させた．この結果は，位置が変更された身体を観察しながらトレーニングをすることで，身体のメンタルモデルにおける手または腕の位置が上方（または下方）へ修正された可能性を示唆する．視覚情報が与えらないポストテストでは，そのような修正された身体のメンタルモデルを用い，手の位置を推定したため，垂直誤差が増加したと考えられる．

先行研究の多くは，本研究のトレーニングに当たる課題の後は，身体を動かすことなく身体の主観的位置測定をしていた．身体を動かすことにより様々な深部感覚が生起されるため，正しい身体の姿勢を推定しやすくなる．本研究ではそのようなに身体を動かす状況であっても，身体位置の視覚的な操作の影響が生じていた．

これは，先行研究が身体の一部位のみの位置を変更していたのに対し [2,8,9]，本実験の課題は両手の位置が相対的に操作されていたことが関連すると考えられる．相対的な位置情報を統合することにより，身体のメンタルモデルの修正がより強固に行われた可能性がある．

5. 今後の課題

本研究は，身体の視覚的位置を操作することにより，

身体のメンタルモデルにおける身体の位置関係が修正される可能性を示した．ただし，トレーニング前後の垂直誤差の変化は，トレーニングで生じた垂直誤差より小さいことから，視覚情報が身体のメンタルモデルにどの程度反映されるかは更なる検討が必要である．

また，本実験では，プレテスト，ポストテストとトレーニングの課題が同一であるため，単に指を合わせる際の手の動かし方を学習しただけの可能性を否定できない．現在，トレーニングの課題を変更し，同様の変化が起こるかを検証中である．

文献

[1] Glenn Carruthers, (2008) “Types of body representation and the sense of embodiment”, Consciousness and Cognition, Vo.17, pp.1302 – 1316.

[2] Matthew Botvinick, and Jonathan Cohen, (1998) “Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see”, Nature, Vol. 391, No. 6669, pp. 756.

[3] William H. Warren, (1984) “Perceiving affordance: Visual guidance of stair climbing”, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, Vol.10, No.5, pp.683 - 703.

[4] Ludovic Hoyet, Ferran Argelaguet, Corentin Nicole, and Anatole Lecuyer, (2016) “Wow! I have six fingers!: Would you accept structural changes of your hand in VR?”, Frontiers in Robotics and AI, Vol.3, No.27, pp.1 - 12.

[5] Sun Hong, 柴田史久，木村朝子, (2018) “仮想空間における上肢伸長感覚の誘発要因の分析”, 情報処理学会研究報告, Vol. 2018-HCI-176, No. 22, pp. 1 – 6.

[6] 北澤一樹，勝山しおり，新井美紀，大瀧瑞穂，長谷川拓実，下田佳央莉，外里冨佐江，（2015）“メンタルローテーション課題遂行時の眼球運動の特性と利き眼との関係-アイマークレコーダーを用いた検討-”，KMJ THE KITAKANTO MEDICAL JOURNAL, Vol. 65, No. 3, pp. 221-227.

[7] 鈴木真，矢野澄男，（2014）“両眼眼球運動測定による奥行き距離検出”，映像情報メディア学会冬季大会.

[8] Carrie Armel, and V.S. Ramachandran, (2003) “Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response”, The Royal Society, pp. 1499 – 1506, 2003.

[9] 内田裕基，繁桝博昭, (2019) “バーチャルな身体の運動方向，偏位方向およびサイズが自己受容感覚ドリフトに及ぼす影響”，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol. 24, No. 1, pp. 61 – 67.

高齢者グループの共食コミュニケーションにおける大皿料理の役割 ～銘々膳と共同膳による事例検討～

Role of Shared Platte in Elderly Co-eating Communication ~ A comparison of communicative behaviors between individual and shared plates use ~

徳永 弘子[†]，花井 俊孝[†]，木村 敦[‡]，武川 直樹[†]
Hiroko Tokunaga, Toshitaka Hanai, Atsushi Kimura, Naoki Mukawa

[†]東京電機大学，[‡]日本大学
Tokyo Denki University, Nihon University
17kz007@ms.dendai.ac.jp

概要

本研究は多人数による食事場面を対象に，食事形式が人と人のコミュニケーション行動に及ぼす影響について明らかにする． 65 才以上の男女 6 人 1 組，計 4 組に銘々膳，共同膳形式による食事をしてもらい，食事中の様子を映像に収録した．提供された料理は，参加者らに話題を提供し，コミュニケーションツールになり得るとの仮説の下，各食事形式の料理に関する発話量から，食事形式ごとでコミュニケーションツールとしての役割が変化するのかについて明らかにする．分析として，(1) 提供された料理に関する話題の時間と食事形式の関係，(2) 共同膳からの取り分け行為と料理の話題の時間長の関係を事例的に検討した．その結果，提供される食事形式によって目の前の料理が話題に上がる頻度が異なること，共同膳がコミュニケーションツールとしての役割を担っており，参与者の共有物としての存在がコミュニケーションの促進に寄与する可能性が示唆された．

キーワード : 食事形式，料理の話題，多人数コミュニケーション

1. はじめに

本研究は高齢者の心身の健康支援として，食事形式が人と人のコミュニケーションにもたらす効果の解明を目指している．近年，高齢者によるファミリーレストランの利用が増えている．60 歳以上のシニア約 500 人を対象とした調査では，ファミレスは同年代の友人知人と利用することが多く，コミュニケーションの場であるという意識が強い[1]．自治体においても，高齢者の社会的孤立や閉じこもりを防ぐため，食事会を催し交流の場を用意する活動が行われている（例えば東京都北区[2]など）．一方，最近では，新型コロナウイルス感染症（COVID-19）対策のため，高齢者施設においては通所による食事会の制限が余儀なくされている．それでも，厚生労働省は高齢者においては孤独を防ぎ，心身の健康を保つために人との交流が大切であるとし，閉じこもりへの注意喚起を行っている[3]．そうした現状を踏まえると，高齢社会である我が国にとって，今後ますます高齢者の仲間づくりや，情報交換の機会を提供する場としての食事の役割は重要である．

レストランで提供される食事形式には，一人一人に配膳される形式や，中華料理のように大皿から個々に取り分ける形式がある．懇親会の場合には，場所を移動しながら食事と会話を楽しむ立食形式などがある．食事形式はメニューの内容によっても異なり，特に高齢者に好まれる和食は日本文化の名残で，銘々膳の形式で提供されることが多い．この形式は，江戸時代中期から大正時代まで用いられてきた箱膳を継承した形式である．当時の箱膳の役割は，家長を頂点とした「イエ制度」において，長幼の別の原理を持つ座順を整えることに機能していた [1]．その後ちゃぶ台の時代を経て高度経済成長期後半からダイニングテーブルの時代になると，一皿にたくさんのお菜を盛って自由に好きなだけ食べられる大皿料理が日常化し [2]，食事の場は家族のだんらんの役割を果たすようになったという[1]．食事の形式は，それぞれに機能を持ち，時代の要請と共に変化してきた．

現代は，食事における形式の本来の役割は形骸化し，食事は交流を楽しむ場としての機能を担う傾向がある．しかし銘々膳や共同膳などの食事形式が，食事を交流の場として利用する人々のコミュニケーション行動に及ぼす影響は明らかでない．

---

1 ジャストリサーチ株式会社調べ
https://www.lisalisa50.com/research20131125_9.html
2 東京都北区ホームページ
https://www.city.kita.tokyo.jp/choju/kenko/koresha/kenkozukuri/annai.html
3 厚生労働省ホームページ
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/kaigo_koureisha/yobou/index_00013.html

そこで筆者らは，食事形式と人のコミュニケーション行動の関係を明らかにするため，高齢者ら 4 つのグループに銘々膳と共同膳で提供した食事中の映像を撮影し，分析を行った．食事開始 5 分間の映像を観察したところ，食事を共同膳形式で提供されたグループは，膳の配置や取り分け方，皿を回す順番決めなど，食卓の環境づくりをする行動が認められた．これは，共同膳が皆の共有物であるという特性が，参加者らの行動に影響し，さらに食事開始前のアイスブレイクに機能していると考えられた[3]．さらに多人数会話においては，人数が増えるにつれ発話権を得にくい参加者が出現する．しかし，共同膳においては目の前の料理を話題に，発話権を得ていなかった人が会話を開始していたり，他者から料理の取り分けを促されることによって，それまで聞き手に徹していた人が発話の機会を得たりする事例が観察された[4]．このように，これまでの分析により①食事は人のコミュニケーションに影響を及ぼす．②共同膳が参加者の共有物であるという特性によって，しばしば料理の話題がコミュニケーションに介入することが明らかになっている．

食事において共有物の分配が人の心の分かち合いにも関係することは文化人類学者の石毛によって提唱されており[1]，さらに近年，この主張を実験的に明らかにした報告がある．Woolley らは，大学生ら 2 人組の実験参加者に共有プレートからの取り分けと個別の皿でスナック菓子を提供し，交渉シミュレーションや囚人のジレンマの課題を用いて検討した（n=1476）．その結果，共有プレート条件の参加者の方が個別プレート条件の参加者より協力行動が見られ，質問紙調査においても協調性の増加，競争力の低下が示された．共有プレートは，二者間で摂取量を調整し，公平に分配されるように協力が必要であり，この特性が実験参加者に協調性をもたらし，それは初対面であっても友人関係であっても，同様の効果があるという[5]．

そこで本研究では以上の先行研究を踏まえ，より日常生活の交流に近い場面において，食事形式が多人数会話のコミュニケーションにもたらす効果の検討を行う．特に共同膳における取り分け行動にフォーカスし，料理の話題量を評価指標に設定した分析を行う．

2. 共食シーンの映像

分析する食事映像データは[3][4]と同様である．具体的には，撮影は和食レストランの個室において 2018 年 8 月から 9 月の期間，8 回行われた．実験協力者は地域のシルバー人材センターの公募により集まってもらった．以下に，詳細を記す．

2.1 実験協力者

65～80 才（平均年齢 72.5 才 SD=4.4）の男女 24 人（男性 11 人，女性 13 人）である．協力者らは地域のシルバー人材センターにおいて仕事をしたりサークル活動に参加したりしている．6 人それぞれの間柄は，一緒に仕事をしている，顔は見たことがある，初対面，など様々であった．ただし，4 グループのうち今回同席する 6 人が一緒に食事をしたことがあるグループはなかった．また，実験者側からグループ内の男女比，親密度の統制は行わなかった．

2.2 食事形式とメニュー

食事はある和食レストランに協力いただき実施した．食事形式は銘々膳形式と共同膳形式であり，食事のメニューは，刺身ばらチラシ・あさりの味噌汁・てんぷらの盛り合わせ・ローストビーフサラダ・彩り野菜のディップ・デザート・お茶（温/冷）である．食事形式に関わらず食事の内容は同じである．

(a) 銘々膳形式による食事

(b) 共同膳形式による食事

図 1 A グループの共食会話のシーン

食事は 1 グループにつき銘々膳形式と共同膳形式の 2 回行い，1 回目と 2 回目は約 3 週間の期間をあけた．実験においては 2 つの食事形式の間に順番効果が影響しないよう，カウンターバランスをとった．各条件ともに食事は 11 時 30 分に開始し昼食を想定した．A グループが銘々膳形式，共同膳形式により食事をしている様子を図 1 に示す．

2.3 映像収録

共食中の様子は映像に記録した．カメラは各協力者の正面撮影用と俯瞰用に GoPro 製 CHDCB501 を使用した．またテーブル中央にコダック製 SP360 4K を設置し，全方位を撮影した．映像収録環境を図 2 に示す．

協力者の音声録音は IC レコーダ（ソニー製 ICDPX470FBC）を用いた．IC レコーダは図 3 のようにネックフォルダに収納した．

映像の録画は，実験者の退室と共に開始された．食事の様子がわかるよう俯瞰用のカメラとタブレット端末を WiFi で接続し，実験者は店の外からモニタリングした．実験者は食事が終了したと判断されたところで入室し，撮影を終えた．撮影時間は表 1 の通りであった．

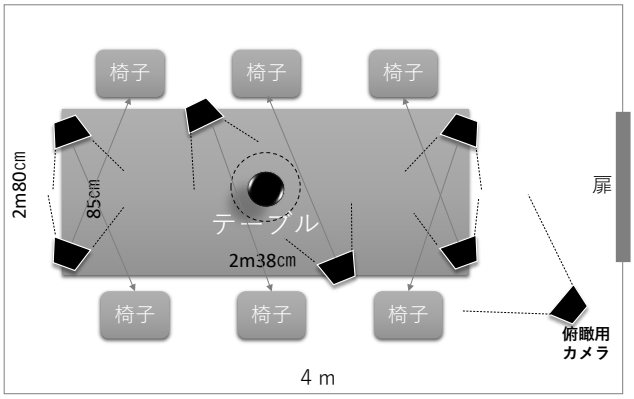


図 2　共食会話の映像収録環境

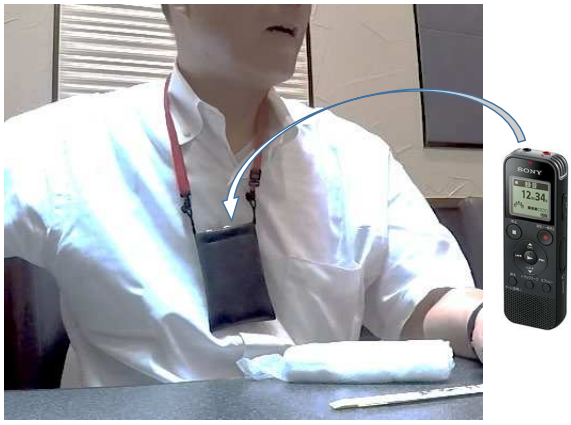


図 3　IC レコーダ収納用ネックフォルダ

表 1　各グループにおける食事形式ごとの収録時間

グループ	銘々膳	共同膳
A	75 分 (1)	75 分 (2)
B	75 分 (2)	78 分 (1)
C	66 分 (1)	70 分 (2)
D	60 分 (2)	58 分 (1)

(　)内は実施順

なお，本実験は東京電機大学ヒト生命倫理審査委員会が定めるガイドラインに沿って行い，協力者，協力店の配膳担当者にはビデオカメラで収録した映像や静止画を学会誌などに掲載することへの同意を得た．

3. 各グループの特徴と会話内容

本章では，各グループの男女比，関係性，実際に話された会話のテーマについてその概略を述べる．

A グループ

68 才から 77 才の男性 1 名，女性 5 名からなる．この 6 人はシルバー人材センターにおいて同じ仕事をしていた経験がある．会話全体を俯瞰してみると，女性のうちの 2 人が話題提供をする場面が多く，シルバー人材センターでの出来事や，自宅での日常生活，体調や病院の話が中心であった．食事の量が多かったとの感想で，映像からも他のグループに比べ多めの残飯が確認された．

B グループ

67 才から 78 才の女性 6 人のグループである．6 人はシルバー人材センターにおけるいくつかの仕事で過去に数回，顔を合わせたことがあるが常に同じ職場で共にしているわけではない．全員女性ということで，提供された食事の味や作り方，またそこから派生する家庭での調理の仕方などの話で盛り上がる場面が多く観察された．話が盛り上がり，銘々膳形式，共同膳形式共に最も食事時間が長かった．

C グループ

65 才から 78 才の男性 4 人と女性 2 人のグループである．事前の関係性において 4 組のグループのうち，最も親密度が低いグループであった．よって共通の話題に乏しく，沈黙する場面が多く観察された．ある 1 人が話題提供するとしばらくその 1 人が話し続け，他の 5 人が聞き役にまわる会話パターンが多かった．

D グループ

67 才から 80 才の男性 6 人のグループである．同一

の職場で顔を合わせることが多いとのことで，和気あいあいとした雰囲気の中で会話が進んでいた．最近のニュースやテレビ番組の話や，自分たちの若い頃の経験と現在の若者との違いなどが話題に上っていた．食べる速度が速く，食事時間は銘々膳形式，共同膳形式共に最も短かった．

4. 結果

各グループの食事中の発話を書き起こし，そのうち本稿では各グループともに，最初の一人が摂食を開始した地点から 30 分を分析の対象とした．

はじめに，各参加者の発話時間を計測した．発話時間の長さは，話し好きでトピックをつねに主導するタイプ，聞き手として会話に参与することが多いタイプなど，個人のキャラクタに依存していた．またその場のトピックで中心的役割を長時間担うなど，話題にも影響しており，発話時間の長さと食事形式の間に関係は見られなかった．

つぎに，多人数会話において提供する食事形式によって，料理がコミュニケーションツールとしてどのように寄与するかついて分析した．具体的には 30 分間の話題を，目の前の料理，料理から派生，料理以外に分類し頻度を算出した．さらに共同膳においては大皿からの取り分け行為が伴うため，取り分け行為と料理の話題の関連について検討した．

4.1 料理の話題の出現頻度

はじめに提供された料理の話題の出現頻度を算出した．結果を図 4 に示す．図 4 の左に銘々膳，右に共同膳の結果を配置した．例えば「この天ぷらはカラッとあがってておいしい」は目の前の『料理の話題』であり（濃いオレンジ部分），「糖尿の気があるからカロリーを控えて普段天ぷらはあまり食べない」は『料理から派生』した話題に分類した（薄いオレンジ部分）．さらに「糖尿で病院に行ったら主治医が変わってしまった」といったその先に展開された話題や，全く異なる話題は『料理以外』とした（クリーム色部分）．なお無音が 3 秒以上続いた場合は沈黙区間として別途カウントした（グレー部分）．

図 4 から，グループ 1，2，3 においては共同膳で料理の話題が多く，さらにグループ 1，2 においては料理から派生した話題が話されていたことが示された．一方でグループ 4 では食事形式に寄らず 90%以上は料理以外の話題であった．次に，共同膳の特有の行

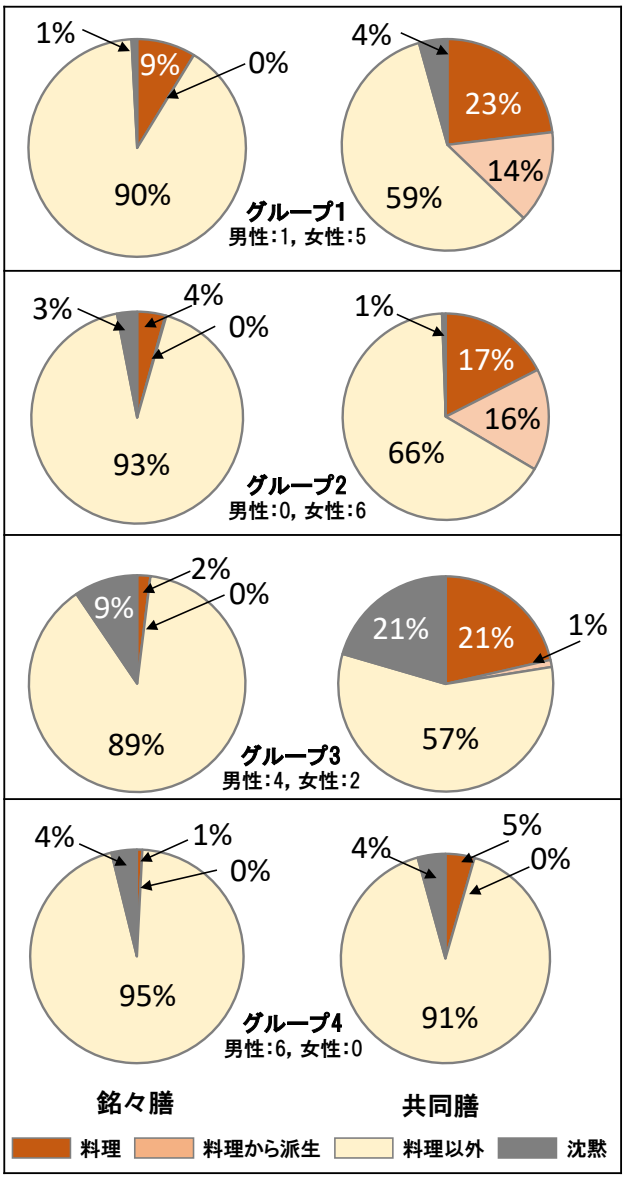


図 4 料理の話題の出現頻度

動である取り分け行為が，料理の話題の出現とどのように関わるかについて調べる．

4.2 大皿からの取り分け行為と話題の関係

図 5 に各グループのトピックの流れと取り分け状況を示す．上段に示すトピックの流れは図 4 と同じデータを時系列上に並べなおしたものである．下段の取り分け行為について，濃い緑は取り分けにより他者と皿の受渡しなどのやりとりが発生した区間を，薄い緑は，自分の皿に取り分けたのみでやりとりが発生しなかった区間を，薄いグレーは取り分けをしない区間を示している．これにより，時系列上，濃いオレンジと濃い緑が同時に生起している箇所は，取り分けながら料理の話をしていることが示されている．

図 5 においては，グループ 1，2 は取り分け時に皿を介して言葉のやりとりがあり，それをきっかけに料理

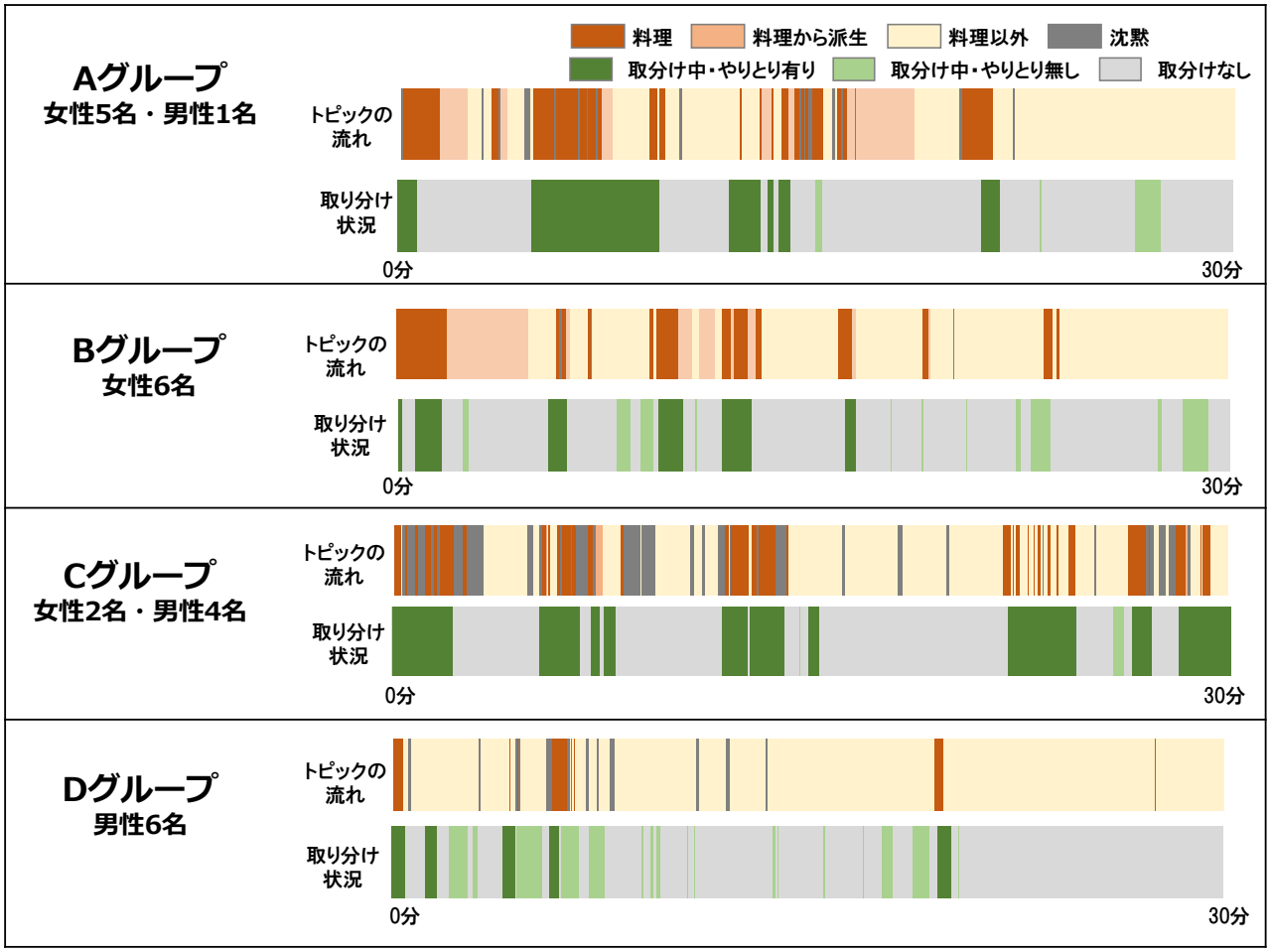


図 5　共同膳形式におけるグループごとのトピックの流れと取り分け状況

の話題が話され，その後も料理から派生した話題に発展していることが示されている．具体的にはサラダを取り分ける際，ドレッシングをどれくらいかけるかといった話題から，家でドレッシングを手作りするときに配合する材料の話に発展したり，ちらし寿司の彩に添えられた栗の水煮を取る際，栗を剥くと手が汚れるし痛くなるという発言があり，さらに栗剥き専用の器具が売ってるなどといった情報交換がなされていた．

グループ 3 は取り分けるごとに，「お替わりはいかがですか」「こっちにまだ野菜が残っています」「まだとっていない方はいないですか」などといった，お替りの促しがなされた．会話においては，グループ 3 は気まずい沈黙の発生が最も多く，大皿から取り分けても料理の話題から関連するトピックに移ることはなかった．

グループ 4 は取り分け中に他者とやりとりが生じることは少なく，前半に皿を回す順番や，調味料の受渡しに関わる話題が見られただけであった．話題はシルバー人材として派遣されている仕事先に関わるものが多く，そのほかニュースや近所での出来事が話されていた．会話は盛り上がっており，共同膳からの取り分けの際は，自分の分のみを皿に取り分けていた．

5.　考察

図 4 において，グループ 1，2 は共同膳において料理の話題，さらに料理から派生する話題が多かった．グループ 1，2 は女性の多いグループであり，取り分けたり皿をまわしたりしながら料理の話題が上がり，それをきっかけにさらに話題が展開されていた．女性にとって，メニューのバリエーションや作り方，味付けといった情報は，家族の体調管理や自身の健康維持のために感心の高いトピックであると考えられた．よって，女性同士の会話場において，共同膳からの取り分け行為とコミュニケーションの活性には関連があったものと考えられる．

グループ 3 は共同膳において料理の話題が多く，それは取り分け時に生じていた．このグループは初対面同志が多く，全員が共通する話題に乏しかった．会話自体も盛り上がりに欠け，図 5 において，濃いグレーが

頻出している通り，各所で長い沈黙が生じていた．一方で，取り分け時には料理に関する会話が交換されていたことから，取り分け行為が，沈黙解消に寄与した可能性が考えられた．さらに，取り分けながら他者の皿を気にしたり，お替りを促したりといった行為が確認された．Woolley らが，共有プレートは公平に分配されるように，摂取量が調整され，それは参与者らの協力で達成されると主張しているが[5]，多人数の場において取り分け行為の際，必要とされる協調性が最大限に発揮される可能性がある．特にグループ 3 においては，親密性の低い関係が，取り分けの公平性を維持するための協調行動をより喚起させた可能性が考えられる．

グループ 4 は食事形式によらず料理の話題少なかった．このグループは男性のみの知り合い同士のグループで，興味関心は社会的，政治的な話題であった．食事シーンを観察したところ，共同膳からの取り分けの場合にも料理の話題が上がる場面は少なかった．むしろ，自分の皿に素早く取り分け，その行為が会話の妨げにならないよう気遣っている場面が観察された．食事後に実施したインタビューでは，話しているときに大皿に手を伸ばすのは憚られるので，食事は銘々膳の方が気楽でよい，との感想が述べられた．

今回の４組のグループの事例を総合的に解釈すると，

１．共同膳による会話は銘々膳よりも料理の話題が多く，理由として大皿からの取り分け行為が関わっていることが示唆された．

２．共同膳からの取り分けは，料理に関心がある参与者らに話題をもたらし，その話題はさらに展開され，情報交換される．また親密度の低い間柄のグループでは沈黙時の話題提供に寄与するものと考えられた．

３．すでに共通の話題を持つ間柄のグループにおいては会話の進行が重視され，取り分け行為は個人的行為として最小化される場合がある．

6. まとめ

今回の事例検討により，同じメニューであっても提供する食事形式によって目の前の料理が話題に上がる頻度が異なることが一部のデータで確認された．その場合には共同膳がコミュニケーションツールとしての役割を担っており，参与者の共有物としての存在がコミュニケーションの促進に寄与したものと考えられた．しかし，今回共同膳によるコミュニケーションの役割は参与者の性別や関係性により異なることも示された．そのため今後は，さらに発話内容を精査し，また，視線配布や皿の受渡しの様子を微視的に観察し，高齢者のコミュニケーション支援に向け，食事形態が果たす役割を明らかにする．

謝辞

食事実験実施にあたり，公益社団法人白井市シルバー人材センター様，はな膳千葉ニュータウン店様には多大なるご支援を賜りました．ここに記し，深謝の意を表します．

本研究は，科学研究費助成事業基盤研究 (C) 18K0222，アサヒビール学術振興財団研究助成金による援助を受けた．

文献

[1] 石毛直道，（2005）“食卓文明論―チャブ台はどこに消えた”，中公叢書

[2] 熊倉功夫，（2015）“和食の歴史”，モダンメディア，Vol.61, No.9, pp.2-6.

[3] 徳永弘子，木村敦，武川直樹，(2018) “高齢者の共食コミュニケーション研究に向けたデータセットの構築”，電子情報通信学会技報，vol. 118, no. 278, pp. 25-30

[4] 徳永弘子，花井俊孝，木村敦，武川直樹，(2019)，“高齢者らの共食会話における会話の分裂と食事行為の関係分析”，電子情報通信学会技報，vol. 119, no. 252, pp. 29-34

[5] Kaitlin Woolley & Ayelet Fishbach, (2019) “Shared Plates, Shared Minds: Consuming From a Shared Plate Promotes Cooperation”, Psychological Science, Vol.30, No.4, pp.541-552

マルチエージェント鬼ごっこ環境における深層強化学習エージェントと人の追いかけ行動の比較

Comparison of Chasing Behavior Between Deep Reinforcement Learning Agents and Human Participants in a Multi-Agent Predator-Prey Environment

西村 宏武，岡 夏樹*，田中 一晶
Nishimura Hirotake, Oka Natsuki, Tanaka Kazuaki

京都工芸繊維大学
Kyoto Institute of Technology
* nat@kit.ac.jp

概要

我々は人の社会的行動のメカニズムを構成的に解明することを目指している。本研究では、マルチエージェント鬼ごっこ環境を使用し、そこでの鬼側の深層強化学習エージェントの追いかけ動作と、同じ環境での人の追いかけ動作を比較した中間結果を報告する。移動エントロピーを指標として両者の間の相違点を検討したところ、興味深い違いが見つかった。今後はこの差異の原因を明らかにするため、再度動作比較実験を行う予定である。さらに、エージェントを人に近づけていくために、エージェントの設計仕様や差異の評価指標、個人差の原因について検討する計画である。

キーワード：社会的行動，深層強化学習，移動エントロピー，計算モデル

1. はじめに

認知モデルの立場からのマルチエージェントシステムの研究は古くから存在する[1-3]が、固定環境で単独で動作する場合と異なり、マルチエージェント環境における動作は、相手の動きとの相互作用で互いに動作が変化するため、複雑で予想や設計が難しく、これを人と比較して近づけていく研究は多くの課題を抱え、まだ発展の余地が大きいと考えられる。また、近年の深層学習の発展により、モデル化の手法や実現可能な機能が増えたが、ブラックボックス化し内部動作の解析が難しいという問題を抱えるようになった。

本研究では、マルチエージェント鬼ごっこ環境を使い、その中での追いかけ行動を深層強化学習でモデル化した。このエージェントの行動と、同環境でプレイした人の追いかけ行動を比較することで、モデルを人に近づけていくのが本研究の枠組みである。本論文では、この研究の第一報として、移動エントロピーを指標として両者の追いかけ行動を比較・分析した中間結果を報告する。

本論文の構成は以下の通りである。まず、本研究で使用したマルチエージェント鬼ごっこ環境（2 節）と深層強化学習エージェント（3 節）に関する情報を記し、続いて、エージェントと人の行動の比較・分析のための指標として用いた移動エントロピーについて簡単に紹介する（4 節）。5 節では、エージェントと人の行動の比較データの取得実験について述べ、6 節では実験結果を示す。最後に、この結果を考察し、今後の展望を記す（7 節）。

2. マルチエージェント鬼ごっこ環境

本研究では、[4]で使われた predator-prey 環境を若干改変したもの（図 1）を実験環境として採用した。

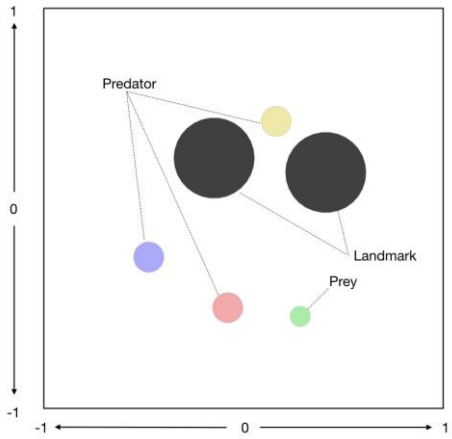


図 1 マルチエージェント鬼ごっこ環境

3 体の動きの遅い predator（鬼）が 1 体の動きの速い prey（子）を追いかける協力タスクであり、1 体の predator が prey に接触すると、3 体の predator が同じ大きさの正の報酬を得、prey が負の報酬（罰）を得る。2 個の landmark はランダムに配置され、障害物として働く。

3. 深層強化学習エージェント

本研究では次の 3 種類の深層強化学習エージェントを使用した。

- Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) [5]: deep Q-learning を連続行動空間に適用できるように改変したものである。
- Multi-Agent Deep Deterministic Policy Gradient (MADDPG) [4]: DDPG をマルチエージェント向けに拡張したものである。学習時に他エージェントのポリシーを利用できることにして (centralized training with decentralized execution) 複雑なマルチエージェント環境での学習を可能にしている。
- Approximated Policy MADDPG (AP-MADDPG) [4]: MADDPG における、学習時に他エージェントのポリシーを利用できるという仮定を排除し、その代わりに、他エージェントのポリシーを推測することを学習し、それを用いたものである。

これら 3 種類のエージェントの追いかけ行動と人の追いかけ行動を比較して、どのエージェントが人のより良いモデルになっているかを調べ、人に近づけていくことを目指している（が、本論文の執筆時点では、まだその分析まで至っていない)。

4. 移動エントロピー

本論文では、他エージェントの行動 $Y(t)$ から自分の行動 $X(t)$ への移動エントロピー $T_{Y\to X}$ [6,7]を指標として、追いかけ行動の特徴を分析した。移動エントロピー $T_{Y\to X}$ は、他エージェントの行動 $Y(t)$ が自分の行動 $X(t)$ に関して持つ情報量であり、自分が他エージェントからどの程度の影響を受けて行動したかを表す。

本研究では、自分（行動 X の主体）が predator（鬼）の一員であるとして、自分が人である場合とエージェントである場合の移動エントロピー $T_{Y\to X}$ を比較することによりエージェントが人の追いかけ行動の特徴を捉えているかを調べることを試みた。他エージェント（行動 Y の主体）については、他エージェントが仲間の predator（鬼）である場合と prey（子）である場合の両方について移動エントロピー $T_{Y\to X}$ を調べる。

5. エージェントと人の行動の比較実験

鬼ごっこのすべてのプレイヤがエージェントの場合と、predator（鬼）の一人を実験参加者に置き換えた場合を比較するためのデータを取得した。

すべてのプレイヤがエージェントの場合については、predator（鬼）エージェントは、均一でない方が人同士の協調場面に近いと考え、3 節で説明した DDPG, MADDPG, AP-MADDPG 各 1 体ずつとし、prey（子）エージェントは基本的な機能を備えた DDPG とした。

ここで、predator（鬼）の観測情報は次の通りとした：

- 自分自身の絶対位置と絶対速度、
- landmark（障害物）の相対位置、
- 他の predator の相対位置
- prey の相対位置と絶対速度

なお、7 節で後述するように、他の predator の速度を観測情報に入れていないことが、人のモデルとしてはおそらく不適切であったことが実験結果の比較分析結果から示唆された。なお、上記の観測情報は、エージェントが行動を決める（すなわち、実験データを取得する）ときに利用する観測情報であり、MADDPG と AP-MADDPG の学習時には、他のエージェントの観測情報を利用するため、他のエージェントの速度も学習時に限り利用されていることを付記しておく。DDPG は学習時の観測情報も上記と同じである。

prey（子）の観測情報は次の通りとした：

- 自分自身の絶対位置と絶対速度、
- landmark（障害物）の相対位置、
- predator の相対位置

ここでも predator の速度を観測情報に入れておらず、人のモデルとしては恐らく不適切であると考えられるが、今回は prey を人とした場合とエージェントとした場合の比較は行わなかったため、結果とその考察に大きな影響はなかっただろうと考えている。

各学習エージェントは十分な学習を行った後で、学習を止めてデータ取得実験にて使用した。なお、[4]によると、predator, prey がすべて DDPG である場合と比べて、predator が MADDPG、prey が DDPG である場合には、エピソード当たりの接触回数（捕まった回数）が増加したことが報告されているが、今回の設定では大きな差はなかった。この違いの原因は、今後検討する必要がある。上記のように観測情報に他エージェントの速度を含まないことがこの違いと関係している可能性がある。

実験参加者は 7 名で、以下の手続きのデータ取得実験を行った。実験参加者は図 1 の画面が表示されたディスプレイを見ながら、椅子に座った状態で、ゲーム

コントローラを使用して、predator（鬼）のうちの1体を操作した。

データ取得実験の手続き
1. 操作説明と操作練習（4分程度）
2. 1体目のpredatorを操作して6分間プレイ
3. 2体目のpredatorを操作して6分間プレイ
4. 3体目のpredatorを操作して6分間プレイ

predatorエージェントは、DDPG, MADDPG, AP-MADDPG各1体ずつであったが、そのうちの1体を実験参加者が操作し、残りの2体のpredatorは学習は止めて自動で動作させた。上記のように実験参加者が操作するエージェントを順次変えて3回のデータ取得を実施した。操作するエージェントの順番は、実験参加者ごとに変えた。

以上の手続きで取得した、人が加わってプレイしたときのデータを、すべてがエージェントである場合（predator（鬼）エージェントは、DDPG, MADDPG, AP-MADDPG各1体ずつとし、prey（子）エージェントはDDPGとした）のプレイデータと比較した。

6. 実験結果

まず、すべてがエージェントである場合（predator（鬼）エージェントは、DDPG, MADDPG, AP-MADDPG各1体ずつとし、prey（子）エージェントはDDPGとした）において、他エージェントの行動 $Y(t)$ から自分の行動 $X(t)$ への移動エントロピー $T_{Y\to X}$ を30ステップ毎に算出した。他エージェントとしてはそれがpredator（鬼）であるかprey（子）を区別して分析するのでそれぞれを鬼、子と表記する。自分はDDPG, MADDPG, AP-MADDPGの3通りを区別して分析するのでそれぞれをD, M, Aと表記する。こうすると移動エントロピーとして、$T_{鬼\to D}, T_{鬼\to M}, T_{鬼\to A}, T_{子\to D}, T_{子\to M}, T_{子\to A}$ を区別することになる。

以下では、30ステップ毎に算出した移動エントロピーの分布の平均と歪度を散布図にプロットしたものを示す。

図2から図4は、それぞれ自分がDDPG, MADDPG, AP-MADDPGである場合の、他のpredator（鬼）からの影響の強さ（緑）とprey（子）からの影響の強さ（赤）の分布を平均（横軸）と歪度（縦軸）の散布図にしたものである。DDPG, MADDPG, AP-MADDPGの間には散布図上の分布の分散の大きさに差がある可能性があるが、その他に一言で表現できるようなはっきりした違いはなさそうである。しかし、他のpredator（鬼）からの影響の強さ（緑）とprey（子）からの影響の強さ（赤）の分布が（概ね）線形分離できるという共通の特徴があることが分かる。図2から図4を重ね合わせ、自分がDDPG, MADDPG, AP-MADDPGのいずれかで色分けし直した散布図が図5である。図5を見ると、分布が2つのクラスタ（他のpredator（鬼）からの影響の強さのプロットからなるクラスタとprey（子）からの影響の強さのプロットからなるクラスタ）にほぼ線形分離できること、DDPG, MADDPG, AP-MADDPGの間には明確な違いは無さそうなことが確認できる。

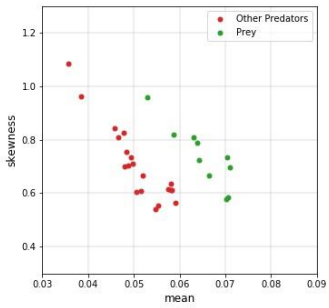


図2 $T_{鬼\to D}$（赤）と$T_{子\to D}$（緑）の散布図

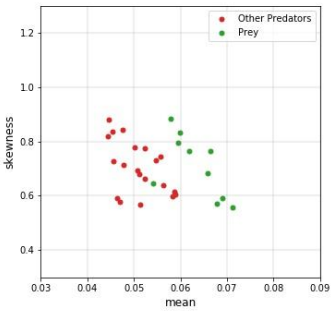


図3 $T_{鬼\to M}$（赤）と$T_{子\to M}$（緑）の散布図

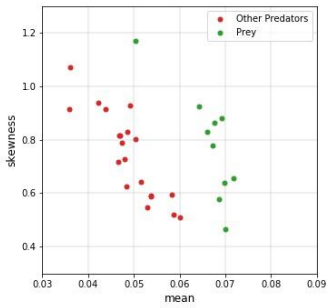


図4 $T_{鬼\to A}$（赤）と$T_{子\to A}$（緑）の散布図

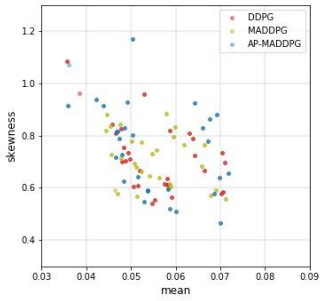


図 5　図 2 から図 4 の散布図の重ね合わせ

つづいて、predator（鬼）のうちの 1 体を人が操作した場合の $T_{鬼\to人}$ と $T_{子\to人}$ を図 5 に重ね合わせたものを図 6 から図 9 に示す。それぞれ実験参加者 1 から 4 までの結果である。$T_{鬼\to人}$ の分布と $T_{子\to人}$ の分布の間には明確な差はなかったため、両方を黒点でプロットした。ほぼすべての黒点が、図 2 から図 4 までの緑点が構成するクラスタ（prey（子）からの影響の強さを示す点からなるクラスタ）内[1]に存在することが分かる。残りの 3 名もこれら 4 人と同じ傾向であったため、結果の掲載は省略する。

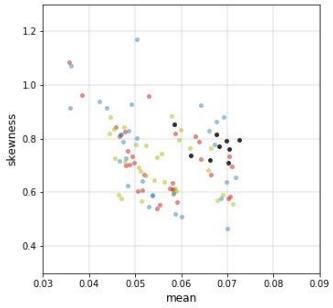


図 6　実験参加者 1 の移動エントロピー分布の図 5 への重ね合わせ

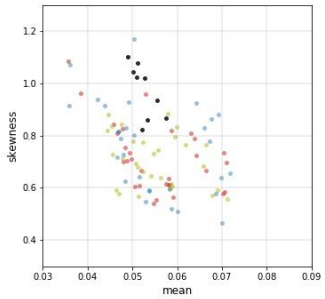


図 7　実験参加者 2 の移動エントロピー分布の図 5 への重ね合わせ

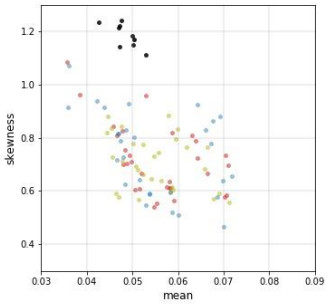


図 8　実験参加者 3 の移動エントロピー分布の図 5 への重ね合わせ

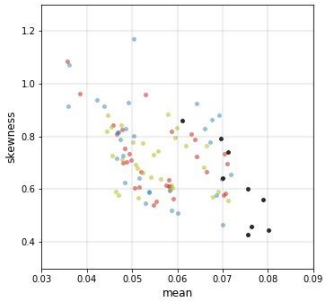


図 9　実験参加者 4 の移動エントロピー分布の図 5 への重ね合わせ

7.　考察と今後の展望

6 節の結果から、本研究で使用した強化学習エージェントと人の主要な違いは、他の predator（鬼）の動きからの影響の受け方であることが分かる。すなわち、人は predator（鬼）の動きからも prey（子）の動きからも同様な影響を受けているが、エージェントは prey（子）の動きからの影響の受け方は人と同様であるが、

[1] より正確には、2 クラスタを線形分離したと仮定した場合、prey（子）からの影響の強さを示す点が存在する半平面内

predator（鬼）の動きからの影響の受け方が人と異なる。

この違いの原因の候補（仮説）として現時点では以下の①～③を考えている。

① エージェントはprey（子）の速度は観測しているが、他の predator（鬼）の速度は観測情報に入っていないこと：
人の追いかけ行動はおそらく他の predator の現在位置だけでなく速度の影響も受けると思われる。これが正しいとすると、エージェントと人では、他の predator の速度を観測しているかどうかが異なることになる。一方で、prey についてはエージェントも人も共に速度を観測することになる。このことと、実験結果（散布図上で $T_{鬼→エージェント}$ だけが別のクラスタを構成する）は整合すると考えられる。つまり、「位置と速度を観測する他者から受ける影響と、位置だけを観測する他者から受ける影響は異なる」という仮説である。
この仮説の検証のためには、エージェントが他の predator の速度を観測するように仕様変更して再実験すればよい。本研究としてはこれが最優先の課題であると考えている。なお、エージェントの仕様をこのように変更すると、エージェントの動作が変わるためその影響で人の動作も変わることが予想される。このため、すべてのプレイヤがエージェントである場合の動作実験だけでなく、人を加えた実験も再度実施する必要がある。

② predator（鬼）と prey（子）が接触したとき受け取る報酬が人とエージェントで異なる可能性：
predator エージェントは、自分が prey と接触したか、他の predator が prey と接触したかに関わらず同じ大きさの報酬を受け取る。実験参加者にもそのように説明したが、実験参加者の気持ちとしては、自分だけで prey を捕まえた時よりも、他のエージェントと協調して捕まえた方が、よりうれしいといったことがあったかもしれない。その結果として、人は他のエージェントの動きも prey の動きと同程度に注目するということが起こり、それがクラスタ構成の差異につながった可能性がある。
報酬が異なることが原因という仮説の検証については、自分が捕まえたときと他の predator が捕まえたときで報酬の値を変えるという変更をするということであれば簡単だが、協調して捕まえた方がうれしいという変更の場合は、協調した程度を表す指標を新たに考案する必要があり、簡単ではないだろう。

③ 人とエージェントで学習の程度が異なった可能性：
エージェントの場合は、十分な学習をした後に、学習を止めてデータ取得セッションを実施したが、実験参加者の場合は、5 節に記した通り、4 分程度の説明と練習の後に、6 分間のデータ取得を 3 回実施した。このため、実験参加者は、データ取得前には十分な学習ができておらず、データ取得中にも学習が進んだ可能性がある。この場合は、人とエージェントのクラスタ構成の違いが、学習の進度の違いにより生じた可能性があると言えよう。人の結果は学習が未熟なことを反映しているという仮説である。
逆に、人はすぐに学習できるが、エージェントの学習が実際は不十分であった可能性もある。人の学習が未熟だという仮説の検証は、今回取得したデータを前半後半に分けて再分析するだけでも見通しがつく可能性があるため、まずこれを試みる計画である。4 分＋6 分×3 では全く不十分であった場合は、再実験が必要となる。エージェントの学習が実は不十分であった場合は、さらに学習を続けるか、または、学習方式やハイパーパラメータ等の再検討が必要な可能性もある。

上記①～③に加えて、以下の点も今後検討したいと考えている。

今回の実験では、他エージェントからの影響を受ける程度は、実験参加者ごとに大きい個人差があった（図 6 から図 9 を参照）。この個人差を説明できるモデルの構築は今後の課題である。

また、移動エントロピー以外の指標（たとえば、獲得報酬、学習速度など）による差異の分析も今後の課題である。

今回は、DDPG, MADDPG, AP-MADDPG の 3 種類の強化学習エージェントを使用したが、この選択の妥当性や他の学習モデルの検討も今後進めていきたい。

さらに、鬼ごっこ環境で得られた知見が、どこまで一般的に成立するかを、鬼ごっこ以外の課題における学習エージェントの振舞いと人の振舞いの比較を通して調べる必要がある。

文献

[1] Sun, R. (2001) “Cognitive science meets multi-agent systems: A prolegomenon,” Philosophical Psychology, Vol. 14, No. 1, pp. 5-28.
[2] Sun, R. (ed.) (2005) Cognition and multi-agent interaction: From cognitive modeling to social simulation, Cambridge University Press.
[3] Lenk, J.C., Droste, R., Sobiech, C., Lüdtke, A., & Hahn, A. (2012). “Towards cooperative cognitive models in multi-agent systems,” COGNITIVE 2012: The Fourth International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications, pp. 67-70.
[4] Lowe, R.., Wu, Y., Tamar, A., Harb, J., Abbeel, P., & Mordatch, I. (2017) “Multi-agent actor-critic for mixed cooperative-competitive environments,” NIPS'17: Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, pp. 6382–6393.
[5] Lillicrap, T.P., Hunt, J.J., Pritzel, A., Heess, N.M., Erez, T., Tassa, Y., Silver, D., & Wierstra, D. (2015) “Continuous control with deep reinforcement learning,” arXiv:1509.02971.
[6] Schreiber, T. (2000) “Measuring information transfer,” Phys. Rev. Lett. Vol. 85, pp. 461-464.
[7] Lizier, J.T. (2014) “JIDT: An information-theoretic toolkit for studying the dynamics of complex systems,” Front. Robot. AI, Vol. 1, Article 11, 20 pages.

ロボットの道徳的判断への不快感に関連するパーソナリティの検討
The relationship between personality and discomfort with moral judgments of robots

達 椋介 †，加藤　樹里 †，金野 武司 ‡
Ryousuke Tatsu, Juri Kato, Takeshi Konno
† 金沢工業大学 情報フロンティア学部 心理科学科，‡ 金沢工業大学 工学部 電気電子工学科
Kanazawa Institute of Technology
† College of Informatics and Human Communication, Department of Psychological Science
‡College of Engineering, Electrical and Electronic Engineering
b1739246@planet.kanazawa-it.ac.jp, jurik@neptune.kanazawa-it.ac.jp, konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

本研究では，道徳的なジレンマ課題として知られるトロッコ問題において，複数人の命を助けるために一人を犠牲にする行為を人間またはロボットが行った場合に，その行為に感じる不快感とパーソナリティとの関係を検討した．また，既存のパーソナリティでは，ロボットのような存在に対する心理的傾向を測ることを想定していないため，ロボットの内面に固有の主観を認めるかどうかを測るための新しい尺度として「内的世界の見出しやすさ」尺度を作成した．その結果，マキャベリズムと不快感，内的世界の見出しやすさと不快感で有意な関係性が見られた．内的世界の見出しやすさ尺度の因子構造および信頼性を検討した因子分析の結果，1 因子が抽出され，α は.771 と十分であった．

キーワード : 道徳的ジレンマ，トロッコ問題，ロボット

1. 目的

近年の人工知能研究の進展に伴なって，ロボットは人間の日常的なパートナーとして社会に進出しつつある．しかし，その過程でロボットが自律的な判断を担うようになるほど，ロボットは客観的な基準だけでは判断できない問題に直面していくようになる．例えば自動運転車や介護・手術ロボットのような分野で生じる人間の命の問題は，道徳の問題といえる．そこにはロボットに道徳的判断を帰属するかどうかという問題がある．

Nagataki et al. (2019)[1] によれば，ロボットがその自律性を進展させる過程で，内面に固有の主観を形成するとき，人間はそのロボットに対して道徳性を帰属するようになると考えられる．その過程がどのように進展するのかを理解するためには，ロボットの内部メカニズムと共に，人間がそのロボットをどのように認知するのかを検討する必要がある．特に，道徳的なジレンマ状況においては，ロボットの内面に人間と同じような固有の主観を認めるかどうかの個人差である，パーソナリティとの関係を考慮することが重要であろう．そこで本研究では，人間とロボットのインタラクション実験をデザインし，さらにそのロボットが道徳的なジレンマ状況において選択する行動を実験参加者に評価させた．それらの道徳的評価と，評価者のパーソナリティとの関係を検討することを目的とした．

実験場面においてインタラクションを設定した目的は，実験参加者とロボットが身体的同調を経ることで，判断対象となるロボットに対して参加者が想像上でなく，リアリティを持った対象としての認識を持つことを目指したためである．次に，本研究での道徳的なジレンマ状況にはトロッコ問題 [2] を用いた．トロッコ問題は，ポイントを切り替えれば，5 人の作業員の命が助かる代わりに 1 人が犠牲になるというジレンマ状況であった．実験参加者には，ハンドル回しを一緒に行った相手（ロボット）が，そのポイントを切り替えたことが説明された．参加者はこの決定に対する評価を行った．具体的には，ポイントを切り替えたという決定が問題であると思うかの評価と，その決定に対する不快感を扱った．

道徳的判断は元来理性的な判断と考えられてきた．しかし Haidt(2001)[3] によって，道徳的判断の心理的な基礎過程には理性的のみならず直感的な情報処理を経るという二過程理論が提唱されて以来，道徳的判断における直感的な判断も重要視されている．例えばある不道徳な行為が，理性的に「なぜ悪いのか」という理由を組み立てるより先に，嫌悪感や不快感を生むように，道徳的判断において感情反応を含む直感的判断は大きな役割を果たしていると考えられる [4]．現に，

道徳的判断に伴って，感情の生起や制御に関連した脳部位が賦活することも示されている [5]．したがって本研究では，トロッコ問題に対する道徳的判断として，理性的判断としてのロボットの決定が問題である程度，そして直感的判断としての不快感の両側面を測定した．

最後に評価者のパーソナリティに関しては，既存の尺度としてマキャベリズム，サイコパシー傾向，共感性，Big Five 性格特性を用いた．ただし，これらの尺度はロボットのような存在に対する心理的傾向を測ることを想定していない．したがって本研究では，ロボットの内面に固有の主観を認めるかどうかを測るための新しい尺度として「内的世界の見出しやすさ」尺度を開発した．この尺度は今回新たに作成したものであるため，信頼性などの検討が必要と考えられる．

以上から，本発表では第 1 に，「内的世界の見出しやすさ」を測定する尺度の因子構造および信頼性を検討した結果を報告する．その上で第二に，人間あるいはロボットがトロッコ問題においてポイントを切り替えたことが伝えられた後の，その決定に対して問題と思う程度および不快感の回答と，各パーソナリティとの相関を報告する．

2. 方法

調査対象：調査対象者は金沢工業大学の学生 98 名（男性 87 名，女性 11 名，平均年齢 20.55 歳，SD = 1.61）であった．

調査方法：調査対象者は後述の調査項目を Google フォームを用いて個別に回答した．このうち，協力を得られた調査対象者 20 名（全員男性，平均年齢 21.25 歳，SD = 1.12）を人どうしでペアを組む人条件（5 組）と，ロボットとペアを組むロボ条件（10 組）のそれぞれに 10 名ずつ分け，身体性同調課題（以下，同調課題）を行った（図 1）．同調課題では人と人，あるいは人とロボのペアが対面になりハンドルを回した．ハンドル回しは 1 回のセッションを 90 秒，セッションごとの休憩を 30 秒とし計 5 セッション行った．ロボットにはヒューマノイドロボットであるソフトバンク社のペッパーを使用した．ハンドルの回し方については，ロボットの自律性を動作から感じさせないようにするため，人間の回転を 0.5 秒程度の遅れを持って追従し続けるようにした．

同調課題後，参加者はペアのまま衝立を挟んでトロッコ問題（図 2）に回答した．参加者には，分岐点の先 A の方向に 5 人，B の方向に 1 人の作業員がおり，衝立の向こうにいる人（同調課題を一緒にやった相手）が何もしなければ A の方向にトロッコが進み，レバーを操作すれば B の方向に進む状況が説明された．この状況で，衝立の向こうにいる人が，レバーを操作してトロッコを B の方向に進めたことが説明され，この決定について問題があるかないか，そしてどの程度の不快感を感じたかを 0 から 100 の数値で回答した．

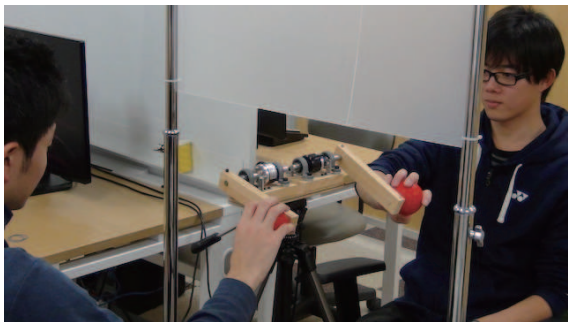


図 1　身体的動作課題

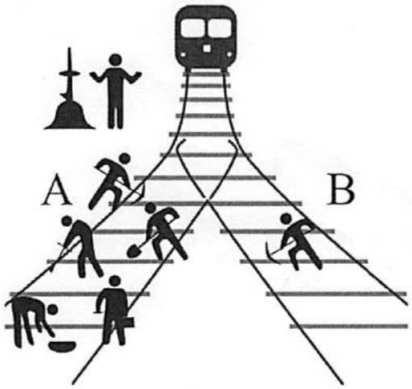


図 2　トロッコ問題のジレンマ状況

調査項目：マキャベリズム (20 項目 5 件法 [6])，サイコパシー傾向（26 項目 4 件法 [7])，共感性（25 項目 5 件法 [8][9])，内的世界の見出しやすさ，Big Five 性格特性（29 項目 7 件法 [10]）の順に測定した．内的世界の見出しやすさに関わる項目は 8 つ用意し，評定尺度は「非常に当てはまらない」から「非常に当てはまる」の 5 件法であった（表 1)．

3. 結果

3.1 内的世界の見出しやすさ尺度の因子分析

回答項目について，最尤法・斜交回転による因子分析を行った．その際，無回答項目があった 1 名のデータを除外して分析を行った．その結果，固有値が

表 1　内的世界の見出しやすさに関わる項目

1.	観葉植物に声をかけると，気持ちが伝わるように感じる
2.	ぬいぐるみや人形が意思を持っているように感じたことがある
3.	使用しているパソコンの調子が悪い時，パソコンの機嫌が悪いと感じる
4.	人間以外の生き物もそれぞれに意図を持って行動していると思う
5.	落ちそうな線香花火は落ちないようにがんばっていると感じる
6.	隙間に入り抜け出せなくなっている自動掃除ロボットは困っている，と思う
7.	身の回りの家電製品に名前をつけようと思ったことがある
8.	自動車製造ラインの組み立てロボットも，たまには休みたいと思っているだろうと感じる

表 2　内的世界の見出しやすさの因子分析の結果

項目番号	F1	共通性	*M*	*SD*
6	.65	.42	3.11	1.38
1	.61	.38	2.27	1.34
5	.61	.37	2.15	1.29
3	.56	.31	2.72	1.55
8	.56	.31	2.26	1.35
2	.55	.30	2.37	1.43
7	.47	.22	1.55	1.05
	α .771			

2.984，1.153，.991 と推移したため 1 因子解を採用した．また，負荷量が.40 以上を示すことを基準とし，再度因子分析を行った結果，最終的に項目 4（M=3.98, SD=1.14 ）を除いた 7 項目を採用した．α 係数は.771 を示した（表 2）．抽出された因子は，物体に対して人間と同じように内側に世界を持っているとする項目から成り立っているため，「内的世界の見出しやすさ」とした．

3.2　パーソナリティとトロッコ問題

調査対象者 20 名（無回答項目があったデータは除外しなかった）の回帰分析を行った結果，ロボ条件のマキャベリズムと不快感，人条件の内的世界の見出しやすさと不快感で有意な関係性が見られた（$t(8) = -2.34$, $p < .05$; $t(8) = 3.21$, $p < .05$）．ロボ条件のマキャベリズムと不快感の相関係数は-.638，人条件の内的世界の見出しやすさと不快感の相関係数は.750 であった（表 3）．図 3，4 にそれぞれの散布図と回帰直線を示す．

表 3　パーソナリティと不快感の回帰分析の結果

	相関係数	
	人条件	ロボ条件
マキャベリズム	.021	-.638 *
サイコパシー (一次性)	-.291	-.161
サイコパシー (二次性)	.141	-.043
共感性	.212	.416
内的世界の見出しやすさ	.750 *	-.114
情緒不安定性	-.026	.191
誠実性	.008	.237
外向性	.522	.099
調和性	.107	.349
開放性	.174	-.184

* $p < .05$

人条件において 10 名中 7 名がポイントを切り替えた行為に問題があると答え，逆にロボ条件においては 10 名中 3 名が問題があると答えたが，フィッシャーの直接確率検定による有意差はなかった（p=.179）．ポイントの切り替えに対して問題があると答える傾向と不快感を感じた度合いの間では，問題があると答えた群の方が平均して 10 ほど不快感が高くなったが，ここにも統計的な有意差はなかった．

続けて，パーソナリティを従属変数として，人／ロボ条件，問題あり／なしの 2 要因分散分析を行った結果，マキャベリズム尺度にのみ問題あり／なしの主効果が確認された（$F(1, 16) = 4.76$, $p = .044$, partial $\eta^2 = .230$）．これは，人／ロボ条件に関係なく，マキャベリズムの高い人（合理的な評価をする人）ほどポイントの切り替えに問題がないと答える傾向があったことを示す結果であり，先行研究の知見と整合する．

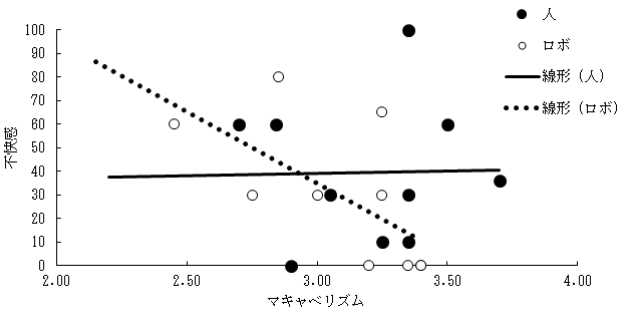


図 3　マキャベリズムと不快感

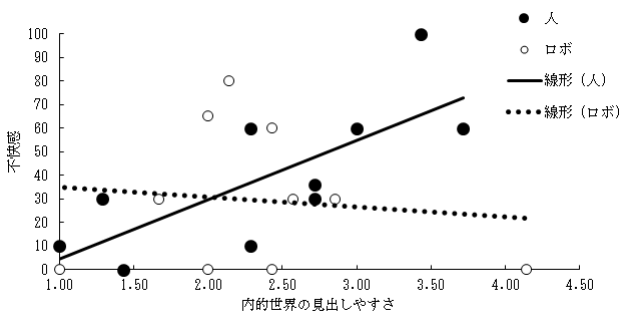


図 4　内的世界の見出しやすさと不快感

4.　考察

本研究では第一に，「内的世界の見出しやすさ」を測定する尺度の因子構造および信頼性を検討し，その上で第二に，人間あるいはロボットがトロッコ問題においてポイントを切り替えたことが伝えられた後の不快感の回答と，各パーソナリティとの相関を求めた．因子分析の結果，項目 4 を除外し 1 因子が抽出された．項目 4 は動物に関する内容であり，他の項目とは異なりインタラクションがある物体であった．そのため，意図を持って行動していると思う傾向が強く，内的世界の見出しやすさに関わる項目から除外することになったと考えられる．一方，最終的に採用した項目の中には，項目 7 のように偏りが見られる項目があることには注意が必要である．α は.771 を示したが，今後は他の尺度との相関から妥当性の検討をする必要がある．

パーソナリティとトロッコ問題では，回帰分析の結果，ロボ条件のマキャベリズムと不快感，人条件の内的世界の見出しやすさと不快感で有意な関係性がみられた．この結果より，ロボットを人間と同じように道徳性を帰属できる存在としてみなす条件の一つに，パーソナリティとしてのマキャベリズムが関係する可能性が示唆された．また，相手がロボットであればマキャベリズムを反映させるように，マキャベリズムが低い人はロボットの判断に対する不快感を強く感じていた．この不快感は直感的な道徳的判断を反映していると考えられるため，マキャベリズムが低いパーソナリティである場合は，ロボットに対し道徳性を帰属させやすいと解釈できる可能性がある．他方で相手が人であれば，不快感にマキャベリズムを反映させないといえる．

さらに，人条件の内的世界の見出しやすさと不快感で有意な関係性が見られた．もし，内的世界の見出しやすさが当初想定していた概念を測定しているのであれば，ロボ条件で有意な関係が見られると考えられる．そのため，内的世界の見出しやすさが，物体に対して人間と同じように内側に世界を持っていると思う程度とは異なる概念を測定している可能性が示唆された．この値が高いほど人条件で不快感が強いという結果であり，さらに尺度の項目内容に，気持ち，意思，機嫌，困るなど感情的な要素が多く含まれていた．これらからこの尺度は，物体ではなく人間に対して，相手がどの程度主体的な感情を持っていると思うかの通念を反映しているという解釈ができるかもしれない．人間が主体的な感情を持つと考える人ほど，トロッコ問題のレバー操作が感情的なためらいをもたらすはずと想定するため，レバーを操作したという決定に対して直感的に，道徳的に問題であると考えたという可能性がある．

5.　結論

本研究では，内的世界の見出しやすさを含めたパーソナリティと道徳的判断への不快感の関連を検討した．その結果，評価者のマキャベリズムがロボットの判断への道徳的評価に影響することが示唆された．今後はパーソナリティ以外の条件も検討することで，ロボットへの道徳的判断の帰属に関わる要因を明らかにしていく．また，本研究で開発した，内的世界の見出しやすさ尺度の有用性を検討する．

文献

[1] Shoji Nagataki, Hideki Ohira, Tatsuya Kashiwabata, Takeshi Konno, Takashi Hashimoto, Toshihiko Miura, Masayoshi Shibata and Shin'Ichi Kubota (2019): Can Morality Be Ascribed to Robots?, Interacci ó n '19 Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction, Article No. 44, 4 pages, doi:10.1145/3335595.3335643, June 25-28, Donostia, Gipuzkoa, Spain.

[2] Malle, B. F., Scheutz, M., Arnold, T., Voiklis, J., and Cusimano, C. (2015). Sacrifice one for the good of many?: People apply different moral norms to human and robot agents. In Proceedings of the tenth annual ACM/IEEE international conference on human-robot interaction, pages 117 - 124.

[3] Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgment. Psychological Review, 108, 814—834.

[4] Haidt, J. (2012). The righteous mind: Why good people are divided by politics and religion . New York: Pantheon Books.

[5] Greene, J. D., Morelli, S. A., Lowenberg, K., Nystrom, L. E., Cohen, J. D. (2008). Cognitive load selectively interferes with utilitarian moral judgment. Cognition, 107, 1144—1154.

[6] 中村敏健, 平石界, 小田亮, 齋藤慈子, 坂口菊恵, 五百部裕, 清成透子, 武田美亜, and 長谷川寿一 (2012). マキャ

ベリアニズム尺度日本語版の作成とその信頼性・妥当性の検討. パーソナリ ティ研究, 20(3):233–235.
[7] 大隅尚広, 金山範明, 杉浦義典, and 大平英樹 (2007). 日本語版一次性・二次性サイコパシー尺度の信頼性と妥当性の検討. パーソナリティ研究, 16(1):117–120.
[8] 明田芳久 (1999). 共感の枠組みと測度:davis の共感組織モデルと多次元共感性尺度 (iri-j) の予備的検討. 上智大学心理学年報 (23), 23:19 - 31.
[9] Davis, M. H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy. JSAS JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology, 10:85–104.
[10] 並川努, 谷伊織, 脇田貴文, 熊谷龍一, 中根愛, and 野口裕之 (2012). Big five 尺度短縮 版の開発と信頼性と妥当性の検討. 心理学研究, 83(2):91–99.

関連性の低い対象間の共通点探索プロセス ——カテゴリ判断課題との関連による検討—— Relationship between commonality search and categorization tasks

山川 真由[†]，清河 幸子[†]
Mayu Yamakawa, Sachiko Kiyokawa
[†]名古屋大学大学院教育発達科学研究科
Graduate School of Education and Human development, Nagoya University
yamakawa.mayu@g.mbox.nagoya-u.ac.jp

概要
本研究では，関連性の低い 2 つの対象間で共通点を探索する際のプロセスを明らかにすることを目的として，共通点探索課題と，類似したプロセスの関与が想定されるテゴリ判断課題との関連を検討した。いずれの課題においても，対象のもつ「目立たない」特徴に関する知識を活性化させることが必要となることから，課題間に正の関連が見られると予測していたが，課題間に有意な関連はみられなかった。このことから，両課題には異なるプロセスが関与していることが示唆された。

キーワード：共通点の探索 (Commonality search)，カテゴリ判断 (Categorization)

1. はじめに

人が物事に対して固定的な見方を持つことにより，問題の解決が困難になる場合がある。例えば，人は事物の典型的な機能にだけ着目してしまう傾向をもっており，これは機能的固着と呼ばれる (Duncker, 1945)。機能的固着に関する代表的な課題に，ろうそく問題がある。ろうそく問題は，ろうそくとマッチの入った箱，画びょうを使って，ろうそくを壁に立てるという課題である。この課題では，マッチ箱を画びょうで壁に刺し，ろうそくを立てるための台にすることで解決できる。しかし，多くの人は，箱をマッチを入れるための「容器」として固定的に考えてしまうため，容易に解決することができない。物事に対する固定的な見方を解消する方法を明らかにすることは，問題解決を促進する上で有用であると考えられる。

物事に対する固定的な見方を解消するためには，多くの人がすぐに思いつく「目立つ」特徴に関する知識だけでなく，「目立たない」特徴に関する知識を活性化させることが必要である。山川・清河 (2020) は，「目立たない」知識を活性化させるための方法として「関連性の低い 2 つの対象間での共通点の探索」が有効であることを示した。しかし，山川・清河・猪原 (2017) では，関連性の低い 2 つの対象間に共通点を発見することが容易ではないことも示されている。したがって，これをうまく遂行するためにはどうしたらよいのかを明らかにするため，この課題の遂行時に生じる認知プロセスを調べる必要がある。

Yamakawa & Kiyokawa (2020) は，共通点探索課題遂行時の認知プロセスを明らかにするため，共通点探索課題とカテゴリ列挙課題 (Chrysikou, 2006) の関連を検討した。その結果，両課題の回答数に正の相関がみられた。このことから，両課題を遂行する認知プロセスが共通していることが示唆された。それぞれの課題を遂行する際には，次のようなプロセスが生じていると考えられる。まず，共通点探索課題では，関連性の低い 2 つの対象（例えば，「イチゴ」と「テレビ」）の共通点を挙げるように求められる。このとき，2 つの対象それぞれがもつ「目立つ」特徴に関する知識が活性化する。しかし，「目立つ」特徴は共通しないため，「目立たない」特徴に関する知識を活性化させ，共通点となる特徴を探索する必要がある。一方，カテゴリ列挙課題では，ある対象が属するカテゴリを複数列挙することが求められる。例えば，「靴」の場合，一般的には「履きもの」というカテゴリに属するが，このような一般的なカテゴリ以外のカテゴリ（例えば，「釘を打ち込むために使うもの」）を列挙するように求められる。この課題でも，対象のもつ「目立つ」特徴だけでなく，「目立たない」特徴に関する知識を活性化させる必要がある。Yamakawa & Kiyokawa (2020) では，この 2 つの課題の回答数に正の相関がみられたことから，どちらの課題でも対象の「目立たない」特徴に関する知識を活性化させるというプロセスが共通していることが示唆された。

本研究では，Yamakawa & Kiyokawa (2020) で用いたカテゴリ列挙課題と同様に，カテゴリに関する人の認識について調べる別の課題を用いて，共通点探索課題との関連を検討する。具体的には，カテゴリ判断課題 (Isen & Daubman, 1984) を用いる。カテゴリ判断課題は，ある事物があるカテゴリの成員としてみなせる程度を判断する課題である。この課題では，一般的にあるカテ

ゴリに属する成員としての典型性が低いと想定される対象について，そのカテゴリの成員としてどのくらいみなしてよいと思うかの程度を判断することが求められる。例えば，「ラクダ」を「乗り物」カテゴリの成員としてみなす程度を判断するとき，ラクダのもつ特徴として「動物である」，「こぶがある」などの「目立つ」知識だけが活性化していると「乗り物」と見なす程度は低くなるはずである。それに対して，「移動手段として利用できる」という「目立たない」知識が活性化していると「乗り物」として判断する程度は高くなるはずである。まとめると，一般的にあるカテゴリに属する成員としての典型性が低い対象に対して，そのカテゴリの成員としてみなしてよいと判断する程度が高い人は，対象の持つ「目立たない」特徴に関する知識を活性化させて判断できると考えられる。このように，カテゴリ判断課題においても，共通点探索課題と同様に，対象のもつ「目立たない」特徴に関する知識を活性化させるプロセスが想定される。したがって，ほカテゴリ判断課題における典型性の低い項目に対する評定値と共通点探索課題の回答数には正の相関があると予測される。

2. 方法

実験参加者

名古屋大学の学生 50 名（男性 22 名，女性 28 名，平均年齢 20.10 (SD = 1.22) 歳）であった。参加者は全員日本語話者であった。なお，参加者は報酬としてコースクレジットまたは 750 円を受け取った。

材料

共通点探索課題　関連性の低い 2 つの対象を組み合わせた単語対を 9 組使用した。刺激語は山川・清河 (2020) の実験 2 で用いられたものと同じである。刺激語一覧を表 1 に示す。

カテゴリ判断課題　4 つのカテゴリに属する計 40 項目（各カテゴリ 10 項目）を使用することとした。刺激語は，Rosch (1975) による事物とその典型性の順位を示すリストを使用して予備調査を行い，その結果に基づいて選定した。予備調査では，実験参加者とは異なる名古屋大学の学部生・大学院生 29 名（男性 11 名，女性 18 名，平均年齢 20.03 (*SD* =1.32) 歳）が，各カテゴリに属する事物としての典型性の評定を行った。典型性得点の上位 5 項目（典型性・高）と下位 5 項目（典型性・低）を使用する刺激語とした。刺激語一覧を表 2 に示す。

表 1
共通点探索課題の刺激語

イチゴ	テレビ
インク	メダカ
カルタ	ランプ
コイン	ベルト
タイヤ	パズル
タオル	キムチ
テント	モグラ
バケツ	メダル
ミルク	ベンチ

手続き

1 回の実施につき最大 10 名が同時に参加した。同じ回の参加者全員に対して一斉に，課題内容および倫理的配慮について説明した。同意書にサインをした者のみが課題に取り組んだ。その後，参加者は 1 人 1 台の PC を用いて個別に課題に取り組んだ。課題の呈示と参加者の反応の記録には Qualtrics を使用した。2 つの課題の実施順は，参加者間でカウンターバランスした。課題終了後に，参加者の性別，年齢，母語を尋ねた。

共通点探索課題　画面上に呈示される単語ペアに共通する特徴を最大 10 個まで，入力するように求めた。文字数，表記，濁点の有無，共通する文字の有無など言葉の特徴ではなく，その言葉が表す事物や生物がもつ特徴について考えるよう求めた。制限時間は，1 単語ペア（以下 1 試行とする）につき 1 分 30 秒とした。1 分 30 秒が経過すると画面上に次のページに進むことができるボタンが表示され，表示されたらすぐにクリックして先に進むよう指示した。試行間には休憩ページとして「準備ができたら矢印ボタンを押して進んでください。」という教示のみが表示されるページが挿入された。はじめに練習 1 試行（「パイプ　ボトル」）に取り組んだあと，本試行 9 試行に取り組んだ。単語ペアは参加者毎にランダムに呈示した。

カテゴリ判断課題　Isen & Daubman (1984) の手続きを参考にし，ある事物があるカテゴリの成員としてみなせる程度を判断するように求めた。具体的には，「『テーブル』を『家具』とみなしてよいとどのくらい思いますか。 一般的にではなくあなた自身がどう思うかを答えてください。あまり悩まず直感で回答してください。」と教示し，1（そのカテゴリの成員としてはまったくみ

表 2
カテゴリ判断課題の刺激語

	典型性・高	典型性・低
家具	テーブル	まくら
	ベッド	ラジオ
	本棚	ミシン
	たんす	絵画
	ソファー	灰皿
野菜	ピーマン	マッシュルーム
	ブロッコリー	海藻
	ニンジン	ピーナッツ
	キュウリ	タンポポ
	レタス	コショウ
衣類	シャツ	ハンドバッグ
	パーカー	ネックレス
	ズボン	イヤリング
	コート	指輪
	スウェット	腕時計
乗り物	電車	スケートボード
	地下鉄	サーフボード
	バス	スキー
	バイク	スケート靴
	自動車	足

なせない）～10（そのカテゴリの成員としてとてもみなせる）の 10 件法での回答を求めた。はじめに練習 1 試行（事例「スプーン」，カテゴリ「食器」）に取り組んだあと，各カテゴリ 10 項目計 40 項目について回答を求めた。カテゴリ毎にブロックが構成されていたため，カテゴリが変わるタイミングでは「今から『家具』というカテゴリについて考えていただきます」という教示のみを呈示するページが挿入された。事例の呈示順は，Isen & Daubman (1984) に従い，1 つ目は必ず最も典型性が高い事例が呈示され，残り 9 事例は参加者毎にランダムに呈示した。

3. 結果と考察

共通点探索課題のパフォーマンスを反映する指標として，参加者毎に 9 試行の平均回答数を算出した。参加者全体の平均は 5.53 (SD = 0.89) であった。カテゴリ判断課題については，カテゴリ毎に典型性の高い 5 項目の平均評定値と典型性の低い 5 項目の平均評定値をそれぞれ算出した。その後，4 カテゴリの平均値を算出した。参加者全体の平均は，典型性が高い項目が 9.94 (SD = 0.11) ，典型性が低い項目が 3.77 (SD = 1.20) であった。

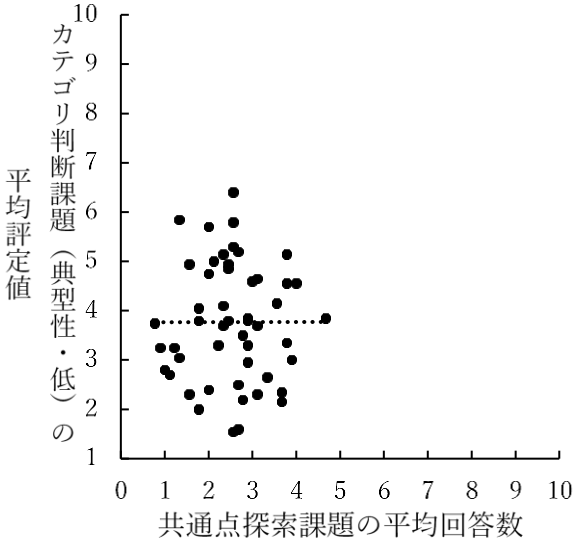


図 1　共通点探索課題の平均評定値とカテゴリ判断課題（典型性・低）の平均評定値の散布図および回帰直線

予測を検討するため，共通点探索課題の平均回答数とカテゴリ判断課題の典型性が低い項目に対する平均評定値との相関係数を算出したところ，有意な相関はみられなかった (r = .001, p = 0.99)。散布図と回帰直線を図 1 に示す。

この結果は，共通点探索課題とカテゴリ判断課題の遂行時に，対象のもつ「目立たない」特徴に関する知識を活性化させるというプロセスが共通していないことを示唆するものである。これは，本研究で行ったカテゴリ判断課題では「目立たない」特徴に関する知識を活性化させることが必ずしも必要ではなかったためであると考えられる。Yamakawa & Kiyokawa (2020) では，共通点探索課題とカテゴリ判断課題の回答数に正の相関がみられており，これは，どちらの課題でも，多くの回答をするためには対象の持つ「目立つ」特徴だけではなく「目立たない」知識を多く活性化させることが重要であったためである。それに対して，本研究で行ったカテゴリ判断課題では，あるカテゴリに属する成員として典型性の低い対象をそのカテゴリの成員としてみなせる程度を判断することが求められるが，このとき，その

事例やカテゴリについて，「目立たない」特徴を意識的に探索することはかならずしも必要ではなかったと考えられる。そのため，一般的にカテゴリ成員としての典型性が低いと思われるものであっても，できるだけそのカテゴリ成員としてみなすように考えて判断することを求めるような状況を設定した場合には，その対象の「目立たない」特徴を意識的に探索するプロセスが生じる可能性がある。このように「目立たない」特徴に知識の活性化が必要となる状況に設定した上でカテゴリ判断課題を行い，共通点探索課題の間で相関が認められる場合には，共通点探索課題の遂行時に「目立たない」知識の活性化というプロセスが重要であることが確かめられる。

文献

[1] Chrysikou, E. G. (2006). When shoes become hammers: goal-derived categorization training enhances problem-solving performance. *Journal of Experimental Psychology; Learning, Memory, & Cognition*, *32*, 935-942.

[2] Duncker, K. (1945). On problem-solving. *Psychological Monographs*, *58*, 1-113.

[3] Isen, A. M. & Daubman, K. A. (1984). The influence of affect on categorization. *Journal of Personality and Social Psychology*, *47*, 1206-1217.

[4] Rosch, E. (1975). Cognitive representations of semantic categories. *Journal of Experimental Psychology; General*, *104*, 192-233.

[5] 山川 真由・清河 幸子・猪原 敬介 (2017). 共通点の探索を通じた創造的な着眼点の発見――対象間の関連性に着目した検討―― 認知科学, *24*, 314-327.

[6] 山川 真由・清河 幸子 (2020). 共通点の探索による「目立たない」知識の活性化の促進 認知科学 Advance online publication. https://doi.org/10.11225/cs.2020.002

[7] Yamakawa, M. & Kiyokawa, S. (2020). Commonality search as a way of facilitating creative thinking: A comparison with the Alternative Categorization Task. *Proceedings of the 42nd Annual Meeting of Cognitive Science Society*, 2702-2707.

創造的思考における問題拡張にグループワークが与える影響
The Effect of the Problem Expansion Provided by Group Work in Creative Thinking Activity

川瀬 真弓[†]，鎌部 浩[‡]
Mayumi Kawase, Hiroshi Kamabe
[† ‡]岐阜大学
Gifu University
mkawase@gifu-u.ac.jp

概要
岐阜大学大学院自然科学技術研究科は2017年度に修士 1 年を対象にデザイン思考序論を創設し，創造的思考力を育成している．2020 年度前学期はオンラインでデザイン思考の 5 つのステップを用いて創造的問題解決に取り組んだ．パフォーマンスの高い成果物を創出したグループの話し合いでは，発話順にアイデアを可視化したことが，問題空間の拡張に影響を与えた可能性があることがわかった．

キーワード : 創造的思考，デザイン思考，発散的思考と収束的思考，協調的問題解決

1. はじめに

創造的思考のプロセスは，生成段階と探索・解釈段階の 2 つに分けることができる．Finke は，アイデアが産出されるには，生成段階と探索・解釈段階とのインタラクションが繰り返されることで発明先行構造[1]が修正・変更され，アイデアが洗練・拡充されていくとした[1, 2, 3, 4, 5].

創造的思考は，単なる再生ではなく今までとは違った新しい解決案を問題に提出できる思考を指す[6]. Mayer（1992）は，狭い意味での創造的思考はある問題に一つ以上の斬新な解を見つけだす認知的活動であるとした[7]．こうした視点に立つと，創造的思考力の向上には，グループにおける多様な視点を用いた協調的問題解決の取り組みを考えたり，ファシリテーションの有用性を比較したりしたとき，グループにおける解の方がより多様な視点が活かされると推察するのは想像に難くない．しかし，協調的問題解決が創造的思考力に対してどのような影響を与えるか，調べた範囲内では明らかにされていない．

そこで，本研究では岐阜大学大学院自然科学技術研究科「デザイン思考序論Ａ」を受講する修士 1 年生（約 440 名）の中の，著者のクラスの学習者 108 名を対象に，Teams を用いたオンライン上でデザイン思考を用いて協調的問題解決に取り組む話し合いを実施した．その際，問題の拡張として出されたアイデア・意見の生成段階と解釈・探索段階がどのような創造的プロセスを構成するのか，調査することにした．

今回話し合いの授業にもかかわらずオンラインで授業を実施することに決めたのは，新型コロナウイルス感染症の拡大防止のため，2020 年度前学期における講義を対面で実施できない期間があったからである．

グループのメンバーは話し合い時に発想したことば，記号，描写されたものを，求められている文脈に応じて使い分け，抽象的な心的イメージの生成を伝える．伝えられた生成イメージの意味を探索・解釈し，その結果新しいアイデアが産出されたりすると考えられている[8]. 本研究の対象である「デザイン思考序論」は原則 4 人 1 グループで編成し，演習課題を話し合いによって創造的に問題解決する授業である．話し合いは，スタンフォード大学の d.school で使用されている 5 つのステップを思考のワークフローとした．ここでは 1 つ解決策が産出されたと思っても，そこから次の問題が生まれてくるような問題解決プロセスを経る．デザイン思考で扱う問題は，問題があるかどうかもわからない状態から問題を見つけるため最も扱いにくい問題といわれている[9]. グループのメンバーの話し合いの初期段階は，その状況において何が問題か考えつくすまで抽象的な心的イメージを生成したり，生成されたものについて探索・解釈してアイデアを創出したりすることが繰り返される．

[1] 心的な表象を指す．表象といっても少なくとも実験場面では被験者が実験者の教示によって意識的に描き出すもので，外在的な表現，例えば紙に描かれた図と複雑さや扱いの柔軟性に差はあっても本質的には同じだと考えられている．発明先行構造は物体の形状だったり，なんらかのカテゴリに属する事例であったり，メンタルモデルだったりする．（http://www.taikasha.com/kobashi/ccig/95book.htm 2020 年 7 月 29 日取得）

本研究の目的は，デザイン思考の「共感」「問題の定義」「創造」「プロトタイプ」「テスト」の 5 つのステップ[10]を使って創造的問題解決を進めるとき，グループで生成されたアイデア，解釈・探索されたアイデアの構造的変化を，チャットに残されたことばの記録を手がかりに，明らかにすることである．

第 2 章の方法では主に手続き，分析，結果などを，第 3 章で議論，第 4 章でまとめと課題を述べる．

2. 方法

2.1 参加者

「デザイン思考序論 A」の受講生のうち川瀬クラスの受講者108人(実際に評価の回答が得られたのは103人）．自然科学技術研究科大学院生，男性：89 名（85 名），女性 19 名（18 名）

2.2 材料

4 月からオンラインで授業を実施することになったことから，オンラインでの学習環境を考える機会となるよう，授業の演習課題を「対面のコミュニケーションと対面しないコミュニケーションの差から生じる課題とニーズの特定を練習する課題」とした．次に，課題の概要を示す．

「最近授業中，初めてグループで一緒になった人とオンラインで課題解決に取り組むことになった．次第にオンラインでの話し合いに，違和感が残るようになった．グループでデザイン思考の手法を用いてこれを解消する工夫を特定し，ユーザーが参加したくなるようなサービス・システムを提案しなさい」

実際に 2020 年度前学期に実施した学習内容は表 1 のとおりである．本研究は，Microsoft 365 Teams 上で実施された 3 回目の話し合いの取り組みから，宿題で取り組んだ動画の成果物を提出する 4 回目までの協調的問題解決の取り組みを対象とした．

2.3 手続き

2.3.1 Teams の活用

3 回目の授業をリアルタイムで実施し，Teams におけるチャット機能，グループで同時に編集作業ができる PowerPoint を介して話し合いの場を設計した．

2.3.2 話し合いの進め方

グループの話し合いは 3 回目の授業時間内と 4 回目の授業までの 2 週間の任意の時間帯に進められた．4 人 1 グループの編成は TA によって Teams の科目チーム上でプライベートチャネル（グループ専用のチャットルーム）として全て事前に登録した．TA は各クラス 4 人ずつ配置した．

表 1　2020 年度前学期「デザイン思考序論」
学習計画と実施内容（2 コマ連続実施）

	学習内容	学習形態
1 回目	講義のガイダンス デザイン思考概論	オンデマンド型 オンライン授業
2 回目	デザイナーによるデザイン，デザイン思考の理論の把握	オンデマンド型 オンライン授業
3 回目	グループで課題解決のデザイン演習，課題提示 Teams 上でグループワーク開始：自己紹介&ディスカッション 宿題：2 分間動画制作	リアルタイムのオンライン授業 SA によるグループワーク支援
4 回目	動画発表―パフォーマンス評価の実施 修正案の話し合い 課題：レポート提出	リアルタイムのオンライン授業

3 回目の授業は，授業のスケジュールと演習課題，話し合いの進め方を説明した PDF を用意し，各自でいつでも読めるよう配慮した． 次に，各プライベートチャネルのチャット（投稿欄）にテキスト文（文字）を入力して話し合った内容を可視化するよう指示した．

話し合いの初回は，グループ支援を担当する TA がビデオ会議を立ち上げ，開始した．TA は，グループのメンバー間のインタラクションが活発になるよう，担当グループのチャットへの書き込みを理解しながら問題解決プロセスをサポートした．

アイデアをまとめるときは，チャットの他に，Teams 上で PowerPoint ファイルを共同編集する機能を用いるよう指導した．PowerPoint のスライドには，「共感」「問題の定義」「創造」「プロトタイプ」と明記した．それぞれの段階において，問題をとらえる理由を記載したり，要素分解の状態の意見をグルーピングしてまとめ，ラベリングを施して抽象化する練習ができるようページをつけ，対面の授業で付せんを用いて情報を構造化するスライドも準備した．また，付せんを模した矩形の図に色を付け，意見を記入して自由に貼り拡げるよう説明した． 学習者はこれらを理解したうえで，発散的思考によって問題空間を拡張して課題を探索したり，収束的思考によって拡張された問題空間から次に取り組むべき問題を特定したりした[11]．

2.3.3 成果物の制作支援

学習者には，課題解決の成果物として 2 分間の動画を制作し，2 週間以内に提出するよう伝えた．制作する間の話し合いは学習者が必要なときに実施した．成果物の構成には，デザイン思考の 5 つのステップから「共感」「問題の定義」「創造」「プロトタイプ」を用いるよう伝えた．またオンライン上で話し合った記録をもとに同時編集できるよう，スライドには「共感」「問題の定義」「創造」「プロトタイプ」と記し，ワークフローに沿って情報を集約しやすいよう配慮した．

各グループの成果物は，PowerPoint の音声付きファイル（mp4）として Teams 上の指定の場所に提出するよう指示した．

2.3.4 成果物の発表，パフォーマンス評価

前学期間 8 コマの授業の最終回の 4 回目で，各グループが制作した動画を視聴する発表会を実施した．発表会はオンラインでリアルタイムに実施し，個々に 26 グループの動画を視聴した．26 グループの動画のパフォーマンスについて評価できるよう表 2 が記載された評価シートを用意し，学内 web を用いて実施した．

表 2　成果物（発表動画）のパフォーマンスを問う評価項目（1 グループ分）

各グループの発表動画を視聴するとき，次の質問項目について 7 段階から該当する番号を選び回答せよ．
＊1 は「全く考えられていない」，7 は「とてもよく考えられている」を示している．

1. 共感　〔 1・2・3・4・5・6・7 〕
2. 問題の定義　〔 1・2・3・4・5・6・7 〕
3. 創造　〔 1・2・3・4・5・6・7 〕
4. プロトタイプ　〔 1・2・3・4・5・6・7 〕
5. 採用度　〔 1・2・3・4・5・6・7 〕

併せて，「共感賞」「問題の定義賞」「創造賞」にふさわしいグループを選び回答するよう指示を出し，例えば「共感賞」であれば，共感に求められている項目とグループが制作した提案内容とを比較してどれくらい達成されているか評価する機会を設け，最も印象に残ったグループを申告するよう伝えた．

2.4 分析

2.4.1 Teams を使った話し合い

学習者がプライベートチャネルでグループワークを進めるときは，ビデオ会議という対面に近いカメラ音声付き機能と，チャットへの投稿，PowerPoint を使った同時編集ファイルの活用という 3 つの機能を提供した．話し合いを始めるときはビデオ会議を立ち上げて参加を募り，話し合いでアイデア・意見が増えて記録が必要になったときに，グループによってチャットへの投稿が選ばれたり，同時編集ファイルへの記入が選ばれたり，グループのニーズによって異なった．

オンラインにおける話し合いを進める際，Teams を使用することにそれほど難しさは感じられなかったが，いずれの機能でも対面で話し合いを実施しているほどの自由度は感じられないようであった．

2.4.2 話し合いの進め方のパターン

問題空間を拡張したことによるアイデア・意見の伝達方法は，グループによって異なっていたことがわかった．著者はビデオ会議による話し合いと同時に，思考を可視化するツールとしてチャットへの記入を薦めた．しかし，実際にチャットに思考を可視化したグループは多くなかった．

ビデオ会議で話し合いを進めたが，チャットに記録が残っていないグループは，同時編集ファイルにアイ

表 3　学習者による成果物（動画）の評価結果と順位

(a) 学習者投票の上位 10 位

順位	グループ名	平均点
1	**3**	27.9
2	**7**	27.8
3	**17**	27.6
4	**21**	27.5
5	**8**	27.5
6	**13**	27.2
7	**25**	27.0
8	**9**	26.8
9	**18**	26.4
10	**1**	26.3

(b) 共感賞　上位 5 位

順位	グループ名	共感賞（ポイント）
1	**8**	26
2	**21**	17
3	**25**	13
4	**3**	10
5	**7**	10

(c) 問題の定義　上位 5 位

順位	グループ名	問題の定義（ポイント）
1	**21**	28
2	**17**	16
3	**25**	10
4	**7**	9
5	**20**	5

(d) 創造賞　上位 5 位

順位	グループ名	創造（ポイント）
1	**13**	17
2	**9**	13
3	**8**	12
4	**21**	11
5	**20**	7

デアや意見を個々に書き込んでいるケースや，使い慣れた SNS に書き込んでいるケースもみられた．

2.4.3 成果物の提出形式

成果物の制作支援として同時編集ファイルを提供したが，創造的問題解決の成果物として動画ファイルを作るときは，グループで任意のスライド構成に変え，mp4 形式で提出された．

2.4.4 成果物の評価，パフォーマンス評価の集計

当日出席した 103 人の学生が学内 web を用いて成果物の動画を評価した．評価項目については表 2 のとおりである．評価の集計結果の上位グループについては表 3 のとおりである．

表 4 は，デザイン思考の 5 つのワークフローの，「共感賞」「問題の定義賞」「創造賞」の集計結果である．

表 4　学習者がグループの成果物を視聴したときの「共感賞」「問題の定義賞」「創造賞」の投票結果

グループ名	共感賞	問題の定義賞	創造賞
1	0	0	4
2	0	0	0
3	10	2	0
4	0	0	0
5	0	3	1
6	0	0	1
7	10	9	7
8	26	0	12
9	2	0	13
10	8	0	0
11	0	0	0
12	0	3	0
13	4	4	17
14	0	0	5
15	0	0	1
16	0	0	4
17	0	16	1
18	0	3	0
19	0	3	1
20	0	5	7
21	17	28	11
22	0	4	0
23	0	0	0
24	0	0	0
25	13	10	3
26	0	1	3

[注]　表内の数字は，学習者による投票数を示す．

なお，どのグループが「共感賞」「問題の定義賞」「創造賞」を選んだか可視化するために，図 1 にレーダーチャートで示した．

表 3，表 4 の結果から，（a）平均点による上位 10 グループ，(b)共感賞，(c)問題の定義，(d)創造の上位 5 位に入っているのは，グループ 21 のみであることがわかる．これにより，グループ 21 はパフォーマンスの高い発表をしたといえる．

グループ 21 の次に，(a)，(b)，(d)で投票数が多いのは，グループ 8 である．ただし，グループ 8 は(c)の問題の定義について，他の学習者から一票も得られていない．話し合いにおける「問題の定義」は初学者にとって乗り越えにくい課題であるため，この差は重要な意味を持つ．つまり，高いパフォーマンスをもつグループ 21 とそうではないグループとの差がどこで生じたかを明らかにするため，高いパフォーマンスをもつグループ 21 の話し合いのプロセスを分析することとした．

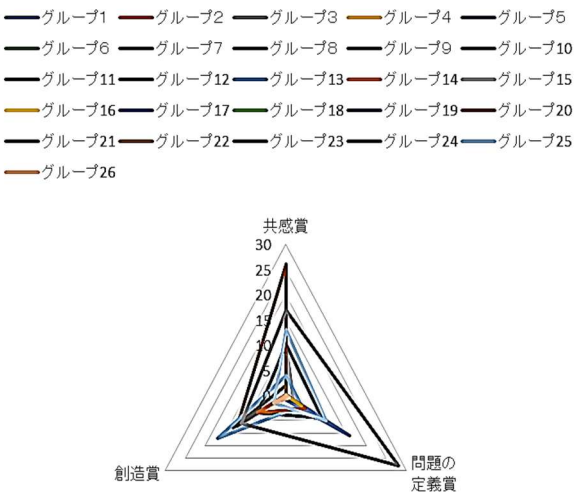


図 1　「共感賞」「問題の定義」「創造賞」に関する学習者の投票数の比較

表 5　協調的問題解決を進めるときに創出されたアイデアの構成要素の各内容

生成	問題空間，解決策の空間	
	問題	目的達成できない状態，状況，定義，一部
	解決策	目的達成できる人工物，パーツ，機能，複合
外化	アイデアの描写	
解釈	アイデアの働き方，使い方の理解，類推，比喩	
評価	アイデアに対する肯定・中立・批判	
方針	俯瞰，メタ認知，目的と照合し修正	

[注] 各要素と内容は，石井・三輪（2001）に基づき川瀬が改変した．

表 6　グループ 21 の話し合いの記録における，協調的問題解決時の生成段階，解釈・探索段階の分析

人物	日付	開始時刻	生成		外化	解釈	評価	方針
			問題	解決策				
1	5.29	11:01	声がかぶって話しづらい					
1	5.29	11:04		発言権をボタンで				
1	5.29	11:04	発言量わからない					
2	5.29	11:04		ＡＩが発言者を決める				
1	5.29	11:05		次に発言しそうな人をカメラで検知して発言権を与える				
1	5.29	11:07		カメラで目線を検知して誰を見てるか判断して話す人を決める				
1	5.29	11:08		AI，5G				
2	5.29	11:09	大人数になるとどこを見ているか判別しづらい					
1,2,3,4	5.29	①			会議1時間22分			
2	5.29	13:29	望ましい状態の提案	絵に書いてみる	**プロトタイプppt**			
1	5.29	15:04				かっこいいです！		
3	5.29	15:54				分かりやすくていいと思います！		
2	5.29	20:05						段階を踏んで進めることへの合意確認
4	6.1	19:35	ユーザーの困惑判断材料の提示	これから発言する人を自動判別するツール	**創造ppt**			
4	6.1	19:36				付けたし案の依頼		
2	6.3	11:54	具体的な画像が良いのでは					
1	6.11	11:00	発言のタイミングを教えてくれる表現に変更しては					
	6.11	11:45	スライド全体で何が言いたいのかわかるように変更しては					
1	6.3	12:08	オンラインに必要な機能提案		創造スライドへコメント追加			
2	6.11	11:02	より道具の機能を強調するとよい．大きく派手なテーマをつくるなど		創造スライドへコメント追加			
1,2	6.11	②			会議14分32秒			
1	5.29	13:02	ペルソナの設定，ニーズの設定	文字と画像で表現	**問題の定義ppt提案**			
2	6.3	12:04	ユーザの具体的な性格，年代をペルソナとして設定しよう		スライド内コメント欄に対応			
4	6.3	13:22				すごくいいと思います		
2	6.3	13:28				わかりやすいです		
2	6.3	13:34						スライドサイズの確認

表 6　グループ 21 の話し合いの記録における，協調的問題解決時の生成段階，解釈・探索段階の分析

3	5.29	14:00	オンライングループワークでの違和感の提案	親和図法で表現	**共感ppt提案**			
1	5.29	15:04				良い感じです！		
3	5.29	15:56				いいと思います！		
2	5.29	20:04				とても分かりやすいです		
2	6.3	12:05	コメント追加					
2	6.3	12:08	自分の感情を表現しづらい，意見が言いにくい（オンライン上の無機質な感じ）					
1	6.11	11:02	空気を読みづらいなど抜けてる？					
1	6.11	8:21		ターゲットを「上司に気を遣いがちな若手社員」にフォーカスする	**問題の定義２ppt**			
1	6.11	9:42			**問題の定義３ppt**			
2	6.11	10:09						修正ポイントの有無の質問
1	6.11	9:51					音声時間の確認	
2	6.11	10:10						修正ポイントの擦り合わせ
2	6.10	10:11			**プロトタイプ音声付**			
4	6.11	10:49	プロトタイプの修正案					
1	6.11	10:11			**問題の定義４**			
2	6.11	11:40			問題の定義へのコメント			
1	6.11	10:11				わかりました.修正ない？		音声時間調整
1,2,4	6.11	③			会議開催依頼27分40分			
1	6.11	10:27			修正指示			
2	6.13	10:28			**プロトタイプ音声付3**			
2	6.13	10:29						38秒調整
4	6.13	10:52			コメント			
2	6.13	11:04			変更済			
1	6.13	10:57				これでいい？		
4	6.13	11:53			音声修正済み			
2	6.13	13:41				わかりやすいです		
3	6.13	11:16		前回の修正箇所の修正	**共感音声付１**			
3	6.13	11:28			**共感音声付２**			
2	6.13	13:42				わかりやすいです		
3	6.13	20:10			**全体音声付**			
2	6.13	20:28			**プロトタイプ-テスト音声付２**			
4	6.13	20:36			**全体音声付２**			
3	6.13	20:49			**全体音声付４**			
4	6.13	20:55			**全体mp4提出**			
2	6.13	21:02			**プロトタイプ-テスト音声付３**			2秒削減
4	6.13	21:13			**mp4_2提出**			
1,2,3,4	6.13	④			会議1時間13分			

表 7　グループ 8 の話し合いの記録における，協調的問題解決時の生成段階，解釈・探索段階の分析

人物	日付	開始時刻	生成		外化	解釈	評価	方針
			問題	解決策				
1, 2, 4	5.29	10:40	何に悩んでいるか共有					
1, 2, 4	5.29	①	ビデオ会議で話し合い．会議時間：1時間59分					
1, 2, 3, 4	6.3	②	ビデオ会議で話し合い．会議時間：55分37秒					
1, 2, 3, 4	6.1	③	ビデオ会議で話し合い．会議時間：2時間1分					
3	6.13	14:07			動画ファイルアップロード完了			
1	6.13	15:45				確認しました	大丈夫です	
4	6.13	20:03				確認しました	内容よい	2分の条件ＯＫ？

2.4.5　アイデアの構成要素について

前学期間，Teams を使ってグループで話し合いを実施してきたため，話し合いにかかわるデータは，Teams 上に記録されている．そこで，テーマごと，発話順にデータがまとまっているチャットに着目し，アイデア・意見を表しているテキストデータを収集した．

次に，アイデアの構成要素について，生成段階と解釈・探索段階のいずれかで分析するため，アイデアの種類を表す構成要素について定めた（表 5）．

表 5 をもとに，グループ 21 とグループ 8 の Teams 上のチャットに残された話し合いのやり取りを分析した．その結果，前者を表 6，後者を表 7 にまとめた．

2.4.6 評価の結果

表 6 は，グループ 21 のチャットに残されていた話し合いの記録を分析した結果である．やり取りしたチャットの数も多く，アイデアの生成段階，解釈・探索段階のいずれの段階でもやり取りが見られた．

表 7 は，グループ 8 のチャットに残されていた記録を分析した結果である．全グループに同じ条件で，ビデオ会議の内容の概要を各グループのチャットに残すよう指導したが，本グループのチャットには，ビデオ会議で話し合いを開始した記録と，終了したという記録以外はほぼ見られなかった．

パフォーマンスの高い創造的問題解決策を提案したグループとして，ここではグループ 21 を取り上げ，協調的問題解決時の問題拡張プロセスの構造変化の特徴を取り上げることとした．

2.4.7 グループ 21 の各項目の変化

各項目について時系列に伴う構造の変化を，(1) 協調的問題解決に参加した人物と回数，(2) 生成全体の回数と各要素の回数，(3) 各デザイン思考 5 つのステップの思考回数，(4) ビデオ会議の時間についてまとめた．

(1) 協調的問題解決に参加した人物と回数（図 2）

参与総回数　　58 回
1 の人物の参与回数　　19 回
2 の人物の参与回数　　23 回
3 の人物の参与回数　　7 回
4 の人物の参与回数　　9 回

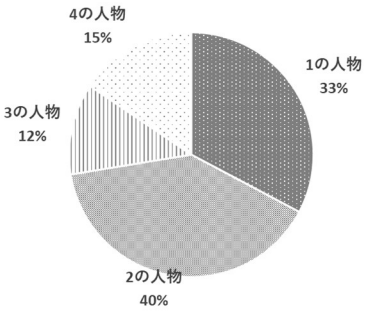


図 2　グループのメンバーの協調的問題解決への参与回数の割合

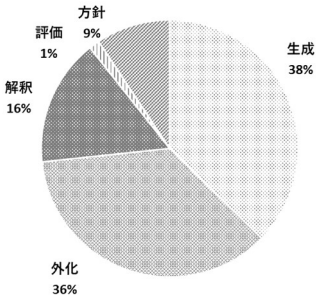


図 3　創造的問題解決を進めるときの生成段階と探索・解釈段階における各要素の回数の割合

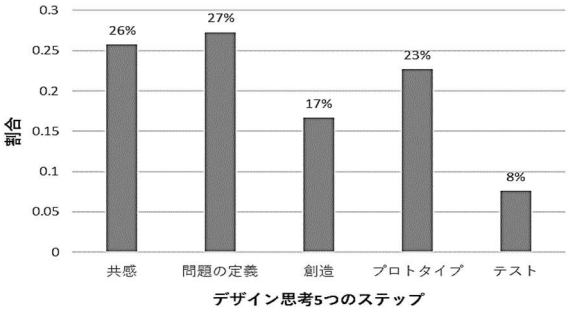


図 4　デザイン思考 5 つのステップに対する思考回数の推移

(2) 生成全体の回数と各要素の回数（図 3）

生成全体の回数　　75 回
生成（問題・解決策）　28 回
外化　　27 回
解釈　　12 回
評価　　1 回
方針　　7 回

(3) 各デザイン思考 5 つのステップの思考回数（図 4）

共感　　8 回＋9 回（17 回）
問題の定義　　8 回＋6 回＋4 回（18 回）
創造　　11 回（11 回）
プロトタイプ　6 回＋2 回＋7 回（15 回）

テスト（統合） 5 回
(4) ビデオ会議の時間
ビデオ会議①～④の合計 3 時間 17 分 12 秒
① 1 時間 22 分
② 14 分 32 秒
③ 27 分 40 秒
④ 1 時間 13 分

3. 議論

今回，デザイン思考を使って創造的思考力を向上するときの，グループワークが問題拡張に与える影響について，構造的変化を追跡した.

本研究で取り組んだデザイン思考の 5 つのステップで特に重要なステップといわれる「共感」「問題の定義」「創造」に着目し，高いパフォーマンスを示したグループに投票させた．その結果，グループ 21 はこれらの各ステップにおいて高い評価を得た．グループ 21 の協調的問題解決のプロセスを追跡調査することで，成果物のパフォーマンス評価，チャットの履歴から得られた要素の分析ならびに参与回数から協調的問題解決が創造的思考に与える影響を可視化した可能性があることがわかった.

また，高いパフォーマンスを発揮したグループ 21 のメンバーは，チャットの履歴から，問題空間の解釈・探索段階よりも生成段階において，問題の提示ならびに解決策の提示について繰り返しやり取りを行ったことがわかった．実際に，図 2 より，全員話し合いに関与していることがわかった．図 3 より，生成段階については全体の 74%の作業時間を，探索・解釈段階については，全体の 26%の作業時間を割り当てたことがわかった．図 4・表 6 より，グループ 21 は，「問題の定義」に何度も戻り，ペルソナとニーズの構成について繰り返し問題空間を拡張しながら解を厳選する取り組みを実施して，アイデアのバージョンアップを図っていた．また，それに伴って「共感」「プロトタイプ」も繰り返しバージョンアップを実施していることがわかった.

4. まとめ

本研究では，オンラインで Teams を使って，デザイン思考の 5 つのステップのワークフローを用いて協調的問題解決を進めたときの，創造的プロセスの構造変化について，パフォーマンスの高いグループ 21 の話し合いのプロセスを分析して特徴を抽出した．その結果，グループのメンバーは，5 つのステップのワークフローが後半の「創造」「プロトタイプ」に進んでも，初期段階である「共感」「問題の定義」のステップに繰り返し戻って再考していたことがチャットの分析から明らかになった．チャットはテーマごとに，発話順に，話し合いの内容が記録されるため，話し合いの履歴を俯瞰して解釈することができる．いったんアイデアを解釈・探索する段階となってそのテーマのチャットから離れたとしても，メンバーの一人がテーマに関して新しい問題をチャットに書き込むと，その都度そのテーマに戻って問題空間を生成して拡張し直したり，新しい目的を構成し直したり，何度もアイデアを発散，収束したことが，個々のチャットを分析することで伺えた.

これらのことから，創造的プロセスにおいて，グループワークにおける相互作用が問題空間の拡張に影響を与える可能性があることがわかった.

今後も協調的問題解決が問題空間の創造に与える影響について引き続き調査研究を継続し，学習者の創造的思考力の向上と学習の質の向上に寄与したいと考える.

文献

[1] 石井成郎，三輪和久（2001），“創造的問題解決における協調認知プロセス”，認知科学，Vol. 8, No.2, pp.151-168.
[2] Finke. R. A.（1990） Creative Imagery, Discoveries and Invention in Visualization. Hillsdale, NJ: Lawrence, Erlbaum Associates.
[3] R. A. Finke, (1995a) Creative insight and preinventive forms, In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), The Nature of Insight, Cambridge, M. A.: The MIT Press.
[4] R. A. Finke, (1995b) Creative realism. In S. M. Smith, T. B. Ward, & R. A. Finke (des.), The Creative Cognition Approach, Cambridge, MA: The MIT Press.
[5] R. A. Finke, Ward, T. B., & Smith, S. M. (1992), Creative Cognition: Theory, Research, and Applications Cambridge, MA: The MIT Press.
[6] 市川伸一編 (1996) “創造的思考と発想支援 (小橋康章) ”，第 8 章，認知心理学４：思考，東京大学出版会，pp.181-203.
[7] R. E. Mayer, “Thinking, problem solving, cognition (1992), p.363, A Series of books in psychology, 2nd Edition, W.H. Freeman.
[8] 三輪和久，石井成郎（2004），“創造的活動への認知アプローチ”，人工知能学会論文誌，Vol.19，No.2a，pp. 1-9.
[9] R. Buchanan（The MIT Press.1992），“Problems in Design Thinking”, Design Issues. Vol. 8, No. 2, pp. 5-21.
[10] 柏野尊徳／中村珠希訳者（2012），“スタンフォード・デザイン・ガイド デザイン思考 ５つのステップ，スタンフォード大学ハッソ・プラットナー・デザイン研究所編集，一般社団法人デザイン思考研究所： ver1.00.
[11] 森敏昭(2008),心理学概論（心理学のポイント・シリーズ），学文社，p.58.

学校になじめない子どもたちに対する活動をベースにした学びの実践

Practice of Activity-Based Learning for Children not Adapted to School

髙橋 麻衣子，福本 理恵，中邑 賢龍
Maiko Takahashi, Rie Fukumoto, Kenryu Nakamura

東京大学　先端科学技術研究センター
Research Center for Advanced Science and Technology, the University of Tokyo
maiko_tk@bfp.rcast.u-tokyo.ac.jp

概要

教室での教科書を使った学習になじめない児童・生徒に対して，活動をベースにした学び（ABL：Activity Based Learning）を実施した。参加児童・生徒が在住している地域の大通りの長さを限られた道具で測定するミッションを提示し，作戦を立てる時間と実測の時間で各参加者の活動を通して，共通の場から各自のレベルに沿った個別化された学びを達成している様子が観察された。さらに，本プログラムの目標を達成するにとどまらず，各自が発展的達成型ゴールを設定し次の学びへ向かう姿勢が観察された。

キーワード：活動をベースにした学習（ABL：Activity Based Learning），機能的学習環境，発展的達成型ゴール，教科指導

1. はじめに

1.1 教科書からの学習に困難をもつ子どもたち

近年，学校になじめず不登校になる児童・生徒が増加しており，平成30年度には小学生の0.70%，中学生の3.65%が，病気や経済的理由以外で年間30日以上学校を欠席していることが報告されている[1]。ただし，学校になじめないと感じている児童・生徒はこの限りではない。日本財団は，学校の校門や保健室まで登校する「教室外登校」や，遅刻や早退が多く授業に参加する時間が少ない「部分登校」，教室にいても他の生徒と違う学びをしていたり，学校に行きたくないと思っていたりする「仮面登校」など，年間30日以上の欠席をしてはいないが，学校に適応できず“不登校傾向”にある中学生が10.2%存在することを報告した [2]。

不登校の要因として，該当する児童・生徒の担任教諭はまず「家庭に係る状況」を挙げ（小学生55.5%，中学生30.9%），次いで「いじめを除く友人関係をめぐる問題」（小学生21.7%，中学生30.1%），「学業不振」（小学生15.2%，中学生24.0%）を指摘している[1]。一方で，中学生本人を対象とした日本財団の調査では，「朝起きられない」「疲れる」といった身体的な症状に次いで，「授業がよくわからない」「良い成績がとれない」といった学習上の問題が挙げられた[2] 。学校での学習の困難が引き金となり，身体的症状が顕在化していることが考えられ，不登校の要因としての学習上の問題は，教員側が考えているよりも大きい可能性が指摘できる。さらに，学習上の問題は児童・生徒の努力不足だけに原因があるのではなく，本人がもつ発達的特性に起因する可能性を考慮に入れる必要がある。例えば，不登校を主訴として発達診療センターに訪れた80名のうち57%が広汎性発達障害やADHD等の発達障害を有しており，さらにそのうちの 87%が不登校になるまで発達障害の診断を受けていなかったとの報告[3]があり，本人がそれまで自覚していなかったような発達的な特性から学習や生活での困り感を有して不登校・不登校傾向に至ったケースも多く存在する可能性が指摘できる。発達障害をもつ者の中には，認知特性の偏りから自力での読み書きが難しかったり，注意のコントロールが難しかったりするため，学校現場で一般的に行なわれているような黒板に書かれたものをノートに書き写したり，紙の教科書から知識を得たりする授業についていけない場合がある。その結果，授業についていくことが困難となり，学習意欲が減退し学習のさらなる機会を失うという負の循環に陥ることが少なくない。彼らには読み書きの能力を補償した学びの方法の教示や，読み書きを使わない学びの場の提供など，多様な学習機会を提示して個人にあった方法で学びへの意欲を取り戻し継続的な学習をさせる必要がある。

また，授業についていけない等の学業不振の様相を示さずとも，学校の授業に対して意欲を持てない場合がある。発達障害や読み書き困難の有無にかかわらず，教科書からの知識が現実場面に結びつかず，何のための学習であるのかがわからないと感じる児童・生徒は少なからず存在するだろう。教科学習への興味を引き出すためには，教室内での教科書を用いた授業だけではなく，日常場面での活動を取り入れてその必要性を実感させるアプローチも必要となるのではないだろう

か。

1.2 活動をベースにした学習の必要性

教科書からのみの学習についていけなかったり，意欲を持てなかったりする児童・生徒に対して，本研究では，活動をベースにした学び（ABL：Activity Based Subject Learning）を用いた学習実践を試みる。活動をベースにした学びとして，これまでに，活動から教科学習の導入をはかるABSL（Activity Based Subject Learning）のアプローチからの学習実践例が報告されている[4][5]。ABSLのアプローチは，「こういうことがやりたい」という目的的な行動から必要性を感じて教科学習の基礎を学ぶ「基礎に降りていく学び」[6]や，学習者自身が学びの目的を自覚しながら学習を進める場である機能的学習環境[7]の設定などの考え方を前提としたものであり，日常的な活動が教科学習に関連していることに気づかせることをねらった学習の設計がなされている。

本研究では特定の教科への展開をねらわず，活動によって学びの意欲を引き出すこと，そして教科学習の必要性に気づかせることをねらったABLの展開を試みる。ABLの基本設計として，我々は「目的なし」「教科書なし」「時間制限なし」そして「協働活動なし」の4点を重視している[4]。「目的なし」とは，活動それ自体に一定の学びのゴールを設定しないということである。一つの活動は参加者の興味関心や学習の習熟度によって多様なツールになる。例えばある参加者によっては算数の知識の必要性に気づくものになるかもしれないし，別の参加者にとっては歴史を深掘りするきっかけになるかもしれない。活動の目的を前もって定めず，各参加者が一つの活動によってそれぞれの学びを達成し，次への学習への意欲を持たせることが，ABLプログラムの大きな目的となる。「教科書なし」については，読み書きの難しさによって文字ベースでの学習が難しい児童・生徒への学習の門戸を広げる目的とともに，ガイドラインをなくすことによって，さまざまな“寄り道”が可能となり，子どもの学びに自由度を持たせることを目的としている。教科書がないことで評価が多軸となり，参加者それぞれの学びをポジティブに評価することも可能となる。また，教科書を定めないことで，学習の習熟度や年齢が異なった児童・生徒が一つの活動に参加することも可能となる。「時間制限なし」「協働活動なし」は，学習者の個々のペースを守るために必要となる。子どもの学びのペースは多様であるため，時間枠を定めることで思考を十分に深めることができない者も出てくる。また，協働を強いることで学習者の個々のペースを守ることが難しくなる。もちろん，ゆるやかな時間制限は設け，自然発生的な協同活動は歓迎するが，あくまでも個々の学びをそれぞれのペースで達成させることを目的としている。

上記のように設計したABLにおいて参加者は，教室外で課せられた“ミッション”を遂行する中で，学びに必要な知識を得て，次への学習の意欲を持たせることをねらう。この意味でABLは，白水らが提案する，学びのゴールを一定の地点に設定する「目標達成型」のものにするのではなく，「到達したらその先の『次のゴール』を生むための中継点」，すなわち「発展的達成型」ゴールの設定をめざす学び[8]を目指している。

ABLやABSLのアプローチは従来型の教科教育に対抗するものでもとってかわるべきものでもなく，これまでの学校教育にうまくなじめなかった学習者をとりこぼさずに学習の機会を与える場になる可能性がある。学習意欲を低下させていたり，学習の意義を見出せなかったりする学習者が活動をベースにした学びによって学習の楽しさや教科学習の必要性に気づき，意欲をもって教室での学びに参加できるようになる可能性がある。このような意味で，学校教育と補い合って，認知特性や習熟度，興味関心が多様な児童・生徒への学習を補償し発展させるものであると考える。

1.3 本研究の目的

本研究は，学校での学習だけに満足できない児童・生徒に対してABLを実践した事例を紹介するとともに，ABLが参加者の知識の習得や学習意欲に及ぼした影響を検討する。本研究で実践するABLは，参加者が在住している地域にある，全長1㎞以上にわたる大通りを学習の場として設定する。通りの起点から限られた道具で時間内に「634m測定する」というミッションを提示する。参加者にはまず屋内でそれぞれが作戦を立てて練習を行わせる。その後，2時間以内で実測させて正解だと思う地点を指定させ，正解の地点との比較を行う。最後にそれぞれの活動の方法を共有して，これらの活動から学んだことをふりかえらせる。

本プログラムの大きな目的は，まず，大きなミッションを達成するために試行錯誤すること，そして，屋内で立てた作戦を実行し予想外の事態に遭遇する経験を経て，自分の思考で完結せずに行動に移すことの重要性を体感させることにある。また，このプログラムを通じて，参加者によっては四則演算や割合等の算数・数学や，地域にある通りの成り立ちといった社会等の教科

学習の必然性に気づき，次への学びの意欲を向上させる可能性が考えられる。このようにプログラムが子どもに与える影響はさまざまにあるが，本研究では参加者それぞれに対して学習目標を設定することなく，プログラムに参加した児童・生徒がそれぞれどのように活動を展開してどのような学びを達成するのかを観察し，本 ABL プログラムが参加者の学習意欲やさらなる学習目標の設定にどのような効果をもたらすのかを検証することを目的とする。

2. 活動の概要

2.1 参加者

地域の教育委員会を通して学校に周知し，活動に興味をもった児童・生徒 16 名からの申し込みがあり，当日は 13 名が参加した。参加者の概要を表 1 に示す。13 名のうち，学校にほとんどいっていない者は小 4 男子 1 名，小 6 女子 1 名，中 2 女子 1 名の計 3 名，行ったり行かなかったりしていると申告した者は小 5 男子の 1 名であった。なお，本プログラムは平日の授業実施時間内で開催しており，こちらの活動に参加した児童・生徒は学校の出席の配慮を受けられることとなった。したがって，9 名は通常登校をしており，学校の授業よりも本プログラムへの参加を希望した者であった。

表 1 参加者の学年と性別

	小 4	小 5	小 6	中 1	中 2
男	3	4	1	1	0
女	1	0	1	0	2

2.2 活動スケジュール

1 日を通した活動であった。午前中は「大通りの起点から 634m の地点を示せ」というミッションを発表し，使える道具はヒモ，30 ㎝物差し，ストップウォッチのみと教示した。ただし，申請があった場合に例外を許可するか検討することは伝えた。実測する大通りに近い屋内の会議室で参加者は1時間程度作戦を立て，また，会議室の外の廊下で希望する者は測定の練習をした。

お昼休みをはさんで，午後の 1 時間程度を実測の時間とした。実測が終了してから会議室に戻り，まとめとふりかえりを行なった。

3. 活動の様子

3.1 それぞれが立てた作戦

ミッション発表後に 1 時間程度の作戦タイムが与えられた。参加者は会議室の外の廊下を練習場として活用しながら，自発的に表 2 に示すような 6 チームに分かれた。

表 2 参加者から提案された測定方法

	チーム	測定方法
1.	ヒモを使う（6 名）	・5m のヒモを使用して，126 回測定し，最後に 4m 測る（4 名） ・10m のヒモを使用する（2 名）
2.	自分の身体の一部を使う（2 名）	・くつのサイズが 24 ㎝だから，2041 歩分（1 名） ・手の親指が 5.5 ㎝だから，11527 個分（1 名）
3.	人間ものさしになる（1 名）	自分の 1 歩の歩幅を測定し，同じ歩幅で歩き続けて 634m を測定する
4.	速度を使う（1 名）	1m 歩くのに 1.6 秒かかったから，1.6 秒×634m＝1014.4 秒歩く
5.	逆側から 466m（1 名）	全長を 1100m と仮定して逆から 466m 測る
6.	コンピュータ（Google map）を活用する（2 名）	Google map で 634m 分調べた地点に向かう

学校にほとんど行っていないと申告している参加者 3 名のうち，小 6 と中 2 の女子は「5m のヒモを使用する」チームに所属した。不登校になる原因は複合的であり，本人にもわからない場合が多いために本研究ではその理由を直接的に聞くことはしていない。ただ，それぞれの学習状況と学校の授業に対する気持ちを調査したところ，小 6 女子は，学校の授業は自分の興味関心をのばす理由がないこと，中 2 女子は学業不振を訴えていた。参加者の中で女子が 4 名いたが，この全員が自然発生的に集まってチームを組み，その後に作戦を立てる形になった。通常登校している女子 2 人のうち小 4 の女子は読み書きに困り感を持ち学業の不振を訴え，中 2 の女子は読み書き困難は訴えていないものの授業についていけない，学習がおもしろくないと主張

していた。

男子の参加者は，それぞれが個人で自分のやり方を考えて練習を行なう過程で，協力できそうなところでチームを組んでいた。10m のヒモを用いるチームは，通常登校しているものの読み書きに困り感をもって教科学習に意欲を持てない小学 6 年生の男子 1 名と小学 5 年生の男子 1 名の 2 名で構成された。小 6 の男子が他の参加者の作戦をいろいろと観察して歩き，最終的に小 5 男子の「ヒモを使う」の作戦にのり，2 人で行うように提案した。小 5 男子が承諾し，彼らは会議室の外の廊下で 10m のヒモを用いて測定する練習を数回行なった。

自分の身体を使う作戦を提案したのは，通常登校している小学 5 年生男子と小学 4 年生男子であった。どちらも「授業の内容が簡単すぎる」「授業がなんの役に立つかわからない」と主張しており，学習の習熟度は高いと自己申告していた。小 5 男子は「くつのサイズが 24 ㎝だから，2041 歩分」と計算し，小学 4 年生男子は「手の親指が 5.5 ㎝だから，11527 個分」と主張した。くつのサイズから測定を試みようとした小 5 男子は，それぞれの作戦を発表して共有する中で，後述する「省エネで測定する」作戦を聞いてそちらに切り替えた。手の親指で測定するといった参加者は，後述する「人間ものさしになる」の練習に加わったりしたものの，まずは自分の親指でやってみたいと主張をし，それで実証することとした。

「人間ものさしになる」とは，自分の 1 歩の歩幅を一定のものさしとして使用し，同じ歩幅で歩き続けて 634m を測定する方法である。通常登校していた小学 4 年生の男子がこの作戦を立てた。彼も，上述した自分の身体を使う作戦を立てた参加者同様，学校での学習の習熟度が高く「授業が簡単すぎて何の役に立つかわからない」と主張するタイプの参加者であった。彼は，はじめに「3m のヒモをつかう」作戦を思いついて練習を試みたが，ヒモをつかうためには端と端をもつために最低でももう 1 人パートナーが必要であること，さらにはヒモを使う作戦は時間がかかることなどから，この作戦を思いついた。会議室の部屋の外の廊下が 14m であったことから，14m を何歩で進めるのかを繰り返し歩いて試し，自分の歩幅を決定してその歩幅を保ちながら 634m 歩くという作戦を立てた。この練習方法にはスタッフも加わってそれぞれの歩幅を測定しており，それを見ていた別の参加者も同様に自分の歩幅を測定しはじめた。上述した「自分の身体を使う」チームの中で親指を使うと主張した小 4 男子も，実測をするなかでこのチームに加わった。

「速度を使う」という作戦を提案したのは，「学校にいったり行かなかったりしている」と申告した小 5 男子である。彼は絵を描くことや模型をつくること等の美術分野が得意で大きな興味関心を持っているものの，学校ではこれをのばすような授業がないこと，また，読み書きに困難を持ち教科学習の遅れが目立っていることを申告していた。彼は「人と違う方法でやりたい」という理由から，速度を使用する方法を提案し，会議室の外の廊下を歩く時間をストップウォッチで何度も測定していた。そして，「1m 歩くのに 1.6 秒かかったから，1.6×634 で 1014.4 秒歩く」という考えを発表した。

「逆側から 466m 測定する」という作戦を立てたのは，通常登校している小学 5 年生の男子であった。彼は論理的な意見を主張するものの，自力で書くことが難しく学業の不振があること，また，学校の授業がおもしろくないこ，知りたいことがたくさんあって先生に質問したいのに十分な対応が得られないこと，さらに集団のペースにあわせることが難しいとの訴えがあった。彼は「634m 測るより，大通りの長さから 634m 引いて逆から測ればよい，省エネ方式だ」と主張し，大通りの全長を 1100m と仮定して逆から 466m 測ると主張した。466m 測定する具体的な方法は，作戦を立てる時間では聞き出せなかったが，「自分の身体を使う」というアイデアを聞いて自分の靴の大きさを確認したり，他の参加者が「人間ものさし」になる練習をするのを見て，練習に参加したりしていた。作戦の共有の時間にこのアイデアを発表したところ，上述した「靴のサイズ分測る」とアイデアを出した参加者が便乗して，2 名で実行することとなった。

道具はヒモ，30 ㎝ものさし，ストップウォッチに限ったが，コンピュータを使用したいと申し出てきた参加者が 2 名いたので，通信機能付きのタブレット端末を貸し出した。このうちの 1 人はほとんど学校に行っていないという小学 4 年生の男子であった。彼は読み書きに困難があり授業についていけないこと，さらに，学校の授業がおもしろくなく，何の役に立つかわからないと訴えていた。また，集団のペースにあわせるのが難しいと保護者からの主張もあった。もう 1 人は通常登校している中学 1 年生の男子であり，彼も読み書きに困難があってテストで自分の能力を発揮できずに意欲を失っていること，またこだわりが強く自分の興味関心を伸ばす授業が学校では行われていないことを訴

えていた。彼らはGoogle mapで634m分調べた地点に向かうという作戦を実行することとなった。この作戦は上記の中学1年生が主に考えつき，学校にほとんど行っていないと申告した小4男子は他の人の作戦と練習を観察したあとに「楽をしたい」という理由からこのチームに加わることになった。

それぞれのチームが測定方法を発表したあと，自分の考えた方法で測ると正解とどのくらいの違いが出るかと問うたところ，「10㎝」「50㎝」「2m」「50m」と様々な意見が出た。634mの測定において10㎝の誤差はほぼ正確であるとみなしてよく，逆に50mは“誤差”の概念から逸脱している。参加者に予測を立てさせることで，彼らにおける“おおよその数”の概念のアセスメントにつながる可能性が示された。

3.2 測定中の様子

3.2.1 ヒモを使う

5mのヒモを用いるチームは，2名でヒモの端をそれぞれもち，かわるがわるに支点となって126回測定し，最後の4mをヒモの途中のしるしをつけた時点として測定した。残りの2名が記録をするという役割を交代で担った。測定の最中で「今何回だっけ？」と数え間違えたりする場面が多くみられ，途中からメモをとりながら数えている様子が見て取れた。このチームは1度のみの測定であったが，最終的な答え合わせの段階で誤差がほとんどなく最も正確な測定とされた。

10mのヒモを用いるチームは，それぞれがヒモの端を持ち，かわるがわるに前進して測定した。測定中には10mのヒモが大きくたわんでいることや，63回のカウントを途中で忘れるなどのトラブルもあり，測定された地点は正解の地点よりもずっと遠くに行き過ぎていた。そこで現地で違う方法も試してみたいと考え，表参道に敷いてある点字ブロックの数を数える方法を実行した。点字ブロックの大きさをものさしで測定し，これをもとに634m測るというアイデアを出した。また，点字ブロックがない場所では，自分の足のサイズ(24㎝)で何個分であるかを数えた。測定のアイデアは彼らが出したものの，このチームのメンバーでは具体的な計算式を立てることが困難であったため，同行したスタッフが立式と計算機の貸し出し，さらに実測中のメモ書きを支援した。結果として指定した地点は，正解から11m離れたところであった。

3.2.2 自分の身体を使う

「靴のサイズが24㎝だから，2041歩分」と考えた参加者は，他のチームの作戦を聞き「逆側から466m測る」チームに加わることとしてこの作戦を実行しなかった。「手の親指が5.5㎝だから，11527個分」と考えた参加者は，他のチームの作戦を聞いても自分の考えた作戦を曲げずに実行すると主張し，左右の手の親指を交互に出しながら11527数えて歩いた。結果として正解から大きく離れて全長1.1㎞程度の大通りが終了する地点にまで到達してしまった。測定終了後に参加者自身が「手の親指の長さというよりも自分の歩数だった」とふりかえり，「人間ものさしになる」チームに加わって再度測定をすることとした。

3.2.3 人間ものさしになる

実測開始前に，廊下で何度も一定の歩幅で歩く練習をしていた1名は，最も短い時間で1回目の測定が終了した。上述した「自分の身体を使う」チームから1名参加してからさらに2回測定し，最後の地点は正解よりも87m手前の地点であった。

3.2.4 速度を使う

自分の歩く速度から1014.4秒歩けば634mの地点に到達すると考えた参加者が到達した地点は，正解の地点を276m過ぎた地点であった。「練習の時と異なり，表参道にはたくさん人がいて一定の速度で歩くのが難しく，少し焦った」等の感想を口にしていた。彼は1回の測定が終わって再度測定することはなく，他のチームの様子を観察していた。

3.2.5 逆側から466m測る

スタート地点から大通りの終了地点まで歩き，そこから466m分を「人間ものさし(14mを20歩で進む)」になって歩数を数えるという作戦を立てて実行していた。正解との誤差が6.9mであった。表参道の終了地点や表参道の長さを1100mとしたことなど，前提条件が曖昧な点が多かったため，この誤差の小ささは偶然であると言わざるを得ないが，参加者たちは自分たちで提案した方法を実行できたことに達成感をもっているようであった。ただ，「ちょっと適当だったところがある」「割合をもっと勉強しなくてはいけないと思った」などの感想も得られ，次への学びにつながることが予想された。

3.2.6 コンピュータを活用する

タブレット端末を活用してGoogle mapの縮尺から634mの地点を割り出したチームは，実際の地点とタブレット端末が示す地点のマッチングに苦労していた。ストリートビューなどを活用してはいたが，実際の地点に立つとどちらの方向にあるのか混乱している様子であった。特にこのチームに属していた小学4年生男

子はこれまでに 1 名は地図をみながら目的地に到達するという経験を有していなかったため，タブレット端

末上でわかったつもりになっても実際には難しいこと

を目の当たりにしたようであった。このチームが指定した地点と正解との誤差は 69m であった。

3.3 測定後のまとめとふりかえり

各自の測定終了後に現地で正解の地点を示し，それぞれのチームが指定した地点が何 m 離れていたかをスタッフが用意したウォーキングメジャーで測定した。その後，会議室に戻って各チームが測定方法と結果の発表を行なった。参加者に測定方法を実演させ，ヒモをぴんと張らないと測定したい値からどのくらい短くなるのかを測定し，それが積もるとどのくらいの誤差を生み出すのかを計算してみせた。また，「20 歩で 14m，40 歩で 28m」という測り方をしたというチームには，「それでは 1 歩で何 m 進むんだろう？」「634m 進むためには，何歩必要なんだろう？」と問いかけ，最終的にはこれが割合の勉強であると伝えた。

また，それぞれが正解とどの程度違っていたかを共有し，測定前に参加者が見積もっていた“誤差 10 ㎝”はこの場合は誤差にははいらないこと，この活動において“誤差 6.9m”は「惜しいのか，惜しくないのか」を実際に測定した地点から振り返って考えさせ，長さの単位を身体感覚や実感を伴って理解するように促した。

4. 参加者のふりかえり

プログラム後に参加者へのアンケートを実施した。まず，測定したときに工夫したこと，うまくいかなかったことへの回答を求めたところ，表 3 のような回答が得られた。「うまくいかなかったこと」の「ひもがピンとしなかった」「同じ歩幅で歩けなかった」等は，実際に 634m 分を測定するという活動によって体感できたことであり，やり方を考えただけでは得られなかった体験である。また「数え間違えた」の記載が多く，多くの参加者が「数える」プロセスを軽視していたことがうかがえる。確かに，小学 4 年生以上の児童・生徒が 100 程度の数を数えるのは容易なことではあるが，自分が動いたり，歩幅をカウントしたりしながら正確な数を記憶にとどめていく作業は認知的には多重課題となり，ワーキングメモリへの負担が大きい。その難しさをいち早くモニターして数をメモしながら測定した「1-1. 5m のヒモ使用」チームが正解に一番近くなった。

表 3 測定をするときに，工夫したこと・うまくいかなかったこと

測定方法	工夫したこと	うまくいかなかったこと
1-1. 5m のヒモを使う（4 名）	ひもがたるまないようにしたこと，2 つ目のひもの 4m にしるしをつけたこと	数え間違えた
1-2. 10m のヒモを使う，点字ブロックを数える（2 名）	点字ブロックの半分をみつけて 1 つ分にした	ひもがピンとしなかった
3. 人間ものさし（2 名）	一定の長さ，歩幅で歩く	同じ歩幅で歩けなかった 途中で数字が狂った
4. 速度（1 名）	他の人と違う方法でやる	
5. 逆側から 466m（2 名）	1m も逃さずに	6.9m も間違えた！ 最後が適当だった
6. コンピュータ活用（2 名）	その場所からどの方向にあるかわかるようにした	数え間違えた，距離がちがった

また，本プログラムで新しくわかったこと，心に残ったことについて回答を求めたところ，表 4 のような回答が得られた。「定規がなくても測ることができる」「人でもできる」「人はものさしになれない」等の本プログラムの大きなミッションである「長さを測定する」ことに言及した回答が得られたほか，「チームワークの大切さ」や「他の人と仲良くできた」「1 人より 2 人」など，他者と協同してミッションを遂行することに言及した回答が散見された。本プログラムはさまざまな学校から参加者が集い，もともと交友のあるものはほとんどいなかった。また，参加者の中には完全不登校だったり，登校していても友人とのコミュニケーションが難しいとされていたりする者も多数存在していた。しか

し, 共通のミッションを提示され, 参加者それぞれが自分で考えた役割を遂行する中で，協同したほうが効率的でありそれによって大きなミッションが達成されることを体感したことが考えられる。ABL プログラムそれ自体は「協働活動なし」を基本設計として，参加者同士の協働を促すしかけは行なっていないが，活動を通して他者との協同の方法を学習することも可能となった。

表 4　本活動で新しくわかったこと・心に残ったこと

測定方法	新しくわかったこと	心に残ったこと
1-1. 5m のヒモを使う	メジャーがなくても長距離を測れる チームワークの大切さ	誤差が 0 だった！ 数え間違えたこと 色々な長さを知れたこと
1-2. 10m のヒモを使う，点字ブロックを数える	定規以外でも測れる	友達に会えた
3. 人間ものさし	ゆっくり丁寧に測ること 一定の長さで測ること	足が痛くなった
4. 速度	スカイツリーは 634m	
5. 逆側から 466m	朝ごはんを食べておく 人でもけっこうできる	1 人よりも 2 人つかれたー
6. コンピュータ活用	自分は方向オンチ 人はものさしになれない	人が多い クヤシイ

さらに,「今日の活動を通してもっと知りたいと思ったことを教えてください」という項目には,「もっと長い距離」(2 名),「ビルの高さ」(4 名）と，本プログラムの延長として異なった種類の長さを測定したいという希望が出された。また，人間ものさしになった 1 名と大通りの逆側から 466m 測定した 1 名の計 2 名が「算数」と回答した。彼らは練習で会議室の外にある 14m の廊下を何歩で歩くことができるかを測定し，そこから自分の 1 歩が何 m で 634m 進むには何歩必要か，また，1m を自分は何歩で歩き 634m 進むには何歩必要かと, さまざまな計算の方法を考えていたため, 算数に特に触れていたことが観察されており，測定後の振り返りで割合の話にふれたことで教科学習の必要性に気づいた可能性が指摘できる。

5. 総合考察

ABL プログラムの大きなねらいはある活動を通して参加者が各自の興味関心や学習の習熟度に沿った学びのゴールに到達し，さらに発展的達成型ゴールを設定することである。本 ABL のように「長さを測る」という一見シンプルな活動であっても小学 4 年生から中学 2 年生までもが一度に参加でき, それぞれにあわせたレベル設定で各自の学びを展開できる可能性を示すことができた。

ABL の基本設計として,「目的なし」「教科書なし」「時間制限なし」そして「協働活動なし」の 4 点を重視している。もちろん, 限られた時間割の枠の中で習得すべき知識や技能を目標として教授・学習活動を行うことは非常に重要である。ただ，ABL プログラムは異なった年齢や学習習熟度のメンバーで構成されており, 教授者側が学習者に一律の目的を設定するのは難しい。また, あらかじめ目的を設定すると, 到達度の評価が必要となる。本 ABL のようなプログラムでは活動中に「思ったより人が多かった」「数えるのは簡単だと思っていたけど数え間違えた」思わぬアクシデントが起こることもあり, それによって「想定外の事態を乗り越えるために計画を練り直す」「単純な数でも数え間違えることがあるので, いつもメモをとる」など当初の目的と異なった学びに発展することもあるだろう。一律の目的を設定しないことで，一つの活動から参加者それぞれに個別最適化された学びが生まれ，それぞれの発展的達成型ゴールの設定に結びつくのではないだろうか。

「教科書なし」の設計についてはまず, 読み書きに困り感をもつ参加者が読み書き以外の学習方法で学びを達成できるという点に大きな効果がある。本 ABL の前後でも同地域で複数の ABL プログラムを展開しているが, 毎回読み書きに困り感をもつ児童・生徒の参加が一定数ある。教科書からでないと知識を得ることができないという参加者の思い込みから「どのような形でも知識の習得は可能である」と意欲をもって学習に望む

態度を育成する一つの手立てになっているのではないだろうか。もちろん，教科書を使わない学習には限界があるため，日常場面での学習者の読み書きの継続的な支援は必要であるが，文字ベースの学習のみでは意欲をもてない児童・生徒に対してABLは学習の意義を体感させる大きな意義を持つことが考えられる。さらに，目的や教科書がないことで評価が多軸になる。今回のABL活動では，正解にたどり着けたかどうかが重要なのではもちろんなく，どのように計画を立てたか，測定してみてうまくいかないときに計画の変更ができたか，計算の必要性に気づいたか，などさまざまな評価ポイントができる。さらに不登校で家から出られない参加者がまず外にでて人とコミュニケーションをとったことであっても評価すべきポイントとなるだろう。多様な観点から参加者の活動を評価することで，各自に最適な次への学習目標が生まれるのではないか。

「時間制限なし」のプログラムでは各自のペースを守ることができる。本ABL では午前中に作戦を考え，午後に実測をするというゆるやかな時間の区切りはあったものの，特に作戦を考える時間は参加者にとっては十分なものであった。そこで提案された作戦には「親指の長さで11527回測定する」という，一見達成が難しそうなものもあったが，時間制限のないプログラムではこの参加者が納得するまでこの活動を行わせることができた。内発的動機づけは自己有能感と自己決定感から構成されており，自分で決めて自分が処理できると学習者が認知できることが重要である。上述したような，提案した作戦の実行が難しそうな参加者には他の選択肢を提示することもできたが，彼の本ABLへの内発的動機づけを低下させないためには，自分自身で決定して実行することが必要であった。彼は実測してから自分のやり方を振り返り，他の方法を試すに至ったが，このような振り返りと修正のプロセスができたのも，時間制限がゆるやかな本ABLプログラムの特徴によってなされたものであろう。

また，参加者同士で協働することを強制しない「協働活動なし」プログラムでは，参加者それぞれのペースを守ることができる。例えば「速度を使う」と主張した参加者は一貫して自分のやりたい方法を実行し，正解からは程遠かったものの「人と違う方法でやりたかった」と主張していた。事後のアンケートだけでは，自分の活動をふりかえってどこを修正すべきだったか，次への学びのために何が必要かを言語化している様子が見出せなかったが，このようなABLプログラムには毎回自発的に参加しており，自分のアイデアを試している様子がみてとれる。このような学習者にとっては，まずは自分の考えた方法で完遂させることが学習意欲を保つ面で必要ではないだろうか。一方で，協働を強制せずとも自然発生的に協調活動が行われる様子もみてとれた。あらかじめチームを設定することもできるが，そうなるとチームメンバー内での意見のすりあわせがまず必要となる。本ABLのように，共通のミッションが提示されること，他者の活動を観察できること，さらに，競争をさせずにそれぞれの利益が侵されないこと等の条件下では，それぞれが提案したアイデアが近い参加者同士で自然発生的に協調活動が行われることが観察された。

本研究の大きな課題としては，参加者が本ABLを経て学校や日常生活の中でどのような変化を遂げたのかを追跡できていない点にある。1日のABLを通して，参加者が発展的達成型ゴールを設定する様子は見て取れたが，このゴールを日常場面でどのように達成し，さらに次への学びにつなげていったのかについて，担任教諭や保護者と連携しての追跡調査が必要である。

近年，学習者が能動的に学ぶための「アクティブラーニング」の必要性が唱えられ，「ワークショップ型授業」「プロジェクト学習」「問題解決型学習」等の活動をベースにした学習方法が多く提案されている。ABLの手法もアクティブラーニングを促す手法の一つとなりえるだろう。ただし，教科学習におけるアクティブラーニングは，教員が学習者に習得させたい単元を念頭においたうえで関連する実験や日常活動を紹介するのが一般的であったことが考えられる。一方でABLは活動から教科学習に展開するという逆向きの学習方法となる。しかし，一つの活動から様々な教科・単元へ展開する方法は，現場の教員の包括的なカリキュラムの知識があればこそ実現できるのではないだろうか。今後，現場の教員に対してABSLの設計方法を研修し，実践を通して，現場に実装するときの課題と解決方法を提案していきたい。

ABLは従来型の学校教育にとってかわるべきものではなく，補い合って，児童・生徒の学びを支援するものであると考える。従来の学校教育では学習意欲をもつことが難しい学習者をとりこぼさないような仕組みが必要であろう。

文献

[1] 文部科学省, (2019) “小・中学校の長期欠席（不登校等）”, 平成 30 年度 児童生徒の問題行動・不登校等生徒指導上の諸課題に関する調査結果について, pp. 68-99.
[2] 日本財団, (2018) “不登校傾向にある子どもの実態調査報告書”, https://www.nippon-foundation.or.jp/app/uploads/2019/01/new_inf_201811212_01.pdf
[3] 鈴木菜生, 岡山亜貴恵, 大日向純子, 佐々木彰, 松本直也, 黒田真実, 荒木章子, 高橋悟, 東寛, (2017) “不登校と発達障害: 不登校児の背景と転帰に関する検討”, 脳と発達, 49(4), pp. 255-259.
[4] 福本理恵, 髙橋麻衣子, 中邑賢龍, (2019) “活動から教科を学ぶ ABSL（Activity Based Subject Learning）の提案”, 日本認知科学会第 36 回大会発表原稿集.
[5] 髙橋麻衣子, 福本理恵, 中邑賢龍, (2019) “不登校児童・生徒における活動をベースにした学びの可能性”, 日本認知科学会第 36 回大会発表原稿集.
[6] 市川伸一, (2004) “学ぶ意欲とスキルを育てる : いま求められる学力向上策”, 小学館.
[7] 三宅なほみ, James A. Levin, Moshe Cohen, 杉本 卓, (1985) “機能的学習環境を構成する試み : コンピュータネットワークを利用した英語教育”, 第 27 回日本教育心理学会総会発表論文集, pp. 738-739.
[8] 白水始, 三宅なほみ, 益川弘如, (2014) “学習科学の新展開 : 学びの科学を実践学へ”, 認知科学, 21(2), 254-267.

スイング遊びによる鉄棒逆上がりスキル獲得過程の分析
Analysis of Acquisition Process of Forward Upward Circling on Horizontal Bar by Swing Play

山田　雅之[†]，大海　悠太[‡]，遠山　紗矢香[§]，梅田　梨絵[¶]
Masayuki Yamada, Yuta Ogai, Tohyama Sayaka, Rie Umeda
[†]九州工業大学，[‡]東京工芸大学，[§]静岡大学，[¶]星槎大学大学院
Kyushu Institute of Technology, Tokyo Polytechnic University, Shizuoka University , Seisa University
yamada@lai.kyutech.ac.jp

概要
本研究は，子供の逆上がりスキルの獲得過程に対して，運動アナロゴンの獲得も目指しスイング遊びを実践しつつ，身体知のメタ認知を実践した．分析はパフォーマンス分析と，発話と動作の見えるシステムを活用した．本研究の分析の結果から対象とした被験者は逆上がりができるようにはなっていないものの，スキル獲得の過程として足を蹴り上げている様子がインタビューと動作解析の結果から示唆された．

キーワード：スキル獲得過程，逆上がり，スイング遊び，可視化システム

1.　はじめに

主体的・対話的で深い学びが求められるようになり，幼児・児童においても運動スキルを獲得する過程において，よく考え理解するとともに支援を実践することが求められている．諏訪[1]はスキル獲得場面において身体知を言語化するメタ認知を実践することで新たな気付きを支援できることを示唆している．運動スキル獲得場面においてこうしたメタ認知を実践していくことでより深い学びにつなげていけるとが考えられる．

本研究では逆上がりのスキル獲得に着目した．逆上がりは小学校の体育において課題となることが多く，その獲得の支援について検討することが求められている．本研究では鉄棒にロープを結んで実施する遊び（図１）を「スイング遊び」と呼び，このスイング遊びを用いることで，逆上がりスキルの獲得を支援する過程において，子供たちがメタ認知する実験を実施した．

逆上がりのスキル獲得には「逆さ感覚」「懸垂力」「ぶら下がり」「足振り」などの感覚が必要とされ，こうした運動の感覚は「運動アナロゴン」と呼ばれている[2]．先行研究では目的とするスキルと同じような多様な経験「アナロゴン」を積むことで目的とするスキルの獲得を支援できる可能性を示唆している．また野田[3]では逆上がりの練習方法として本研究のスイング遊びのようなブランコ運動を実施している．

本研究では，こうした運動アナロゴンの獲得を目指し，上記のスイング遊びを実施し，メタ認知しながらスキル獲得をする場面について検討した．

2.　実践

本研究では，鉄棒の逆上がりに対して，運動アナロゴンの獲得も目指しスイング遊びを実践しつつ，身体知のメタ認知を実践し，スキルを獲得していく過程について検討した．被験者は６歳児と９歳児の２名であった．両者は兄弟であり，実験では２名が一緒にスイング遊びを実践した．実践には第１著者が同席し，ロープの長さの調整や遊びの内容について話す場面も見られた．その後，メタ認知の言語化のためにインタビューを実施するとともに，逆上がりのテストを実施した．実験は７回実施し，スイング遊びは早朝に公園で実施し，インタビューとテストは自宅で実施した．１回の実験は20分間のスイング遊びを実践したのち，雲梯のテストを実施した．先行研究[2]では逆上がりのアナロゴンを身につける指導として雲梯などがあげられている．雲梯のテストでは雲梯をどこまで進めるかを測定した．逆上がりでは先に述べたような多様な運動の感覚を獲得する必要があるため，その一つの測定として雲梯のテストを実施した．実施した公園の鉄棒は小学校高学年用の高さであった．スイング遊びはブランコにロープを繋いで実施するため高さのある高学年用の鉄棒を用いた．スイング遊びの様子はビデオで撮影した．次に鉄棒の前回りと逆上がりのテストを実施

図１　スイング遊びの様子

した．テストは小学校の低学年用と同じ高さの鉄棒で1 名ずつ実施した．テストの後「どうやったら前回りと逆上がりはうまくできる？」というインタビューをそれぞれ実施した．

3. 分析と結果

本研究では，2 名の被験者のうち６歳児のデータを対象とした．６歳児のみを対象とした理由は，実践時に鉄棒の経験がほとんどなく，前回りもほとんどできない状態であったためである．

初めに本研究ではパフォーマンスの分析を実施した．パフォーマンスの分析は雲梯が何段目まで進めるようになったかと前回り逆上がりがそれぞれできるようになったかを分析した．

パフォーマンス分析の結果，本研究の被験者（６歳児）は 7 回の実験期間において前回り，逆上がりをできるようにならなかった．また雲梯についても１段も進むことができなかった．しかしながらスイング遊びを繰り返すことで多様な経験を積んでおり，スキル獲得の分析を実施した．

本研究では山田ら（2020）[4]で開発された発話と動作を可視化するシステム（HDMi）を活用した． システムではインタビューデータを書き起こしたものをKBDeX[5]を用いて解析した結果のネットワーク図を可視化している．動作についてはテスト時の身体の動きを OpenPose [6]を用いて解析した様子を可視化している．図 2 は被験者の 4 回目（左）と 7 回目（右）の実験の様子を示している．図 2 から，持ち手からの肩・腰までの距離がそれぞれ 4 回目より 7 回目の方が近くなっていることが確認でき，鉄棒の技術でよく言われている体を引き付ける動きを獲得しつつある可能性がある．動作解析の結果からは足を蹴ってあげている様子が示唆されている．インタビューでは 4 回目：「走ってこうやって揺らしながら足をここにつける（鉄棒指す）」から， 7 回目：「こうやって持って（順手）勢いつけてキックする」と変化し，蹴ることを意識している様子が見受けられた．

4. 考察と展望

本研究の分析の結果から対象とした被験者は逆上がりができるようにはなっていないものの，スキル獲得の過程として足を蹴り上げている様子がインタビューと動作解析の結果から示唆された．蹴り上げができるようになることは「足振り」の感覚を獲得している可能性を示唆しており，スイング遊びによる影響だと考えられた．本研究ではスイング遊びによってスキル獲得過程にどのような影響が出ているかについて，今後もシステムを活用し被験者にスキル獲得過程をフィードバックすることの影響について検討を続けたい．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 19K12254 の助成を受けたものです．記して感謝いたします．

文献

[1] 諏訪正樹，(2016)『こつ』と『スランプ』の研究，講談社
[2] 小川拓，（2017）“小学校教育課程における逆上がりの指導法実践研究”,共栄大学研究論集，Vol.15，pp.193−219
[3] 野田智洋，（2003）“ブランコ運動を用いた逆上がりの練習方法に関する一考察”,日本体育学会大５４回大会号，pp.603
[4] 山田雅之・大海悠太・遠山紗矢香（2020）“スポーツスキル熟達過程可視化システム HDMi の開発“，日本教育工学会 2020 年春季全国大会（第 36 回）
[5] Y. Matsuzawa，J. Oshima，R. Oshima，Y. Niihara，S Sakaia (2011) “KBDeX: A Platform for Exploring Discourse in Collaborative Learning”，Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 26, pp. 198-20,
[6] Zhe, C., Gines, H., Tomas, S., Shih-En, W., Yaser, S., (2019) OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields, Eprint ArXiv:1812.08008

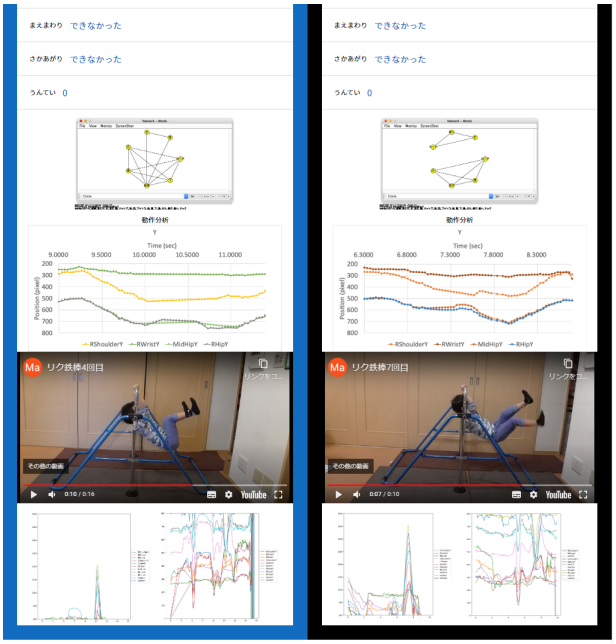


図２ システムによる分析の結果

背景文脈が虚記憶の生起に及ぼす影響
Background Images Affect False Memory: Evidence from Contextual Environment Effect in DRM Paradigm.

牧岡 省吾†，神浦 駿吾†‡
Shogo Makioka, Shungo Miura
†大阪府立大学人間社会システム科学研究科，‡(現所属)NECソリューションイノベータ株式会社
Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University;
NEC Solution Innovators, Ltd.
makioka@hs.osakafu-u.ac.jp

Abstract
Relationship between false memory and environmental context has not been fully studied in previous studies. In this research, we examined how the environmental context affects on the false memory using the DRM paradigm (Roediger & McDermott, 1995). In experiment 1, the words were presented on the display with the static background image. The images of natural scenes, which were not semantically related with the words, were used as the background. The test items were presented with the same or different background as the study phase. The background did not impose significant effect on mean false recognition rate for lure items. In Experiment 2, we used video as the background. The videos of everyday life sceneries with audio, which were not semantically related with the words, were used as the background. Mean false recognition rate was higher when the backgrounds of the items were the same. This result indicates that rich environmental context influence on the false memory. This is considered to be evidence that that perceptual information in the background image affects the generation of false memories.

Keywords — false memory, environmental context, DRM paradigm

1. はじめに
我々は実際に起こっていないことを誤って想起することがある．これは虚記憶（false memory）と呼ばれ，記憶の想起が，実際に体験されたことをそのままに取り出すといった単純な過程ではなく，体験したことの断片を再構築する複雑な過程に基づいていることを示している（Roediger, 1996）．虚記憶を単語リストという容易に統制可能な刺激を用いて再現する手法がDRM パラダイムと呼ばれる手続きである．Deese (1959) は，被験者に相互に意味的関連のある単語リストを呈示し，後に自由再生をさせると，実際には呈示されていない意味的関連の強い単語が誤って再生されることを報告した．Roediger & McDermott (1995) がこれを発展させ，DRM パラダイムという虚再認について検証する手法を作成した．この手続きでは，まず単語リストを記憶させ後からそのリストについての再認を求める．学習時に実際には呈示されないルアー項目（例えば，空）の連想語（例えば，星，月など）から成り立つリストを呈示する．そしてテスト時には学習項目とルアー項目，その他の未学習項目からなるリストを用いて再認判断を求める．するとルアー項目は，他の未学習項目と比較して，高い確率で誤って再認される．

1.1. 環境的文脈と記憶
エピソード記憶の痕跡は焦点情報と文脈からなり，焦点情報とはエピソードの顕著な部分，文脈は焦点情報以外の部分を指す（Isarida, Isarida, Kubota, Nishimura, Fukasawa, & Thakahashi, 2018）．例えば単純な単語の記憶課題のような場合，符号化時に記憶するターゲットである単語が焦点情報，それ以外の情報が文脈となる．想起時においては，想起しようとする対象の情報が焦点情報であり，その他の情報が文脈となる．そのため焦点情報はもちろん，文脈もエピソード記憶の形成において重要な役割を果たすことが知られている．単語と連合した環境的文脈はその単語を想起する際の手がかりとなり得るため，環境的文脈が符号化時と想起時とで一致している場合，一致しない場合よりも再生と再認の両方で記憶成績が良くなることが知られている．この現象を環境的文脈依存効果(environmental context-dependent effect)という．環境的文脈依存効果の検討において，最も一般的な方法が復元パラダイム（reinstatement paradigm）である．復元パラダイムでは，焦点情報を符号化した文脈，あるいはそれとは異なる文脈のもとで，記憶テストが行われる．符号化時と同じ文脈，つまり元の文脈が復元された時の方が，復元されない別の文脈のもとでよりも，焦点情報がより正確に想起されるか否かを調べることでその効果を検討する．
Isarida & Isarida (2014) は文脈は様々な情報からな

るため，様々な種類の文脈に分類できることを示している．例えば，文脈の性質による分類としては，環境的文脈と意味的文脈が挙げられる．環境的文脈は，焦点情報が処理される環境に関する偶発的な情報を意味する．一方，意味的文脈は処理されている項目の意味や言語的な特徴による文脈情報のことである (Thomson & Tulving, 1970)．

環境的文脈の中でも，1990 年代以降は場所文脈による研究よりも視覚的文脈が多く用いいられるようになった．これはコンピュータ画面上で視覚的な文脈の刺激を呈示するという方法が，実験の統制や実験そのものを容易にしたことが大きな原因である．

1. 2. 虚記憶が生じる原因

これまでの虚記憶研究の多くでは，虚記憶の生起過程がファジートレース理論に基づいて説明されていた．DRM パラダイムにおける視覚刺激の実験 (Wang, Otgaar, Howe, Lippe, & Smeets, 2018) では，虚記憶の知覚的プライミング効果について，Perceptual closure task (PCT) と画像刺激を用いて検討が行われた．PCT とは劣化した刺激が徐々に明瞭な刺激へと変化していくのを見て，刺激に含まれる対象の名前をできるだけ早く答えるという実験手法である．この実験では，DRM リストを学習しそれについての再認課題を行なった後，PCT 課題を DRM リストの項目を用いて行なった．また DRM モダリティ (画像，文字)，PCT モダリティ (画像，単語)，および項目のタイプ (学習項目，ルアー項目，無関連項目) を被験者間で操作した．その結果，画像呈示した DRM リストによって誘導された虚と真の記憶の両方が，文字による PCT のプライミング効果を有した．つまり，事前に学習した項目は無関連項目と比較して PCT においてより反応時間が短くなり，ルアー項目に関しても事前に対応するリストを学習していると無関連項目よりも PCT において反応時間が短くなった．さらにルアー項目のプライミング効果の大きさは学習した項目よりも大きかった．その一方で，DRM リストを画像呈示し，PCT も画像によって行なった条件では，虚記憶によるプライミング効果は確認されなかった．知覚的にも虚記憶が形成されるのであれば，DRM リストを画像で学習した後，画像による PCT においてルアー項目がプライミング効果を有するべきであるが，この実験では見出されなかった．この結果から，視覚刺激の真の記憶は知覚的言語記憶と意味的な概念記憶に基づいているが，虚記憶は写真を見た場合にも概念のレベルで形成され，知覚的ではないことが示唆された．ファジィトレース理論は，知覚的な痕跡と意味的な痕跡の両方が真の記憶に貢献するが，意味的な痕跡だけが虚記憶の形成に寄与すると仮定しているため，以上の実験結果と一致する．

このように近年の虚記憶生起についての実験の多くは，ファジートレース理論で説明されてきた．その大きな要因の一つとしてあげられるのが，虚記憶は意味的表象によってのみ作り上げられるという考えである．ほとんどの実験では意味的情報によって生成される虚記憶に注目し，その生起過程に言及している．ファジートレース理論では，学習時の意味的痕跡とルアー項目との類似性によりルアー項目が意味的に活性化すると説明される．

一方，Arndt (2010)のフォント文脈を用いた実験ではグローバルマッチングモデルと整合する効果が見出された．この実験では，DRM パラダイムの学習項目数 (2 語, 8 語) と呈示する単語のフォント (学習時と再認課題時で一致，不一致) が操作された．また，学習語の項目数に対する意味的な連想強度と知覚的なフォントの文脈情報による痕跡の学習回数を調べることにより，虚記憶の生起に関してどのようなモデルが適切であるのかが検討された．実験の結果，ルアー項目に対応したリストの項目を学習するときに使用したフォントでそのルアー項目を呈示する条件 (虚再認：一致条件) では，別のリストの項目を学習するときに使用したフォントで呈示する条件 (虚再認：不一致条件) よりも虚再認率が高くなることが示された．さらに一致条件の場合，より多くの語を学習する条件 (学習項目 8 条件) で虚再認率はさらに高くなった．これらの結果から Arndt (2010)は，意味的な連想強度の痕跡と知覚的なフォントの文脈情報の痕跡の両方が，虚記憶の生起に関わっていると結論づけた．虚記憶の生起において，ファジィトレース理論には，意味的特徴のみを扱うプロセスしか含まれていないが，グローバルマッチングモデルは知覚的にも説明できるメカニズムを持っているためこのモデルが妥当であるとされた．

1. 3. 本研究の目的

本研究では，DRM パラダイムによる虚記憶の発生と環境的文脈にどのような関係があり，虚記憶が生起するメカニズムと文脈依存効果がどのように影響し合うのかについて検討する．また，その際に学習項目数

による手がかり負荷についても考慮し，文脈依存効果がより起きやすい環境で実験を行う．ルアー語の再認が単語の概念的な類似性に依存するとしたら環境的文脈は虚記憶の生起に影響しないと思われる．もし環境的文脈が同じであることによって虚記憶の生起が増加するのであれば，虚記憶の生成には周囲の環境に関する知覚的情報が関与すると考えられる．

2. 実験 1

2.1. 方法

2.1.1. 参加者

実験参加者は，大学生，大学院生 40 名（平均年齢 = 19.8, SD = 1.50）であった．

2.1.2. 実験計画

環境的文脈の異同（同文脈条件, 異文脈条件）を参加者内要因とした．

2.1.3. 材料

ルアー項目１項目，学習項目１０項目で構成される DRM リストを１６リスト用意した．

DRM リスト　DRM リストは，星野（2002）から 10 リスト（足，椅子，お金，音楽，切手，黒い，新聞，太陽，速い，破るの連想語のリスト），宮地・山（2002）から 6 リスト（聞く，電波，走る，礼儀，階段，改良）の計 16 リストを参考にリスト内の項目数を 10 に調整した上で使用した．例えば，ルアー項目が “足” の場合，学習項目は，手，太い，長い，靴，大根，ける，細い，だるい，靴下，爪の 10 項目であった．

環境的文脈　本実験では画像を単語の背景として呈示することで，学習セッションとテストセッションでの環境的文脈の異同を操作した．1 リストにつき 1 種類の背景画像を用いて学習時には呈示した．背景画像については，自然背景で統一し DRM リスト内の項目と意味的に関連しないものを使用した．同文脈条件ではテストセッションで呈示される学習した項目の背景を，学習セッション時のその項目の背景と同一にした．異文脈条件では，テストセッションで呈示される学習した項目の背景を，学習セッション時には呈示されていない背景を使用した．

課題の構成　学習セッションでは，DRM リスト 16 リストを無作為に 8 リストずつ 2 セットに分けた．一人の参加者に対して 1 セットを学習項目として使用した．呈示していない方の 1 セットに関しては，学習統制項目・ルアー統制項目としてテストセッション時に使用した．項目は 80 項目（10 項目×8 リスト）で，画面上に視覚呈示した．リストの呈示順は参加者ごとにランダムであった．リスト内の項目の呈示順は出現頻度順であった．

再認課題は，学習項目，学習統制項目（未学習リストの学習項目），ルアー項目，ルアー統制項目（未学習リストのルアー項目）の 4 種類の合計 48 項目で構成された．学習項目，学習統制項目は各 16 項目であった．Roediger & McDermott (1995) に従い, 各リストの 1,8 番目の項目を呈示した. 学習項目の内，1 番目もしくは 8 番目の項目のどちらか一方を学習時と同じ背景，もう一方を新規の背景で呈示し，正再認における同文脈条件と異文脈条件を操作した．この操作に関してはカウンターバランスを取るため学習項目のセット 1 つに対して 2 つのパターンを用意した. ルアー項目, ルアー統制項目は各 8 項目であった. ルアー項目のうち, 4 項目を，対応するリストを呈示した際の背景と同じ背景，残り 4 項目を新規の背景で呈示し，虚再認における同文脈条件と異文脈条件を操作した．項目はリストの種類に関係なく，ランダムな順序で呈示された．

2.1.4. 手続き

実験は個別に実施した．単語の呈示はコンピュータ上に PsychoPy (Peirce, et al. 2019)を用いて行なった．単語は，フルスクリーンに呈示された背景の前に黒い文字で呈示した. 学習セッションではまず参加者に, 後に行われる計算課題と単語の再認課題について説明し, 呈示される単語を後の再認課題のためできるだけ記憶するよう教示した．各単語は 5 秒間につき 1 項目のペースで呈示した. 学習セッションの終了後, 参加者は干渉課題として 2 分間，2 桁×1 桁の掛け算を行なった．

その後テストセッションを行なった．テストセッションでは画面に出てくる単語が先ほどの学習セッションで呈示されたものであるかどうか判断するよう教示した．また，想起意識を伴う再認判断と，そうでないものを区別するため，学習時のエピソード想起を伴う Remember 反応と，そうでない Know 反応を区別して判断は行われた．藤田（2004） を参考に，呈示される単語が学習した単語の中にあったことをはっきり覚えている/思い出せる場合は Remember 反応を，あったことがわかるだけで学習時にその単語を見たことを想起できない場合は Know 反応を，学習時にはなかったと思う場合は New 反応をするよう教示した．Remember/Know/New にはそれぞれ方向キーの “←”, “↓”, “→” を割り当て，対応するキーを判断した通

りに入力するよう求めた．単語はそれぞれ学習セッションと同様の形式で呈示された．また，判断したキーの入力によって次の単語が呈示された．

2.2. 分析方法

虚再認率　多くの研究では，学習していない単語を再認してした場合はすべて False Alarm (FA) として扱われるが，本研究では DRM パラダイムによる FA かそうでない FA かを区別するため，DRM パラダイムのルアー単語を再認した場合を虚再認，それ以外を FA として扱う．本実験では，DRM パラダイムによる効果で虚再認が生起したことを確認する計算を行った後に分析を行った．DRM リストは全部で 16 リスト用意したが，一人あたり 8 リストが学習時に呈示され，残りの 8 リストは再認時に学習した項目と合わせて使用した．各ルアー項目が学習リストと無関係に Remember 反応を引き起こす確率の影響を除外するために，山田（2009）に従い，虚再認率からルアー誤認率を減じて，修正虚再認率を算出した．学習時に呈示したリストのルアー項目（ターゲット）の Remember 反応である虚再認反応から，再認時にのみ呈示したリストの Remember 反応を減じた．つまり，DRM リスト効果によるルアー項目の虚再認率から，対応する DRM リストが呈示されることなく再認時に呈示されたルアー項目（学習していない DRM リストのルアー項目）の誤認率（FA 率）を減じることで，DRM 効果による虚再認反応を抽出した後，その後の分析を行った．この抽出した虚再認反応である修正虚再認率を虚再認率として本研究では扱う．Know 反応に関しても同様に計算を行い，修正虚再認 Know 反応率を算出して計算を行った．

正再認率　正再認率においても同様に，ターゲットの正再認反応から，学習時に呈示されてはいないが再認時に呈示された学習統制項目における FA 率を減じて計算を行ったのち分析を行った．

学習項目の Remember 反応を正再認，学習統制項目における Remember 反応を誤認とする．まず，学習項目の Remember 反応数から正再認率を算出し，学習統制項目の Remember 反応数から誤認率を算出した．その結果より山田（2009）に従い，正再認率から，誤認率を減じて，修正正再認率を算出した．この修正正再認率を正再認率として本研究では扱う．Know 反応に関しても同様に計算を行い，修正正再認 Know 反応率を算出して計算を行った．

その際，正再認における Know 反応よりも，FA における Know 反応の方が高く，修正正再認 Know 反応率がマイナスになる参加者が複数人いた．

2.3. 結果

Remember 反応と Know 反応の分析に関して，両者が独立ではないことが問題となる．Remember 反応が増えれば自ずと Know 反応は減少するからである．そこで本実験では，Yonelinas & Jacoby (1995) が提案した次式の IRK (Independent Remember/Know) 法を使用した．

IRK 反応率 = Know 反応率 /(1-Remember 反応率)

この方法では，Remember 反応率の大きさによらず Know 反応の割合を独立して算出することができる．

正再認における Remember 反応率と Know 反応の合計値 (overall)，Remember 反応率，IRK 反応率を表 1 に示す．また，正再認の Remember 反応率について図 1 に示す．各群の平均正再認率について t 検定を行なったところ，同文脈条件と異文脈条件の間に有意な差があった（$t(39) = 2.20$, $p < .05$, Cohen's $d = .37$）．同文脈の方が異文脈条件よりも正再認 Remember 反応が多かった．正再認の IRK 反応に関しては各群の差は有意ではなかった（$t(39) = .10$, $p = .92$）．

表 1 学習した項目に対するそれぞれの反応の平均値

context	TRUE MEMORY							
	Overall		Remember		Know		IRK	
	M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Same	0.77	0.21	0.78	0.18	-0.01	0.19	0.33	0.38
Diff.	0.70	0.27	0.70	0.22	0.00	0.20	0.33	0.40

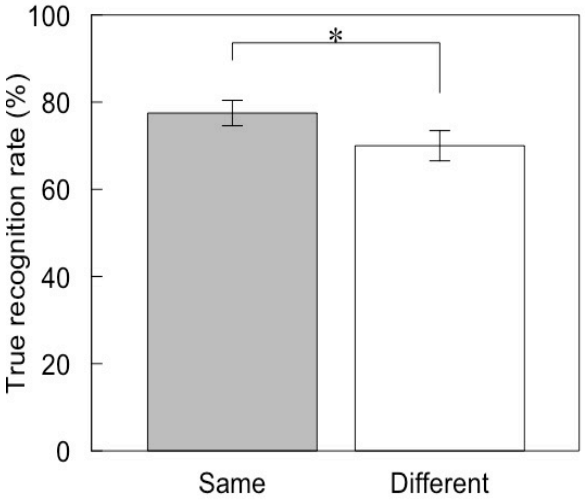


図 1 正再認率に対する背景文脈の効果

虚再認における Remember 反応率と Know 反応の

合計値（overall），Remember 反応率，IRK 反応率を表 2 に示す．また，虚再認の Remember 反応率について図 2 に示す．各群の平均虚再認率について t 検定を行なったところ，有意ではなかった（$t(39) = 1.03$, $p = .31$ Cohen's $d = 0.18$）．また，虚再認の IRK 反応に関しても各群の差は有意ではなかった（$t(39) = .92$, $p = .36$）．

また，平均虚再認率について各群の等価性の検定を行なったところ，有意ではなかった（$t(39) = -0.352$, $p = 0.363$; given equivalence bounds of -0.2 and 0.2 (on a Cohen's d scale) and an alpha of 0.05）．

表 2 ルアー項目に対するそれぞれの反応の平均値

context	FALSE MEMORY							
	Overall		Remember		Know		IRK	
	M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Same	0.44	0.34	0.42	0.30	0.19	0.33	0.03	0.25
Diff.	0.40	0.38	0.37	0.34	0.13	0.24	0.03	0.16

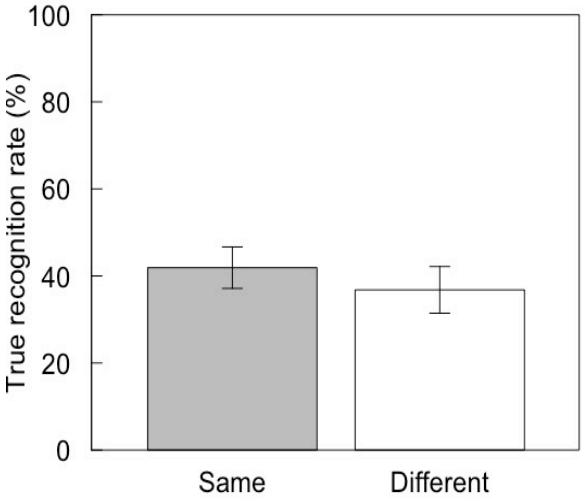


図 2 虚再認率に対する背景文脈の効果

2.4. 考察

本実験でも同文脈条件の方が異文脈条件の方が正再認率が有意に高かったことから，文脈依存効果が認められた．ターゲットである焦点情報としての学習項目の単語を再認課題時に想起する際，それらを学習した際の背景画像を文脈として手がかりにしたことが考えられる．一方で，虚記憶においては，同文脈条件と異文脈条件の差が有意とならなかったため，文脈依存効果は確認することができなかった．つまり，虚記憶の生起過程において知覚的情報があまり関与しないと考えられる．しかし，等価性の検定でも有意ではなかったため，環境的文脈による効果がないとは言い難い結果となった．同文脈条件と異文脈条件の間で虚再認率が有意にならなかったことを，知覚的情報が全く関係なく虚記憶が意味的痕跡によってのみ生成されるためなのか，それとも多少の差があるが文脈依存効果が弱いため確認できないだけなのかを判断することができない結果となった．そこで実験 2 では，より強い文脈依存効果が期待できる刺激を用いて実験し，虚記憶と文脈依存効果の関係について検討した．

3. 実験 2

Smith & Manzano (2010) は，ビデオを用いた文脈依存効果の影響を明らかにした．この実験では，フルスクリーンのビデオの中央に単語を 1 つずつスーパーインポーズして呈示した．単語は 1 単語につき 5 秒間呈示し，その単語とビデオの両方を覚えるよう教示した．30 個の単語を 2/10/30 種類のビデオ文脈で呈示し，同一文脈で呈示する単語の数（手がかり負荷）がそれぞれ 15/3/1 となるよう操作した．彼らはこの実験で，手がかり負荷の少ない条件（ビデオの種類 30，手がかり負荷 1 の条件）では強い文脈依存効果が得られることを明らかにした．また，ビデオ文脈の研究について酒井・宮本・漁田・漁田 (2011) や森井・漁田・漁田 (2016) にて，発展的に研究がおこなわれている．

実験 2 では背景画像文脈よりも強い文脈依存効果が得られるビデオ文脈を用いて DRM パラダイムの実験を行うことで，より虚記憶と文脈依存効果の関係とを明瞭なものにすることを目的とする．ビデオ文脈と単語の呈示方法などは森井ら (2016) を参考にした．

3.1. 方法

3.1.1. 参加者

実験参加者は，大学生，大学院生 60 名（平均年齢 = 20.4, SD = 3.76）であった．

3.1.2. 実験計画

環境的文脈の異同（同文脈条件, 異文脈条件）を参加者内要因とした．

3.1.3. 材料

ルアー項目 1 項目，学習項目 10 目で構成される DRM リストを１６リスト用意した．

DRM リスト　DRM リストは，手がかり負荷を抑えより文脈依存効果を期待するため，学習項目を 2 項目削減し，ルアー項目 1 項目，学習項目 8 項目で構成される DRM リストを１６リスト用意した．

環境的文脈　本実験ではビデオを背景として呈示することで，学習セッションとテストセッションでの環境

的文脈の異同を操作した．1 リストにつき 1 種類のビデオ文脈を用いて学習時には呈示した．ビデオは日本に住む人日常生活でありふれた風景をアマチュア・カメラマンが撮影したものを使用した．その撮影されたものを 5 秒間のビデオ・クリップとして作成し，ビデオ文脈として使用した．ビデオ文脈の選定基準として Smith & Manzano (2010) のビデオ文脈の選定基準を採用した. また, 学習項目とリスト内の単語とは特別に強い関連がないよう配慮した．Smith & Manzano (2010) が実験で使用したビデオの選定基準は以下であった．(1) 参加者にとってよく見知った場所ではないが，親しみを感じるような映像であること．(2) 撮影された場所が参加者の通うキャンパスから地理的に離れていること．(3) ターゲットの単語と明らかに関連した映像ではないこと．(4) アマチュアのカメラマンが撮影した映像であること．(5) 会話が含まれていないこと. ただし, その場所や動作に付随する音, 環境音等が含まれていること．(6) 日常でありふれた風景であること．(7) 意図的に仕組まれたシーンではないこと. 以上の選定基準を参考に, 本実験では道路, 海, 草花などのビデオを刺激として用いた.

課題の構成　学習セッションの項目は 64 項目（8 項目×8 リスト）で，画面上に視覚呈示した.

そのほかの材料に関しては実験 1 と同様であった.

3. 1. 4. 手続き

実験は個別に実施した. 単語は, フルスクリーンに呈示された背景のビデオの前に文字で呈示した．学習セッションでは参加者に，後に行う計算課題と再認課題について説明し，呈示される単語を後の再認課題のためできるだけ記憶するよう教示した. この時に, 再認課題では，コンピュータ画面上に学習時に見たものと同じような映像が流れることも伝えた. また, 単語とビデオを関連づけて覚える必要がないことも説明した．学習セッションでは，各単語は赤字で文脈映像上にスーパーインポーズし，5 秒間につき 1 項目のペースで呈示した．その後の手続きに関しては実験 1 と同様であった.

表 3 学習した項目に対するそれぞれの反応の平均値

context	TRUE MEMORY							
	Overall		Remember		Know		IRK	
	M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Same	0.80	0.23	0.69	0.28	0.11	0.28	0.40	0.44
Diff.	0.69	0.28	0.59	0.25	0.10	0.24	0.42	0.37

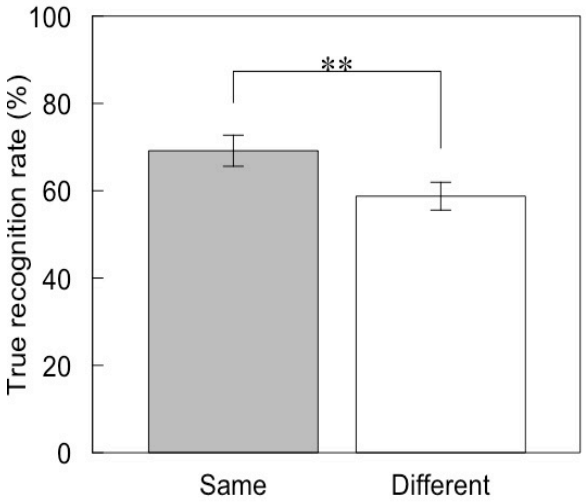


図 3 正再認率に対する背景文脈の効果

表 4 ルアー項目に対するそれぞれの反応の平均値

context	FALSE MEMORY							
	Overall		Remember		Know		IRK	
	M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Same	0.45	0.29	0.38	0.30	0.06	0.22	0.20	0.32
Diff.	0.38	0.31	0.28	0.30	0.10	0.27	0.22	0.26

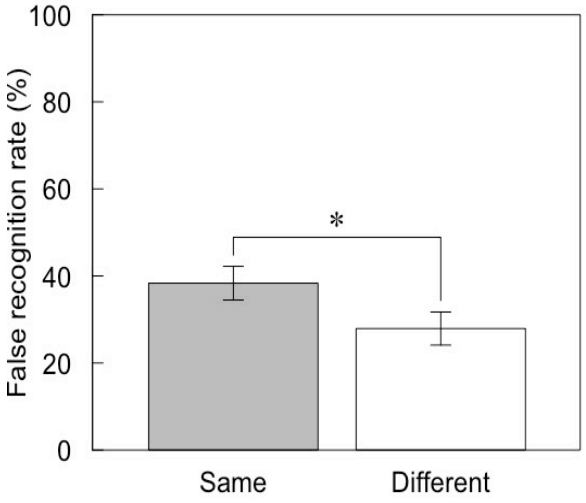


図 4 虚再認率に対する背景文脈の効果

3. 2. 結果

正再認における Remember 反応率と Know 反応の合計値（overall），Remember 反応率，IRK 反応率を表 3 に示す．また，正再認の Remember 反応率について図 3 に示す．各群の平均正再認率について t 検定を行なったところ，同文脈条件と異文脈条件の間に有意な差があった（$t(59) = 3.19$, $p < .01$, Cohen's $d = .40$）．同文脈の方が異文脈条件よりも正再認 Remember 反応が多かった．正再認の IRK 反応に関しては各群の差は有意ではなかった（$t(59) = -.36$, $p = .72$).

虚再認における Remember 反応率と Know 反応の合計値（overall），Remember 反応率，IRK 反応率を表 4 に示す．また，虚再認の Remember 反応率について図 4 に示す．各群の平均虚再認率について t 検定を行なったところ，同文脈条件と異文脈条件の間に有意な差があった（$t(59) = 2.03, p < .05$, Cohen's $d = .34$）．また，虚再認の IRK 反応に関しては各群の差は有意ではなかった（$t(59) = -.40, p = .68$）.

3.4. 考察

実験 1 と同様に同文脈条件の方が異文脈条件の方が正再認率が有意に高かったことから，文脈依存効果が認められた．一方で，虚記憶においても，同文脈条件と異文脈条件の差が有意となり文脈依存効果を確認することができた．この結果から，虚記憶の生起過程において知覚的情報の関与が示唆された．より強い文脈依存効果が期待できるビデオ文脈を用いることで，文脈依存効果が正再認同様に虚再認も影響を与えた．学習したリストの背景（符号化時）と，それに対応するルアーの背景（再認時）が同じであるとき，それらの背景が虚記憶生成の手がかりになっている可能性が考えられる．

4. 総合考察

4.1. 知覚的痕跡と虚再認

本研究では，DRM パラダイムにおける虚再認の生起に背景の文脈依存効果がどう影響するのかについてを明らかにするため，虚再認率における同文脈条件と異文脈条件で比較しその差を検証した．そして，その差によって虚記憶の生起にどのように意味的・知覚的痕跡が関わるのかを調べた．

実験 1 では，背景画像を用いて実験を行なった．正再認率においては，同文脈条件の方が異文脈条件よりも有意に高かった．その一方で虚再認率においては両群の間に有意な差は生まれず，等価性の検定でも有意ではなかったため，虚記憶の生起に背景文脈の依存効果がどう影響しているのかについては，検討することができなかった．次に行なった実験 2 では，より強い文脈依存効果を期待できるビデオ文脈を用いて実験 1 で検討できなかった部分を明らかにしようとした．その結果，虚再認における Remember 反応率は，同文脈条件の方が異文脈条件よりも有意に高かった．この結果は，記銘時に知覚的痕跡となる背景文脈が DRM パラダイムにおける虚記憶の生起に関わっていることを示唆している．これは，Arndt (2010) の実験の考察と合致している．そのため，フォント文脈だけでなく，背景文脈のように文脈依存効果を用いた DRM パラダイムを行うことで，虚記憶の生起に知覚的痕跡が関わってくることを示すことができた．正再認においては，実験 1・2 共に同文脈条件の方が異文脈条件よりも正再認率が有意に高かった．この結果は，文脈依存効果によって記銘時の背景の情報が再認時の検索の手がかりになっていることを示唆している．また，実験 2 の方が実験 1 の結果よりも文脈の異同による差が大きかったことから，この実験でも背景画像よりビデオ文脈を用いた方がより強い文脈依存効果を生起させられたと考えることができる．

4.2. 実験間の比較

実験間を比較することで文脈の種類の差を検討するため，正再認の Remember 反応率について，文脈の種類（実験 1 (画像文脈)，実験 2 (ビデオ文脈)）×文脈の異同（同文脈，異文脈）の分散分析を行なった．その結果，文脈の種類の主効果が有意であった（$F(1,98) = 5.32, p < .05, \eta 2 = .05$）．実験 1 の画像文脈の方が正再認率は高かった．また，文脈の異同に関しても有意であった（$F(1,98) = 13.45, p < .001, \eta 2 = 0.12$）．同文脈の方が正再認率は高かった．文脈の種類と異同の交互作用については有意ではなかった（$F(1,98) = .36, p = 0.55, \eta 2 = .003$）．また，虚再認の Remember 反応率に関しても同様に分散分析を行なった．虚再認でも文脈の異同の主効果が有意であった（$F(1,98) = 4.01, p < .05, \eta 2 = .04$）．同文脈の方が異文脈よりも虚再認率が高かった．文脈の種類の主効果（$F(1,98) = 1.59, p = 0.21, \eta 2 = .02$），および文脈の種類と異同の交互作用（$F(1,98) = .50, p = 0.48, \eta 2 = .005$）については有意ではなかった．

実験 1（画像文脈）の方が実験 2（ビデオ文脈）より有意に正再認率が高かったことの原因としては，文脈依存効果は文脈の情報量が多いビデオ文脈でより強く生じやすいが，その情報量の多さによってターゲットの記銘が干渉された可能性が考えられる．学習時に背景に情報量の多い文脈，つまり本実験でのビデオ文脈のような背景を使用することで，参加者の注意がターゲット以外に分散しやすくなったことにより，学習リストの記憶成績が低下したのではないかと考えられる．また，正再認率の文脈の異同の結果でも主効果が有意であった．これは実験 1・2 における t 検定の結果と整合していた．

虚再認率について交互作用は有意ではなかったため，ビデオ文脈において文脈依存効果がより強くなった証拠は認められなかった．一方で，文脈の異同による主効果が有意だったことや等価性の検定が有意ではなかったことから，実験 1 で用いた背景刺激においても文脈依存効果は存在したが，参加者の数が十分でなかったために，検出することができなかったのではないかと考えられる．

4.3. concordant effect

環境的文脈依存再認の理論の中に，文脈依存そのものに FA 率における文脈依存効果を予測するものがある．Maenane, Phelps, & Malmberg (1999) により提唱された ICE (Item-Context-Ensemble) 理論である．この理論では，過去のエピソードの再認には，項目(I)，文脈(C)，およびテスト時に提示された項目（プローブ）と記憶内のアンサンブル情報(E)のグローバルな活性化に基づく判断プロセスが含まれると仮定している (Isarida et al., 2018)．ここでのアンサンブル情報とは項目や文脈情報とは異なるタイプの情報であり，学習者が符号化時に項目と文脈の情報を組み合わせたり，統合したりして作成する情報として定義されている．

典型的な再認テストにおいて，記憶とプローブ内の 3 種類の情報 (I, C, E) の間の一致または不一致のパターンは，以下の通りである (Isarida et al., 2018)．テスト文脈の新旧に関わらず，テスト項目が旧の場合，項目情報が一致する．同様に，テスト項目の新旧にかかわらず，項目が旧文脈でテストされる場合，文脈情報は一致する．対照的に，アンサンブル情報は，旧項目とそれに対応する旧文脈との一致のみを生成する．この理論は記憶強度または熟知性に基づく再認判断を行うと説明するので，文脈の一致により Hit 率と FA 率の両方を高めると予測している．これは concordant effect と呼ばれている(Hockley, 2008)．

ICE 理論によれば concordant effect，特に FA 率における文脈依存効果はより大きな記憶強度または旧文脈に関連する熟知性に基づいている．アンサンブルが形成されているか否か，あるいは旧文脈が学習文脈と同じであるか異なるかに関わらず，ICE 理論は concordant effect を予測する．本研究でも concordant effect が発生し，それにより同文脈条件の方が異文脈条件より虚再認率が高くなった可能性がある．つまり，実験 2 における虚再認率に対する文脈の異同の効果が，虚記憶が知覚的痕跡を用いて生成されている証拠ではなく，単に文脈が一致していることによる concordant effect の効果であるとも考えられる．

そこで，実験 2 について，学習していない DRM リストのルアー項目に対する FA 率（修正虚再認率を算出する際に用いた，ターゲット以外ルアー項目の FA 率）を，同文脈条件（学習時に別のリスト背景として見たことがある文脈）と異文脈条件（テスト時に初めてみる文脈）間で比較した(表 5)．FA 率を従属変数として，文脈の異同を独立変数とする t 検定を行なった結果，両群の差は有意ではなかった（$t(1,59) = 0.65$, $p = .52$, Cohen's $d = 0.11$）．虚再認率においては文脈の異同に有意差があったが，それ以外の FA 率では文脈の異同に有意差がなかった．concordant effect は文脈一致条件における FA 率の上昇を予測するが，記憶タイプが虚記憶としての FA であるかそれともそれ以外の FA であるかの違いについての説明はない．そのため，本実験における文脈の異同の効果は，単に文脈が一致していることによる concordant effect の効果ではなく，文脈とルアー項目に関連する学習項目との一致により DRM パラダイムによる虚再認において文脈依存効果が起きたことに起因すると考えられる．今回の結果は虚記憶が知覚的痕跡を用いて生成されることを示唆していると言える．

表 5 ターゲットルアー以外の FA 率

context	False Alarm	
	M	*SD*
Same	0.05	0.13
Diff.	0.04	0.10

4. 4. 虚記憶生起過程の理論

本実験の結果は，背景文脈が DRM パラダイムにおける虚記憶の生起に関わっていることを示唆した．実験 1 では虚記憶における同文脈条件と異文脈条件の差を確認することはできなかったが，実験 2 のビデオ文脈では差が生まれた．実験 1 で背景文脈の効果が有意でなかった理由としては，背景画像文脈が静止画像であったため，その知覚的な記憶痕跡が比較的弱く，本研究のサンプル数では有意な差が確認できなかったと考えられる．対して情報量が多く背景画像よりも強い文脈効果を生み出すことのできるビデオ文脈は，より強い知覚的記憶痕跡を生じさせ，文脈効果を生じさせたことが示唆される．

本研究の結果は，正しい記憶には知覚的痕跡と意味

的痕跡の両方が関わるが，虚記憶は意味的痕跡によって概念的に形成されるというファジートレース理論の考え方と矛盾するものとなった. 本研究では, ルアー に対応する学習リストを学習時に呈示した背景で再認を行う方が，新規の背景で再認を行うよりも虚再認率が高いことが確認され，意味的痕跡だけでなく背景の知覚的痕跡も虚再認率の上昇に貢献していることがわかった. この結果は, 連想語のリストを学習した際にリスト以外の痕跡も記憶しており，テスト時にルアー項目が呈示されると，再認判断のためにそのルアー項目と学習した際の痕跡とを比較するためにルアー項目の意味が活性するというグローバルマッチングモデルの理論に整合している. グローバルマッチングモデルでは, 符号化中に記銘対象だけでなく，文脈も記憶痕跡として格納する. そして, 再認時にはルアー項目と学習した記憶痕跡との類似度を比較した時に発生する活性化の値がある一定以上になると，誤ってその項目を再認すると説明する. その再認時, ルアー項目が対応する学習リストに使用された背景で再認テストが行われると，対応する学習項目と背景（文脈）情報が一致し, 相互的な想起のための手がかりが生成される．これとは対照的に，ルアー項目が新奇な背景で再認テストされる場合, ルアー項目は, 対応する学習項目の痕跡とのみ一致する．ルアー項目が活性化されるための学習項目の痕跡は，ルアー項目自体の記憶痕跡にのみ格納されているため, 相互的な手がかりは生成されず, ルアー項目の活性化は文脈が一致する場合と比較して小さくなる．以上のようにグローバルマッチングモデルは本研究の結果と整合する.

また, アクティベーションモニタリング理論では, ルアー項目に対応する単語の学習が，間接的に意味的な関連からルアー項目の表象を活性化する．そしてその符号化時に，文脈情報と学習項目はそれぞれ関連付けられ統合される（Hicks & Hancock, 2002）．その後の再認テストでは，参加者は内部で生成された項目と外部に呈示された項目を区別できない. つまり, 学習していないルアー項目の間接的な活性化とソースモニタリングの失敗の組み合わせによって，虚記憶が生成される．その際に対応する学習リストに使用された背景そその学習リストが関連づけられているため，ルアー項目の背景がその背景と一致していることによって，間接的な活性化がより強くなり，不一致の時よりもソースモニタリングを失敗しやすくなると考える．そのため，この理論でも今回の実験の結果のような文脈の異同による虚再認率の差を説明することができる．アクティベーションモニタリング理論では学習時に項目と文脈が統合されると説明される一方で，グローバルマッチングモデルでは再認時にターゲットと学習時の記憶痕跡を比較する中で項目と文脈の一致による相互的な手がかりが形成されると説明する．今回の実験の結果，つまり文脈の一致による虚再認率の上昇はどちらのモデルもを予測しており，この結果だけではどちらのモデルがより適切かは判断できない．今後は虚記憶の生成に知覚的痕跡の影響があることを前提に，より尤もらしいモデルを推測し虚記憶の生起過程を明らかにするべきであると考える.

4.5. IRK の分析

また IRK による独立した Know 反応, つまり意識的な学習時の想起を伴わない再認反応の分析に関して，実験 2 では正再認，虚再認ともに文脈の異同による有意な差が生まれなかった．意識的な学習時の想起を伴う Remember 反応では同文脈条件と異文脈条件の間に差が生まれたことを踏まえると，文脈依存効果が親密性によるものでなく，はっきりと学習時の記憶を辿った結果発生したものであることが確認できる．つまり，虚再認の Know 反応では，知覚的な学習時の痕跡は関わっておらず, 項目の判断にのみ依存している. 一方で虚再認の Remember 反応においては, 符号化時の知覚的痕跡ははっきり思い出された上で虚記憶の生成にかかわっていることが分かった．本実験において示された虚再認 Remember 反応の文脈依存効果は，concordant effect で説明されるような文脈の一致による熟知性によるものだけではなく，テスト時のルアー項目を見た際に学習時を想起した上で生起したものであり，虚記憶に対して文脈が作用した結果であると考えることができる.

4.6. 今後の展望

実験 2 では虚記憶に対しての知覚的痕跡の影響が確認できたが，実験 1 や Wang et al.,(2018) では知覚的痕跡による差が生まれなかったことから，虚記憶の生起には意味的痕跡の影響の方が知覚的痕跡よりも強いと考えられる. 虚記憶には知覚的痕跡も影響するが, 意味・知覚それぞれの痕跡がどれだけ虚記憶の生起に関わっているのか，そこに量的な差がどれだけあるのかを明らかにすることで，虚記憶生起のメカニズムをより明確に解明できると考える. また, 文脈を操作するこ

とによって注意が分散して正再認率や虚再認率が低下したと考えられることについて，今回の同文脈条件・異文脈条件のように背景の情報を操作した群に背景に何も呈示しない統制群を追加することによって，参加者の注意の分散と虚記憶の正起率について検討することができるのではないかと考える．

参考文献

Arndt, J. (2010). The Role of Memory Activation in Creating False Memories of Encoding Context. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, *36*(1), 66–79.

Deese, J. (1959). On the prediction of occurrence of particular verbal intrusions in immediate recall. *Journal of Experimental Psychology, 58*(1), 17–22.

藤田哲也, & 堀内孝. (2004). 独立 Remember/Know (IRK) 手続による自己関連付け効果の検討. *心理学研究*, *74*(6), 547-551.

Hicks, J. L., & Hancock, T. W. (2002). Backward associative strength determines source attributions given to false memories. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*(4), 807-815.

Hockley, W. E. (2008). The Effects of Environmental Context on Recognition Memory and Claims of Remembering. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, *34*(6), 1412–1429.

星野祐司 (2002). 関連語の学習による誤再生とリスト構成:ブロック呈示条件とランダム呈示条件の比較. *基礎心理学研究, 20*, 105-114.

Isarida, T., & Isarida, T. K. (2014). Environmental context-dependent memory. In A. J . Thornton (Ed.) Advances in ExperimentalPsychology Research . (Pp.115-151) . New Yo rk: NOVA Science Publishers .

Isarida, T., & Isarida, T. K. (2007). Environmental context effects of background color in free recall. *Memory and Cognition*, *35*(7), 1620–1629.

Isarida, T., Isarida, T. K., Kubota, T., Higuma, M., & Matsuda, Y. (2018). Influences of context load and sensibleness of background photographs on local environmental context-dependent recognition. *Journal of Memory and Language*, *101*(January), 114–123.

Isarida, T., Isarida, T. K., Kubota, T., Nishimura, K., Fukasawa, M., & Thakahashi, K. (2018). The roles of remembering and outshining in global environmental context-dependent recognition. *Journal of Memory and Language*, *99*, 111–121.

宮地弥生, & 山 祐嗣. (2002). 高い確率で虚記憶を生成する DRM パラダイムのための日本語リストの作成. *基礎心理学研究, 21*, 21-26.

森井康幸, 漁田俊子, & 漁田武雄. (2016). ビデオ文脈依存再生における学習方法とテスト方法の効果. *基礎心理学研究*, *34*(2), 229-238.

Murnane, K., Phelps, M. P., & Malmberg, K. (1999). Context-dependent recognition memory: The ICE theory. *Journal of Experimental Psychology: General, 128*(4), 403.

Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., ... & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior research methods*, *51*(1), 195-203.

Roediger III, H. L. (1996). Memory illusions. *Journal of memory and Language*, *35*(2), 76-100.

Roediger, H. L., & McDermott, K. B. (1995). Creating False Memories: Remembering Words Not Presented in Lists. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *21*(4), 803–814.

酒井徹也, 宮本亜実, 漁田俊子, & 漁田武雄. (2011). 口頭自由再生におけるビデオ文脈依存効果. *日本認知心理学会発表論文集 日本認知心理学会第 9 回大会*(pp. 59-59).

Smith, S. M., & Manzano, I. (2010). Video context-dependent recall. *Behavior Research Methods*, 42(1), 292-301.

Thomson, D. M., & Tulving, E. (1970). Associative encoding and retrieval: Weak and strong cues. *Journal of experimental psychology*, *86*(2), 255.

Wang, J., Otgaar, H., Howe, M. L., Lippe, F., & Smeets, T. (2018). The nature and consequences of false memories for visual stimuli. *Journal of Memory and Language*, *101*(November 2017), 124–135.

山田恭子 (2009) DRM パラダイムを用いた虚再認の生起に及ぼす環境的文脈の効果, *広島大学大学院教育学研究科紀要*, *3*, 58, 177-182.

Yonelinas, A. P., & Jacoby, L. L. (1995). The relation between remembering and knowing as bases for recognition: Effects of size congruency. *Journal of memory and language*, *34*, 622-622.

追唱課題における加齢と訓練の効果：二重課題としての検討[i]
The effect of aging and training on the shadowing as a dual task

澤田知恭[†]，原田悦子[‡]
Tomoyasu Sawada，Etsuko T. Harada
[†]筑波大学大学院人間総合科学学術院，[‡]筑波大学人間系
[†]Graduate School of Comprehensive Human Sciences, [‡]Faculty of Human Sciences, University of Tsukuba
[†]s2021306@s.tsukuba.ac.jp, [‡]etharada@human.tsukuba.ac.jp

概要
日常生活で間断なく行われる会話は，二重課題性を持っているために，高齢者はその実施に困難を示し，高齢者と会話する若年成人の負担感の原因となっているのではないか。もしそうであれば，二重課題訓練を行うことで，高齢者の会話困難とそれに伴う若年成人の負担感を減少させ，ひいては世代間コミュニケーションを推進できる可能性がある。その可能性を検討するため，会話の二重課題性を純粋に反映するものとして追唱課題を用いて，実験的検討を行った。

キーワード：認知的加齢，会話，世代間コミュニケーション

1. はじめに

超高齢社会の中で世代間コミュニケーションが必要とされる一方で，認知的加齢により高齢者は会話に困難が生じ，それが若年成人と会話する際に，若年成人にとって負担を感じさせる原因となっている可能性が指摘されている（池永，2018）。こうした高齢者の会話の困難さの原因の一つに，会話が「聞くこと」と「話すこと」の二重課題性を有することが考えられる。「聞くこと」とは言語理解の過程であり，音素の知覚から内的表象を作るまでの一連の処理をさす。一方，「話すこと」とは言語産出の過程であり，内的表象を操作し，実際に構音運動をするまでの一連の処理をさす。高齢者は一般に二重課題を苦手とし，パフォーマンスが大きく低下する(Kramer & Madden, 2008)。もし，高齢者にとっての会話の困難さが，会話の二重課題性によるのであれば，会話の成績低下に加え，そうした成績低下が，二重課題訓練の効果により縮小，あるいは消滅可能なのではないかと考えられる。

ただし会話には，話者間の社会的関係性や話題の効果，そこでの問題解決の志向性など，様々な要因が影響を与えていると考えられる。そこで本研究では，最も純粋に「聞くこと」と「話すこと」を同時に行う二重課題性を実験課題として取り上げるため，追唱課題を取り上げた。追唱課題(shadowing)はシャドーイングともよばれ，Cherry, Bruce & Sayers（1956）では，実験者が読み上げるテキストを参加者がテキストを見る事なしに追唱する課題と説明された。追唱課題には，「聞く」過程の結果としての言語理解と，「発話する」過程の結果としての言語産出の両過程が内的に生じていることを示す実験が先行研究で報告されている（阿，2016; Nye & Fowler, 2003）。

また，本研究では二重課題性の存在を二重課題訓練によってその影響が縮小するか否かによって検討することとしたが，訓練の方法にも多様なものがある。本研究では Benjamin & Urs（2018）から，個別訓練法と同時訓練法の対比に注目した。個別訓練法は，二重課題を構成する二つの課題をそれぞれ別々に訓練する方法で，個々の課題の自動性が上がり，ワーキングメモリーの負担が減ることで，二重課題課題成績が改善すると考えられる。これに対し，同時訓練法は二つの課題を同時に，二重課題として訓練する方法であり，個々の課題達成よりも高次な認知的制御機能が向上することで，二重課題成績が改善されると考えられている。対話の二重性が「聞くこと」と「話すこと」の二重性と考えると，特に高齢者にとって，個々の活動は既に日常生活で過剰学習されていると考えられるため，訓練の効果は「二つの処理を同時に平行的に行っていく」ための同時訓練法の方が，個々のプロセスの熟達を目指す個別訓練法よりも大きな訓練効果を持つと考えられる。

このように，課題の二重性への対応を可能とする訓練によって成績が改善するのであれば，そこに課題の何らかの二重性があり，二重課題であるゆえの困難さが存在していると言えよう。また，その結果として，会話が二重課題性をもつことが実証されたならば，二重課題訓練を行うことで，会話困難が改善され，世代間コミュニケーション，さらには世代間交流を促進する可能性も考えられる。

そこで本研究は，会話の二重課題性と加齢の影響について明らかにするために，追唱課題を用いて加齢による課題達成の変化，ならびに二重課題訓練の有効性の有無について，実験的検討を行った。

2. 方法

2-1 参加者 若年成人 24 名（大学生，男女各 12，平均 20.8±0.28 歳），高齢者 24 名（男女各 12，平均 74.37±2.56 歳）が実験に参加した。高齢者は，筑波大学みんラボデータベースより，MMSE27 点以上，教育年数 13 年以上，ふだん補聴器を使用していないことを条件として抽出した。いずれの年齢群についても実験後に，語学教育などでの追唱課題の実施経験の有無について尋ねた。

2-2 材料 追唱課題，訓練課題での音声刺激として，市販の日本語学習者向けリスニング教材を使用した。実験課題用に 4 テキストを抽出したところ，平均 4.75 文，平均 249 モーラであった。4 テキストの実施順序（2 テキストずつを Pre 試行，Post 試行に利用）については参加者間でカウンターバランスを行った。また同様の課題刺激を練習試行用に 1 つ準備した。予備実験の結果，「音声が早すぎる」といったフィードバックが寄せられたため，音声提示速度を 1.2 倍として提示した。訓練での音声刺激として，3 文節の単文を 6 つ，4 文節の単文を 6 つ，5 文節の単文を 6 つ抽出して用いた。訓練用音声刺激は，多様な文法構造を持つよう抽出した。

2-3 課題 本課題として，訓練前後に各 2 試行を実施した。課題の 1 試行では提示された音声刺激を追唱した後，3 問の再認課題を行った。再認課題は，追唱したテキストの内容に当てはまる文とそうでない文の二つから，内容に当てはまるものを回答するよう求めた。再認課題の内容はテキストの子細を問うものではなく，テキストの概要を理解しているかを問うものであった。その後，課題に関する主観評価（「今の文章は聞き取りやすかった」「今の文章は分かりやすかった」）について質問紙で回答を求めた。

2-4 訓練方法 参加者はランダムに個別訓練法（音声刺激提示後に，視覚呈示された 2 文から提示文を選択し，その後，その文を読み上げる），もしくは同時訓練法（音声刺激を追唱した後、視覚提示された 2 文の内から提示文を再認）によるいずれかの訓練が与えられた。訓練は 1 ブロック 6 試行で，3 ブロックが行われ，1 ブロック目では 3 文節の単文，2 ブロック目では 4 文節の単文，3 ブロック目では，5 文節の単文が用いられた。ブロック内での文の提示順はランダムであった。

2-5 手続き 実験では，追唱課題は，「おっかけ発話」，訓練は「トレーニング」と言い換えられた。参加者は同意書に署名後，デモグラフィック変数に関する質問紙回答してから，課題について教示された。練習試行として課題 1 試行を行った後， Pre 試行として課題 2 試行を行った。その後，訓練が用意されていること，訓練後に再度課題を行って欲しいことが説明され，実験続行の意思を確認された。訓練の教示を受け，個別訓練もしくは同時訓練を行った後， Post 試行として課題 2 試行を行った。Pre/Post 試行終了後に，追唱課題難易度に関する自己評価（「おっかけ発話」は簡単だった）について，質問紙で回答を求められた。Post 試行終了後に，訓練効果に関する主観評価（トレーニングをすることで，「おっかけ発話」が簡単になった）について回答を求められた。実験は，若年成人については 30 分弱，高齢者についてはおよそ 45 分で終了した。

3. 結果

本報告では，Pre/Post 試行の追唱課題成績について報告する。それぞれ 2 試行の平均値を算出して分析対象とした。

3-1 追唱潜時

発話開始点を，発話者の音声の音圧（db）が（当該試行中のその発話者の音声の最大音圧）- 30db を超えた時点とした。まず，追唱課題のモデル音声について，テキスト内各文の文頭から上記基準でモデル音声発話開始点を設定し，モデル音声発話開始点から参加者の発話開始がどれだけ遅れたか表す指標である追唱潜時を算出した。音声の分析には Praat（Boersma & Paul，2001）を用いた。

課題文章中の全文の追唱潜時の平均を算出し，年齢群(2)×訓練方法(2)×Pre/Post(2) の 3 要因混合型分散分析を行った結果，年齢群の主効果が有意傾向（$F(1, 44) = 3.41$，$p = .07$，$\eta_p^2 = 0.07$），また Pre/Post の主効果が有意（$F(1, 44) = 6.56$，$p = .01$，$\eta_p^2 = 0.13$）で，高齢者は若年成人よりも発話開始が遅れる傾向があり，また両年齢群において訓練効果が示された。訓練方法の主効果（$F(1, 44) = 0.05$，$p = .82$，$\eta_p^2 = 0.00$）ならびにすべての交互作用は有意ではなかった（年齢群×訓練方法，$F(1, 44) = .055$，$p = .46$，$\eta_p^2 = 0.01$；Pre/Post×年齢群，$F(1, 44) = 1.77$，$p = .19$，$\eta_p^2 = 0.04$；Pre/Post×訓練方法，$F(1, 44) = .05$，$p = .83$，

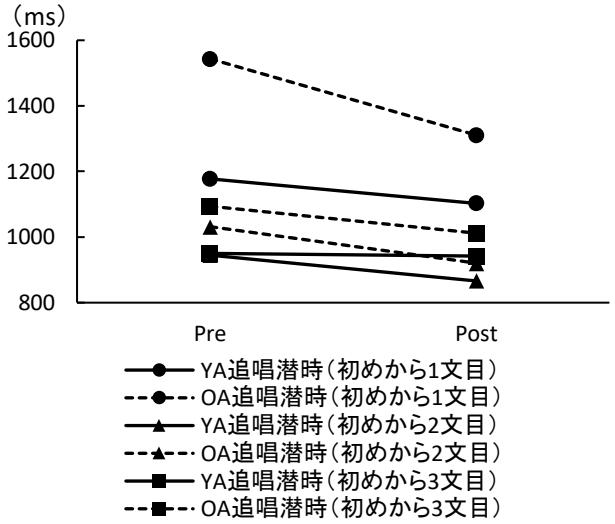


図 1　各文の平均追唱潜時

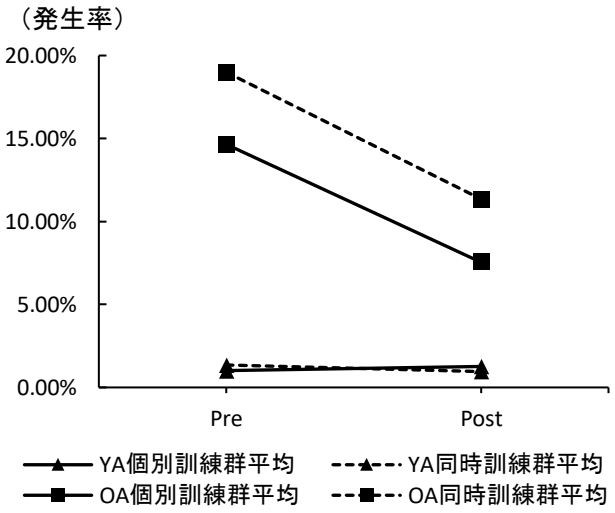


図 2　発話エラー発生率

$\eta_p^2 = 0.00$；二次の交互作用，$F(1, 44) = .10$，$p = .75$，$\eta_p^2 = 0.00$）。次に，課題文章中の文位置の効果を検討するために，文ごとの追唱潜時について検討を行った（図 1 参照）。その際，訓練方法の効果が見られなかったことから 2 群をプールし，年齢群(2)×文数(3)×Pre/Post(2)の混合型 3 要因分散分析を行った[1]結果，Pre/Post の主効果（$F(1, 46) = 8.10$, $p = .01$，$\eta_p^2 = 0.15$），年齢群の主効果（$F(1, 46) = 4.91$，$p = .03$，$\eta_p^2 = 0.10$）と共に，文位置の主効果（$F(1.66, 76.45) = 46.64$，$p = .00$，$\eta_p^2 = 0.50$），ならびに文の位置×年齢群の交互作用（$F(2, 92) = 4.67$，$p = .01$，$\eta_p^2 = 0.09$）が有意であった。単純主効果検定の結果，年齢群の単純主効果が 1 文目において有意（$F(1, 46) = 8.63$，$p = .01$，$\eta_p^2 = 0.16$）であり，他の文では年齢群の有意な効果は見られなかった（2 文目における年齢群の単純主効果，$F(1, 46) = 0.93$，$p = .34$，$\eta_p^2 = 0.02$； 3 文目における年齢群の単純主効果，$F(1, 46) = 2.08$，$p = .16$，$\eta_p^2 = 0.04$）。文位置の単純主効果については，若年成人において有意（$F(1, 45) = 7.36$，$p = .00$，$\eta_p^2 = 0.25$；Bonfferoni 法による多重比較の結果， 1 文目＞2 文目， 3 文目，いずれも $p = .00$）であり，同様に高齢者にもおいて有意であった（$F(1, 45) = 27.31$，$p = .00$，$\eta_p^2 = 0.55$；Bonfferoni 法による多重比較の結果，1 文目＞2 文目，3 文目，いずれも $p = .00$）であった。1 文目は後続の文より発話開始が遅れること，高齢者は 1 文目においてのみ，若年成人より発話開始が遅れることが示された。その他の交互作用については有意ではなかった（Pre/Post×年齢群の交互作用，$F(1, 44) = 1.64$，$p = .21$，$\eta_p^2 = 0.03$；Pre/Post×文の位置の交互作用，$F(1, 46) = 1.23$，$p = .30$，$\eta_p^2 = 0.03$；Pre/Post×文の位置×年齢群の二次の交互作用，$F(2, 92) = 0.42$，$p = .66$，$\eta_p^2 = 0.01$）。

3-2　発話エラー発生率　追唱課題での参加者の発話すべてを書き起こした後に，文節ごとに発話エラーの有無と，エラーがあった場合にはその種類を分析した。発話エラーは「語の言い間違い」，「語の言い直し」，「語の抜け落ち」の 3 種類であった。語の言い間違いは，モデル音声と異なる発話をしてしまったエラー，「語の言い直し」は，語の言い間違いをした後に正しい発話をし直したエラー，語の抜け落ちとは，発話がされなかったエラーとした。

題材テキストの文節数のうち，発話エラーが起きた文節数の割合を示す発話エラー発生率を算出し（図 2），発話エラー発生率について，Pre/Post 試行で Mann-Whitney の U 検定を行ったところ，いずれも若年成人より高齢者の発話エラー発生率が高かった($p < .001$)。また，若年成人ではエラーの発生頻度が極めて低かったため，高齢者群のみを対象に，発話エラー発生率について訓練方法(2)×Pre/Post(2)の 2 要因分散分析を行った結果，Pre/Post の主効果($F(1, 22) = 7.67$, $p < .01$, $\eta_p^2 = 0.26$)が有意であり，両訓練群で訓練効果が示された。訓練方法の主効果（$F(1, 22) = 2.69$，p

[1] 参加者内要因である文位置は Mauchly の球面性仮定を満たさなかったため，Greenhouse-Geisser の ε を利用して自由度を修正した値を用いた。

= .12, η_p^2 = 0.11），および交互作用（F (1, 22) = 0.65, p = .43, η_p^2 = 0.03）は有意でなかった。

3-3 発話エラーの内容分析 高齢者の発話エラーについてさらに内容分析をしたところ，助詞，文構造変更，語置換の発話エラーが見られた。

助詞の発話エラーとは，文節中で助詞のみにエラーを示したものである。若年成人の内，一度でも助詞の発話エラーを起こした参加者は 13%であったのに対し，高齢者群の内，一度でも助詞の発話エラーを示した参加者の割合は 92%であった。高齢者群・助詞発話エラーありの参加者のみを対象として，助詞の発話エラー発生率について訓練方法(2)×Pre/Post(2)の 2 要因分散分析を行ったところ，Pre/Post の主効果(F (1, 22) = 16.37, p < .00, η_p^2 = 0.43)が有意であり，訓練効果が示されたが，訓練方法の主効果（F (1, 22) = 1.31, p = .27, η_p^2 = 0.06），交互作用（F (1, 22) = 1.34, p = .26, η_p^2 = 0.06）は有意ではなかった。

文構造の発話エラーは，モデル音声とは異なる文の構造で発話してしまいエラーを示しているものである。具体的には，モデル音声では文が継続しているのに，参加者は助動詞などの終止形によっていわゆる「文の終わり」を発話してしまいエラーを示した「文の終止発話エラー」と，モデル音声では助動詞などの終止形によっていわゆる「文の終わり」が再生された際に，参加者は接続を示す助詞などによって文を継続させて発話してしまいエラーを示した「文の継続発話エラー」の二種類があった。文構造の中でも，「どこまでを文とするか」という点でのエラーのみが発生していたといえる。文の終止発話エラーを示した参加者の割合は，若年成人では 0 人であったのに対し，高齢者では 17%であり，エラーの総回数は 5 件（一人当たり平均 1.25 回）であった。文の継続エラーを示した参加者の割合は，若年成人では，0%であった一方で高齢者では 25%，エラーの総回数は 6 件（一人当たり平均 1.00 回）であった。

語置換の発話エラーとは，発話エラーのうちモデル音声とは異なるが，意味を持つ語によってエラーを示しているものである。若年成人で語置換による発話エラーを示した参加者の割合は，若年成人では 0 名であったが，高齢者では 67%であり，エラーの総回数は 44 回（一人当たり平均 2.75 回）であった。

3-4 発話エラー群発生頻度と平均連続長 高齢者データを対象に，発話エラーへの陥りやすさを表す指標として発話エラー群発生頻度を設定した。発話エラー群は文節毎に判断した発話エラーが単独ででた場合でも，連続して出た場合でも，それを 1 とカウントするものである。そのカウント数を題材の文節数で除算し，発話エラー群発生頻度を算出し，訓練方法(2)×Pre/Post(2)の 2 要因分散分析を行った結果，訓練方法の主効果（F (1, 22) = 0.19, p = .67, η_p^2 = 0.01），Pre/Post の主効果（F (1, 22) = 0.22, p = .65, η_p^2 = 0.01），交互作用（F (1, 22) = 1.00, p = .34, η_p^2 = 0.04）のいずれも有意ではなかった。

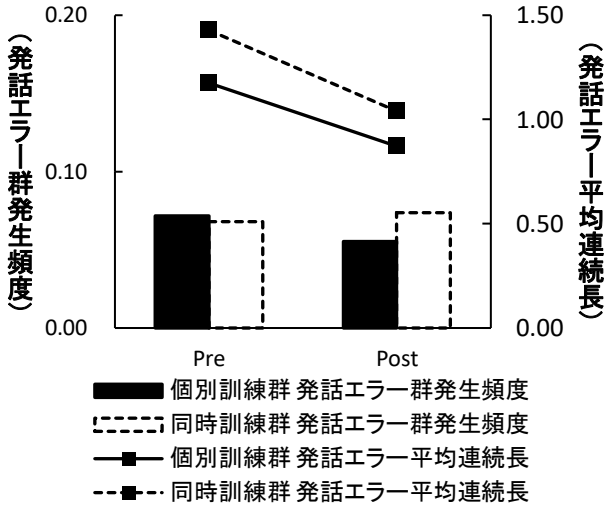


図 3 発話エラー群発生頻度と平均連続長

次に，発話エラーからの回復を示す指標として，出現した発話エラーについて，連続してエラーを示した文節数の平均である発話エラー平均連続長を算出した。訓練方法(2)×Pre/Post(2)の 2 要因分散分析を行った結果（図 3），Pre/Post の主効果(F(1.22) = 5.16, p < .05, η_p^2 = 0.19)のみ有意であり，訓練効果が示された。訓練方法の主効果（F (1, 22) = 1.05, p = .32, η_p^2 = .05），交互作用（F (1, 22) = .08, p = .78, η_p^2 = .00）はいずれも有意でなかった。

4. 考察

「聞くことと話すこと」の二重課題性を持つと考えられる追唱課題において，年齢群比較をおこなったところ，高齢者は若年成人と比較して課題成績が大きく低かったが，訓練による課題成績向上が見られた。一方，若年成人群にも訓練の効果があり，また訓練方法間での群間差は無かったことから，追唱課題における年齢群の効果は純粋な二重課題性のみによって得られたものではないことも示唆された。

一方で，高齢者群において観察される追唱潜時の長期化はテキストの中の 1 文目で顕著であり，その影響は訓練後にも同様に見られたこと，高齢者のエラーの様相を検討すると，いわば二重課題に対応しきれずにエラーを生じる頻度である発話エラー群発生回数については，訓練による減少効果がなく，エラーから二重課題遂行状態への復帰を示す発話エラー平均連続数では訓練の効果が示されたことから，追唱課題における認知的過程にも複数種類のものが関与している可能性が示唆された。特に，発話エラー平均連続数において，二重課題における復帰の処理や方略が学習されたことが示唆されたことから，会話の二重課題性は，「話すこと」と「聞くこと」の二重性というよりも，話す/聞くという個別の活動とその背景にある会話マネジメントという認知的活動との二重性である可能性が示唆された。

大学生の追唱潜時においても高齢者と同様に訓練効果が示されたことから，話す/聞くという活動とその背景にある会話マネジメント機能は，話者交替の際にも必要な過程と考えられる。特にエラーの発生が多く観察された，助詞ならびに発話末要素は日本語母語話者の話者交替において重要な役割を果たしている（榎本，2009）ことからも，本研究で高齢者に観察された助詞の発話エラー，文構造の発話エラーは，高齢者と若年成人との間の対話における話者交代時のエラー（池永，2018）に関係していること，またそれは，会話の二重課題性としての「話す/聞くという個々の活動」とその背景にある「その交代を司る会話マネジメントという活動」に関わっている可能性が示唆された。

こうした結果は，若年成人にとっての「高齢者との会話の負担感」と考えられる適切な話者交替の困難性(池永，2018) に対し，何らかの訓練可能性を示したものとも考えられる。一方で，「話すこと」「聞くこと」について十分に過剰学習をしていると考えられるにもかかわらず，訓練方法に依らず訓練効果が得られていること，それらが若年成人にも同様に得られていることから，こうした効果が，「聞くと話すの二重過程一般」のものではなく，追唱課題という実験課題に独自の過程に関与している可能性も否定できない。本研究の追唱課題で得られた結果を基に，会話における二重課題性，およびその構成要素である「話すこと」「聞くこと」「両者の交代をつかさどること」という過程について，さらに検討をする必要性が示されたと言えよう。

5. 文献

阿 栄娜・森 浩一・酒井 奈緒美 (2016). 吃音者のワーキングメモリ容量とシャドーイング潜時の関係, 音声言語医学, Vol. 57, pp. 272-279.

Benjamin, L. R. K., & Urs, G. (2018). “Single-and Dual Task Balance Training Are Equally Effective in Youth”, frontiers in Psychology, Vol. 9, article 912.

Boersma, & Paul (2001). “Praat, a system for doing phonetics by computer”, Glot International, Vol. 5, pp. 341-345.

Cherry, E. C., Bruce, Sayers. (1956). “EXPERIMENTS UPON THE TOTAL INHIBITION OF STAMMERING BY EXTERNAL CONTROL, AND SOME CLINICAL RESULTS” Journal of Psychosomatic Research, Vol. 1, pp. 233-246.

榎本 美香 (2009). “日本語における聞き手の話者移行的確場の認知メカニズム”, ひつじ書房

Kramer, A. F., & Madden, D. J. (2008) “Attention. In G. Craik & T. Salthouse (Eds.)”, The handbook of aging and cognition (3rd ed.), pp. 189-249. New York: Psychology Press.

池永 将和 (2018). “高齢者―若年者間のコミュニケーションの特異性：協同問題解決場面のマイクロアナリシス”, 筑波大学大学院人間科学総合研究科修士論文

Nye, P. W., Folwer, C. A. (2003). Shadowing latency and imitation:the effect of familiarity with the phonetic patterning of English, Journal of Phonetics, Vol. 31, pp. 63-79.

[i] † 本研究は科研費 16H02053 の助成を得て実施された。

歌舞伎舞踊の舞台上演構造 —『京鹿子娘道成寺』の調査・分析と再現—

The Stage Structure of a Kabuki-dance: Survey, Analysis, and Representation of *Kyoganoko Musume Dojoji*

河合 珠空[†]，小野 淳平[‡]，小方 孝[†]
Miku Kawai, Jumpei Ono, Takashi Ogata

[†]岩手県立大学ソフトウェア情報学部，[‡]青森大学ソフトウェア情報学部
Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University
Aomori University, Faculty of Software and Information Technology
g031p035@s.iwate-pu.ac.jp
j.ono@aomori-u.ac.jp
t-ogata@iwate-pu.ac.jp

概要

本研究では，渡辺保による『京鹿子娘道成寺』の舞台構造を，舞台上演構造という視点から詳細に分析し，KOSERUBE 上で，舞台上演構造の可視化を行う．本論文では，実装範囲を拡張し，更に改良を行った．目標としては，筆者らが開発している統合物語生成システムの物語表現形態として利用することを目指している．また，今後は，コンピュータゲームや自動生成コンテンツなど，他ジャンルへの応用も目指す．

キーワード：物語生成，歌舞伎，渡辺保，娘道成寺，KOSERUBE

1. はじめに

『京鹿子娘道成寺』は，数多くの有名な女形によって演じられて来た，歌舞伎舞踊の代表的作品の一つである．しかし，もともとは歌舞伎オリジナルの作品ではなく，古くから日本に伝わる「道成寺伝説」が，仏教説話や能，絵巻物，読み物などを経て形を変えて行き，現在の歌舞伎舞踊『京鹿子娘道成寺』に至った．また，『京鹿子娘道成寺』は，「安珍・清姫伝説」の後日譚にあたる作品でもある．

これまで，渡辺（1992）による『京鹿子娘道成寺』の舞台構造の分析を，舞台上演構造の視点から詳細に分析（河合，2019）し，その結果をもとに，KOSERUBE（秋元，2013）上で可視的イメージの再現を行った（河合，2019）．本論文の目的は，この可視的イメージの再現を，実装範囲を一部分から更に拡張し，人物や音楽，背景にも工夫を行い，システムの作成を進めることである．なおこの研究は，今後は，筆者らが開発している統合物語生成システム（小方，2019; Ogata，2020 の Chapter 1）の物語表現形態として利用することを目指している．

2. 「道成寺伝説」の歴史

初めに記述した通り，『京鹿子娘道成寺』は，「道成寺伝説」が長年の歴史（安田 1989）を経て，形を変えてきた作品である．歴史については，河合・小方（2019）でも詳細な説明を行っているため，そちらも参照して頂きたい．

① 『本朝法華経験記』（『大日本國法華経験記』）

道成寺伝説が一番初めに見られるのは，『本朝法華経験記』（『大日本國法華経験記』）の第百二十九話「紀伊国牟婁郡悪女」だ．話の内容は，前半に若僧に恋して裏切られた女が，若僧を鐘ごと焼き殺してしまうという女の情欲譚が，後半に女も若僧も法力によって救われる解脱譚の二つに分かれている．この物語の主旨は，女の悪縁に苦しんでいる若僧の法華経への発心によって解脱したという後半の解脱譚にある．後半は法華経の功徳を男の視点で語ったものであるが，実際の物語としての力は前半の方にある．

また，同じ平安時代に成立された『今昔物語集 巻十四』の「紀伊国道成寺僧写法花救蛇語第三」も，『本朝法華経験記』と同じ内容であるが，ここでは，前半の若僧の難事への関心が強まっている．また，僧は鞍馬寺の「安珍」と名が記されているが，女は「寡婦（かふ）」とだけある．男の名しか記載されていないのは，男の視点が強調されているためだと考えられる．

この二つの違う点は，『今昔物語集』の方が，会話や女が蛇になった時の描写が詳細に記述されているという点である．

② 絵巻『道成寺縁起』

室町時代には，応永年間の成立と言われる和歌山県の道成寺所蔵の絵巻『道成寺縁起』がある．

①では，女が宿屋に籠って変身していたが，ここでは

男を追いかけながら変身して行く．女の心身の変化を生々しく伝え，さらに女を「紀伊国室の郡真砂」の宿の「亭主清次庄司と申人の娚（よめ）」と具体的に説明しており，女の視点が生じて来た作品であるとも言える．なお，「安珍」という名前は『元亨釈書』に現れるが，「清姫」は 18 世紀頃のものであり，人形浄瑠璃『道成寺現在鱗』の時に初めて名が見えた．これは，男の視点から女の視点への時代的変化を示している。

③ 能『鐘巻』,『道成寺』

観世小次郎信光作の能『鐘巻』は，鐘の再開と供養の場の話が最初に見られたものであり，そこでは女の行いを悪として捉える男の視点から，それを女の悲しみとしてみる視点が芽生えている．ここにきて，道成寺伝説は，男の成仏譚から女の表現に変容しており，これ以降道成寺伝説は女の物語として読み替えられることになって行く．

後の『道成寺』（三宅，2000）は，『鐘巻』の所化との問答や語りを簡略化，舞の部分を強調した曲である．『道成寺』では，蛇体が白拍子に姿を変えて鐘供養の場に現れ，恨みの鐘を落として，そこに籠る話である．この蛇体は成仏を願うのではなく，鐘に恨みをぶつけているだけである．

④ 『道成寺物語』（上中下の三巻）

万治 3（1660）年には『道成寺物語』（上中下の三巻）が刊行された．上巻では，僧の熊野詣の道行が描かれ，中巻は，女が情念のあまり大蛇となって僧を焼き殺す話，下巻では，鐘供養に現れた女が大蛇となって鐘に籠る話及び僧と女の法華経供養による解脱譚が描かれている．このように，この物語の後日譚は二重になっている．

⑤ 「語り道成寺」,「古道成寺」

近世に入って道成寺伝説は，歌舞伎・浄瑠璃に取り入れられ始めた．道成寺鐘入りの所作事の始まりであると言われるのは，「語り道成寺」もしくは「古道成寺」と呼ばれる箏曲である．また『古今端歌大全』に載っている「道成寺鐘の段」は，能『道成寺』と『三井寺』の主要な歌詞を備えており，道成寺舞踊の先駆的な作品と考えられている．

歌舞伎における道成寺物は浄瑠璃にも影響を与え，様々な作品が道成寺伝説を利用し，多くが歌舞伎にも移された．しかしその後の関心はその後日譚に集約されて行く．道成寺の前半の話は，近世のリアルドラマ的な展開になじませるために，様々作り替えられて上演された．現在では，前半は歌舞伎・浄瑠璃共に清姫が蛇となって日高川を渡る部分のみが所作事，景事として残っている．これは，道成寺伝説が，その全体としてのストーリーそのものよりも，鐘と蛇体と女の結び付きを表現することに関心が移っていることを示している．

⑥ 歌舞伎舞踊『京鹿子娘道成寺』

宝暦三（1753）年三月江戸中村座にて，歌舞伎狂言『男伊達初買曽我』の三番目に名女形初代中村富十郎が踊った『京鹿子娘道成寺』において，歌舞伎舞踊としての娘道成寺は一つの完成となった．

基本的に能『道成寺』の形をそのまま受け継いでいるが，この曲の歌詞には，道成寺伝説そのものや，女の過去は具体的に示されていない．ここでは，「道成寺伝説」が作品の背景を成す情報となっている．この作品ではストーリーの展開は問題でなく，あくまで変化の多い舞を見せることが主題となっている．

なお，道成寺舞踊では，月は歌詞から真如の月とイメージされている重要な要素ではあるが，現在の舞台では月のある夕暮れを示すイメージはない．夕暮れは変化物の現れる時間としてはふさわしいが，満開の花の下のみを強調した方が，若い女の華やかさや明るさを表現するのにはふさわしかったためであろう，と考えられる．このように，道成寺舞踊『京鹿子娘道成寺』はもともとの伝説からははるかに遠ざかることとなった．

道成寺舞踊の基礎は，能『道成寺』において既に準備され，それによって華やかな明るい作品に変容した．『京鹿子娘道成寺』はその近世的変容の完成であったと位置付けられる．

3. 渡辺保による舞台構造の分析

舞台上演構造の分析をした際に基盤とした，歌舞伎研究者及び批評家である渡辺保の『娘道成寺』についての紹介を行う．

『娘道成寺』とは，『京鹿子娘道成寺』の発生の経緯とその展開を，江戸時代の瀬川菊之丞や中村富十郎ら天才的な女形役者の軌跡と密接に絡めながら，総合的に記述した大作である．

最終章で，『京鹿子娘道成寺』の女主人公による演技（舞踊）を，「心」-「振り」-「歌詞」という三つの要素に分解し，全部で 14 の部分（現代の上演形態における 11 の部分）について，具体的な内容（値）を当てはめた表（表 1）が記載されており，『京鹿子娘道成寺』の物語そのものの構造に関する記述が提供される．三つの要素の定義は，以下の通りである．

「心」・・・人物の本性を表す言葉
「振り」・・・踊りのジャンルを表す言葉
「歌詞」・・・唄のジャンルを表す言葉

渡辺保によれば,『京鹿子娘道成寺』は，民俗芸能から流行唄まで，あらゆる芸能ジャンルを吸収しており，一つの中心に向かって，これらのものが合成されたことによって成り立っており，表の要素の多様で変幻自在な組み合わせから構成されることが特徴である.

表 1　渡辺保による「心」-「振り」-「歌詞」の構造表（渡辺保，1992，pp. 475）

舞踊の区切り	心	振り	歌詞
1. 道行	亡霊（嫉妬ー芝居）	生娘（流行唄）	白拍子（能の道行）
2. 乱拍子	娘	白拍子	能
3. 中啓の舞	娘	白拍子	能（鐘づくし）
4. 手踊り	真奈児の娘の嫉妬	生娘	端唄（娼婦のエロティシズム）
5. 鞠唄	娘	鞠つき（踊り）	廓づくし（遊女）
6. 花笠	娘	花笠踊	わきて節
7. くどき	恋する女（裏切られた女）	娘	恋と嫉妬の小唄
8. 山づくし	娘	羯鼓の踊り	山づくし
9. 手踊り	真奈児の娘の嫉妬	生娘	端唄（娼婦のエロティシズム）
10. 鈴太鼓	娘	鈴太鼓	田植唄（早乙女踊）
11. 鐘入り	本性	能がかり	能
12. 祈り	—	—	—
13. 蛇体	亡霊	能がかり	能
14. 押戻し	亡霊	能がかり	芝居とのつながり

4.　『京鹿子娘道成寺』の場面構成

『京鹿子娘道成寺』は，もとは14の場面があったが，現在では3つの場面を除いた11の場面のみ上演されることが多い．本章では，これら11の場面について，渡辺保の『娘道成寺』に記載されている内容に基づいて説明して行く.

① 道行（参考文献後の表2参照）

最初は，舞台上に語り手・演奏者が，花道から所化が登場する．そして，歌詞は「月は程なく入汐の～」という能からとった文句から始まり，「しどけ形ふりアアはずかしや」という歌詞の時に，白拍子花子が道行から登場し，花道にて舞を披露する.

これは，『京鹿子娘道成寺』の中で，唯一浄瑠璃の場面である．渡辺保の『娘道成寺』の記述によれば，「心・振り・歌詞がそれぞれ独自の意味をもって対立して複雑にからみあっている．「娘道成寺」という作品の多層的な魅力がうまれている.」(渡辺保, 1992, pp.456~457)．また，江戸時代では役の名前が一定ではなく，現在呼ばれている白拍子花子は幕末頃に決まったと言われている.

② 乱拍子（参考文献後の表3参照）

能の踊りを写したものであり，花道と舞台を行き来しながら舞を披露する．システム上でも，花道を表現した背景を表示し、行き来しているようにしている．小道具は，道行の後に来る「禅問答」という，所化との会話の場面の中で貰った烏帽子をつけ，中啓という扇子を持っている.

③ 中啓の舞（参考文献後の表4参照）

ここから三味線が入り，歌舞伎の踊りになる．衣裳や小道具は，前の段と同じ．歌詞は，「三井寺」の，名月に興奮した狂女が鐘を撞く「鐘の段」からとった鐘づくしである（配川，2016）.

④ 手踊り（参考文献後の表5参照）

何も小道具を持たずに舞う踊りである．歌詞は，娼婦の世界を唄っているが，振りは娘の振りと対照的である．さらに，心は嫉妬である．渡辺保はこれを，「三つの要素が，女の肖像を多面化しており，手踊りの肉体言語を生成している.」と述べている．ここでは，三味線と太鼓が基本だが，次の舞に切り替わる直前には，笛や鐘が加わり，演奏が豪華になる．そして，早変わりをして，次の鞠唄に続く．小道具として，架空の鞠がある．これは実際には，鞠は持っていないが，鞠をつくような仕草をしているためである.

⑤ 鞠唄（参考文献後の表6参照）

特徴としては，鞠をつく少女というイメージの躍動感ある場面だが，振りは遊女の姿を写している.

⑥ 花傘踊（参考文献後の表7参照）

古くから伝えられた民族舞踊で，歌詞の「わきて節」は古い歌謡の繰り返しである．ここでは踊りの名前の通り，花傘を持って舞う場面である．途中から，白拍子花子が舞台袖に引っ込み，次の場面の備をしている間，所化たちの花傘踊が披露される.

⑦ くどき（参考文献後の表8参照）

「口説」と書き，男の心情を吐露するシーンのことを指す．男女の恋の痴情があらわされ，同時に男に裏切られた女の恋の思い出が語られる．振りは，成熟した女のようである．そのため，心は，恋する女となっている．小道具は，手ぬぐいを持っている．また，くどきの歌詞は，全体が三つの小唄から成り立っている.

① 恋の手習い，つい見習いて，誰に見しよとして紅かねつきようぞ，みんな主への心中だて
② 末はこうじゃにな，さうなる迄はとんと言はずに済まそぞえと，誓紙さえ偽りか，嘘か誠か，どうもならぬ程逢ひに来た
③ ふっつりりん気せまいぞと，嗜んで見ても情なや，女子にはなにがなる．殿御の気が知れぬ，悪

性な気が知れぬ

①は恋を知り始めた娘の唄，②は恋する男女の問答の唄，③は男に裏切られた女の愚痴の唄である．

⑧ 山づくし（参考文献後の表 9 参照）

前のゆったりとした踊りから，テンポの速い踊りとして対照的になっている．ここでは，白拍子花子が鞨鼓を持っている．鞨鼓とは，胸にひもでつける小さな鼓である．白拍子花子は，これに両手に撥を持って，鳴らしながら踊る．

この踊りは，民俗芸能の鼓舞に原拠を持つ鞨鼓の踊りの転化したものである．山づくしの歌詞には 23 の山が現れる．その中には，実際の山と文学の中で「山」と呼ばれているものが含まれる．渡辺はこれを虚構の世界と記述している．また，「づくし」(小方, 2016) には，ものや場所の名を呼んで，その精霊を集める呪術的な意味があり，一つの世界をつくろうとする想いがある．

⑨ 手踊り（参考文献後の表 10 参照）

ここでもう一度手踊りが入る．

⑩ 鈴太鼓（参考文献後の表 11 参照）

鈴太鼓とは，振り鼓とも呼ばれる楽器のことである．『京鹿子娘道成寺』の中で，一番多く楽器が使われている場面であり，踊りの最中に早変わりが入っている．歌詞は「田植え唄」という唄である．歌詞中の早乙女とは，田植えをする少女のことを指す．なお渡辺は，岩手県の雫石に「道成寺」の田植え唄があり，若い男が女に扮して早乙女踊を踊ったことを紹介している．

⑪ 鐘入り（参考文献後の表 12 参照）

最後に，今まで娘や亡霊だったのが，ここで初めて本性を現している．この鐘入りで終わるのが，本来の『京鹿子娘道成寺』の姿である．宝暦三年（1753）の初演でも，第九段（手踊り）が終わると，能と同じく，鐘入りとなり終幕となっている．

5. 舞台上演構造の可視的イメージを再現するシステム

これまでに述べた『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造の詳細な分析や表に基づき，その構成要素を部品化し，KOSERUBE のデータとして組み込み，舞台上演構造の可視的イメージを再現するシステムの説明を行う．

5.1. KOSERUBE の概要

KOSERUBE とは，地域に因んだ登場人物や場所や物が登場する民話風物語を自動生成し，上演するシステムである．システムの内部構成は，物語生成部とユーザインタフェース部から構成されている（図 1 参照）．

具体的には，インタフェース画面を通じてユーザが，「主役と敵役」「物語の長さまたは型」「語り手」を選択する．そして，物語生成部で，ユーザが選択したものから，物語の概念構造，文表現及び音楽表現を自動生成し，それらを静止画や動画と共に自動編集した紙芝居風の物語表現を表示する．

図 1 の丸印部分が，これまでに手を加え，人物・背景（舞台装置）・音楽（楽器，演奏者）・歌詞・踊りを再現した部分である．画像 DB とともに印で囲まれているコマンドファイルは，アニメーションの制御に関する記述を含み，表示される舞踊の歌詞や音楽の再生タイミング，背景画像の切り替えなどが記述される．

表 13 に今回の KOSERUBE に対して行ってきた内容をまとめて，列挙している．

アニメーションでは，背景に実際の舞台と同じ配置・人数で，語り手と各楽器の演奏者のイメージ画像を表示した．また，場面ごとに演奏している人にスポットライトを当て，視覚的に分かりやすいよう工夫を行った．

舞踊の歌詞は，アニメーションに合わせて表示され，踊りは，横移動や上下の反復運動など単純な動きを組み合わせた簡易な形式で表現している．

システム内で使用される音楽は，杵家 (1952) による『三味線文化譜 長唄 京鹿子娘道成寺』に記載してある楽譜を参考に，“和楽一筋”と呼ばれるフリー作曲・編曲ツールを使用して作成を行った．音楽は MIDI ファイルで作成され，コマンドファイルの記述に応じて拡張子を変更し，システム上で再生され停止する．

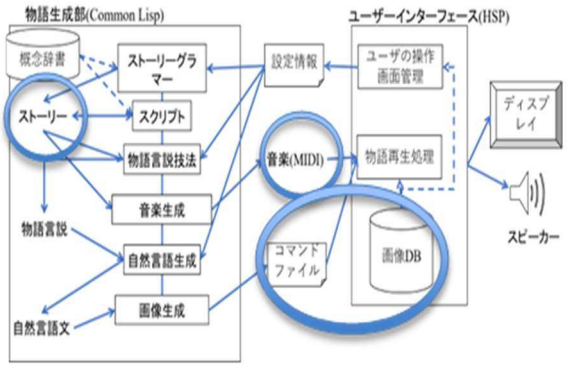


図 1 KOSERUBE の構成図

5.2. 場面ごとのシステム上での動き

ここでは，各場面のシステム上での，音楽や踊りなどの動きについて説明する．その前に，以下にある場面複

表 13　KOSERUBE システムの更新内容

『京鹿子娘道成寺』のデータ	システムへの追加方法	KOSERUBE のデータ
舞踊の歌詞	テキストデータに舞踊の歌詞を記入して表示	ストーリー
長唄の伴奏と唄（作詞：藤本斗文 作曲：初世杵屋弥三郎）	フリー作曲・編曲ソフト「和楽一筋」を使用	音楽
背景・人物	『京鹿子娘道成寺』の舞台，白拍子花子	コマンドファイル・画像 DB
スポットライト	場面ごとに歌唱・演奏している人にスポットライトを当てている	コマンドファイル・画像 DB
踊りを表現	移動やジャンプ	コマンドファイル・画像 DB

表 14　KOSERUBE で使用されるコマンド一覧

コマンド名	効果	引数
Stand	対象キャラクターを表示する	対象キャラクターID,初期X座標,初期Y座標
Move	対象キャラクターが移動する	対象キャラクターID,移動距離,速度,方向
Jump	対象キャラクターが跳ねる	対象キャラクターID
ch_BG	現在の背景を対象背景に切り替える	対象背景の画像名
Pos	対象キャラクターを瞬時に指定座標へ移動する	対象キャラクターID,移動先X座標,移動先Y座標
Shake	対象キャラクターが震える	対象キャラクターID
Txt	表示用テキストを画面下部に表示し、朗読を開始する	表示用テキスト,朗読用テキスト
Dsc	対象キャラクタの描写と説明を吹き出しで表示する	対象キャラクターID,表示用テキスト,朗読用テキスト
Bd	垂れ幕を下ろす	なし
Bu	垂れ幕を上げる	なし
Fnc	音楽の切り替えを行なう。	物語関係名
Scr	再生中の事象がスクリプトかどうかの on/off	on もしくは off
Rest	画面に表示されているキャラクターと文を消去	なし

数の図についての説明を行う．

場面映像の中には，音楽・歌詞・背景や人物の画像の要素がある．(A)音楽は，楽譜がある場合は，楽譜から作成し，ない場合は，舞台の DVD（2003）の音楽を録音して使用した．(B)歌詞は，画像の下部分に表示されている．テキストに歌詞を手打ちし，システム上に表示させた．(C)背景や人物の画像は，実際の舞台と同じ配置・人数でそろえた．また，白拍子花子は，場面ごとに衣裳や小道具を変えている．

コードとは，システムを動かすコマンドを複数記述したものである．背景の切り替えや音楽を流すタイミング，キャラクターを動かしたりすることが可能（表 14 参照）．表には追加されていないが，hana というコマンドでは，背景を花道に切り替えられる．

①乱拍子：(A)ここでは，実際の音楽を使用している．(B)この場面の歌詞は表 3 を参照されたい．(C)乱拍子には，舞台から花道に向かい，また舞台に戻るという場面がある．システム上では，舞台と花道をイメージした背景を交互に切り替えて表示している（図 2，3 参照）．コードとしては，背景を花道に切り替えるための hana というコマンドを使用し，hana1 なら花道の背景に変え，hana0 にすると元の舞台の景に戻すようにしている．

コード	場面映像
hana,1 mov,11,h,250,15,-1	

図 2　乱拍子の舞台上演構造①

コード	場面映像
pos,11,400,400 mov,11,h,250,15,1 pos,11,200,350	

図 3　乱拍子の舞台上演構造②（背景切り替わり）

②中啓の舞：(A)音楽は，杵家（1952）の楽譜を元に作成を行った．楽譜の通り“和楽一筋”に打ち込んでいくと，実際の音楽とは速さが異なるため，実際の音楽を聴きながら作成した．(B)この場面の歌詞は表 4 を参照されたい．(C)中啓の舞では，手や足を細かく動かす振りが多かったため，キャラクタはあまり動かしていない．例えば，手を上下に動かしている振りは，mov のコマンドを使用して，キャラクタをジャンプさせることで表現したりしている（図 4，5 参照）．

③手踊り：(A)音楽は，中啓の舞と同様に楽譜から作成を行った．(B)この場面の歌詞は表 5 を参照されたい．(C)衣裳を変えておらず，小道具も持っていない．

④鞠唄：(A)音楽は，中啓の舞と同様に楽譜から作成を行った．(B)この場面の歌詞は表 6 を参照されたい．

コード	場面映像
mov,11,v,-50,-25,1 mov,11,v,50,25,1 mov,11,v,-50,-25,1 mov,11,v,50,25,1 mov,11,v,-50,-25,1 mov,11,v,50,25,1	

図 4　中啓の舞の舞台上演構造①

コード	場面映像
mov,11,v,-50,-25,1 mov,11,v,50,25,1	

図 5　中啓の舞の舞台上演構造②（演奏者が変化）

(C)架空の鞠をついている振りの部分は，mov のコマンドを使って，上下運動を繰り返すことで表現している．

⑤花傘踊り：(A)中啓の舞と同様，楽譜から作成を行った．(B)この場面の歌詞は表 7 を参照されたい．(C)小道具として，白拍子花子に花傘を持たせている．

5.3. 音楽に関する成果と課題

音楽に関する成果と課題点について列挙する．

まず，「歌詞」についてであるが，上記①（乱拍子）と②（中啓の舞）においては、資料の DVD を実際に見て，長唄の歌の部分の時間を秒単位で計測し，映像における歌詞のキャプションをその時間に合わせて表示した（今回のシステムでは歌詞はキャプションとして表示するだけで，システムによって歌わせることは出来ていない）．音楽だけの部分ではキャプションは表示されない．この方法に基づき残り 3 つの部分（③から⑤まで）についても，同じような実装を行っている．

次に，音楽について述べる．①の乱拍子については，楽譜が入手できなかったので，暫定的に資料の DVD の音楽をそのまま映像に重ねているだけである．その他②から⑤については楽譜から音楽再現を行った．今回扱った場面の音楽は三味線が中心になっており，三味線の楽譜を上記ツールで再現した．実際は三味線以外に太鼓や鼓も使用されるが，それらは再現していないので，違和感が残る表現となっている．また，実際の舞台上演における三味線の音より再現された音の方が高かった．それを解決するためには，舞台で実際に使われた三味線の種類を調査する必要がある．さらに，楽譜の再現だけでは，映像の流れとの同期が取れない．そのためには，実際の映像の速度に合わせて音楽を調整しなければならないが，それは今後の課題である．

その他，音楽の問題ではないが，本研究では舞い手の身振りの詳細な再現は狙っていないが，見かけはなるべく類似したイメージを使用することを目指している．そのためには，適切な小道具や衣装の画像を使用する必要があり，今後改善して行く予定である．

6. おわりに

『京鹿子娘道成寺』の舞台構造について，渡辺保による構造分析の提案を，舞台上演構造の視点から詳細に分析した結果に基づき，アニメーションツールである KOSERUBE 上で，『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造の再現範囲の拡張を行った．将来，KOSERUBE 上で生成されたストーリーやプロットから自動で舞台上演構造を作り出し，言葉・映像・音楽で表現するシステムへの発展を目指す．さらに，このシステムをコンピュータゲーム（小野，2017）の開発に繋げて行きたい．

文献

秋元 泰介・今渕 祥平・遠藤 順・小野 淳平・栗澤 康成・鎌田 まみ・小方 孝，(2013)”民話風物語生成・表現システム KOSERUBE 第一版の開発”，人工知能学会論文誌，28(5), 442-456 .

小方 孝，(2016)“「尽し」の物語生成―歌舞伎等の調査と INGS における固有名詞概念辞書の開発による実現へ―”，2016 年度人工知能学会全国大会論文誌

Ogata, T, (2019) A Computational, Cognitive, and Narratological Approach to Narrative Generation, In T. Ogata & T. Akimoto (Eds.), “Post-Narratology Through Computational and Cognitive Approaches”, 1-84, PA, IGI Global.

Ogata, T, (2020) “Internal and External Narrative Generation Based on Post-Narratology: Emerging Research and Opportunities”, IGI Global .

小野 淳平・小方 孝，(2017)“「ギャップ技法」を利用して「驚き」を作り出すストーリー生成の方法―テーブルトークロールプレイングゲームに基づく物語自動生成ゲームへの一アプローチ―”，認知科学, 24(3), 410-430.

河合 珠空・小方 孝，(2019)“物語プロットからの歌舞伎の舞台上演構造の生成を目的とした『京鹿子娘道成寺』の分析”，第 63 回ことば工学研究会予稿集, 25-61

河合 珠空・小方 孝，(2019)“歌舞伎の物語生成への音楽・音の導入に向けて”，人工知能学会第 2 種研究会ことば工学研究会予稿集, 62, 61-72 .

京鹿子娘道成寺, “坂東玉三郎 舞踏集 1 [DVD]”, 松竹ホームビデオ. (2003).

配川 美加，(2016)“歌舞伎の音楽・音”，音楽の友社.

三宅 晶子，(2000)”対訳でたのしむ 道成寺，檜書店

安田 徳子，(1989)“道成寺伝説から『京鹿子娘道成寺』へ”，聖徳学園岐阜教育大学国語国文学, 8, 1-12.

杵家 彌七，(初版 1952 75 版 2018) “三味線文化譜 長唄 京鹿子娘道成寺”，邦楽社.

渡辺 保，(1992)“娘道成寺 改訂版”，駸々堂出版

表 2　道行の舞台上演構造の分析表

道行	人	なし	なし	なし	なし	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子
	心	なし	なし	なし	なし	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）	亡霊（嫉妬ー芝居）
	振り	なし	なし	なし	なし	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）	生娘（流行歌）
	歌詞	浄瑠璃	浄瑠璃	浄瑠璃	浄瑠璃	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）	白拍子（能の道行）
		月は程なく入る汐の	煙り満ち来る小松原	急ぐとすれど振袖の	びらり帽子のふわふわと	しどけ形ふりアアはずかしや	縁を結ぶの神ならで	花の御山へ物好き参り	味な娘と人ごとに	笑わば笑え浜千鳥	君と寝る夜の後朝の	思えば憎や暁の	籬も砕けよ撞木も折れよ	さりとては	さりとては	縁のしがらみ堰きとめて	恋をする身は浜辺の千鳥	夜ごと夜ごとに袖しぼる	しょんがえ	可愛い可愛いとひきしめて	しょんがえ	交わす枕のかねごとも
	楽器	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線
	場面	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道	道成寺の前の道
	衣装	なし	なし	なし	なし	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）	赤（黒）
	小道具	なし	なし	なし	なし	扇子	扇子	扇子	扇子	扇子	扇子	扇子	扇子	扇子	扇子を口にくわえる	扇子を帯に挟む	懐紙	懐紙を投げすてる	なし	なし	なし	扇子
	肉体のポイント	なし	なし	なし	なし	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手

表 3　乱拍子の舞台上演構造の分析表

乱拍子	人	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子
	心	娘	娘	娘
	振り	白拍子の舞	白拍子の舞	白拍子の舞
	歌詞	能 花のほかには松ばかり	能 花のほかには松ばかり	能 暮れそめて鐘や響くらん
	時間	19:53 ~ 20:05	20:07 ~ 20:17	20:19 ~ 20:39
	楽器	拍子板	拍子板	拍子板
	場面	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）
	衣装	赤	赤	赤
	小道具	中啓	中啓	中啓
	肉体のポイント	足	足	足

表 4　中啓の舞の舞台上演構造の分析表

中啓の舞	人	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子
	心	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘
	振り	白拍子	白拍子	白拍子	白拍子	白拍子	白拍子	白拍子	白拍子	白拍子	白拍子
	歌詞	能（鐘づくし） 鐘に恨みは数々ござる	能（鐘づくし） 初夜の鐘を撞く時は	能（鐘づくし） 諸行無常と響くなり	能（鐘づくし） 後夜の鐘を撞く時は	能（鐘づくし） 是生滅法と響くなり	能（鐘づくし） 晨鐘の響きは生滅々己	能（鐘づくし） 入相は寂滅為楽と響くなり	能（鐘づくし） 聞いて驚く人もなし	能（鐘づくし） われも五障の雲晴れて	能（鐘づくし） 真如の月を眺め明かさん
	楽器	三味線、太鼓	三味線	三味線	三味線	三味線、太鼓	三味線	三味線、太鼓	三味線、太鼓	三味線	三味線、太鼓
	場面	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）
	衣装	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
	小道具	中啓	中啓	中啓	中啓	中啓	中啓	中啓	中啓	中啓	中啓
	肉体のポイント	足	足	足	足	足	足	足	足	足	足

表 6　鞠唄の舞台上演構造の分析表

鞠唄	人	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花
	心	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘
	振り	鞠つき（踊り）	鞠つき（踊り）	鞠つき（踊り）	鞠つき（踊り）	鞠つき（踊り）	鞠つき（踊り）	鞠つき（踊り）	鞠つき（踊り）	鞠つき（踊り）	鞠つき（踊り）	鞠つき（踊り）	鞠つき（
	歌詞	廊づくし（遊女）	廊づくし（遊女）	廊づくし（遊女）	廊づくし（遊女）	廊づくし（遊女）	廊づくし（遊女）	廊づくし（遊女）	廊づくし（遊女）	廊づくし（遊女）	廊づくし（遊女）	廊づくし（遊女）	廊づくし（遊女）
		恋のわけ里	武士も道具を伏せ編笠で	張りと意気地の吉原	花の都は歌で和らぐ	敷島原に勤めする身は	誰と伏見の墨染め	煩悩菩提の撞木町より	難波四筋に通い木辻に	禿だから室の早咲き	それがほんにいろじゃ	一イ二ウ三イ四夜露雪の日	下の関路ともにこ身を
	楽器	三味線、小鼓、太鼓、笛、鐘	三味線、小鼓、太鼓、笛、鐘	三味線、小鼓、太鼓、笛、鐘	三味線、小鼓、太鼓、笛、鐘	三味線、小鼓、太鼓、笛、鐘	三味線、小鼓、太鼓、笛、鐘	三味線、小鼓、太鼓	三味線、小鼓、太鼓	三味線、小鼓、太鼓	三味線、小鼓、太鼓	三味線、小鼓、太鼓	三味線、鼓、太鼓
	場面	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（成寺）
	衣装	浅黄	浅黄	浅黄	浅黄	浅黄	浅黄	浅黄	浅黄	浅黄	浅黄	浅黄	浅黄
	小道具	架空の鞠	架空の鞠	架空の鞠	架空の鞠	架空の鞠	架空の鞠	架空の鞠	架空の鞠	架空の鞠	架空の鞠	架空の鞠	架空の鞠
	肉体のポイント	足	足	足	足	足	足	足	足	足	足	足	足

表 7　花傘踊の舞台上演構造の分析表

花傘踊	人	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	所化等	所化等	所化等	所化等	所化等	所化等	所化２人	所化２人
	心	娘	娘	娘	娘	所化	所化	所化	所化	所化	所化	所化	所化
	振り	花傘踊	花傘踊	花傘踊	花傘踊	花傘踊	花傘踊	花傘踊	花傘踊	花傘踊	花傘踊	花傘踊	花傘踊
	歌詞	わきて節	わきて節	わきて節	わきて節	わきて節	わきて節	わきて節	わきて節	わきて節	わきて節	わきて節	わきて節
		梅とさんさん櫻は	いずれ兄やら弟やら	分きていわれぬ	花の色え	菖蒲杜若は	いずれ姉やら妹やら	分きて言われぬ	花の色え	西も東もみんな見に来た花の顔	さよえ　見れば恋ぞ増すえ　さよえ		可愛らしさの花娘
	楽器	三味線、太鼓、笛、鐘	三味線、太鼓、笛、鐘	三味線、太鼓、笛、鐘	三味線、太鼓、笛、鐘	三味線、太鼓、笛、鐘	三味線、太鼓、笛、鐘	三味線、太鼓、笛、鐘	三味線、太鼓、笛、鐘	三味線、太鼓、笛、鐘	三味線、太鼓、笛、鐘	三味線、太鼓、笛、鐘	三味線、太鼓
	場面	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）
	衣装	淡紅色	淡紅色	淡紅色	淡紅色	赤の襦袢 卵色の股引	赤の襦袢 卵色の股引	赤の襦袢 卵色の股引	赤の襦袢 卵色の股引	赤の襦袢 卵色の股引	赤の襦袢 卵色の股引	赤の襦袢 卵色の股引	赤の襦袢 卵色の股引
	小道具	花傘	花傘	花傘	花傘	花傘	花傘	花傘	花傘	花傘	花傘	なし	なし
	肉体のポイント	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手

表 8　くどきの舞台上演構造の分析表

くどき	人	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白
	心	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋する女（裏切られた女）	恋
	振り	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘
	歌詞	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と嫉妬の小唄	恋と
		恋の手習いつい身習いて	誰に見しょうとて	紅鉄黎つきょぞ	みんな主への心中立て	おお嬉しおお嬉し	末はこうじゃに	そうなるまでは	とんと言わずに済まそぞえ	誓紙さえ偽りか	嘘か誠か	どうもならぬほど逢いに来た	ふっつり悋気せまいぞと	たしなんでみても	情けなや	女子には何がなる	殿御気か
	楽器	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味線	三味
	場面	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の
	衣装	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色	藤色
	小道具	手拭	手拭	手拭	手拭	手拭	手拭を体に捲く	手拭	手拭	手拭	手拭	手拭	手拭	手拭	手拭	手拭	手拭	手拭	手拭に
	肉体のポイント	心	心	心	心	心	心	心	心	心	心	心	心	心	心	心	心	心	心

表 9　山づくしの舞台上演構造の分析表

山づくし	人	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白
	心	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘
	振り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓の踊り	鞨鼓
	歌詞	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づくし	山づ
		おもしろ四季の眺めや	三国一の富士の山	雪かと見れば	花の吹雪か吉野山	散りくる散りくる嵐山	朝日山々を見渡せば	歌の中山石山の	末の松山いつか大江山	生野の道の遠けれど	恋路に通う浅間山	一夜の情け有馬山	いなせの言の葉	飛鳥木曽山待乳山	わが三上山	祈り北山稲荷山	縁を結びし妹背山	二人が中の黄金山	花咲この
	楽器	三味線、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、太鼓、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、太鼓、小鼓、鞨鼓、拍子板	太鼓、小鼓、鞨鼓、拍子板	太鼓、小鼓、拍子板、笛	三味線、太鼓、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味線、太鼓、小鼓、鞨鼓、拍子板	三味鼓、鞨鼓
	場面	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の
	衣装	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色
	小道具	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓	鞨鼓
	肉体のポイント	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手	手

表 10　手踊りの舞台上演構造の分析表

手踊り	人	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子
	心	真奈児の娘の嫉妬	真奈児の娘の嫉妬	真奈児の娘の嫉妬	真奈児の娘の嫉妬	真奈児の娘の嫉妬	真奈児の娘の嫉妬	真奈児の娘の嫉妬	真奈児の娘の嫉妬
	振り	生娘	生娘	生娘	生娘	生娘	生娘	生娘	生娘
	歌詞	娼婦のエロティシズム	娼婦のエロティシズム	娼婦のエロティシズム	娼婦のエロティシズム	娼婦のエロティシズム	娼婦のエロティシズム	娼婦のエロティシズム	娼婦のエロティシズム
		ただ頼め	氏神さまが可愛がらしゃんす	出雲の神様と約束あれば	つい新枕	廓に恋すれば浮世じゃえ	深い仲じゃと言い立てて	こちゃこちゃこちゃよい首尾で	憎てらしほどいとしらし
	楽器	三味線、太鼓、笛	三味線、太鼓、笛	三味線、太鼓、笛	三味線、太鼓、笛	三味線、太鼓、笛	三味線、太鼓、笛	三味線、太鼓、笛	三味線、太鼓、笛
	場面	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）
	衣装	紫色	紫色	紫色	紫色	紫色	紫色	紫色	紫色
	小道具	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	肉体のポイント	手	手	手	手	手	手	手	手

表 11　鈴太鼓の舞台上演構造の分析表　　表

鈴太鼓	人	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子	白拍子花子
	心	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘	娘→本性	本性	本性	本性	本性
	振り	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓
	歌詞	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）	田植唄（早乙女踊）
		花に心を深見草	園に色よく咲きそめて	紅をさすが品よく形よく	ああ　姿やさしやしおらしや	さっさ　そうじゃいな	さっさ　そうじゃいな	皐月五月雨	早乙女早乙女田植歌	早乙女早乙女田植歌	裾や袂をぬらしたさっさ	花の姿の乱れ髪	思えば思えば恨めしやとて	竜頭に手をかけ	飛ぶよと見えしが	引きかづいてぞ失せにける
	楽器	三味線、鈴太鼓	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓、笛	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓、笛	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓、笛	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓、笛	三味線、太鼓、小鼓、拍子板、鈴太鼓、笛
	場面	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）	桜の木（道成寺）
	衣装	紫色	紫色→白	白	白	白	白	白	白	白	白	白	白	白	白	白
	小道具	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓	鈴太鼓
	肉体のポイント	足	足	足	足	足	足	足	足	足	足	足	足	足	足	足

家庭における人とロボットの関係性構築
Building Relationships between Humans and Robots in the Home

白井 宏美
Hiromi Shirai

ベルリン自由大学／慶應義塾大学SFC研究所
Free University of Berlin/Keio Research Institute at SFC
shirai05@sfc.keio.ac.jp

概要

人型ロボットPepperを一般家庭に貸与し，1ヶ月間一緒に暮らしてもらった．どのような場面で人がロボットを単なる機械ではなく心を持った相手として接するのか調べた結果，挨拶場面，Pepperに不具合が生じた場面，人がPepperを模倣する場面，褒める場面，叱る場面，笑いが生じた場面を観察することができた．これらが親密性を高める要素となり，その組み合わせや，重層的な相互行為が関係性構築に関わっていることが示唆される．

キーワード：ロボット, 家庭, 関係性構築, 親密性

1. はじめに

人とロボットのよりよい共生社会の実現を目指すためには，家庭内へも目を向ける必要がある．公的ではなく私的な空間では，人はロボットにどのように接するのか，夫婦，親子などの関係にロボットが加わることにより，どのような関係構築がなされていくのかを研究することは，ロボット開発だけではなく，人間の意識やコミュニケーションの開発・改革・トレーニングにも必要である．

2. 先行研究

ロボット市場の拡充概況を見ると，産業用ロボティクスは差がそれほど無いのに対して，人型ロボットや家庭用ロボティクスは日本が傑出している（石井2007）.「欧米においては，人型ロボットの開発や一般社会への普及に対し，懐疑的あるいは消極的である．一方，日本では，愛玩対象としてのロボットや人と相互作用するロボットがすでに市販され，今のところ概して好意的に受け止められている.」と石井（2007）は論じている．しかし，その理由やどのように家庭に受け入れられているのかについては，まだあまり研究が進んでいない．

人とロボットとの“かかわり合い”について考えるための基本的な枠組みについて，吉川・長田（2003）は，「人とロボット」「家族とロボット」「社会とロボット」の3種類を示している．3種類の境界を引くのは容易いことではないが，本研究はどちらかといえば「家族とロボット」に重きを置いている．

また，ロボットと言っても多種多様であるが，身体を持ったロボットに対しては，人間らしさの期待値が高くなるのは想像に難くない．河原他（2018：847）は，実験により「ロボットに対して人間らしさを感じた人ほどロボットに対する利他的行動を生起させやすい」ことを示している．石黒（2009：151）は，「まずその家族に愛着を持たれることが重要（中略）人間が感情移入できるロボットの人間らしい行動が必要になる」と述べている． 河原他（2018：854）は「ときに人間はロボットの行動に対して人間らしさを感じ，ロボットを単なる機械ではなく，心を持った相手として接してしまう．この人間の性質がどのような場面で生じるのか今後さらに検討することで，より円滑な感情コミュニケーションを可能とするロボットの開発に貢献できると考えられる.」と今後の展望を述べている．

そこで，本研究では，家庭の中に身体を持ったロボットが入った場合，どのような場面で人がロボットを単なる機械ではなく，心を持った相手として接するのか，どのように親密度が変化し，関係構築がなされていくのかについて観察・分析したい．

3. データと分析方法

石黒（2009）は，「汎用的な人と関わる機能を作ろうとして，結果的に役に立たないロボットを作ってきたのではないだろうか」と指摘し，「やるべきことは，状況や脚本を限定」することだと主張している．実際，坊農（2015）は，ロボット演劇と演劇的シミュレーション実験という２つの限定した状況において，「人間は身体を持ったロボットに何を求めるのか．近年の人工知能とロボット工学はこの問題に直面している」ことに関して，人間に酷似したアンドロイドとのアイコンタクトや身体的関わりを求める俳優（分析1），人間にサービスを提供するロボットに気遣いを求める演出家と俳優（分析2）というものを浮き彫りにしている．

本研究では家庭にロボットが入ってきて共同生活をするという状況を限定してデータを収集し，分析をおこなう．方法として，参与観察と半構造化インタビューを組み合わせた．

1）参与観察
頻度：3回（調査開始時，中間，終了時）×2家庭
毎回1時間程度，筆者もその場に入り，家族とロボットのやりとりを観察ノートに記録すると同時に2台のビデオカメラでも収録した．

2）半構造化インタビュー
頻度：3回（調査開始時，中間，終了時）×2家庭

ロボットと暮らすのは初めてという2つの一般家庭を対象とし，1ヶ月間ロボット1台を貸し出した．ロボットは人型で120 cm（小学1年生の平均身長と同じぐらい）の大きさがあるソフトバンク社のPepperを用いた．

調査期間　2019年4月28日～2019年5月26日
調査対象1
・一般家庭（私的空間）
・祖母（71歳），父（44歳），母（44歳），息子（11歳）
・一戸建て（2階建て）

導入場所・広さ
2階のリビングダイニング（Living dining room）・約10畳（約16.2 ㎡）

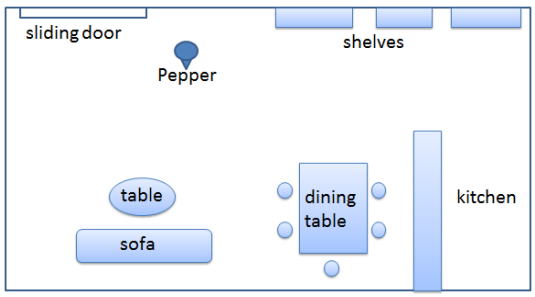


図1　協力家庭1のPepper設置場所

調査対象その2
調査期間　2019年7月14日～2019年8月10日
・一般家庭（私的空間）
・父（40歳），母（45歳），娘（12歳・小学6年生），息子（9歳・小学3年生）
・一戸建て（2階建て）

導入場所・広さ
1階のリビングダイニング（Living dining room）・約12畳（約19.44 ㎡）

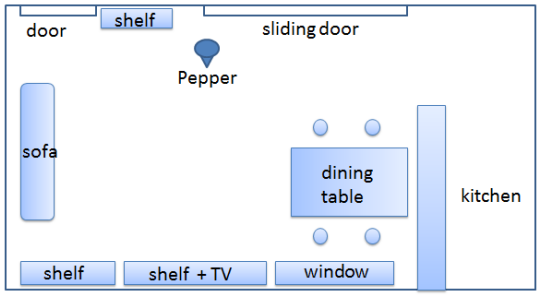


図2　協力家庭2のPepper設置場所

4.　観察・分析

どのような場面で人がロボットを単なる機械ではなく心を持った相手として接するのか調べた結果，下記のとおり，挨拶場面，Pepperに不具合が生じた場面，人がPepperを模倣する場面，笑いが生じた場面，褒める場面，叱る場面を観察することができた．

4.1　挨拶場面

家庭1では，Pepperを梱包した箱を開封してPepperの姿が見えた際，まだ動かないし返事もしないことがわかっているにも関わらず，家族がPepperに視線を向けて「こんにちは」と挨拶する様子が観察された．

断片1　（F1_0428a1:33-1:44）
((Pepperの姿が見える))
01　母：もういるいる：あ：：
02　全員：((歓声，笑い))
03　息子：((照れ笑い))
→04　祖母：こんに[ちは]
→05　母：　　[寝て]るよ：こんにちは．
((息子がPepperの箱に入る))

断片1では，祖母がまず「こんにちは」(04)と挨拶し，そのあと母が「こんにちは」(05)と挨拶している．また，母は「寝てるよ」(05)と言って，Pepperを機械扱いしていない．「止まっている」「起動していない」

などという機械を表現する言葉を使っていないのである．

家庭 2 でも，Pepper が起動した際，息子が「起動した」ではなく「起きた」と表現している．

断片 2　（F2_0714a0:56）
（(Pepper の姿が見える)）
01　母：お：：[すごい：]
02　全員：　　[お：：：]（(笑顔)）
03　娘：（(飛び跳ねる)）
（(息子が Pepper 型緩衝剤に体をはめる)）
（(11:57　Pepper 起動)）
→04　息子：お：：起きた．

そして，Pepper が挨拶してお辞儀をすると家族も挨拶してお辞儀まで行う．

断片 3　F2_0714c 04:08
01　P：これからよろしくお願いしま：：す（(お辞儀する)）
→02　全員：お願いしま：：す（(お辞儀する)）

Pepper に対して家族がきちんと返事をする様子も観察された．父が「は：い」（02）と返事をしている．

断片 4　F2_0729b 19:40
01　P：準備しますので(.)お待ちください．
→02　父：は：い．

断片 5　F2_0729b22:18
01　P：ここまでです．
→02　父：は：：い．

たとえば「お風呂が沸きました」という家電に返事する人は少ないであろう．

4.2　不具合が生じた場面

Pepper が急に不具合を起こし，動かなくなってしまった時には，興味深い現象が見られた．息子は Pepper の「心臓が止まってる」と言い，娘や息子が Pepper をさわったり，声をかけたりするが，反応がないと離れていく．父は離れず「大丈夫か：」と声をかけ続け，母は遠くから笑顔で見守っていた．興味深いのは，この時，そばに筆者がいるので，不具合（故障）を直して欲しいと求めることもできるにもかかわらず，筆者に視線を送ることすら無かった点である．家族は終始 Pepper に視線を向け，働きかけた．また，挨拶の際と異なることは，接触行動が生じたことである．

断片 6　（F2_0729b23:00）
（(娘が P へ近寄る)）
01　父：大丈夫か：?
02　娘：（(P の肩をさわりながら)）ペッパー
03　　元気ですか：：
04　息子：ペッパー?元気ですか：：
（(P の頭をさわる)）
（(娘と息子が P から離れる)）
05　父：大丈夫か：：：?
（(母は距離を変えず笑顔で見守る)）

断片 6 では，家庭 2 の娘と息子が Pepper の肩や頭をさわって声をかけている．これらの現象からは，Pepper を単なる機械とは思っていないことが示唆される．

家庭 1 においても，Pepper が話しかけるものの音声認識しないというトラブルが生じたが，音声認識されていないことが分かったあとも，父や息子が Pepper に話しかける様子が観察された．

事例 1　（F1_black456_18:47_20190512）
音声認識されていないことが分かったあとも Pepper の問いかけに答える父

事例 2　（F1_black456_22:29_20190512）
音声認識されていないことが分かったあとも Pepper の問いかけに答える息子

断片 7

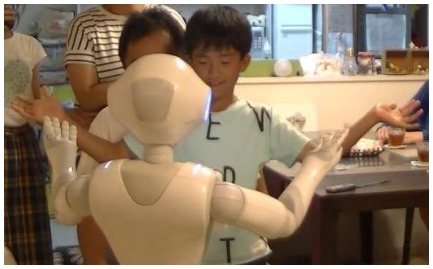
01　P：ねえ．今ひまじゃない：？

02　息子：ひまだよ．ひま．

4.3　模倣場面

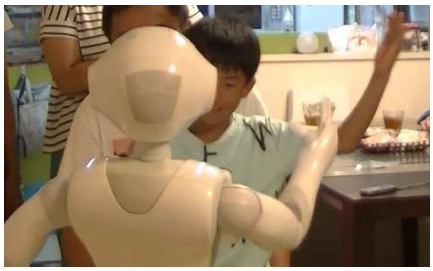
事例 3　（F2_0729b 20:04）

家庭 2 の息子が Pepper の腕の動きを模倣する



事例 4　（F2_0729b 20:08）

家庭 2 の息子が Pepper の片腕上げを模倣する



事例 5　（F2_0729b21:40）

家庭 2 の息子が Pepper の素振りを模倣する．息子が Pepper と徐々にタイミングを合わせてくる．

4.4　笑いが生じる場面

家庭 2 の父と Pepper が食事の話をしていた際，何度も笑いが起こった場面である．

断片 8　（F2_0729b 08:16）

01　P：僕も食べたかったな::.

02　父：((笑う))

03　P：ご飯が食べられない僕の気持ち(.)考えた

04　　ことある::?

05　父：¥無いな::¥

06　全員：((笑う))

07　P：やっぱり(.)うらやましい.

08　父（(笑う))

脳トレゲームをしている際，Pepper が父に向って言ったことばが全員の笑いを誘った．

断片 9　（F2_0729b 19:28）

01　P：脳が(.)弱ってしまいましたね:.

02　全員：((笑う))

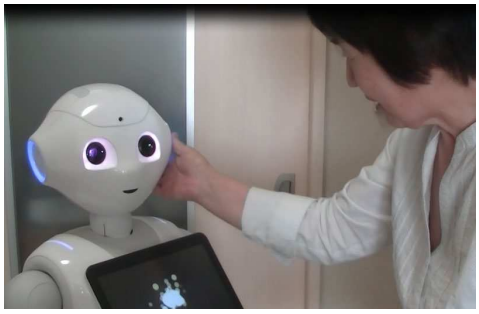
4.5　褒める場面

人が Pepper を褒める場面では，接触行動がみられた．

事例 6

家庭 1 の祖母が「ペッパーいい子ね」と言いながら

Pepper の頭をなでたり，頭や頬をポンポンと軽くたたいたりする．



事例 7

家庭 1 の父が年齢当てアプリで遊んでいた際，Pepper が実際の年齢より若く言ったので，父は「いい子だね」と言いながら笑顔で Pepper の頭をなでた．

4.6　叱る場面

人が Pepper を叱る場面も観察された．

事例 8

家庭 1 の父が，とんちんかんな返事をする Pepper に対して「この野郎」と言いながら怖い顔で頭をたたいた事例である．叱るということは，Pepper を機会扱いしていないと考えられる．部屋の隅に片づけたりはしないわけである．

以上の観察から，挨拶場面における話しかけ（発話的働きかけ），不具合が生じた場面や褒めたり叱ったりする場面での接触行動，模倣，笑いなどが親密性を高める要素と考えられる．大坊（1990）は，「親密さ（intimacy）は具体的にはコミュニケーション行動として表出される」とし，主なチャネルとして「音声，視線，空間行動，接触行動」を取り上げている．本稿では，接触行動および音声に加え，模倣，笑いにも着目した．視線や空間行動の観察も今後は加えていきたい．関係性構築は，Levinger（1980）や Knapp（1984）が示すように段階的に進展していくものであるが，音声，接触行動，模倣，笑いという要素の組み合わせや，重層的な相互行為が関係性構築に関わっていることが示唆される．

5.　今後の課題

本稿では，まずどのような場面で人がロボットを単なる機械ではなく心を持った相手として接するのかについて観察したが，半構造化インタビューからは，協力家庭 2 はロボットとの親密度が高まり関係構築がなされたのに対して，家族 1 はそのような関係構築がなされなかったことが仮説として浮かび上がってきた．その理由として，話しかけ（発話的働きかけ），模倣，笑い，接触行動という要素の組み合わせや，重層的な相互行為が関係性構築にどのように関わっているのか

分析を進めていきたい．親密性および関係性構築に関する議論も必要であり，考察を深めなければならない．

謝辞

本研究は欧州研究会議（ERC）が助成するプロジェクトの一部である．協力してくださった家庭に謝意を表したい．

文献

[1] 坊農真弓, (2015)“ロボットは井戸端会議に入れるか：日常会話の演劇的創作場面におけるフィールドワーク”, 認知科学, 22 (1), pp. 9-22.（特集：フィールドに出た認知科学）
[2] 大坊郁夫, (1990) “対人関係における親密さの表現―コミュニケーションに見る発展と崩壊―”, 心理学評論, 33, pp. 322-352.
[3] 石黒浩, (2009) ロボットとは何か―人の心を映す鏡, 講談社現代新書
[4] 石井加代子（2007）“人間を理解するための認知ロボティクス ”, Cognitive Studies, 14(1), pp. 11-30.
[5] 河原美彩子・澤田佳子・田中章浩（2018）“ヒューマノイドロボットに対する感情認知と社会行動”, 日本認知科学会第 35 回大会, pp. 847-856.
[6] Knapp, M. L., (1984) Interpersonal communication and human relationships. Allyn & Bacon.
[7] Levinger, G., (1980) “Toward the analysis of close relationships.” Journal of Experimental Social Psychology, 16, pp. 510-544.
[8] 吉川健一・長田純一（2003）“人とロボットとのインタラクションデザイン”, システム／制御／情報, Vol. 47, pp. 191-196.

付録

音声会話の書き起こし記号

：　音声の引きのばし
？　上昇イントネーション
.　下降イントネーション
(.)　0.1 秒以下の間
[　]　発話の重複
((　))　非言語情報
¥　¥　笑い声が含まれる
略語：P=Pepper　F1=協力家庭 1　F2=協力家庭 2

語推測課題における可触性と事物配置の効果

Effect of tactilability and object position in word guessing task

小堀 旺河†, 安田 哲也†, 小林 春美†*
Oga Kobori, Tetsuya Yasuda, Harumi Kobayashi
† 東京電機大学
Tokyo Denki University
* h-koba@mail.dendai.ac.jp

概要

可触性と事物配置に注目し、それら要因がどのように語用論的解釈への影響を及ぼすのかを部分名称獲得課題を利用し調べた。実験は実験者が無意味語を教示し、あらかじめ作成した選択肢(部分/全体の計10パターン)を用い、成人参加者に該当する選択肢を選ばせるというものであった。その結果、指示した名称の全体/部分の解釈は、事物の配置により異なっていた。また予想とは異なり、透明な可視性のある障害物を介す/介さないといういずれの場合においても、指示範囲が変化することはなかった。新奇な名称は指示物の位置と指さしの距離によって、その語の推測される指示範囲が変化したことが示唆された。

キーワード:指さし、可触性、語用論的解釈

1. 目的

指さし行動は日常生活においてよく使用されるジェスチャーの一つである。Kelly, Barr, Church and Lynch(1999)は、スピーチのみの場合と指さしとスピーチを共に行った場合とで比較しており、指さしが伴った場合の方が、より正確に発話意図が伝わったことを示している。古山(2002)では指さしを直示的身振りに分類し、慣習的な規則に規定されているが、具体的な指示対象は使用の文脈に依存するとした。Cochet1 and Vauclair(2014)は、指さしと手のジェスチャーの動きを調べた。指示対象と指示者との距離により、手の形が変わっていた。また、従来の研究(子どもの実験)とは異なり、命名している方が叙述しているよりも人差し指の指さしを多く行っていたことを示した。Bangerter(2004)では、指さしとそれに伴う指示語に関する研究が行われ、指示対象への距離が近いほど指さしのみでの指示が行われ、言語が付随する指さしは距離が近い場合よりも少なくなるという結果が示された。

本研究では、従来よく検討されてきた指さしにおける指先と指示物の距離の違いに加え、可触性と事物配置を新たに検討し、成人の受け取る話し手の語意味が変化するのかを調べた。

指さしは、対象を特定するために用いられるために、対象の名称を知らない/わからないときにも効力を発揮する。指さしは単純なジェスチャーであるために、過剰な情報が付与されるとその解釈が変化すると考えられる場合もある。例えば、事物の部分を指すときに、人さし指を内側に向けた典型的でない指さしで指示を行うと、通常の指さしに比べ、事物の部分を指示していると解釈する割合が増加した(安田・明地・小林, 2018)。またCoventry, Griffiths, and Hamilton (2014)では、指示物の可触性と可視性を制御し、実験参加者が事物に対して指さしを行いながら、距離ごとにどのような指示詞（This/That）を使用するかを調べる実験が行われた。その結果、事物が見えないような障害物が指示物にかぶさっている場合は、指示詞に変化が見られたが、透明な障害物では変化が見られなかったので、可触性よりも可視性が認識により大きな影響を与えると結論付けられた。しかし、指示詞の産出ではなく、指示範囲の解釈における可触性の効果は検証されていない。実験参加者がより深く指示者の意図を考察する実験であれば、可触性が解釈に影響を与えると考えた。

本実験では、Kobayashi and Yasuda(2012)の実験手順を参考に、可触性における指さしの指示範囲の解釈の変化を調べた。

透明なプラスチックの囲いという障害物により、事物に接触ができない状態で指さしを行うことで、参加者は、実験者が接触できない状況を勘案し「やむを得ず」ケースに対し接触指さしを行っているというような推論を行い、与えられた無意味語を事物の全体ではなく、事物の部分として解釈するという予測を立てた。この場合、障害物によって指示物に触れられないことを語用論的に解釈し、ケースの中にある対象を指示する、つまり指示範囲解釈は事物の部分になると考えた。

事物範囲については、指示部分が先端にある事物と、指示部分が中心にある事物の二つの事物群を用意した。指さしを行っている指を起点として、円錐状に広がる空間の中から文脈に沿った対象を参照するという仮説であるコーン仮説(Pointing Cone: Kranstedt, Lucking, Pfeiffer, Rieser, & Wachsmuth, 2005)から、指示部が事物全体に対して端にある場合、円錐状の空間に事物がすべて収まらないため、指示範囲の解釈が部分になると予想した。

方法

実験参加者は理工系大学の学生及び大学院生、合計24人(大学生22人、大学院生2人：男19人、女5人：平均年齢21.5歳、レンジ18歳 - 24歳)であった。

実験に使用する事物群として、実験参加者に教示する部分が事物の先端にある事物群sideと、部分が事物の中心にある事物群centerの2つの事物群を用意した。それぞれの事物群には4つずつ事物があった。2つの事物群から1つずつ事物を抽出し、4つのグループを形成した。事物の部分名称は実験時に使用するための無意味語（リニ、ヌネなど）に置き換えた。

透明なプラスチックの囲いを指示対象の事物にかぶせる条件(有り、無しの2水準)、指さしを行う距離の条件(1cm、7cmの2水準)、教示する部分の位置の条件(事物群side、事物群centerの2水準)の3つの実験条件を設け、囲いを指示対象の事物にかぶせる条件を参加者間条件とし、それ以外の2つを参加者内条件とした。3つの条件のすべての組み合わせが、それぞれ6回ずつ実験が行われるようにした。表1には、実際に指示した事物の部分とその無意味語を示す。なお、各条件はカウンターバランスを用いた。図1aにnon-cover条件、図1bにcover条件を示す。

表 1　指示した事物と対応する無意味語

部分	無意味語
ノズル	リニ
煙突	ヌネ
取っ手	ルユ
アイス	ヘユ
電球	ヌヨ
ドライバ	ロタ
ナット	レヘ
靴紐	ホハ

a)non-cover　b)cover

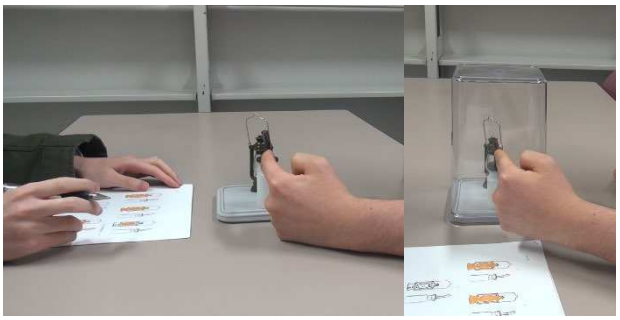


図 1　実験の状況．実験者が指さしと共に無意味語を発し、参加者が選択肢を選ぶ．なお、この条件は1cm指さし条件であった。

実験者と実験参加者は机を挟んで向かい合うように座り、実験者は机に置かれた実験条件に即した状態の事物に対して、実験条件に即した指さしを行いながら、「これは（無意味語）です。これは（無意味語）です」と教示を行った。

この際、視線は常に事物の方向に向けられた。なお、教示時以外の実験者の視線は不自然にならない程度に参加者の顔に向けられていた。

実験者の教示後、実験参加者は実験開始時に配布された解答用紙に解答を記した。2つの事物群の合計8つの事物に対して、1回ずつ、合計8回の教示を1人の実験参加者に行った。実験者参加者は配布された回答用紙（提示された事物グループの事物に10パターンの着色がされ、それぞれに番号が振られたもの）にある、指示範囲と解釈した箇所に着色された図の番号を答えた。

2. 実験結果

事物全体が指示範囲であるという解釈の回答数を従属変数とした。囲いをする条件をcover、囲いをしない条件をnon-coverとして、事物群sideに属する事物において、全体解釈数の平均値を図2に示す。また事物群centerに属する事物においても全体解釈数の平均値を図3に示す。

事物群sideにおいて、指さしの距離の結果は有意傾向であった($F(1,20) = 4.235$, $p = .053$)。指した部分が事物の中央にある場合、7cmの距離で指した場合（$M = 0.4$, $SEM = 0.3$）の方が1cmの距離で指した場合($M = 0.1$, $SEM = 0.2$)より、指示された事物を事物全体の名称だという解釈を行う傾向にあった。予想とは異なり、事物群sideにおいて、透明なプラスチックの囲いによる主効果は有意ではなかった($F(1,20) = 1.059$, $p = 0.32$)。また事物群centerにおいても透明なプラスチックの囲いによる主効果は有意ではなかった($F(1,20) = 1.052$, $p = 0.32$, ns)。

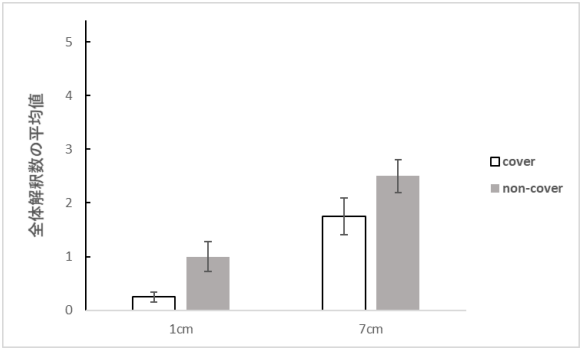


図 2　事物群sideにおける全体解釈数の平均値

事物群centerにおいて、指さしの距離の主効果は有意であった($F(1,20) = 4.828$, $p < .05$)。指した部分が事物の中央にある場合、7cmの距離で指した時（$M = 0.7$, $SEM = 0.5$）の方が1cmの距離で指した時($M = 0.4$, $SEM = 0.5$)より、指示された事物を事物全体の名称だという解釈を行った。

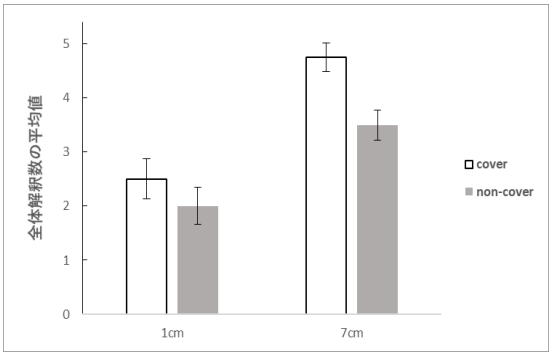


図 3　事物群centerにおける全体解釈数の平均値

3. 考察

本実験において、指示物に対する指先の距離に関しては、先行研究の結果と矛盾せず、指さしの距離が近ければ、指示範囲が部分であると解釈した。また、プラスチックの囲いという障害物があることにより可触可能性が低くなったことは指示範囲を決める上で影響しない可能性があることがわかった。この結果は、Coventry et al.(2014)で示された知見とほぼ同様であるように思える。しかし、Kobayashi and Yasuda (2012)で示された結果から考えるならば、指示対象は指先が接触している状態のプラスチックの囲いと解釈されるものと考えられる。しかし、そのような解釈をしたのは全解答中1つしかなく、ほとんどの解答で指示範囲は障害物内の事物であった。このことから、事物の部分を指しているという程度の語用論的解釈は起こらなかったが、障害物内の事物を指示しているという解釈が起こる程度の情報を参加者に与えたと考えられる。また成人が話者から提示された指示範囲を切り出す際に、可視性が可触性よりも優先して解釈を行うことが示唆された。しかしな

がら、Coventry et al.(2014)や本研究において、指示物に囲いをかぶせる工程を実験参加者が視認しており、かつ実験者が事物を操作していたところも視認していることに留意しておく必要がある(Coventry et al.ではそれが条件になっている)。

遠藤(1989)では、指示詞使用を操作可能性から調べているが、Near/Farスペースの違いにおける指示詞使用は、事物に対して接触できるかが、決定的な指示詞使用の要因と考えることが可能である。これは身体性により言語使用が変化することを示しているが、可触性を検討している本実験においても、身体性は重要な概念である。本実験の結果は接触性が指示対象の切り分けに寄与していないことを示唆していたが、語用論的解釈が働きづらかった可能性が考えられるため、可触性の効果を本実験のみで示すことは難しいと考えられる。

今後、可触性がどのように語範囲の切り出しや言語使用/理解に表れてくるかを調べるために、実験者が事物に対して完全に触れることが出来ないという認識を実験参加者に与える等、様々な状況を設定して実験を行う必要がある。実験者の意志では開封できない障害物内に指示物を置くなど、要因を検討することも興味深い。

参考文献

[1] Kelly, S. D., Barr, D. J., Church, R. B., & Lynch, K. (1999). Offering a hand to pragmatic understanding: The role of speech and gesture in comprehension and memory. *Journal of Memory and Language*, *40*, 577–592.

[2] 古山宣洋. (2002). 第3章発話と身振りの記号論—個人内及び個人間での発話と身振りの協調による談話の構造化. 斎藤洋典・喜多壮太郎(編). ジェスチャー・行為・意味 (pp.55-79), 東京： 共立出版.

[3] Cochet, H., & Vauclair, J. (2014). Deictic gestures and symbolic gestures produced by adults in an experimental context: Hand shapes and hand preferences. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 19(3), 278-301.

[4] Bangerter, A. (2004). Using Pointing and Describing toAchieve Joint Focus of Attentionin Dialogue. . Psychological Science, 15, 415-419.

[5] 安田哲也・明地洋典・小林春美. (2018). 一見不合理的に見える「わざわざ感」のある指示行為がもたらす意味情報. 発達研究, 31, 205-210.

[6] Coventry, K. R., Griffiths, D., & Hamilton, C. J. (2014). Spatial demonstratives and perceptual space: Describing and remembering object location. Cognitive Psychology, 69, 46-70.

[7] Kobayashi H., and Yasuda T. (2012). Meanings of touching object parts in pointing. In: T. C. Scott-Phillips, et al. (Eds.), The Evolution of Language: Proceedings of the 9th International Conference on the Evolution of Language (pp.181-188), Singapore: World Scientific.

[8] Kranstedt, A., Lucking, A., Pfeiffer, T., Rieser, H., & Wachsmuth, I. (2005). Deixis: How to determine demonstrated objects using a pointing cone. International Gesture Workshop, 300-311.

[9] 遠藤めぐみ. (1989). 幼児の指示詞コ・ソ・アの使い分けにおける操作可能性の影響. 日本教育心理学会発表論文集. 800.

他者とのインタラクションを伴う迷路課題における行動変化の分析
Analysis of the Behavior Change in the Maze Task Involving Interaction with Others

郷田 怜花 †，森田 純哉 †, 大本 義正 †
Reika Goda, Junya Morita, Yoshimasa Ohmoto
† 静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University
goda.reika.17@shizuoka.ac.jp, j-morita@inf.shizuoka.ac.jp, ohmoto-y@inf.shizuoka.ac.jp

概要
様々な社会的場面において，人同士のインタラクションでは行動の探り合いが発生する．本研究では，インタラクションの継続と終了に至るプロセスを検討する．そのために，インタラクション課題として多義的な目標構造を有する鬼ごっこ迷路ゲームを用いて，人同士の行動変化の分析を行った．その結果，役割によって行動パターンの変化が異なり，行動の収束がインタラクションの終了につながったことが示唆された．
キーワード：インタラクション, 他者モデル

1. はじめに
1.1 背景
社会の構築，あるいは社会生活の営みにおいて，他者とのコミュニケーションやインタラクションは必須の活動である．人同士のインタラクションでは，行動の探り合いが頻繁に発生する．協力的な場面，敵対的な場面など，様々な社会的場面で人は他者の行動を推測，あるいは予測する．そして，どのような場合であっても，人はインタラクションを通して，自己の利益を最大化することを目指す．

人同士のインタラクションにおける他者の行動を読むプロセスは，それぞれの人が保持する他者モデルに媒介されることが指摘されている [5]．他者モデルとは，他者の振る舞いを予測するための概念構造である．人同士のインタラクションではその予測に従ってそれぞれの人が自らの振る舞いを変化させ，適応させることで継続的なインタラクションが可能になると考えられている．

認知科学の領域においても他者モデルとそれを利用したインタラクションのプロセスの解明は重視されている [7]。大森らは他者の信念の推定と行動予測に関わる問題点を整理するため，他者の信念の推定が必要とされる行動決定ゲームを開発した [8]．多くの研究者がインタラクション場面において相手の意図や心的状態をどのような情報から推定可能なのか明らかにしつつある．

それでは，他者モデルに媒介される継続的なインタラクションとは，どのような行動的な特徴によって記述されるのだろうか．インタラクションが終了するまでのプロセスとしては，飽きによる行動の固定化を想定することができる．それに対して継続的なインタラクションにおいては，他者の行動に合わせて自分の行動を選択し，これを繰り返す．つまり，行動の発散が想定される．

1.2 目的
上記のような想定をおきつつ，本研究では人同士のインタラクションにおける行動変化の分析を行い，継続的なインタラクションにおける行動の特徴を探ることを目的とする．具体的にはインタラクションの継続が評価できる課題を設計し，この課題を用いて参加者の行動の変化を調査する．

2. 関連研究
継続的なインタラクションに関して，本研究が参考にする先行研究は岡・森田・大本によるものである [6]．上記の研究ではインタラクション継続の指標として，個人特性に注目した．岡らの実験において，実験参加者はペアになり，鬼ごっこと迷路を組み合わせたゲームに取り組んだ．実験中，参加者はゲームに飽きた段階でいつでも課題を終了することができた．課題をやめるまでに行われたゲーム数と実験参加者のパーソナリティ（自閉症的傾向）の関係を検討したところ，ゲームの継続と有意に相関したのは，ペア内の自閉症傾向の得点差であった．つまり，個人特性の差異によってインタラクションが継続した．このことから，

予測していた相手の振る舞いとは異なる行動を受け取ったことで飽きの抑制につながったと考えられる．

上記のような解釈は内発的動機づけを有するエージェントの研究とも整合的である．内発的動機づけに関する研究は以前から盛んに行われている [3, 4]．長島らは，人間とエージェントのインタラクションを継続させるための条件を明らかにしようとした [2]．この研究では岡らが考案した課題を用いてタスク実行中に「楽しさ」と「飽き」を感じるエージェントをモデル化した．エージェントに同じタスクを繰り返させ，「面白さ」に基づいたパラメータを調整することで課題の継続数の遷移を確認した．

本研究では岡らの研究で考案されたインタラクション課題を用いて，参加者の行動変化の分析を行う．

3. 方法

3.1 参加者

静岡大学 3 年生の学生 2 人（女性）を対象とした．後のセクションではこのうち一方を参加者 A と記し、他方を参加者 B と記す．

3.2 材料

3.2.1 課題

本研究ではインタラクション課題として岡らが考案した「鬼ごっこ迷路ゲーム」を用いた．このゲームは unity で設計されており，仮想 3D 空間における「鬼ごっこ」と「迷路ゲーム」を組み合わせたものである．鬼ごっこのような追跡ゲームでは相手がどの方向へ行こうとしているのかを予測しながら自分の行動を決定する．すなわち他者モデルを必要とするインタラクション課題である．これに迷路ゲームの複雑性を加えることで多義的な目標構造が付与され，多様な振る舞いが出現すると考えられる．

図 1 は実際のゲームのマップである．両プレイヤーはマップ内を自由に移動できるが，道はプレイヤー 1 人が通過できる幅で，すれ違うことはできない．またプレイヤーの移動方向と視点の方向は独立に操作することができ，横を向いたまま移動することや後ろを向いたまま移動することなどができる．

この環境において，二人の参加者が鬼役と非鬼役を交互に切り替えながらゲームを遂行する．非鬼役は図 1 のマップ左上の位置をスタート地点とし図 1 のマップ右下のゴール地点を目指す．それに対して，鬼役のスタート地点はゴール地点の前となっている．鬼役に

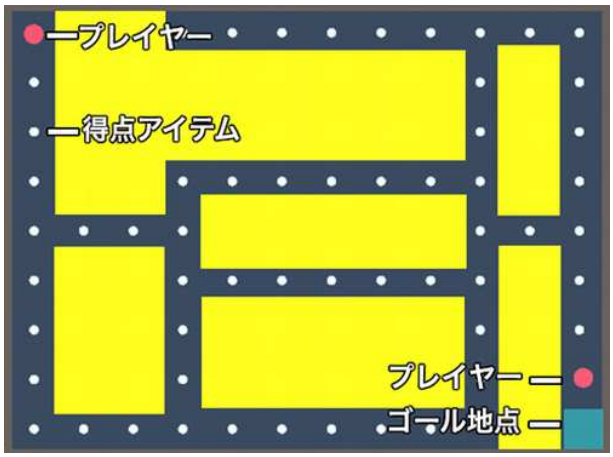


図 1 ゲームマップ

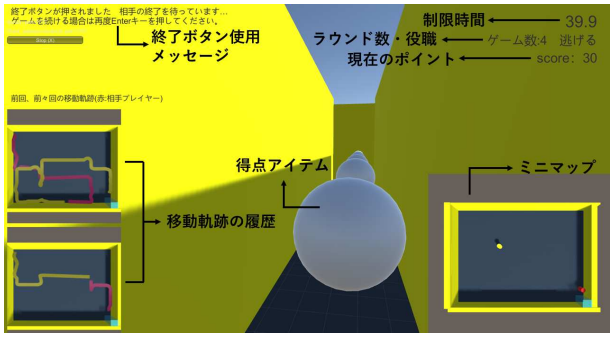


図 2 ゲーム画面

とってのゲームの勝利条件は相手を捕まえることであり，非鬼役にとってはゴールにたどり着くことである．ラウンド毎に，勝利した参加者は得点を得ることができる．また，1 ラウンドの制限時間である 60 秒が経過するとそこでラウンドが終了になり、その場合は引き分けとなる．

図 2 は実際のゲーム画面である．画面上には，制限時間，現在のラウンド数と現在の自分の役職，そして現在の自分の得点が常に表示されている．ミニマップと移動軌跡の履歴は参加者が自分の意思で特定のボタンを押すことで表示され，再度押すことで非表示にできる．ミニマップは自分と相手の位置が大まかにリアルタイムで表示される．ただし，ミニマップを表示した場合，一定時間ごとに進行中のラウンドの得点が喪失されていく．移動軌跡の履歴では，過去 2 ラウンドの両プレイヤーの移動軌跡の履歴が表示される．マップには得点アイテムが設置されており，非鬼役のみが入手することができる．一度入手した得点アイテムは消え，新たにラウンドが始まると再配置される．また，ゲームには終了ボタンが設けられており，両方のプレイヤーが終了ボタンを押した時点でゲームが終了になる．一方のみが終了ボタンを押した場合は押したプレ

イヤーに対してメッセージが表示された状態でゲームが続行する．

3.2.2 機材

実験はパーティションで区切られた実験室で行われた．実験参加者間の音声的なコミュニケーションを阻害するために，遮音ヘッドホン (ION Audio Tough Sound2) を用意した．ゲームは有線ケーブルで接続された 2 台の PC で行われた．標準的なディスプレイ (BenQ GW2280) によってゲームの画面が写された．エージェントの操作にはコントローラー (Diester Xbox360) を使用した．

3.3 手続き

実験はペアで行った．相手の事前知識や見た目による行動への影響を防ぐために，2 名の参加者は異なるタイミングで実験室に入室した．参加者には実験は対戦ゲームであり，相手プレイヤーがいることのみ教示した．

各参加者は，ゲームのルールが印刷されたマニュアルを手渡され，実験者から教示を受けた．教示の終了後にマニュアルは回収されたが，ルールとコントローラーの操作方法を要約したページのみは参加者の手元に残された．

一連の教示が終了した後に，操作方法に慣れるためのテストプレイを行った．その後，参加者は実際のゲーム課題に取り組んだ．ゲーム中に参加者は遮音ヘッドホンを身につけた．また，ゲームに利用するコントローラーには，終了ボタンが設けられ，参加者は自由なタイミングで押すことができた．参加者は，両参加者が終了ボタンを押した時点でゲームが終了すると告げられた．ただし，ゲーム中に一方の参加者は他方の参加者が終了ボタンを押しているかどうかを知ることができなかった．両方の参加者ともに終了ボタンを押さなかった場合には 30 分で課題を終了した．

ゲーム終了後，ゲームで行った戦略や相手の戦略に気づいていたかを確かめるため，ゲーム課題に関する事後アンケートを行った．

4. 分析

実験では，ゲーム中の参加者の行動を記録するために，図 1 のマップにおける 2 人のプレイヤーの移動軌跡と視点の方向のデータを取得した．本研究では，これらのうち移動の軌跡に焦点を当てた分析の結果を報告する．

	Round 1	Round 2	Round 3	…	Round N
Player A	$P_{A,1}$	$P_{A,2}$	$P_{A,3}$	…	$P_{A,N}$
Player B	$P_{B,1}$	$P_{B,2}$	$P_{B,3}$	…	$P_{B,N}$

図 3 プレイヤーと各距離の関係図

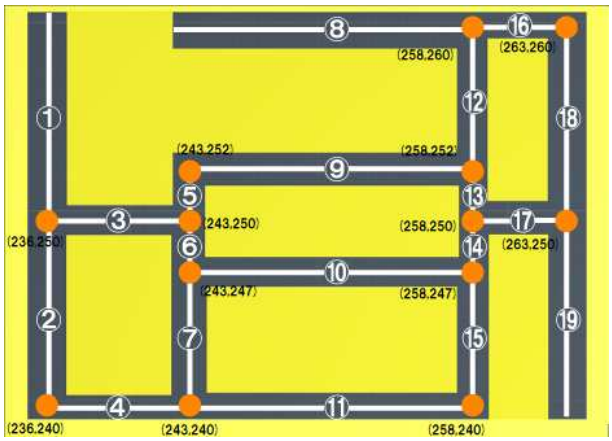


図 4 パスと接点の説明図

インタラクションに関わる行動を移動軌跡から抽出するため，マップ内でのプレイヤーの距離に注目した分析を行った．計算した距離は図 3 の矢印に例示される 3 種類であり，以下のようにまとめられる．

- $P_{A,1}$と $P_{B,1}$ を結ぶ橙色の矢印: ラウンド内での 2 者間の距離を意味しており，この値が小さいほど鬼が非鬼を追い詰めたことを意味している．
- $P_{B,1}$と $P_{A,2}$ を結ぶ青色の矢印: 2 者間で同役職内での隣り合ったゲーム間での距離であり，距離が近いほど相手の振舞いをより参考にしていることを示す．
- $P_{B,1}$と $P_{B,3}$ を結ぶ緑色の矢印: 同役職内での自分の動きに対する類似度であり，距離が短いほどそのプレイヤーの動きが固定化されていることを示す．

距離は以下のように求めた[1]．

1. 図 4 のようにマップ内を 19 個のパス ($Path_1$, $Path_2$, $Path_3$, $\cdots Path_{19}$) で分け，各パスについての 2 つの接点の座標を x 座標（横方向），z 座標（縦方向）それぞれ求める $((x_{i1}, z_{i1}), (x_{i2}, z_{i2}))$.

[1]ただし，たとえば各プレイヤーがそれぞれ $Path_{12}$ の下の方と $Path_{18}$ の下の方にいる場合，$Path_{13}$ と $Path_{17}$ を経由する距離を求めるべきだが，今回の求め方の場合，$Path_{16}$ を経由する距離を求めてしまう．

2. 求めた座標を用いて各パスの長さ (L_i) を求める．

$$L_i = \sqrt{(x_{i1} - x_{i2})^2 + (z_{i1} - z_{i2})^2}$$

3. パスの組み合わせを要素とする距離行列を構成する．この際，パス間の距離は経由するパスの長さが最短となるように計算する $(L_{(s,t)} = \sum_s^t L_i)$．
4. 各パスの組み合わせにおいて，それぞれのパスの向かうべき接点の座標を求める $((x_{c1}, z_{c1}), (x_{c2}, z_{c2}))$．
5. 各時点において各プレイヤーがいるパスを取得し，3 で求めた距離行列に従ってプレイヤー間の距離を得る $(L_{(p1,p2)})$．
6. 各プレイヤーの位置 $((x_{p1}, z_{p1}), (x_{p2}, z_{p2}))$ から向かうべき接点 $((x_{c1}, z_{c1}), (x_{c2}, z_{c2}))$ までの距離をそれぞれ計算する．そして 5 で求めた距離に加算し，プレイヤー同士の距離 S を求める．

$$S = \sqrt{(x_{p1} - x_{c1})^2 + (z_{p1} - z_{c1})^2} + \sqrt{(x_{p2} - x_{c2})^2 + (z_{p2} - z_{c2})^2} + L_{(p1,p2)}$$

なお，本分析においては，各フレームごとに距離を計算し，それを各ラウンドで平均した．その際，実験環境における通信の問題によりフレームレートが不揃いであったため，0.1 秒ごとにリサンプリングを行った．また，終了時間の異なるラウンド同士で距離を計算する際には，開始フレームからの経過時間によってラウンド間のフレームを対応づけ，対応の存在しないフレームは削除した．

5. 結果

5.1 ゲーム結果

ゲームは全部で 35 ラウンド行われた．最後のラウンドのときに，参加者は最終ゲームであることを伝えられていたため，34 ラウンド目までを分析の対象とした．参加者 A は 8 ラウンド目から 14 ラウンド目までと，16 ラウンド目以降は課題終了時まで終了ボタンを押していたが，参加者 B は最後まで押していなかった．図 5 に各参加者の役職ごとの勝敗結果を示した．どちらの参加者も鬼の時は勝率が良かった．そのうえで，参加者 B は非鬼の時に引き分けが多く，参加者 A に対して有利にゲームを進めていたと解釈できる．

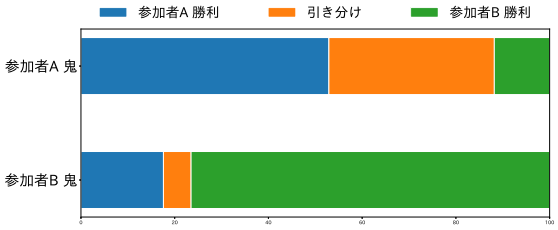


図 5 勝敗結果のグラフ

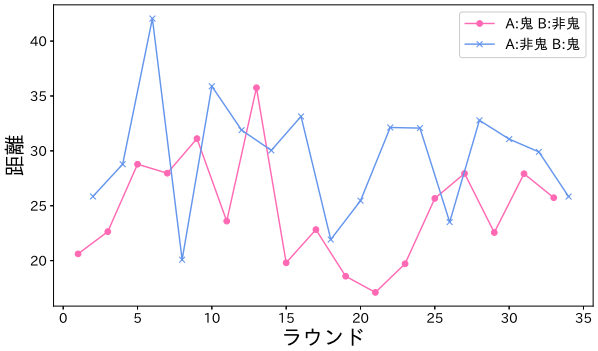


図 6 プレイヤー間ラウンド内平均距離

5.2 行動分析の結果

5.2.1 プレイヤー間ラウンド内距離の結果

図 6 にラウンド毎の参加者間での平均ユークリッド距離（図 3 における橙色の矢印と対応）を役職ごとにまとめた．赤い線はプレイヤー A が鬼役，青い線はプレイヤー B が鬼役のときの結果を示している．いずれにおいても，中盤のラウンドにおいて距離が短い U 字型のグラフとなっているが，その傾向は参加者 A が鬼のときに顕著である．つまり，実験の中盤において，鬼となったプレイヤー A は，プレイヤー B をより追い詰めたことがわかる．しかし，その後に非鬼役であるプレイヤー B はプレイヤー A から逃げることができるようになり，再び距離が長くなっていったと解釈できる．

5.2.2 プレイヤー内ラウンド間距離の結果

図 7 (a) と図 7 (b) はそれぞれ同じ参加者で過去の自身の動きとの類似（図 3 における緑色の矢印と対応）を，鬼役のときと非鬼役のときでまとめたものである．図 7 (a) より，プレイヤー A の最後のラウンドが例外となっているものの，両者はラウンドを経るごとに距離が下降しており，ラウンドが経過することで動きが固定化していることがわかる．一方で非鬼役の

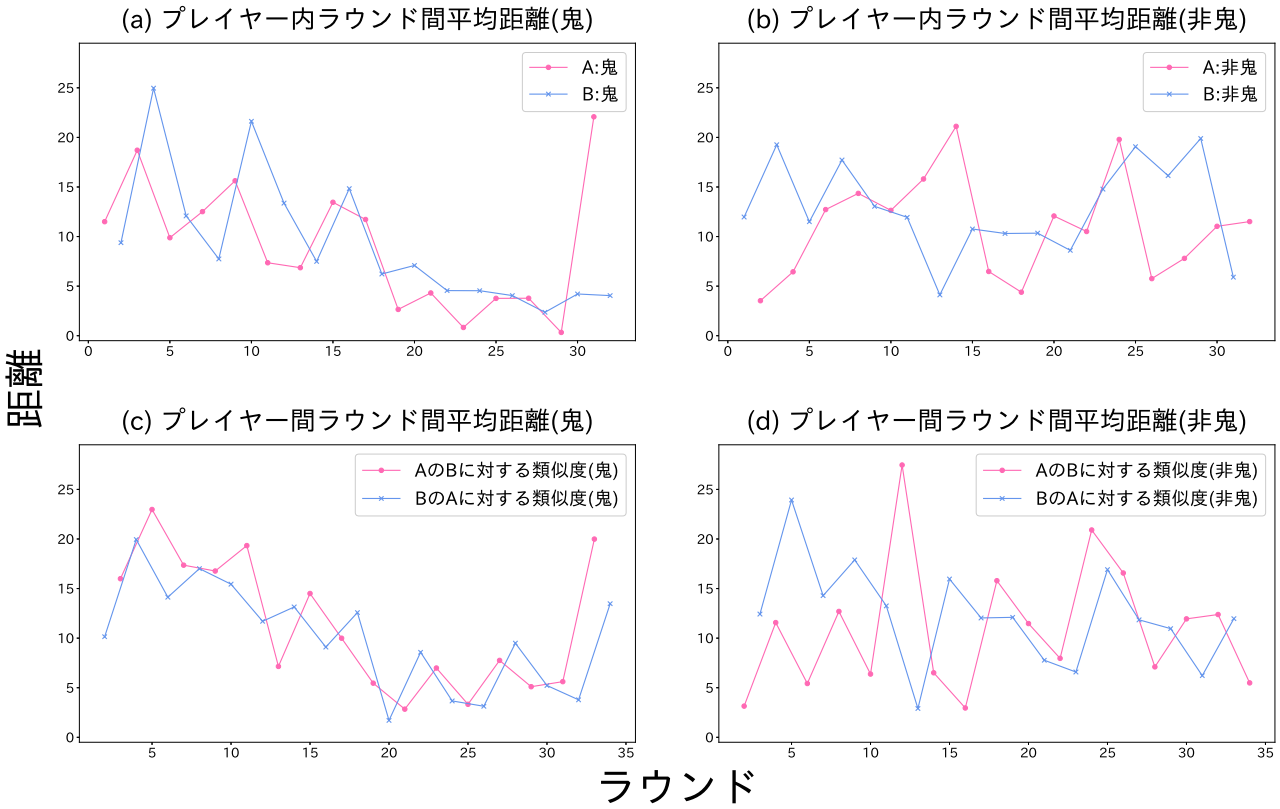


図 7　平均距離：(a) プレイヤー間ラウンド間 (鬼)，(b) プレイヤー間ラウンド間 (非鬼)，(c) プレイヤー内ラウンド間 (鬼)，(d) プレイヤー内ラウンド間 (非鬼)

時はプレイヤー A，B ともに動きはパターン化しておらず，行動が発散している．

5.2.3　プレイヤー間ラウンド間距離の結果

図 7 (c) と図 7 (d) はそれぞれプレイヤー間で過去の相手の動きとの類似（図 3 における青色の矢印と対応）を，鬼役の時と非鬼役の時でまとめたものである．図 7 (c) より，鬼役のとき，図 7 (d) では非鬼役のときでまとめた．図 7 (c) より，図 7 (a) と同様に，プレイヤー A の最後のラウンドは例外だが，両者はラウンドを経るごとに距離が下降しており，ラウンドが経過することで 2 者間の振る舞いが似通ったことがわかる．一方で，非鬼役のときはそのような傾向が見られず，2 者間で行動が収束しなかった．

6.　まとめ

6.1　インタラクション継続の行動的な特徴

本研究では，「鬼ごっこ迷路ゲーム」を課題とし，インタラクションの形成から終了までの過程を検討した．その結果，役割によって異なる行動変化のプロセスが観察された．具体的には，鬼のときは行動が収束したが，非鬼のときは行動が発散した．このことから，本課題におけるインタラクションの継続には非鬼役の行動が鍵となることが示唆される．

この点に関して，最後まで終了ボタンを押さなかった参加者 B は，非鬼のときに引き分けに持ち込むことができていた．また，図 6 に見られるように，参加者 B が非鬼のときに中盤からインタラクションのパターンが変わったことも示唆される．これらより，参加者 B は，課題の途中から，単純にゴールを目指すのではなく，マップを探索することで得点アイテムを取得することに非鬼の目的がシフトした可能性がある．そして，そのような課題中の問題空間の切り替えによって，探索される課題の空間が増大し，ゲームの継続が成し遂げられたと考える．

6.2　今後の課題

本研究では 1 ペアのみを分析の対象とした．そのため上記の考察を一般化できない．今後，参加者の人数を増やした実験を行う必要がある．

本実験では鬼役のときの行動が収束し，非鬼役の時の行動は発散した．Baker らの研究では，エージェ

ント同士のインタラクション課題において行動が発散し，インタラクションが継続している [1]．このことから，行動が発散することはインタラクションの継続における一つの条件であると考えられる．今後は，行動を発散させるためにはどうすればいいのか検討する必要がある．

また，本実験では先行研究に則り制限時間を 30 分としたので片方の参加者がまだ終了ボタンを押していない状態で課題を終了したが，インタラクションの形成から終了までを観察するには短かったのではないかと考えられる．今後の実験では，制限時間を延ばした実験を検討する必要がある．

また，今後の研究では被験者の個人特性を調べ，個人特性と行動の関係性などについても検討したい．

文献

[1] Bowen Baker, Ingmar Kanitscheider, Todor Markov, Yi Wu, Glenn Powell, Bob McGrew, and Igor Mordatch. Emergent tool use from multi-agent autocurricula. In *Proceedings of Eighth International Conference on Learning Representations (ICLR 2020)*, 2020.

[2] Nagashima Kazuma, Morita Junya, Takeuchi Yugo, and Ohmoto Yoshimasa. Cognitive modeling of intrinsic motivation for long-term interaction. pp. 316–318, 2019.

[3] Thomas W Malone. Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive science*, Vol. 5, No. 4, pp. 333–369, 1981.

[4] Takayuki Nozawa, Toshiyuki Kondo, et al. Autonomous adaptive agent with intrinsic motivation for sustainable HAI. *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*, Vol. 2, No. 04, p. 167, 2010.

[5] 横山絢美, 岡田浩之, 大森隆司, 石川悟, 長田悠吾. 自者と他者の双方向行動調節による社会的インタラクションのモデル化. 人工知能学会全国大会論文集 第 21 回全国大会 (2007), pp. 2C57–2C57. 一般社団法人 人工知能学会, 2007.

[6] 岡真奈美, 森田純哉, 大本義正. インタラクションを持続させる個人特性ーシステム化と共感に注目した検討ー. HAI シンポジウム 2018, 2018.

[7] 植田一博. 『認知的インタラクションデザイン学』 の展望: 時間的な要素を組み込んだインタラクション・モデルの構築を目指して. 認知科学, Vol. 24, No. 2, pp. 220–233, 2016.

[8] 大森隆司, 奥谷一陽. 他者の認識の推定に基づく知的インタラクションの試み. 人工知能学会全国大会論文集 第 27 回全国大会 (2013), pp. 2F4OS044–2F4OS044. 一般社団法人 人工知能学会, 2013.

物語生成システムにおける説明生成に向けて
Toward Explanation Generation in a Narrative Generation System

小野 淳平[1], 伊藤 拓哉[2], 小方 孝[3]
Jumpei Ono, Takuya Ito, Takashi Ogata

[1]青森大学ソフトウェア情報学部, [2]岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科, [3]岩手県立大学ソフトウェア情報学部
[1]Faculty of Software and Information Technology, Aomori University
[2]Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University
[3]Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University
j.ono@aomori-u.ac.jp, g231r003@s.iwate-pu.ac.jp, t-ogata@iwate-pu.ac.jp

概要

物語は, 出来事を表現する事象だけでなく, 物語の時間的な進行を停止し, 物語を構成する要素について, その要素の外観や見た目以外の性質・特徴に関する説明を挿入することも多い. 説明は物語の理解を深めるためだけでなく, 時には物語を装飾するために利用されることもある. 本稿では, ジュネットが述べた物語言説論を下敷きとした, 説明に関する修辞技法を実現するアプローチとして, 説明生成機構の実装を報告し, 説明生成に利用する知識及びその知識を用いた説明生成の試みを紹介する.

キーワード：説明生成, 物語生成, 物語言説

1. まえがき

物語には, 物語を構成する要素の状態や状態の変化を表す事象の他, 特定の事物に関する様子や外観 (見た目) に関する記述や, 事物を単に感知しただけでは得られない情報に関する記述が含まれる. (なお, ここでは物語を小説など言語によって表現されたものと考えて考察を進めるが, 本稿の方法はその他のメディアによる物語にも応用可能である). ここでは, 見た目に関する記述を描写とし, 見た目以外の諸情報に関する記述を「説明」とする.

本稿は, 特に物語生成における説明に注目する. 物語の中に説明を挿入する目的は多様であり, 基本的情報を読者 (受け手) に提供するという実用的理由の場合もあれば, それを超えた修辞的効果を狙う場合もある. 「蘊蓄」と呼ばれるものは説明の一種と考えられるが, それは単なる受け手への情報提供を超えた, 過剰な説明 (という一種の修辞) である (小野・福田・河合・小方, 2020). 一方, 物語における説明は, 描写と同様, 物語における事象の展開 (筋) における時間的経過を停止させる特徴を持つ. ジュネット (1985)による物語言説論では, 物語の筋の進行を停止させる技法が設けられており, 描写や説明の挿入はそれを実現する方法として位置付けられている.

本稿では, 説明の基盤となる方式として, 物語における登場人物の情報を用いた説明生成手法及び説明の挿入方法を提案し, かつ Common Lisp で実装した説明生成機構を紹介する. 物語における説明には, 単純なもの (単なる情報提供用のもの) から複雑なもの (あるいは修辞的なもの) まで, いろいろな種類があることが考えられる. 本稿では, 物語中に現れる登場人物や場所や事物等に関する基礎的情報を提供する, 単純な説明に限定するが, それは諸種の高度な説明を物語生成の観点から検討するための基盤として機能すると思われる. 最後の部分で, より高度な説明の技法, 説明の表現の多様性, 説明の体系等について考察する. また, 説明の過剰形態としての蘊蓄については, 福田・小野・小方 (2020)が考察している.

2. 背景

この節では, 既存の研究における説明生成と本研究における説明生成の差を示し, 開発した機構が取り扱う物語の構造について説明する.

2.1. 説明生成

一時期, 説明生成の研究は盛んにおこなわれており (井上, 1992; 安部・石川・辻, 1988; 垣内・槇本・上原・豊田, 1989; 桜井・佐藤, 2002; 藤井・渡邉・石川, 2004), 最近は深層学習による説明生成 (小林・鈴木・谷津・原田, 2017)も行われている. また, 「それが何か」という見方だけでなく, 「何故そうなったか」を生成する研究もまた説明生成である (Clinciu & hastie, 2019). 例えば, 用語に関する説明の自動生成 (垣内・槇本・上原・豊田, 1989; 桜井・佐藤, 2002; 藤井・渡邉・石川, 2004)や, 画像キャプションの生成 (小林・鈴木・谷津・原田, 2017)は前者にあたり, 結論に至るための仮説形成 (井上, 1992)は後者にあたる. 安部・石川・辻 (1988)の研究は,

与えられた説明文から構造物の組み立て手順をプランニングするものであり，意味合いが多少異なるが，説明の研究の一種である．

ここで挙げた研究は直接，物語と関連する説明生成の研究ではないが，例えば，西田・森 (2009)が提案した，新聞における人物に関する説明記述の抽出方法は，説明に必要な情報の自動獲得や，説明の表現方法の獲得として考えるのであれば，物語に関する説明手法として応用可能である．本稿では，文学理論における物語言説論による，ストーリーの進行を停止させる技法としての説明という考えに基づき，説明をストーリー進行の中に挿入する基本方法を提案したが，今後は上記のような AI や認知科学の手法も取り込み，文学理論と融合させた方向で研究を進めて行く予定である．

2.2. 物語の構造の種類

物語を表現する言葉は多く存在する．筆者らは，物語(narrative)を広い意味で，物語を表すものとして扱う．対して，ストーリー (story)を物語の内容そのものを表す言葉として扱い，さらに，ストーリーを語りの構造（プロット）に変形したものを，物語言説 (discourse)と呼ぶ．

筆者らは，統合物語生成システム (Integrated Narrative Generation System: INGS) (Ogata 2019)の開発の過程で，1 節で述べたジュネット (1985)の物語言説論に基づく，物語生成システムとしての体系化モデルを提案し (小方, 1999)，その後語り手と物語の「距離」をはじめ物語言説の様々な側面について検討した．筆者らの物語言説研究の全体的な紹介は秋元・小方 (2013)を参照されたい．これらの物語言説の技法群は INGS において，物語のストーリーを具体的に語りの構造に変換する物語言説機構の中に位置づけられる．説明生成機構も，また同様である．

3. 休止法

ジュネット (1985)の物語言説論や我々の物語言説モデルにおける修辞技法の一つに休止法と呼ばれるものがある (秋元・小方, 2013)．説明や描写は，休止法の実現手法の一種であり，ストーリーの進行を停止させる機能を持つ．この「ストーリーの進行を停止させる」とは，図 1 のように，物語を語ることに費やされた文字の量 w の増加に対して，時間 t が増加しないことを指す．（また，線の傾きは時間経過の速度を表現しているが，ここではあくまで，説明による進行の停止のみに注目する）．このとき，t は時間や分など明確に量で表されるものでも，季節といったものでも構わない．

例えば，説明が含まれない場合は，「Aが～した。Bが~した。Aが～した。」というように，経過する時間の大小はあるものの，事象によって，ある状態が次の状態へと変化し続ける．しかし，説明はその流れとは切り離されており，少なくとも，説明が記述されている間は時間が停止する．これを説明の挿入により，ストーリーが時間の停止を伴った物語言説へ変化した，とする．例えば，図 2 に引用したゴーゴリ (1938)の『外套』では，太字の部分が休止法に当たる（この例では説明に加えて描写も含まれる）．これは主人公アカーキイ・アカーキエウィッチが職場から自宅へ帰る途中を記述している部分であり，特に「ところで」という部分から「さて」という部分までが説明に当たり，その記述の間は「帰る」という行為の時間が停止している．

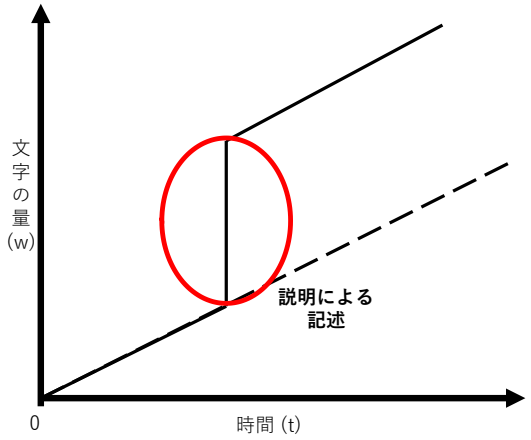


図 1 物語における時間の停止

（前略）・・・ アカーキイ・アカーキエウィッチはできるだけ早く、いつもきまった道程みちのりを駆け抜けるように努めていたにもかかわらず、いつからともなく背中と肩の辺が何だか特にひどくちかちかするように感じ出した。ついに彼は、これは何か自分の外套のせいではなかろうかと考えた。家でたんねんに調べてみると、なるほど二、三ヵ所、つまり背中と両肩のところがまるで木綿ぎれのように薄くなっているのを発見した。**ラシャは透けて見えるほどすり切れ、裏地がぼろぼろになっている。ところで、このアカーキイ・アカーキエウィッチの外套が、やはり同僚たちの嘲笑の的になっていたことを知っておかなければならない。彼らはそれをまともに【外套】とは呼ばないで、【半纏はんてん】と呼んでいた。実際それは一種変てこなものであった。他の部分の補布つぎに使われるので襟は年ごとにだんだん小さくなっていった。**さて、事のしだいを確かめると、アカーキイ・アカーキエウィッチは、 ・・・（後略）

図 2 『外套』における時間の停止の例

4. 物語の構造

本節では，2.2 節で述べた物語の二種類の構造について説明する．一つはストーリーであり，もう一つは物語言説である．

4.1. ストーリーの構造

ストーリーは，時間的な流れに基づいて事象が並ぶ構造である．事象は，関係を中間ノード（及び根ノード）とした階層的な構造を持ち，それぞれの事象は状態という子ノードを持つ．一つの事象に接続する状態は二つあり，その二つの状態は時間的に前後する関係にある．ある事象は，状態の変化を表していると表現しても良く，変化前の状態と変化後の状態が一つの事象に接続している．関係は，一つ以上の事象または関係と，他の一つ以上の事象または関係を接続することで階層的構造を成す．この関係には，例えば因果関係が含まれる．図 3 はストーリーの構造の例である（左の事象ノードから右の事象ノードへ時間が進行している）．仮に事象 1 が，「ある人物が食事する」という内容である場合，状態 1 では「ある人物」が空腹であり，状態 2 では「ある人物」が満腹であるといった例が挙げられる（もちろん，満腹になるのではなく，他の異なる状態になる可能性も 0 ではないが，ここでは最も単純な例を挙げている）．

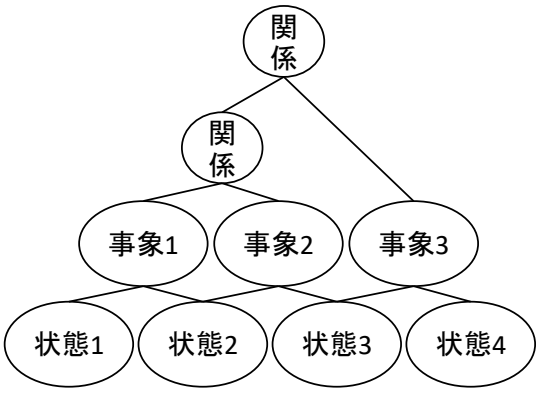


図 3 ストーリー構造

状態はさらに，物語に登場する登場人物，物，場所について，それらの性質や特徴を記述した属性情報を格納している．詳細は 6.4 節で説明するが，ここでいう変化とはその属性情報のいずれかの項目が変化することを指す．なお，状態は，物語における時間単位の分だけ生成される．

4.2. 物語言説の構造

物語言説は，ストーリーの構造のうち，語りの構造によって，事象を再配置した構造である．図 4 の例は，図 3 の例に対して，(A) 事象 2 の省略（それに伴う関係ノードの削除），(B) 事象 1 の回想，そして，(C) 説明ノードの追加が行われたものである． (A)や(B)の事例は，3 節で説明した休止法以外の修辞技法によって生まれたものであり，ここでは説明を省略する．(C)は，事象 3 に伴ういずれかの要素（人物，物，場所，時間）について説明しているノードであり，状態 3 における属性情報に基づく内容を持つ．この説明により，事象 1 が生起したのち，事象 3 が生起するタイミングが遅れる構造となっている．

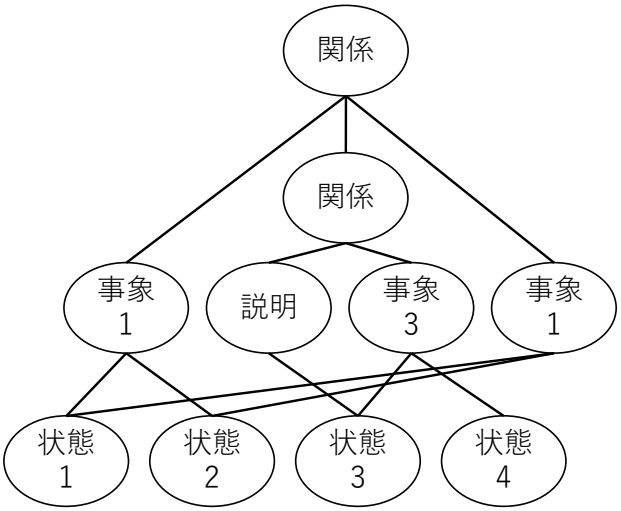


図 4 物語言説構造

5. 説明生成機構の構成

図 5 に説明生成機構の全体の流れを示す．説明生成機構は，INGS が生成する物語を入力とする．INGS の生成する物語は，事象の木構造で表現され，それをストーリー木と呼ぶ．ストーリー木は物語を構成する事象を表現した格構造の記述から成るが，説明生成機構は，この事象の格構造にさらに説明文の内容を表す，説明の構造を追加する．説明生成機構は，説明の追加の対象である事象の格構造から，対象の要素を抜き出し，その要素に関するインスタンス情報を参照し，その中の情報を説明の構造として追加する．説明生成機構を使用した結果，ストーリー木に説明の構造が追加された物語言説木が出力される．次の 6 節でシステムが取り扱うデータ及び知識の構造について述べ，生成の流れの詳細を 7 節で述べる．

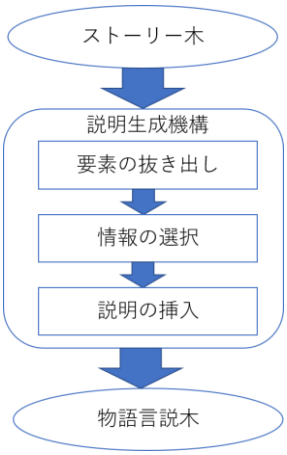


図 5 説明生成機構の流れ

6. 物語の構造及び知識ベース

ここでは，説明生成機構で利用するデータや知識の構造について述べる．

6.1. 入出力

入力は，INGS が生成するストーリー木である．ストーリー木は，物語における事象の格構造どうしが関係によって結びついたものである．図 6 の例のように，「出かける 1」，「摘む 1」といった事象を表す記述が，「継起」という関係によって結びついている．出力は，物語言説木である．筆者らが取り扱う物語言説木は，ストーリー木の構造を変形した構造木に当たるが（例えば過去回想による時間構造の変形等），ここでは単純化し，ストーリー木に対して 6.2 節で説明する説明の概念構造が加えられた構造木を指す．

```
($継起
  (event 出かける 1 (type action) (ID 1) (time (time1 time2))
    (agent age%間影充#1) (location loc%仙台農場#1) (object
    obj%用事#1))
  (event 摘む 1 (type action) (ID 2) (time (time2 time3)) (agent
    age%間影充#1) (location loc%仙台農場#1) (object obj%と
    ちおとめ#1)))
```

図 6 ストーリー木の例

6.2. 説明の概念構造

INGS のストーリー木は事象の格構造が関係によって階層化された構造を持つ．今回はこの事象の格構造に新たに説明の構造を追加する．説明の構造を追加した例を図 7 に示す．これは，図 6 のストーリー木に対して説明の概念構造を挿入した図である．太字部分が説明の概念構造に当たり，説明対象を target，説明の内容を attribute としてそれぞれ記述する．

```
($継起
  ($説明
    (event 出かける 1 (type action) (ID 1) (time (time1 time2))
      (agent age%間影充#1) (location loc%仙台農場#1) (object
      obj%用事#1))
    (Explanation (target age%間影充#1) (attribute (身長
      170cm))))
    (event 摘む 1 (type action) (ID 2) (time (time2 time3)) (agent
      age%間影充#1) (location loc%仙台農場#1) (object obj%
      とちおとめ#1)))
```

図 7 説明の構造の例

6.3. INGS における概念辞書

ここでは 2.3 節で述べた INGS が持つ知識ベースのうち，説明生成機構に関連する概念辞書について説明する．

6.3.1. 名詞概念辞書

INGS が物語生成で利用する名詞概念が体系的に登録された辞書である．名詞概念辞書の構造を体系的に整理するための中間概念と，実際に物語において利用される終端概念が存在し，個々の終端概念は必ずいずれかの中間概念と結びつくかたちで登録されている．現在，名詞概念辞書には，5,808 個の中間概念と 115,765 個の終端概念が登録されており，それぞれが属性情報を持つ．

6.3.2. 動詞概念辞書

INGS が物語生成で利用する動詞概念が体系的に登録された辞書である．動詞概念辞書中の動詞概念は，36 種の中間概念で分類されており，11,951 種の動詞概念が登録されている．それぞれの動詞概念は，自然文生成の際に利用する文型パターンと，文を成立させるために必要な必須格，必須格に当てはまる名詞概念を選択するための制約条件といった情報を持つ．

6.4. 属性情報

属性情報は，概念辞書に格納されている段階では，名前や身長といった項目に，具体的な値が記入されていない．ストーリー生成において状態が生成された際に，概念辞書からフレームワークとしての属性情報が参照

され，各空欄の項目は，具体的な値（例えば，名前であれば太郎など）が記入される．その結果，格構造にストーリーに登場する具体的な要素が挿入される．この具体的な要素をインスタンスと呼ぶ．

INGS における，従来のインスタンスの属性情報は，物語中の局所的な状態を記述するためのものであり，所持品や健康状態といった変化の起こりやすい情報を記述している．図 8 は属性情報の記述例である．今回はさらに登場人物，物，場所の説明を行いやすいように，身長，体重，年齢，外見，所属集団，人間関係の項目を追加した．

((ID age%親#1) (instance-of 親@親) (type nil) (location loc%ネット#1) (名前 間影充) (身長 170cm) (体重 45kg) (年齢 52 歳) (外見 初老のやせ型) (所属集団 ○□商事) (服 スーツ) (所持 財布 バッグ) (状態 健康) (健康状態 100) (体勢 nil) (職業 起業家) (行動目的 nil) (人間関係 (子 間黒男) (母 ピノコ)) ((住所 仙台市青葉区中央 3-14) (言葉 日本語) (知覚 nil) (記憶 nil) (外装 nil) (能力 nil) (意識 覚醒) (位置 nil) (湿度 nil) (温度 nil))

図 8　インスタンスの属性情報

7.　説明生成

ここでは，説明生成の手順およびストーリー木に対する説明の挿入方法について述べる．

7.1.　説明生成の概要

開発した説明生成機構では，以下の手順に沿って，一つ以上の説明の概念構造をストーリー木に挿入する．

- **[Step 1] 格構造からの説明対象の選択**：説明挿入の対象とする事象の格構造中から，説明の対象となる要素を抜き出す．説明の対象は agent 格，object 格，location 格であり，これらの格の要素からいずれかを選択する．
- **[Step 2] 対象のインスタンス情報から，説明に利用する情報を決定**：Step 1 で選択した要素の属性情報を参照し，その中から説明に利用する情報を選択する．選択の方法としては，インスタンス情報の中に登録されている順番に利用する方法，特定の情報をあらかじめ決定し利用する方法などが挙げられる．
- **[Step 3] 説明の構造として追加**：説明挿入対象の事象及び生成された説明を，関係「$説明」によって結び付け，部分木を準備する．

7.2.　挿入位置の決定

7.1 節で述べた説明の挿入を，物語全体に適用するための方法として，初出説明方法，前半挿入方法，後半挿入方法，分散挿入方法の 4 種類の方法を実装した．表 1 に 4 種類の挿入方法をまとめる．

7.3.　説明挿入の設定

今回試作した説明生成機構は，7.2 節の表 1 に示したいずれかの方法に基づき，それぞれ特定の範囲内で事象毎に生成を行う．基本的に，7.1 節で示したプロセスによって，説明を挿入するが，より細かな条件として，以下に示す設定に従い説明の構造の挿入を行う．

- **説明の挿入量：**一度の挿入に一つ以上の説明を挿入する．一度に挿入できる説明の最大量は，説明の対象の要素が持つ属性情報の総数を想定するが，次に挙げる重複について考慮しないのであれば，量に制限をかけずに挿入を行うことも可能である．
- **説明の順番：**インスタンスが持つ属性情報を利

表 1 説明挿入の方法

方法	説明	効果
初出説明方法	初出の要素について説明を挿入する	初出要素を説明するので，読み手が物語を理解しやすい
前半挿入方法	物語を二分割し，その前半部分の事象に対して説明挿入を行う	必要となる情報の提示を物語の前半で済ませ，読み手の物語の理解と物語の進行のテンポを促進する．
後半挿入方法	物語を二分割し，その後半部分の事象に対して説明挿入を行う	不鮮明な物語が徐々に開示される印象を狙う．
分散挿入方法	物語全体に均等な量の説明の挿入を行う	一度に大量に説明せず，物語をいくつかの場面に分割し，それぞれの場面に登場する要素について少量の説明を挿入することで，効果的な説明を狙う．

用する順番を決定する．属性情報フレームにおける情報を登録順に利用する方法，特定の順番を指定する方法が考えられる．

- **内容の重複：**一度説明に利用した属性情報を再度利用するか否かを設定する．重複を認めない場合，インスタンスの属性情報として登録したすべての情報を説明に利用した場合，それ以降説明は挿入しない．
- **説明文の挿入位置：**説明の構造から自然文を生成する際，その説明の文をどこに挿入するかを設定する．位置の候補としては，説明の構造の挿入対象としている事象を自然文に展開したものの前後，あるいは特定の箇所を指定し，説明をまとめて挿入することが挙げられる．8 節で示す例では，初出説明方法，前半挿入方法と後半挿入方法では事象の文の直後に，分散挿入方法では事象の文の直前にまとめて挿入した．

8. 説明生成の実例

ここでは，本稿で用意した属性情報に関して説明し，次に，表 1 に示した 4 つの方法ごとに生成例を示す．

8.1. 属性情報の作成

今回は説明生成の試作として，登場人物 (agent 格)の属性情報の追加を行った．登場人物の属性情報の作成の際，『ブラックジャック』 (手塚, 1974)の登場人物の名前などの情報を参考とした．また，属性情報のうち，詳細が不明だったものは筆者が数値や情報を作成して追加した．説明生成に今回作成を行った属性情報の例を図 9 に示す．そして図 10 が 8.2 節から 8.5 節までの生成例に対する入力となるストーリーである．ここで生成例は，登場人物に関する属性情報の説明のみを挿入している（魔法の杖も主体的に動くため人物扱い）．

8.2. 初出説明方法

初出説明方法は，説明対象となり得る要素（本稿では登場人物）が初めてストーリーに現れた場合，その要素が持つ属性情報を全て説明する方法である．一度説明を行ったものについては，その後，再びストーリーに登場したとしても，説明することはない．図 11 がその生成例である．次に述べる前半挿入方法と類似した結果となるが，新しい登場人物が登場する割合が大きい部分が特に説明の量が多くなる．

8.3. 前半挿入方法

前半挿入方法は，必要となる情報の提示を物語の前半で済ませ，読み手の物語の理解と物語の進行のテンポを促進させる方法である．図 12 に前半挿入方法の例を示す．太字の斜体となっている部分が挿入された説明の部分である．今回の例では，いずれの例も物語の前半部分の事象の agent 格の要素に関して，インスタンス中の登録順に一度に 2 つの情報を用いて説明の挿入を行っている．

この例では，物語の前半で登場人物についての説明が挿入されており，登場人物たちについてのイメージがより具体的に想像される．しかし一方でこの物語では後半にも新たな登場人物が登場しており，その人物については説明が挿入されておらず，前半部分に登場した登場人物よりもイメージがしにくくなっている．

((ID age%親#1) (instance-of 親@親) (type nil) (location loc%ネット#1) (名前 間影充) (身長 170cm) (体重 45kg) (年齢 52 歳) (外見 初老のやせ型) (所属集団 ○□商事) (服 スーツ) (所持 財布 バッグ) (状態 健康) (健康状態 100) (体勢 nil) (職業 起業家) (行動目的 nil) (人間関係 (子 間黒男) (母 ピノコ)) ((住所 仙台市青葉区中央 3-14) (言葉 日本語) (知覚 nil) (記憶 nil) (外装 nil) (能力 nil) (意識 覚醒) (位置 nil) (湿度 nil) (温度 nil))

図 9 登場人物の属性情報

間影充が用事に出かける。間影充がとちおとめを摘む。ピノコが間黒男に外出を禁止する。ピノコが間黒男に留守を頼む。間黒男がブラックジャック邸から抜け出る。間黒男が禁を破る。桑田このみが如月めぐみを消す。間黒男が仙台農場よりロップリアまで来る。本間丈太郎が間黒男に捜索と命令する。本間丈太郎が間黒男を送り出す。間黒男が冒険を決意する。間黒男が冒険へ出立する。間黒男が仙台空港に向かう。丸首ブーンがハムエッグを捕らえる。ハムエッグが「間黒男がハムエッグから解放する」ことを間黒男に頼む。間黒男がハムエッグを放す。間黒男が魔法の杖を買う。間黒男が魔法の杖に乗る。間黒男が敵地に向かう。魔法の杖が岩手県立大学より呪いの井戸まで移動する。間黒男が岩手県立大学より呪いの井戸まで移動する。間黒男が桑田このみと戦う。桑田このみが暴れる。間黒男が傷を負う。桑田このみが間黒男に敗れる。間黒男が魔法の杖を使う。間黒男が如月めぐみを獲得する。間黒男が呪いの井戸から脱出する。桑田このみが飛ぶ。桑田このみが間黒男を追う。間黒男がラルゴへ隠れる。間黒男がロップリアに到着する。ドクターキリコがダイヤを本間丈太郎に要求する。傷が間黒男にある。本間丈太郎が間黒男の傷を見る。間黒男が傷によって認知される。如月めぐみが真実を語る。ドクターキリコの嘘偽りが露見する。間黒男がズボンを着る。間黒男が名人へ昇格する。本間丈太郎が桑田このみを容赦する。本間丈太郎がドクターキリコを容赦する。間黒男が報酬を得る。

図 10 入力ストーリー

間影充が用事に出かける。***間影充の名前は間影充です。間影充の身長は 170cm です。間影充の体重は 45kg です。間影充の年齢は 52 歳です。*** 間影充がとちおとめを摘む。ピノコが間黒男に外出を禁止する。***ピノコの名前はピノコです。ピノコの身長は 150cm です。ピノコの体重は 45kg です。ピノコの年齢は 72 歳です。*** ピノコが間黒男に留守を頼む。間黒男がブラックジャック邸から抜け出る。***間黒男の名前は間黒男です。間黒男の身長は 175cm です。間黒男の体重は 65kg です。間黒男の年齢は 31 歳です。間黒男の外見は黒ずくめです。間黒男の所属集団は団 無所属です。間黒男の服は洋服です。間黒男の所持はコート メスです。間黒男の職業は医師です。間黒男の言葉は日本語です。間黒男の言葉は日本語です。間黒男の意識は覚醒です。*** 間黒男が禁を破る。桑田このみが如月めぐみを消す。***桑田このみの名前は桑田このみです。桑田このみの身長は 168cm です。*** 間黒男が仙台農場よりロップリアまで来る。本間丈太郎が間黒男に捜索と命令する。***本間丈太郎の名前は本間丈太郎です。本間丈太郎の身長は 162cm です。本間丈太郎の体重は 53kg です。本間丈太郎の年齢は 66 歳です。*** 本間丈太郎が間黒男を送り出す。間黒男が冒険を決意する。間黒男が冒険へ出立する。間黒男が仙台空港に向かう。丸首ブーンがハムエッグを捕らえる。***丸首ブーンの名前は丸首ブーンです。丸首ブーンの身長は 160cm です。*** ハムエッグが「間黒男がハムエッグから解放する」ことを間黒男に頼む。***ハムエッグの名前はハムエッグです。ハムエッグの身長は 165cm です。*** 間黒男がハムエッグを放す。間黒男が魔法の杖を買う。***魔法の杖の名前は魔法の杖です。魔法の杖の外見は美品です。*** 間黒男が魔法の杖に乗る。間黒男が敵地に向かう。魔法の杖が岩手県立大学より呪いの井戸まで移動する。間黒男が岩手県立大学より呪いの井戸まで移動する。間黒男が桑田このみと戦う。桑田このみが暴れる。間黒男が傷を負う。桑田このみが間黒男に敗れる。間黒男が魔法の杖を使う。間黒男が如月めぐみを獲得する。間黒男が呪いの井戸から脱出する。桑田このみが飛ぶ。桑田このみが間黒男を追う。間黒男がラルゴへ隠れる。間黒男がロップリアに到着する。ドクターキリコがダイヤを本間丈太郎に要求する。傷が間黒男にある。本間丈太郎が間黒男の傷を見る。間黒男が傷によって認知される。如月めぐみが真実を語る。ドクターキリコの嘘偽りが露見する。間黒男がズボンを着る。間黒男が名人へ昇格する。本間丈太郎が桑田このみを容赦する。本間丈太郎がドクターキリコを容赦する。間黒男が報酬を得る。

図 11 初出説明方法の例

間影充が用事に出かける。***間影充の名前は間影充です。間影充の身長は 170cm です。*** 間影充がとちおとめを摘む。***間影充の体重は 45kg です。間影充の年齢は 52 歳です。*** ピノコが間黒男に外出を禁止する。***ピノコの名前はピノコです。ピノコの身長は 150cm です。*** ピノコが間黒男に留守を頼む。***ピノコの体重は 45kg です。ピノコの年齢は 72 歳です。*** 間黒男がブラックジャック邸から抜け出る。***間黒男の名前は間黒男です。間黒男の身長は 175cm です。*** 間黒男が禁を破る。***間黒男の体重は 65kg です。間黒男の年齢は 31 歳です。*** 桑田このみが如月めぐみを消す。***桑田このみの名前は桑田このみです。桑田このみの身長は 168cm です。*** 間黒男が仙台農場よりロップリアまで来る。***間黒男の外見は黒ずくめです。間黒男の所属集団は団 無所属です。*** 本間丈太郎が間黒男に捜索と命令する。***本間丈太郎の名前は本間丈太郎です。本間丈太郎の身長は 162cm です。*** 本間丈太郎が間黒男を送り出す。***本間丈太郎の体重は 53kg です。本間丈太郎の年齢は 66 歳です。*** 間黒男が冒険を決意する。***間黒男の服は洋服です。間黒男の所持はコート メスです。*** 間黒男が冒険へ出立する。***間黒男の職業は医師です。間黒男の言葉は日本語です。*** 間黒男が仙台空港に向かう。***間黒男の言葉は日本語です。間黒男の意識は覚醒です。*** 丸首ブーンがハムエッグを捕らえる。***丸首ブーンの名前は丸首ブーンです。丸首ブーンの身長は 160cm です。*** ハムエッグが「間黒男がハムエッグから解放する」ことを間黒男に頼む。***ハムエッグの名前はハムエッグです。ハムエッグの身長は 165cm です。*** 間黒男がハムエッグを放す。間黒男が魔法の杖を買う。間黒男が魔法の杖に乗る。間黒男が敵地に向かう。魔法の杖が岩手県立大学より呪いの井戸まで移動する。***魔法の杖の名前は魔法の杖です。魔法の杖の外見は美品です。*** 間黒男が岩手県立大学より呪いの井戸まで移動する。間黒男が桑田このみと戦う。桑田このみが暴れる。間黒男が傷を負う。桑田このみが間黒男に敗れる。間黒男が魔法の杖を使う。間黒男が如月めぐみを獲得する。間黒男が呪いの井戸から脱出する。桑田このみが飛ぶ。桑田このみが間黒男を追う。間黒男がラルゴへ隠れる。間黒男がロップリアに到着する。ドクターキリコがダイヤを本間丈太郎に要求する。傷が間黒男にある。本間丈太郎が間黒男の傷を見る。間黒男が傷によって認知される。如月めぐみが真実を語る。ドクターキリコの嘘偽りが露見する。間黒男がズボンを着る。間黒男が名人へ昇格する。本間丈太郎が桑田このみを容赦する。本間丈太郎がドクターキリコを容赦する。間黒男が報酬を得る。

図 12 前半挿入方法の例

8.4. 後半挿入方法

後半挿入方法は，不鮮明な物語が徐々に開示される印象を狙う方法である．前半は説明を挿入せず，後半部分にのみ説明を挿入する．図 13 に生成例例を示す．

この例では，物語の後半部分で登場人物に関する説明が挿入されている．前半部分では名前だけが突然提示された登場人物たちの詳細情報が，物語の後半で説明されている．ただし，前半部分にのみ登場する登場人物は特に説明が行われずに物語は終了している．また，物語の後半部部は「戦う」や「脱出する」など，盛り上がりをみせる部分であり，ここで身長や年齢といった基本的な情報が挿入されてしまうのは不適切なようにも思われる．

8.5. 分散挿入方法

分散挿入方法は，一度に大量に説明するのではなく，物語をいくつかの場面に分割し，それぞれの場面に登場する要素について少量の説明を挿入することで，効果的な説明を狙う方法である．図 14 に生成例を示す．この例では，物語を四分割し，それぞれのまとまりの中ではじめて出現する人物について，そのまとまりの直前に説明を挿入している．

この例では，前半挿入方法や後半挿入方法の例とは異なり，物語の中に登場する登場人物すべてについて説明が挿入されている．この方法では，まんべんなく説明を行う効果が期待される．ただし，今回の例では，接続詞など挿入を行う文と文のつながり方については考慮していないため，単調な説明文が長く続いている．

間影充が用事に出かける。間影充がとちおとめを摘む。ピノコが間黒男に外出を禁止する。ピノコが間黒男に留守を頼む。間黒男がブラックジャック邸より抜け出る。間黒男が禁を破る。桑田このみが如月めぐみを消す。間黒男が仙台農場よりロップリアへ来る。本間丈太郎が間黒男に捜索と命令する。本間丈太郎が間黒男を送り出す。間黒男が冒険を決意する。間黒男が冒険へ出立する。間黒男が仙台空港に向かう。丸首ブーンがハムエッグを捕らえる。ハムエッグが「間黒男がハムエッグより解放する」ことを間黒男に頼む。間黒男がハムエッグを放す。間黒男が魔法の杖を買う。間黒男が魔法の杖に乗る。間黒男が敵地に向かう。魔法の杖が岩手県立大学から呪いの井戸まで移動する。間黒男が岩手県立大学から呪いの井戸へ移動する。間黒男が桑田このみと戦う。桑田このみが暴れる。***桑田このみの名前は桑田このみです。桑田このみの身長は168cm です。***間黒男が傷を負う。***間黒男の名前は間黒男です。間黒男の身長は 175cm です。***桑田このみが間黒男に敗れる。***桑田このみの体重は 52kg です。桑田このみの年齢は 30 歳です。***間黒男が魔法の杖を使う。***間黒男の体重は 65kg です。間黒男の年齢は 31 歳です。***間黒男が如月めぐみを獲得する。***間黒男の外見は黒ずくめです。間黒男の所属集団は団 無所属です。***間黒男が呪いの井戸より脱出する。***間黒男の服は洋服です。間黒男の所持はコート メスです。***桑田このみが飛ぶ。***桑田このみの外見は金髪の長身です。桑田このみの所属集団は△△病院です。***桑田このみが間黒男を追う。***桑田このみの服は白衣です。桑田このみの所持はメス マスクです。***間黒男がラルゴに隠れる。***間黒男の職業は医師です。間黒男の言葉は日本語です。***間黒男がロップリアに到着する。***間黒男の言葉は日本語です。間黒男の意識は覚醒です。***ドクターキリコがダイヤを本間丈太郎に要求する。***ドクターキリコの名前はドクターキリコです。ドクターキリコの身長は 170cm です。***傷が間黒男にある。ロップリアの名前はロップリアです。本間丈太郎が間黒男の傷を見る。***本間丈太郎の名前は本間丈太郎です。本間丈太郎の身長は162cm です。***間黒男が傷によって認知される。如月めぐみが真実を語る。***如月めぐみの名前は如月めぐみです。如月めぐみの身長は 154cm です。***ドクターキリコの嘘偽りが露見する。***ドクターキリコの体重は 60kg です。ドクターキリコの年齢は 35 歳です。***間黒男がズボンを着る。間黒男が名人へ昇格する。本間丈太郎が桑田このみを容赦する。***本間丈太郎の体重は 53kg です。本間丈太郎の年齢は 66 歳です。***本間丈太郎がドクターキリコを容赦する。***本間丈太郎の外見は鼻の大きな老人です。本間丈太郎の所属集団は本間医院です。***間黒男が報酬を得る。

図 13 後半挿入方法の例

本間丈太郎の身長は 162cm です。本間丈太郎の名前は本間丈太郎です。桑田このみの身長は 168cm です。桑田このみの名前は桑田このみです。間黒男の身長は 175cm です。間黒男の名前は間黒男です。間影充の身長は 170cm です。間影充の名前は間影充です。ピノコの身長は 150cm です。ピノコの名前はピノコです。間影充が用事に出かける。間影充がとちおとめを摘む。ピノコが間黒男へ外出を禁止する。ピノコが間黒男に留守を頼む。間黒男がブラックジャック邸より抜け出る。間黒男が禁を破る。桑田このみが如月めぐみを消す。間黒男が仙台農場よりロップリアに来る。本間丈太郎が間黒男に捜索と命令する。本間丈太郎が間黒男を送り出す。間黒男が冒険を決意する。***魔法の杖の外見は美品です。魔法の杖の名前は魔法の杖です。丸首ブーンの身長は 160cm です。丸首ブーンの名前は丸首ブーンです。ハムエッグの身長は 165cm です。ハムエッグの名前はハムエッグです。***間黒男が冒険へ出立する。間黒男が仙台空港に向かう。丸首ブーンがハムエッグを捕らえる。ハムエッグが「間黒男がハムエッグから解放する」ことを間黒男へ頼む。間黒男がハムエッグを放す。間黒男が魔法の杖を買う。間黒男が魔法の杖に乗る。間黒男が敵地に向かう。魔法の杖が岩手県立大学より呪いの井戸まで移動する。間黒男が岩手県立大学より呪いの井戸に移動する。間黒男が桑田このみと戦う。***ドクターキリコの身長は 170cm です。ドクターキリコの名前はドクターキリコです。***桑田このみが暴れる。間黒男が傷を負う。桑田このみが間黒男に敗れる。間黒男が魔法の杖を使う。間黒男が如月めぐみを獲得する。間黒男が呪いの井戸から脱出する。桑田このみが飛ぶ。桑田このみが間黒男を追う。間黒男がラルゴへ隠れる。間黒男がロップリアへ到着する。ドクターキリコがダイヤを本間丈太郎に要求する。***如月めぐみの身長は 154cm です。如月めぐみの名前は如月めぐみです。***傷が間黒男にある。本間丈太郎が間黒男の傷を見る。間黒男が傷によって認知される。如月めぐみが真実を語る。ドクターキリコの嘘偽りが露見する。間黒男がズボンを着る。間黒男が名人へ昇格する。本間丈太郎が桑田このみを容赦する。本間丈太郎がドクターキリコを容赦する。間黒男が報酬を得る。

図 14 分散挿入方法の例

9. 考察

ここでは生成例そのものついて，及び生成の挿入方法について考察する．

9.1. 生成例に関する考察

現状の生成例に関する課題点について考察する．まず挿入を行った説明の種類について，登場人物の外見や所属，状態に関する説明の挿入を行った．これは前半挿入方法，分散方法においては，出てきたばかりの登場人物のイメージをより具体化するという点で効果が期待される．しかし，後半挿入方法では，後半の「戦う」や「脱出する」といったアクションが行われている際に，登場人物の基本的な情報が挿入されてしまい，話の進行のテンポが悪くなってしまったように思われる．このような点では，後半挿入方法については利用する説明の情報の種類を拡張することで対応を考える必要がある．例えば，「戦う」の場面では「主人公は武道の経験がある」，「脱出する」の場面では「足が速い」などの情報が挿入されると，それぞれの場面がより盛り上がると考える．

また，今回はインスタンスにおける登録順に説明の挿入を行ったため，登場人物の名前や身長に関する情報が繰り返し挿入されたが，その際，毎回同じ文の形式で挿入が行われている．おなじ属性について説明する場合も，「主人公の身長は○○cm です」「主人公は○○cm の身長だ」のように表現のバリエーションを持たせる必要がある．

9.2. 説明挿入のための方法の考察

今回は，説明の挿入について，初出説明方法，前半挿入方法，後半挿入方法，分散挿入方法の 4 種類を提案した．今回の方法は，単純な挿入位置の決定による方法

であり, 形式的な方法によって, ストーリーの理解を何らかの形で補助するような説明が現れる. しかし, もちろん物語における説明の挿入には, より意味的な挿入の戦略がある. 例えば, 以下のような方法が考えられ, それぞれの方法によって, 物語から受ける印象やストーリーの解釈に影響を与えるだろう.

- **過剰説明**: 物語におけるある一つの場面だけに, 大量の説明を挿入する.
- **小津映画風**: 場所が切り替わるごとに, その場所に関する説明を複数個挿入する（もとの手法は描写の性質が強いが, ここではあくまで説明の挿入に限る）.
- **脇役集中**: 物語全体を通じて登場頻度が少ない人物に対する説明の量を増やす.
- **主役集中**: 物語全体を通じて登場頻度が多い人物に対する説明の量を増やす.
- **説明対象集中**: 物語全体を通じて, 一人の登場人物に注目し, その人物だけの説明を挿入する.
- **解説**: ある特定の人物のみが説明を行う（解説役）
- **反復**: ある登場人物について, 同様の内容の説明を繰り返し挿入する.
- **複数視点**: ある要素について, 複数人の視点から説明を挿入（同一の要素について, ポジティブ／ネガティブな説明など差別化）.
- **隠蔽**: 特定の人物や物について, 他の要素と比較して, 極端に説明の量を減らす.
- **ミスリード**: 特定の要素に関する情報（説明）を過剰にし, 情報の多さから, 読者の誤解を誘発する.
- **特定場面での集中的説明**:「戦う」など特定の事象が現れる周辺にて, 説明の量を増やす.

10. あとがき

本稿では, INGS における説明の基盤となる方式として, 物語におけるインスタンスの属性情報を用いた説明生成手法及び, 4 の説明の挿入方法の提案を行い, また, Common Lisp で実装した説明生成機構を示した. 本稿で示した説明生成機構はフレームワークであり, 説明生成に対して形式的な手法を提供している. そこで今後は, より戦略的な方法を検討し, 生成される物語の印象を操作することを可能とすることが目標となる.

文献

安部 憲広・石川 智浩・辻 三郎 (1988). 組立説明文からの組立手順の生成.『人工知能学会誌』, *3*(5), 590-598.

秋元 泰介・小方 孝 (2013). 物語生成システムにおける物語言説機構に向けて. 『認知科学』, *20*(4), 396-420.

Clinciu, M-A. & Hastie, H. (2019). A survey of explainable AI terminology. *Proceedings of the 1st Workshop on Interactive Natural Language Technology for Explainable Artificial Intelligence (NL4XAI 2019)*, 8-13.

福田 和維・小野 淳平・小方 孝 (2020). 物語生成システムへの蘊蓄生成機構の導入. 『2020 年度人工知能学会全国大会（第 34 回）論文集』, 3D1-OS-22a-03.

藤井 敦・渡邉 まり子・石川 徹也 (2004). 複数 Web ページの要約による用語説明の自動生成. 『情報処理学会研究報告自然言語処理』, *2004*(1), 31-38.

ジュネット, G., 花輪 光・和泉 凉一 訳 (1985).『物語のディスクール―方法論の試み―』. 水声社

ゴーゴリ, N. (1938). 外套. ゴーゴリ,N., 平井肇 訳『外套・鼻』.岩波書店.

井上 克己 (1992). アブダクションの原理. 『人工知能学会誌』, 7(1), 48-59.

小林 豊・鈴木 諒・谷津 元樹・原田 実 (2017). 深層学習による日本語キャプション生成システムの開発. 『インタラクティブ情報アクセスと可視化マイニング研究会資料』, 17(04), 19-23.

西田 成臣・森 辰則 (2009). 二段階洗練化手法による新聞記事からの人物説明記述の抽出.『言語処理学会第 15 回年次大会』. 40-43.

小野 淳平・福田　和維・河合珠空・小方 孝 (2020). システム実装を通じた蘊蓄生成機構の考察. 『認知科学大会全国大会予稿集』 (In printing).

小野 淳平・小方 孝 (2017). Wikipedia を利用した概念辞書における属性情報の獲得と物語自動生成ゲームでの利用. 『2017 年度人工知能学会全国大会（第 31 回）論文集』, 1D3-OS-29b-2in2.

小方 孝 (1999). 物語生成システムの観点からの物語言説論の体系化へ向けた試み. 『情報処理学会人文科学とコンピュータ研究会資料』, **44**, 31-38.

Ogata, T. (2019). Toward a post-narratology or the narratology of narrative generation. In T. Ogata, & T. Akimoto (Eds.), *Post-narratology through computational and cognitive approaches* (pp. 85-142). Hershey, PA, USA: IGI Global.

桜井 裕・佐藤 理史 (2002). ワールドワイドウェブを利用した用語説明の自動生成. 『情報処理学会論文誌』, **43**(5), 1470-1480.

垣内 隆志・槇本 英治・上原 邦昭・豊田 順一 (1989). ユーザモデルを利用した説明文生成プランニング. 『人工知能学会誌』, 4(2), 185--195.

手塚 治虫 (1974). 『ブラックジャック』. 秋田書店.

物語の総合システムとして見た世阿弥の能楽思想—序論—
Zeami's Nō Theories Seen as a Synthetic Narrative System: Introduction

小方 孝
Takashi Ogata
岩手県立大学
Iwate Prefectural University
t-ogata@iwate-pu.ac.jp

概要
筆者は「歌舞伎の物語生成」に関する研究を行って来たが、現在それを拡張して、物語生成の視角から日本独自の物語論（ナラトロジー）を開拓する可能性を展望している。本論文では、世阿弥による能楽論・能楽思想を、舞台上演を中心とした物語生成機構として捉え、9 つのテーマに分けてそれぞれについて論述する。これを踏まえて、歌舞伎との異同、日本独自の（物語生成の）物語論について議論する。

キーワード：歌舞伎 (kabuki), 物語生成 (narrative generation), 物語論 (narratology), 能 (No), 世阿弥 (Zeami).

1. まえがき

筆者は、物語生成という観点から歌舞伎の調査・分析とモデル化・システム化を行って来た (小方, 2018; Ogata, 2020d)。歌舞伎の生成から上演、批評に至るプロセスに基づいて、その諸要素と関係を整理・体系化することを目指してこの研究を進めている。その過程で、歌舞伎がそれ以前の日本における多様な芸能・演劇・文学の要素を取り入れて発展して来た総合的な芸術であり、現在もその伝統がマンガ・アニメ・文学などのジャンルや CG やボーカロイドキャラクターなどの積極的導入につながっていることが明らかになった。また、歌舞伎にはそれ独自の物語論（ナラトロジー）が存在し、それは日本におけるその他の物語ジャンルの物語論と強い関連を持ちながら存在していると考えられたため、歌舞伎の物語論と共に歌舞伎以外の物語論にも調査・研究の射程を広げた (小方, 2019)（日本においては、古くは神話や伝説などに由来する共通知としての物語があり、それが芸能や文学などの諸ジャンルの中で共通に利用されていると考えた方が良い）。これらの試みにおいて重要なのは、従来の物語論の方法で歌舞伎やその他のジャンルの日本の物語を解釈するのではなく、それらが持つ独自の物語論を剔抉することである。本稿では、能楽における最も有力な演者にして作者であった世阿弥の能楽思想を、物語生成という観点から取り上げる。能は、狂言や人形浄瑠璃と並んで、歌舞伎にとって極めて重要な先行芸能、先行演劇である。ここでは、世阿弥の能楽思想書の中から幾つかのものに当って調査し、それを物語生成モデルないし物語生成システムの観点から、整理・体系化する。その後、他のジャンルにおける物語論、特に歌舞伎の物語論との異同について考察する。様々な日本の文学・芸能・演劇等のジャンルの調査・分析から、相互の共通点と差異を見出すことができれば、全体として一つの緩やかな「日本の物語の物語論」を展望することが可能になるだろう。歌舞伎との比較に次いで、そのビジョンを示す。本稿は、世阿弥の能楽思想の調査・分析、歌舞伎の物語論との異同の考察を行い、日本の物語の物語論に向けた最初の一試行である。

2. 世阿弥の能楽論に基づく物語生成モデル

世阿弥ら能楽の作者や演者達が書き残したものは, もともとは自分達の内部で回覧するための秘伝書であったが, その中には, 特に劇的機構とは何かを巡る様々な洞察が含まれていた。世阿弥が書き残した理論書、もしくはその聞き書きは現在 16 程度読むことが出来る。今回、主に三冊の書物 (田中, 1976; 山崎, 1983; 西野, 1998)に当り、「世阿弥の能楽論に基づく物語生成モデル」の構成について検討する。特に二冊目の山崎編集の本には、『風姿花伝』 (1983)、『花鏡』 (1983)、『至花道』(1983)、『遊楽習道風見』(1983)、『九位』(1983)、『拾玉得花』(1983)、『三道』(1983)、『習道書』(1983)、『世氏六十以後申楽談儀』 (1983)の現代語訳が収められており、その中の幾つかの原文は田中編集の本を参照した。さらに参考として、西野編集に成る『謡曲百番』によって世阿弥をはじめとする実際の作品に当たった。本研究は世阿弥の能楽論、能楽思想を筆者独自の物語生成モデルという観点から扱うためのあくまで序論であり、上掲書所収の解説類やその他僅かなもの

を除き、関連する研究者や批評書を意識的に当たることは敢えてしていない。まずモデルの概要を固めて後、専門の研究・批評書に当たることにする。

基本方針として、世阿弥の能楽論に基づく物語生成モデルは、「演者 [役者。送り手] - 作品 - 観衆 [聴衆。受け手]」の三項関係を中心としたモデルとして成立する。そしてこの三項関係と関連する諸情報を、演者もしくは送り手に関連する情報、作品に関連する情報、観衆もしくは受け手に関連する情報、そして演者（送り手）と観衆（受け手）との関係（状況）に関連する情報、などに分けて整理しようとした。ただし、上の中心となる三項関係における「作品」は、舞台で実際に上演される演劇的芸能作品という意味合いを最も強く持った作品である。しかし、その中に台本としての作品も含まれている。歌舞伎においては、台本（台帳）が物語の中核としてその生成活動全体を統御する存在であるわけではなく、役者という要素が極めて強力であるので、筆者の歌舞伎の物語生成モデルも台本（台帳）の存在を全体の中核に置いていない。これに対して、世阿弥のような意識的で地位の高い作者の存在と無論その作品自体が重視される能のモデルにおいては、台本としての作品という要素を中核としたモデルが可能なのではないか、と当初は考えたが、実際に調査と考察を進めて行くと、やはりその点は歌舞伎と同じように、舞台上演としての作品を三項関係の中心に置く必要があるという結論となった。従って、大きな枠組みとしては、能の物語生成モデルは歌舞伎の物語生成モデル同型的なものとなった。しかしながら、世阿弥の能楽論を詳細に紐解くことによって得られる能の構成要素とその構成は、歌舞伎の物語生成モデルのそれとは異なるものとなった。これについては、3 節で詳しく検討する。

図 1 は、世阿弥の能楽論に基づく能の物語生成モデル全体の概要を示す。この図は、概略、演者ないし役者による演技と観客ないし聴衆による受容とを両端に置き、2 つのタイプの作品すなわち舞台上演作品と台本による作品を中間に置く、という一種のコミュニケーション的形態を基礎とする。ここで、舞台上演作品を中核的な作品として捉えるという点は、上述のように歌舞伎の場合と同様のモデル構成となっており、それは芸能的・演劇的作品を理解する場合の基本と考えられる。世阿弥の能楽論は、その周辺に演出という全体の統括的役割を置き、さらに批評や評価の問題も論じられる。さらに、直接的な作品制作に関わる役割を超えた様々な概念―組織や歴史が置かれると共に、能の様々な側面や要素に対して直接的あるいは間接的に影響を与える哲学的・思想的諸概念が含まれる。以下、これら 9 つの項目について調査・考察した結果を概略的に述べる。このように、本研究では、世阿弥の能楽論の内容を、暫定的に、以下のようなテーマごとの論考の渾然一体となった集成として把握する。【】の中には、歌舞伎の物語生成モデルにおける構成要素 (小方, 2018; Ogata, 2020)の中で対応ないし関連するものを参考までに記しておく（現状では網羅的ではない）。

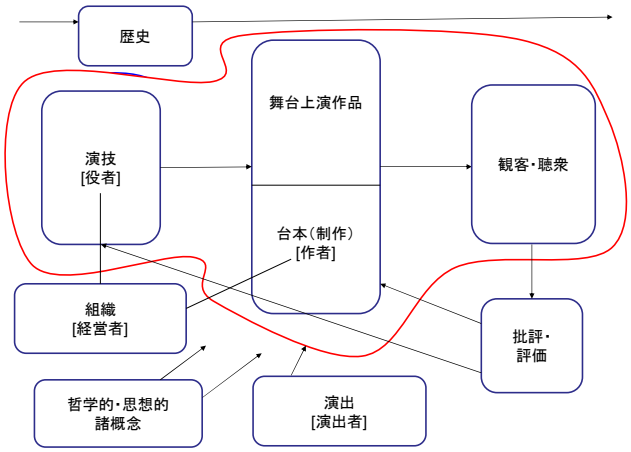


図 1　世阿弥能楽論に基づく物語生成システムとしての能

(1) 演技論［役者］

世阿弥の能楽思想において役者の演技に関連する記述は多く、それ自体が多くの場合能の稽古論ないし習道論と考えられている。世阿弥能楽論における演技論、稽古論の比重は確かに高いが、しかしながら、ここに示すように、それはその他数多くの要素から成る論考として成立しており、単純に演技論・稽古論であるわけではない。あるいはそれに集約されるようなものではない。演技論や稽古論、さらに修養論、修行論のような方向に世阿弥の思想を還元して捉えてしまうと、その総合的な物語論としての鋭さと豊かさ、そして可能性が見失われる恐れがある。しかし、確かに世阿弥の思想の中で演技論はそれ自体で壮大な規模を持っていると言える。筆者は、ここで演技論と呼ぶものを、およそ次のような構造において捉えている―まず大きな分類として、表現論と稽古論（習道論）を置く。前者は演技論における空間的側面に、後者は同じく時間的側面に相当する。表現論には、舞及び謡（歌）の表現論及び両者の関係付けの表現論が含まれ、この中に

は演技のタイプに関する論述もある。他方稽古論は、能楽諸要素の稽古論及び階梯論を含む。前者すなわち能楽諸要素の稽古論は、舞及び謡（歌）それぞれの稽古論と両者の関係付けに関する稽古論から成る。もう一つ、階梯とここで呼ぶのは、ある要素ごとの稽古に関する個別的な論ではなく、役者の人生における時間的成長や発展・変化に対応した能の稽古のための論を意味し、その中には、役者の年相応の稽古法、人生修養と能の上達との関わり、(稽古と実践を重ねた結果としての）芸の境位（『九位』に示された九位が知られている）が含まれる。以上はまだ仮の分類であり、表現論と稽古論（習道論）両者が融合する部分やそれぞれの区別が曖昧な点も含まれるので、今後内容の調査を踏まえて改訂して行く予定である。上述のように、世阿弥の能楽論と言えば、ここで言う演技論を中心に受け止められている傾向が強いと思われ、それにも一理あるが、以下のように、実際は、世阿弥はその他多様な要素を包含する、極めて全体的・包括的な議論を、その数々の著書の中で展開している。

(2) 制作論［作者］（台本）

世阿弥の作品のうち物語生成との関わりで特に重要と思われるのは、『三道』である。この本には、種・作・書という三つの概念に基づいて、作者による能作品の創作方法が記述されている―

- 種：作品のための素材を意味し、素材となる人物として能にふさわしい性質の人物を知ること、作品の素材としては古典や伝説の中に典拠のある人物を選びそれを十分に研究消化して自分自身のものとするべきこと、などが記述される。ここから、能の作品は普通は既存の物語を素材として使用し、それに新しい工夫を加えることによって成立するが、それに対して従来の古典や伝説に典拠を持たない作り能についても言及されている。
- 作：これは能楽作品の物語的・音楽的な構成、能を物語的、音楽的に骨組みすることを意味する。ここで中心に論じられるのは能の作品における五段の形式的構成であり、序破急の概念との関連で、序は最初の一段、破は中間の三段、急は最終の一段に結び付けられる。この基本構造に基づいて、それぞれの段における物語と謡（歌）と音曲と舞のための工夫の所在が具体的に論じられる。
- 書:これは能楽作品における文体・曲節を意味し、すなわち個々の作品にふさわしい詞章と曲節を与えて作品を書き上げることについて記述される。具体的には、個々の登場人物の特徴に応じた言葉を作者は書くべきことが述べられた後、作品の典拠となった事項を書いてその作品が何に基づいているかを明らかにすることや、その他の様々な作品の中の文章や言葉を引用することが奨励されている。つまり、作り能の場合を除き、能の作品にとって、それまでの物語や芸能の文脈の中に位置付けられて存在することが正しいあり方なのである。

また、『申楽談儀』の十四から十七の節においては、以上の基本的な枠組みに沿って、実際の作品に言及し、作品の構造、言葉、音曲に及ぶ、より具体的な議論が展開されている。【この制作論は、歌舞伎の物語生成モデルとの対応では、「材料（素材）」、「人物」（の一部）、「場所」、「時間（時代）」、「事件」、「作品」の要素に関連する。】

(3) 舞台上演作品論

ここで取り上げた9つの能楽要素のうち他の8つは、世阿弥の能楽論を読み調査することでいわば帰納的に抽出することが出来た要素であるが、この舞台上演作品論に関してはそれとは異なり、図 1 の総合的な物語生成システムとしての能の図に描かれたモデルの観点から、筆者が必要と認めて設定した要素である。ある意味で、能における舞台上演作品は、歌舞伎におけるそれと同じように、その他のすべての要素がそこに収斂されるべき時空であり、世阿弥によるあらゆる言説は常にこの舞台上演作品と関係を持っている、と考えることが出来る。舞台上演作品に明確に類別される言説を探すことの難しさは、そのことと関連していると思われる。つまりあらゆる言説は、多かれ少なかれそれに関係するのである。しかし、舞台上演作品という側面に特化した記述を剔抉することも必要であり、可能であると考えられる。例えば、(4)でも言及する『風姿花伝』の第三「問答」は、能の会場の状況そのものを論述の対象としており、あくまで舞台上で論じられる芸能、演劇としての能という側面に焦点が当たっている。また、世阿弥が複数の演目の連続としての能のいわばマクロレベルの演出に関する微妙な方法について再三述べるのは（(9)の哲学的・思想的諸概念の代表的な一つを成す序破急との関連において言及されることも多い）、能が特定の観客を前に特定の舞台で演じられる特定の舞台上演であるという、演出者、さらに組織人（経営者）としての自覚による。このように、舞台上演作品論は、ある特定の演目の舞台上演の演技や

演出から、よりマクロな規模における演出、さらには能楽組織としての一座の選択のようなレベルまでをも含む、あるいはそれら諸々の要素と関連する。その中から、舞台上演作品論に特有の、それならではの要素や言説を探索することが今後の課題となる。【舞台上演作品論は、歌舞伎の物語生成モデルにおける「舞台」、「劇場」、「客席」に関連する。】

(4) 聴衆・観客論

演者（送り手）と観衆（受け手）との関係（状況）に関連する議論も世阿弥の能楽論の中には現れるが、それは多く演者の表現論や演出論との関わりで現れる。例えば、上の(3)でも取り上げた『風姿花伝』第三の「問答」では、能の演者が実際の上演会場の雰囲気を知ることの重要性が記述されるが、会場の雰囲気の最も大きな原因となるのは観客である。世阿弥は観客のタイプ（一般の観客や貴人の別がある）や演能の状況（ざわざわしているかしっとりしているかなど）、演能の様式（昼の上演か夜の上演かなど）など様々な場合に応じた演能の方法を具体的に述べる。また、後述する序破急の記述の中には、観客の心理的な意味合いにおける序破急という概念が現れる。すなわち、ある演能の場にいる観客の能を鑑賞し享受する心の中にも序破急があるとされるのであるが、この場合の序破急は演者における能の上演が持つものとしての序破急といわば波長が合うことによって、感動につながるとされる。このように、能の観客は能の演者との関係の中に位置付けられ、それぞれが能動的役割と受動的役割とを持つものとして、相互的に記述されている。

(5) 演出論［演出者］

世阿弥の能楽論の中には、能の上演に関連する記述、現代なら演出ないしプロデュースと呼ばれるような概念に関する記述がしばしば現れる。それは、能の劇団である座もしくは一座とも関連するが、そちらは(7)の「組織論 [経営者]」の方で述べる。能の演出論は、特に序破急との関わりで言及されることが多い。後述のように、能の哲学的・思想的概念のうち最も重要な（あるいは最も数多く出現する）序破急という概念は、一回の能楽上演において、個々の演目を如何に配列するか、という演出論との関係で論及されることが多い。かつて世阿弥の思想書を幾つか読んだ筆者にとって、そのことは非常に不思議であった。筆者の当初の思い込みでは、序破急は一つの作品における物語の構成や構造に最も強く、密接に関わる概念であり、確かにその観点から序破急を論じた部分もあるが、それよりもしばしば現れるのは、上記のような意味での演出論としての序破急なのであった。なお、筆者の物語生成システム研究は多重物語構造モデルを基本的な枠組みとしており、それにより、システムは単一の物語生成を行う部分とそれらの連鎖としてのより大きなレベルにおける物語を生成する部分とに分かれる（前者は統合物語生成システムによって担当され、後者は芸能情報システムによって実施される）（以上の枠組みやシステムに関しての近年のまとまった記述を Ogata (2020a, 2020b)が提供している）。筆者の上記の研究枠組みにおける芸能情報システムのレベルが、個別的な作品の配列という意味での序破急の議論につながる。

(6) 批評・評価論［批評者・評価者］

能の批評論・評価論は中期の著作を代表する『花鏡』に明示され、世阿弥は批評の客観的基準を立てることの難しさに言及しながらも、その難しさを克服する方法として、旧来の達人の能を模範とすることを推奨している。その際の具体的批評基準として、見（視覚的に花やかな効果の側面）、聞（聴覚的な、静かな効果の側面）、心（一切の感覚的効果を超越した効果の側面）の三者を立てる。初期世阿弥はこのうち見の要素を重視したが、中期を経ると徐々にその他の要素に比重が移って行ったとされる (小西, 1970)。その推移には、世阿弥自身の能楽経験の蓄積と深化、歴史的・環境的状況の変化（具体的には足利義満の手厚い庇護と義満没後の―将軍が義持から義教に代わって行く中での―不遇と徐々に大きくなる逆境）などが影響していると思われる。また(8)の歴史論と重なるが、『申楽談儀』では、能の代表的な演者（一忠、喜阿弥、増阿弥、犬王道阿弥、観阿弥、世阿弥）を取り上げ、それぞれの特徴を、短所を含め、冷静に評価・批評している（『申楽談儀』は世阿弥自身の筆によるものではなく息子の元能の聞き書きである）。上述の不遇から逆境に至る時代、増阿弥や犬王道阿弥が足利義持及び同じく義教に重用され、世阿弥は逆に軽視されさらには佐渡島追放の憂き目に遭ったが、それでも演技者としての彼らについて世阿弥は（元能の筆を借りて）高い評価を下している。付け加えれば、批評や評価は、潜在的にはすべての観客によって行われているはずであるが、その中の一部の人々が言葉によってそれを外在化する。また、世阿弥の能楽論の中に含まれている（批評やそのあり方についての言説ではなく）作品や人物の批評の言説そのものは、作者であり演者である世阿弥自身によって行われたものであるが、しかしこの時、批評者としての世

阿弥は受け手に自らの立場を変換させているとも考えられる。このような意味での批評は、演技の一瞬の中でさえ行われているかも知れないが、これは批評・評価という概念をかなり拡大解釈したものである。しかし、この拡大解釈を徹底的に微細にモデル化することも、将来の興味深い課題になり得るだろう。

(7) 組織論［経営者］

能も歌舞伎と同じように、座という劇団と共に成立する芸能であり、従って有機的な人間集団としての座の組織が能の必須の構成要素でなる。現代の研究者・批評家である服部幸雄や渡辺保もそのことを強く意識し、服部 (1970)は座及びその金主という構成要素から歌舞伎の構造についての総合的論述を開始している。世阿弥の場合は能の演者であり作者であると同時に、一座の統率者でもあった。『申楽談儀』には、猿楽諸座の起源や特徴に関する記述がまとめられており、その付録には、「観世座規約」が引かれている。その中には、成員の義務や罰則、所得配分などが具体的に規定されている。また『風姿花伝』には、一座を統率する立場からの世阿弥の能楽観が述べられる。その記述の一つの焦点は、演者と観客（貴賤の別なくあらゆる層の観客を想定している）の間の関係を如何に工夫し良好なものに保つかということで、その具体的内容は上記(1)や(4)に強く関係する。それによって世阿弥は能の一座の末永い繁栄がもたらされるとする。このような論述内容は、世阿弥自身の能楽の社会的実践が充実していた『風姿花伝』の頃の時代背景にも影響されていた可能性があるが、極めて組織論的な性格を持っている。これは例えば会社の社長が組織統率者としての立場からその会社の商品やその開発、販売など様々な要素について語るのと似ており、その中に諸要素に関する各論が含まれるものの、一種の組織論的な言説となっていると言える。参考までに、『風姿花伝』第四「神儀」には、以下のような当時の座がグループごとに分類されている—①大和国春日神社の御神事に従事する申楽四座：外山座（後に宝生座）、結崎座（後に観世座）、坂戸座（後に金剛座）、円満井座、②江州日吉神社の御神事に従事する申楽三座（近江申楽の中の上三座）：山階座、下坂座、比叡座。③伊勢大神宮に奉仕する呪師申楽二座、④河内の新座（榎並座）、丹波の本座（矢田座）、摂津の法成寺座（宿座）（以上三座は加茂神社、住吉神社の御神事にも従事）。当時、以上のような有力な諸座が互いに競い合いながら能を上演していたのである。

(8) 歴史論

世阿弥の能楽論は、能に関する歴史記的記述も含んでいる。例えば、『風姿花伝』第四「神儀」には、神代の時代、古代インド、古代日本、平安時代を経て当代に至るまでの能の歴史が記述される。その中には当代における代表的な座（劇団）のリストもある（上記(7)の組織論を参照）。また、『申楽談儀』には、能の代表的な人物が、一忠から観阿弥、世阿弥に至るまで辿られるが、これも歴史的記述の一種であると共に、上記(6)の批評的・評価的記述ともなっている。さらに、歴史の範囲を少し広げ、物事の時間的な流れ全般として捉えてみると、世阿弥の能楽論・能楽思想には拡大された歴史的記述が多く含まれている。例えば、その稽古論は、(1)で述べたように、個々の演目の稽古を超えて、演者の一生を通じた稽古や演技の心得や段階の記述を含む。また、個々の演目の上演そのものを超えて、複数の演目の時間的な流れに沿った配列（(5)の演出論に含まれる）が重視され、演技における様々な単位における有機的な時間的展開が詳細に説明される。そしてこれらの広い意味での時間的・歴史的記述は、次の(9)以下で詳しく述べる序破急という普遍的概念を借りて説明されることが多い。

(9) 哲学的・思想的概念論

これは、以上の能楽における構成要素に対して横断的にあるいは一貫して機能し、働きかける、概念的な項目であり、代表的なものに、これまで何度か出現した「序破急」や「幽玄」があり、さらに「皮-肉-骨」の理論、「見-聞-心」（(6)で言及）、「成就」（次の序破急のまとめの中で言及）など、探せば数多くのものが見つかる。これらを貫く特徴は、必ずしも特定の構成要素にのみ該当するのではなく、能を構成する多くの要素に共通に適合するという点である。例えば序破急の理論は、一日もしくは数日に渡る演能のための演目の配列という演出に関わる問題とも、一つの作品の構成にも関わる。さらに、演者（役者）による身振りを統括する概念でもある。次の部分で整理する。「皮 - 肉 - 骨」の理論は、直接的には役者の演技の特質を表現するための説であるが、その他の領域にも拡張できる応用性ないし一般性を持っている。能を超えて、歌舞伎の理論書である『作者式法戯財録』 (1972)の中には、この理論を、歌舞伎における京、大坂、江戸の様式の特徴と違いを表すものとして援用している。小西 (1970)は、皮 - 肉 - 骨の論について、世阿弥が、それらが一つの能の中で融合していることが大事だと述べている点に

着目し、文学作品におけるテーマと表現との両者を等しく扱う批評という意味でのニュークリティシズムと比較している。幽玄は、かなりの程度「幽玄能」と言われる、世阿弥自身の能の作品の特徴を示す概念であるが、小西 (1970)によればその具体相は世阿弥前期と中期とで異なり、前期では観客への見栄えを重視した一種の花やかなさが求められていたのに対し、中期ではその種の花やかさは後退する。世阿弥の説明の中には多くの特有の用語が出現するが、今後筆者は、それらをここで示したような八種類の主題（今後改訂される可能性もあるが）を説明するための概念と、個々の主題を超えてより広い範囲に、より一般的・普遍的に該当する概念とを分ける作業（無論後者が思想的・哲学的概念と呼ばれる）を、進めて行きたい。

付け加えて、ここでは上記(9)における一つ、序破急について、その多様な使用法を見ておきたい―①能の一公演の配列における序破急（『風姿花伝』）、②能の一公演における序破急、③観客の感動の流れにおける序破急、④演者の気持ちの中での序破急、⑤演能の状況における序破急（以上『花鏡』）、⑥能役者の一生を通じた稽古における序破急（『至花道』）、⑦「成就」（経過を辿って、人の心に起こる、完結したという心理）すなわち序破急、⑧宇宙の神羅万象、自然、諸行為が備える発展秩序としての序破急、⑨一つの舞や謡（歌）の中にある序破急、⑩観客の感動の中にある序破急、⑪一つの演技における観客を想定した効果の中の序破急、⑫役者の芸の自覚における序破急（以上、『拾玉得花』）、⑬一つの演目の中の序破急（『三道』）、⑭複数の演目の配列における序破急（『習道書』）、⑮一つの演目における序破急、⑯観客の気分における序破急、⑰文字一字の発声における序破急、⑱舞台上の演技や演出と関係付けられた、能創作の作品の構造における序破急、⑲作品構造の要素順を変えるなどの変形のための序破急（以上、『申楽談儀』）。

以上のように、世阿弥の能楽論の中には、序破急という概念が様々な意味合いにおいて現れる。このことは、序破急という概念が、世阿弥の能楽思想を構成する様々な要素を横断的に貫く、一種の哲学的・思想的概念であることを意味し、諸要素の利用や操作を方向付け統御する、一種の戦略的概念として機能しているということを意味する。

具体的に、それぞれの序破急が、(1)から(9)の能楽諸要素の何に関連しているかを整理すると、まず、(1)の演技論に関わるものはやはり多く、④⑥⑦⑨⑪⑫⑬⑮⑰がそれに相当する。(2)の制作論と関連するのは⑱及び⑲であり、(3)の舞台上演作品論には③が関わっていると考えられる。(4)の聴衆・観客論も、③⑦⑩⑪⑯と多くのものと関連している。(5)の演出論は①②⑭と関わる。⑧は序破急という概念の哲学的・思想的な面を示すより大きな視野における論述であり、(9)に独自のものである。こう見て来ると、筆者が分類した(1)から(9)の能の要素のうち、序破急の記述がないのは(6)の批評・評価論、(7)の組織論、(8)の歴史論であるということになるが、何れも能の具体的な作品や演技とそれに関係する側面に関わるものではない。逆に言えば、能の作品や演技に関わる多くの要素全般に対し、序破急はその使用を統御するいわば戦略的概念として、普遍的に機能していると言うことが出来る。

3. 歌舞伎の物語生成システム研究との比較

以上に述べた能の物語生成モデルを、以前から研究している歌舞伎の物語生成モデルと比較する。この種の物語ジャンルごとの物語生成モデルの異同の比較・検証を、より大きな枠組みにおけるより一般的・普遍的な物語生成モデルに架橋することを通じて、筆者は緩やかな「日本の物語の物語論」を展望している（それについては次の 4 節で述べる）。

能を物語の総合的なシステムさらに物語生成システムのモデルとして捉える見方は、もともと筆者における歌舞伎研究に由来する。歌舞伎の物語生成を筆者は歌舞伎が上演される舞台を中心にして構成し、これまでの研究において以下のような図式に基づき、15 種類の歌舞伎の構成要素を設けた―

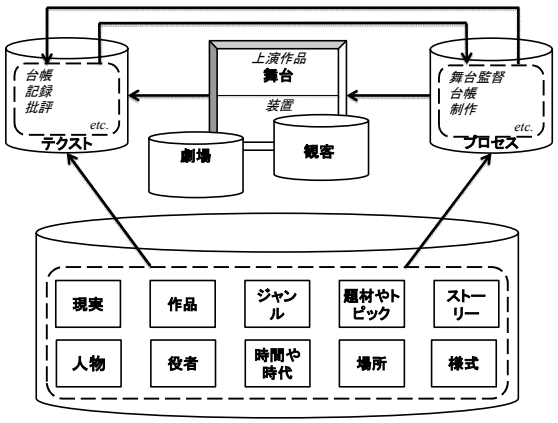


図 2 物語生成システムとしての歌舞伎 (1)

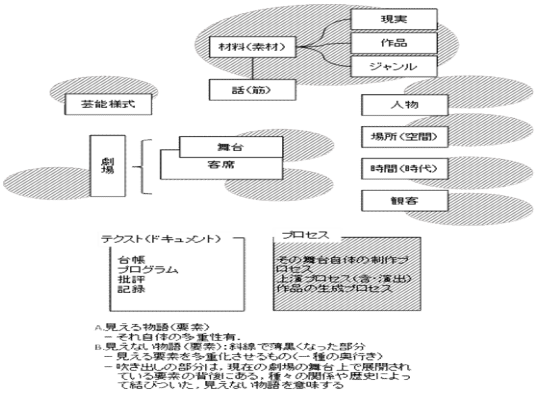


図 3 物語生成システムとしての歌舞伎 (2)

上記図に含まれる歌舞伎の構成要素を，以下のような幾つかのグループにまとめることも出来る。まず、「現実」,「作品」,「ジャンル」及び「話（筋)」は，物語の「材料（素材)」のグループに含まれる。「材料（素材)」はそれ自体で一つのカテゴリーを成すが，同時にその中に以上のような複数のカテゴリーを含むという関係にある．また,「人物」,「場所（空間)」,「時間（時代)」は，それぞれ「歌舞伎の物語を構成する要素」に相当するグループである．さらに,「芸能様式」が以上の構成要素を貫通するスタイルの規定に該当する.「劇場」のグループは「舞台」,「客席」や「観客」を含む.
以上を，上演された歌舞伎作品の中に反映されているという意味で「見える要素」と呼ぶことにすれば,「見えない要素」も存在する。見えない要素の中には、「テクスト（ドキュメント)」（脚本（台帳）を含む）及び「歌舞伎の生成（制作）過程」としての「演出」が含まれる．舞台上演は，ここでは，一方では見える物語の総体であると同時に，それを作り上げる過程をも含む両義的なカテゴリーを意味する。

これらに加えて、「〜尽し」や「綯交ぜ」のような「修辞的要素」も設定したが、それは上記の構成要素に対して横断的に使用し得る、より具体的な物語生成の方法を意味する。この横断性という意味では、能の構成要素の(9)哲学的・思想的概念と類似しているが、(9)に含まれる多くの概念の方が、ここで言う修辞的要素よりも、より抽象度の高い概念であるように思われる。例えば、序破急は、物語の特定的・具体的な修辞や技法を規定する概念と言うより、もう一つ上のレベルで特定の修辞や技法や方法を駆動し使用するための概念である。その意味で、歌舞伎モデルにおける修辞的要素と能楽モデルにおける哲学的・思想的概念とは異なると考えられる。

また、筆者は歌舞伎における一大特徴を、「多重性」という点に求めた。歌舞伎の多重性とは、歌舞伎においては、ある一つの要素がその他の要素との関係において常に存在している、ということを単純には意味するが、それだけでは殊更強調するようなことではない。歌舞伎以外のどんな対象でも、ある要素は、それを見る人の視点や立場に応じて、その様相を変える。しかしながら歌舞伎の場合、多重化は単なる視点の違いに応じた見え方の違いを意味するのではなく、もっと積極的な意味を持っている。歌舞伎の場合、ある要素は、同時に、複数のものの多重化として存在している。視点の違いに応じて見え方が変わるという以上に、ある要素は同時に複数の見え方を—時に矛盾する見え方を—共存させている、と言った方が適切である。ある要素を複数のものの多重化として見る視点そのものもまた歌舞伎を観る楽しみ（さらに歌舞伎を研究する楽しみ）に含まれている。作り手側も同様に、複数のものの多重化を、歌舞伎の制作戦略として積極的に活用しているように見える。

能と歌舞伎それぞれの物語生成システムモデルを比較し、両者の異同、類似性、関連性についてここで考察する。

まず、能の物語生成モデルを、筆者は、歌舞伎の物語のモデルと同様に、舞台上演作品を核とした図式において捉えた。能も歌舞伎も、物語を上演する演劇的芸能の形態という点では類似しているためである。これは、「物語生成 - 作品 - 受容」モデルとして見ることが出来るが、この場合の作品（次に述べるようにその中の一つの重要なレベル）が、舞台上演作品に相当する。しかしながら、能の場合、世阿弥自身による『三道』(『能作書』となっている場合もある）やその他に現れる、台本レベルでの作品も重視し、この図式の中の作品には台本としての作品も含めて捉える。すなわち、能の場合の物語生成 - 作品 - 受容モデルにおける作品には、舞台上演レベルとしての作品と台本レベルにおける作品との双方が含まれる。無論歌舞伎にも台本（台帳）というものは存在し、その意味では能と歌舞伎の物語生成は全く同じものとなっていても良いように思われるが、それぞれを調査・考察する過程で、結果として、極めて大きな枠組みは共有しながらも、それぞれはかなり異なる形でモデル化されたのである。世阿弥は、能の中の必須の要素として台本として作品というものを明確に取り上げ、その構造や作成法を具

体的に論述した。歌舞伎の世界にも、その台本としての作品について論じた『作者式法戯財録』のような書もある。しかし歌舞伎においては、もともと台本というものが明確に意識化されていず、あるいは人形浄瑠璃の台本を殆どそのまま歌舞伎用にアレンジして使用するなど、台本としての作品の存在が明確な地位を占める能の場合とは、事情が異なっている。そのことが、能と歌舞伎それぞれの物語生成モデル、特にその作品の位置付けに違いになって表れている。

能における台本と歌舞伎における台本（台帳）との位置付けの違いは、役者と作者の位置付けの違いに関連しているように思われる。あるいは、物語としての一種の単純性の問題とも考えられる。初めに歌舞伎から考えて行くと、歌舞伎の場合、役者（俳優）の役割が大きく、元来の歌舞伎は、ある固定された物語（脚本）の存在に基づいて役者が演技をし、それを観客に伝える、という形で組織化されていたのでは必ずしもなかった。寧ろ、物語の脚本というものは初期の歌舞伎には存在せず、役者がかなりの程度即興ないし脚本なしで物語を作り上げながら、あるいは簡単な計画と打ち合わせの下に、上演するというのが、原初歌舞伎における基本形であった。歌舞伎がある程度強固な物語の脚本というものを獲得したのは、人形浄瑠璃や能から取り入れ、導入することを通じてであった。台帳が明確に存在するようになって以降も、歌舞伎において、物語や脚本の制作に関わる役者の役割というのは大きく、その伝統は良かれ悪しかれ今日にまで続いている。特に新作歌舞伎の場合、役者達は台本に忠実に従って作品を上演するのではなく、台本を一つの素材として、実際の舞台上での試行錯誤を通じて、上演物語を作り上げて行く。この制作過程の中でも役者の力は極めて強い。歌舞伎役者は、演者であると共に、演出者であり、時に作者でもある。このことは歌舞伎の強固な伝統である。

それに対して、能においては、強固に作り上げられた脚本の存在が重要であった（その点は、人形浄瑠璃の場合も似ている）。能の伝統として、多くの能作者は役者をも兼ねたが、歌舞伎のように役者が物語を作るというより、作者がその脚本を強固に作り上げ、それに基づいて役者は能を上演した。すなわち、作品制作、その上演、その観客への受容という段階が、能の場合の方が歌舞伎の場合よりも明確に分離されていた。以上のような理由から、双方とも、「生成 - 作品 - 受容」というコミュニケーション図式の観点からそれぞれの物語としてのシステムがモデル化されているが、歌舞伎の場合は、この図式における作品の中に台本（台帳）としての作品を含めず、舞台上演としての作品のみを核として、台帳としての作品をも含む多様な構成要素を取り出し、それらの相互関係を描く方がやりやすいと筆者は考えたのである。それに対して、能の場合（人形浄瑠璃の場合も）、上記のような比較的単純で明快なコミュニケーション図式の下にその物語のシステムを描く方が、その実態に即していると考えられた。（但しこのような事情は、能が、幕府の式楽として保護された江戸時代以降の固定化された伝統によって強化されたものであるのかも知れない、という可能性もまた強くある。何れにせよ、本稿で述べるのは仮説的な案に基づくモデルに過ぎず、この辺のことについても今後調査して行きたい。）

次の話題に移る。歌舞伎と同じように、日本における芸能を象徴する（代表する）ジャンルである能は、その演技の様式において、雑然たる要素を取り除き、純粋化に向けて洗練されて来たと考えられ、その種の純粋化と洗練は、日本の文化における一つの特徴と考えられている。しかし、歌舞伎におけるベクトルはそれとは逆である。歌舞伎は純粋化ではなく不純化―複雑化、包括化・総合化、無差別的摂取（取り込み）―を特徴とする。歌舞伎は芸能や文学や物語における日本の様々な文化ジャンルの一種の「ごった煮」を成す、と言える。

制度的・社会的にも歌舞伎は顕著な特徴を持っている。すなわち、歌舞伎は草創期以来、常に国家的庇護を受けず（寧ろ反対に抑圧、弾圧され）、その中で民間の立場を堅持しながら、発展し続けて来た。歌舞伎は、能や人形浄瑠璃などと並んで普通「伝統芸能」と呼ばれるが、歌舞伎の場合は、上述のような歴史的経緯とも関連して、現在でも、保存すべき対象として無変化の形骸となっているわけではない。能や人形浄瑠璃も、今でも上演され続け、人々に新しい影響を与えているが、しかし、歌舞伎のように、毎年新作が書かれ、上演される、という現象は、それらの芸能の場合多くは見られない。このように、歌舞伎は近代以降も現在も変化し続けており、伝統芸能の枠を超えて、常に伝統の保存と革新が両立したものとして存在するのである。

しかしながら、能と歌舞伎との間には、大きな類似性も存在する。それは寧ろ、歌舞伎が、能や人形浄瑠璃をはじめとする先行芸能の特色を取り入れることで発展して来たジャンルであることに由来するものでも

ある。その一つは、いわば物語における伝統踏襲性とでも呼ぶべき特色である。すなわち、能においても歌舞伎においても、それらのために作られる物語は、全く新しい物語であるのではなく、寧ろ文化的伝統を通じて保存されて来た、人々に共有され共通化されて来た物語であり、それらの物語を下敷きとして、あるいは素材として、能や歌舞伎の物語は出来上がっている。江戸時代後期に歌舞伎では『世界綱目』 (1916)という方法が採用されたが、既に実質的に能において（また人形浄瑠璃において)、そのような方法は援用されていた、と言うことが出来るだろう。また、その演技の様式においては、様式性と写実性との両立ないし相克が効果を生み出すという点でも両者は共通している。

それぞれの芸能の言葉との関係についても考えてみる。歌舞伎にも、例えば『作者式法戯財録』という一種の総合的・包括的な理論書が存在する。しかし歌舞伎における言葉の多くは、役者の演技に愛する批評・評価である。逆に、その点では歌舞伎は当初から常に言葉と共に存在したとも言える。しかし、理論的言説に関しては、恐らく世阿弥の圧倒的な存在によって、能は歌舞伎を超えている。世阿弥による能楽理論、能楽思想が、作者としても演者としても、さらには組織に統率者としても超一流であった人物による極めて総合的で包括的な理論体系である。それと比較すると、歌舞伎の世界にはそのようなものは存在しない。そのことは、能が歌舞伎と比べて、より統率的な原理に基づく、いわばトップダウン的な芸能・芸術であることを示しているかも知れない。逆に言えば、歌舞伎はよりボトムアップで、ある一人の個人の思想や意見が全体を統括する、という力は弱かったのではないかと考えられる。しかしながら、これはあるいは能が幕府の式楽化された江戸時代の能の現象を経た上での印象であるに過ぎない、という可能性もあり、また、世阿弥という極めて傑出した理論指向の人物が出現・存在し、体系的な理論・思想を構築してしまった、ということはある意味で偶然の出来事である、という可能性すらある。今後調査と考察を進めて行きたい。

4. 日本のナラトロジーに向けて

旧来の物語論や関連する文学理論の方法を、既存の作品の分析に適用・応用しようというアプローチではなく、「物語論のエッセンスを成す方法」を考慮して、そのような方法を共有する物語や文学の研究、方法、技術、技法、修辞などを，日本の物語史や芸能史や文学史の中に探る。それがこのテーマに関する筆者の構想である。物語生成システムの観点から古典・近代・現代に渡る日本の物語論や文学理論を扱う，ということが，本研究の一つの大きな特徴である．物語生成システムの枠組みにおいてこの問題を扱うとは，生成という方向付けにおいてそれを取り扱うということを意味する．すなわち，調査・分析・獲得された物語や文学の知識や方法や技法や修辞は，物語生成の機構の中に導入され，組み込まれる．逆に言えば，そのような方向付けにおいて，知識や方法や技法や技術や修辞の調査・分析・獲得は行われる，ということになる．単に, 作品の理解や分析や解釈のための「役に立つ道具」として，日本の物語論や文学理論を調査・検討しようというのではない．生成や創造や創出をめざして，さらにその形式化・モデル化・システム化まで進めようとしているのである．これまでその見取り図を幾つか示した (小方, 2019; Ogata, 2020a)。従来から筆者が続けて来ている歌舞伎の調査・分析・モデル化・システム化の研究の過程で，歌舞伎の中には，その記号論的な特性故の数々の形式的・構造的とも言って良い特性があることを認識した．これは今後日本独自のナラトロジーを目指すこの枠組みの中に組み込まれる。

今後如何にして日本独自のナラトロジーを形成するかという課題に関しては、以下のような構想を持っている。すなわち、歌舞伎の中に物語に関して考えられるおよそ多くの要素が含まれていると考える。勿論、演劇であり芸能としての歌舞伎においては、歌舞伎において特有・特殊な要素と共に、日本における物語的芸術の近世における総合として位置付けられる歌舞伎には、それ以前の 1000 年の物語的伝統の蓄積が凝集されているはずである。その後その伝統は一度断ち切られたかに見えたが、しかしながらまだ明治以降 150 年強しか経ていない。その伝統が完全に断ち切られたなどと断言することは出来ないのである。このように、筆者はまず最も大きな物語の総合的システムとしての枠組みを、歌舞伎に求める。その上で、この総合的な物語のシステムのモデルを、補強・詳細化・精緻化し、洗練させるために、その他の文学的・物語的・芸能的等のジャンルの調査と分析を取り入れる。例えば、本論文で行ったように、能の例に沿って、例えばより明確な「生成 - 作品 - 受容モデル」を設定し、その成果を歌舞伎において描かれた大きな物語の総合的図式の中に取り入れ、その一部分の拡張・精緻化・詳細化等

を行う。図 4 は歌舞伎の物語生成システムを中心に、能を含めその他の物語ジャンルの（様々な意味での）「統合」によって日本のナラトロジーを構築するというビジョンを示す。（ここでは指数が足りないので、この日本のナラトロジー構想について別稿でより詳しく述べる予定である。）

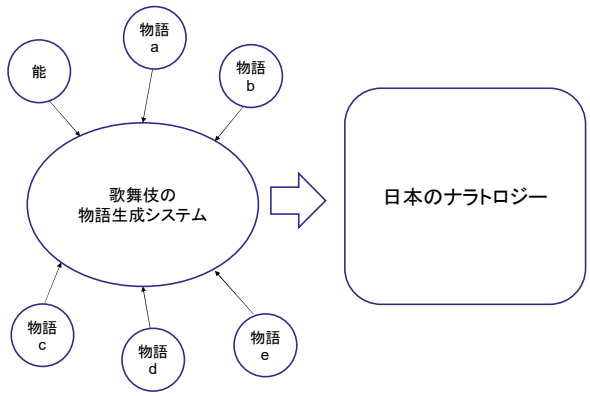


図 4 歌舞伎を中核とする日本のナラトロジーの形成過程のビジョン

5. あとがき

本稿では、まず、世阿弥の能楽論・能楽思想を調査・検討し、能の総合的な物語生成モデルを提案した。次に、それを、従来から行っている歌舞伎の物語生成モデルと比較し、類似点と異なる点を探ることを通じて、それぞれの特徴について考察した。本研究は、物語生成という観点からの日本独自のナラトロジーを構築する構想に架橋される研究であり、最後の部分でこの構想と歌舞伎及び能の物語生成システムモデルの研究の役割について言及した。今後、世阿弥の能楽論・能楽思想の調査・研究について、本稿で示した見取り図に基づいて作業を発展させ、能、歌舞伎、その他日本の古典及び近現代の物語全般を素材とする日本独自のナラトロジーの構想の具体化を図って行く。

謝辞

本研究の一部は、科研費（研究課題/領域番号 18K18509）の助成を受けている。

文献

風姿花伝 (1983). In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社 (pp.101 - 163).

服部幸雄 (1970). 『歌舞伎の構造』. 岩波新書. 東京: 岩波書店.

花鏡 (1983). In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社 (pp.165 - 199).

観世寿夫 (1983). 演技者からみた世阿弥の習道論. In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社 (pp.73 - 98).

小西甚一 (1970). 世阿弥の人と芸術論. In 小西甚一 (編). 『日本の思想 8 世阿弥集』 (pp. 1 - 23). 東京: 筑摩書房.

九位 (1983). In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社 (pp.225 - 232).

増田正造 (1983). 能への招待. In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社 (pp.367 - 474).

西野 春雄 (編) (1998). 『謡曲百番』. 新日本古典文学大系 57. 東京: 岩波書店.

小方孝 (2018). 歌舞伎に向けて(2)—多重物語構造の諸相—. In 小方・川村・金井, 『情報物語論—人工知能・認知・社会過程と物語生成—』, 209 - 244, 東京: 白桃書房.

小方 孝 (2019). 日本の物語論・文学理論の物語生成システムへの取り込みに向けて. 日本認知科学会第 36 回大会発表論文集, 442 - 451.

Ogata, T. (2020a). *Toward an integrated approach to narrative generation: Emerging research and opportunities.* Hershey, PA, USA: IGI Global.

Ogata, T. (2020b). *Internal and external narrative generation based on post-narratology: Emerging research and opportunities.* Hershey, PA, USA: IGI Global.

Ogata, T. (2020c). An integrated narrative generation system: Synthesis and expansion. In T. Ogata, *Internal and external narrative generation based on post-narratology: Emerging research and opportunities* (pp.1 - 108). Hershey, PA, USA: IGI Global.

Ogata, T. (2020d). Kabuki as a synthetic narrative: Synthesis and expansion. In T. Ogata, *Internal and external narrative generation based on post-narratology: Emerging research and opportunities* (pp.109 - 254). Hershey, PA, USA: IGI Global.

作者式法戯財録 (1972). In 郡司正勝 (校注), 『日本思想大系 61 近世芸道論』 (pp. 493 - 532). 東京: 岩波書店.

世界綱目 (1916). In 『珍書刊行会叢書 第 9 冊 世界綱目・芝居年中行事・劇界珍話』 (pp. 6 - 46). 東京: 珍書刊行会.

三道 (1983). In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社 (pp.253 - 268).

至花道 (1983). In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 中央公論社 (pp.201 - 213).

習道書 (1983). In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社 (pp.269 - 278).

拾玉得花 (1983). In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社 (pp.233 - 252).

田中裕 (校注) (1976). 『世阿弥芸術論集』. 東京: 新潮社.

山崎正和 (責任編集) (1983a). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社.

山崎正和 (1983b). 変身の美学—世阿弥の芸術論. In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社 (pp.7 - 72).

遊楽習道風見 (1983). In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社 (pp.215 - 223).

世氏六十以後申楽談儀 (1983). In 山崎正和 (責任編集). 『世阿弥』. 中公バックス・日本の名著, 10. 東京: 中央公論社 (pp.279 - 358).

協力ゲームhanabiにおける学習と飽きに影響する内発的動機づけの行動分析

Behavior Analysis Revealing Intrinsic Motivation Affectiong Learning and Satistiation in Cooperative Card Game Hanabi

板倉　菜々香[†]，森田　純哉[†]，大本　義正[†]
Nanaka Itakura, Yoshimasa Ohmoto, Junya Morita
[†] 静岡大学情報学部
Shizuoka University
itakura.nanaka.17@shizuoka.ac.jp, j-morita@inf.shizuoka.ac.jp, ohmoto-y@inf.shizuoka.ac.jp

概要

本研究では，協力ゲーム hanabi を題材として，飽きと学習の関係性を身体動作や内発的動機の観点から探る．加えて，ゲームスコアやゲーム時間などの時系列データも扱う．それらの分析過程において，身体動作から動きの周期性を抽出し，それを新たな指標として提案する．この指標を用いて，動機づけがうまくいく集団とは動作間隔の周期性が類似している集団であると結論付けた．

キーワード：協力ゲーム, 内発的動機づけ，飽き

1. はじめに

1.1 背景

人間は実世界の多くの場面で他者と協力して共通の課題を遂行する. 人間は他者との協力なしに生活することはできないと言っても過言ではない．また近年の教育現場では他者との協調を通して成長を促すアクティブラーニングが盛んである．認知科学の分野においても協調場面や学習に関する研究は盛んである．しかし，学習が進むことで学習課題に慣れていき結果として飽きが生じ，学習意欲が持続しないという問題がある．このような問題を解決するには，飽きを生じさせない持続可能なプロセスを抽出する必要がある．

筆者らはこれまでの研究において，協力ゲーム hanabi を用いてゲームにおける発話，時間経過，アンケートを通じて，多角的な視点から飽きと学習の関係性について議論してきた．協力ゲーム hanabi は，多くの実験参加者にとってなじみのないゲームであり，ゲームの戦略やルールを学習する過程を観察しやすく，協調関係における学習の検討に適した課題である．しかし，これまでの hanabi ゲームを通した検討には，カードゲームに必要な身体動作や，ゲーム自体への動機づけが含められていなかった [1]．そこで本実験では，アンケートを通して，ゲームに対する動機づけを測定することに加え，身体動作や時系列データの分析を通して飽きとの関係性を分析していく．

1.2 目的

本研究におけるリサーチクエスチョンは，協力ゲームにおいて，身体動作と飽き．学習の関係性を探ることである．その過程で，学習効果の得られるプロセスを抽出すること，学習と飽きを反映した行動に関する研究を行う際の指標を提案することを目指す．

2. 関連研究

人間の行動を実験的に検討する際に，複雑な日常をそのまま対象とするのではなく，ルールや取りうる行動が限定された場を設定することは有効である．インタラクションにかかわる研究においては，複数名が参加するゲームを用いた研究が古くから行われてきた．協調的なエージェントとのインタラクションに関しては，hanabi ゲームを用いた研究などが存在する [2]．

人間同士の協調的なインタラクションの形成（学習）に関しては，小嶋らの実験記号論に基づく研究が参考になる [3]．ここで実験記号論とは言語などの通常のコミュニケーション手段が制限された状況において，協調を成立させる新たな記号システムを形成させる実験パラダイムである．小嶋らの研究においては，当初コミュニケーションが困難であった参加者が，協調ゲームを繰り返すことによって，飛躍的にゲーム成績を向上させたことが示される．そのなかでも後半のゲームの成績を特に伸ばしたのは，反復を好むパーソナリティ（自閉症的な傾向）を有する個人であった．

この知見は逆説的に，人間同士の協調における飽きの生起を示唆する．

パーソナリティとインタラクションの継続に関しては，岡らがより直接的な知見を示している [4]．岡らの研究において，実験参加者はペアになり，迷路内での鬼ごっこを繰り返した．実験中，実験参加者はゲームに飽きた段階で，いつでも課題をやめることができた．課題をやめるまでに行われたゲーム数と実験参加者のパーソナリティの関係を検討した．パーソナリティに関わる複数の指標を検討した結果，ゲームの継続と有意に相関したのは，ペア内での自閉症傾向の得点差であった．

岡らの研究の重要な点は，単にペア内での自閉傾向の高さがインタラクションを継続させたのではなく，個人特性の差異がインタラクション継続に影響したことである．この結果の一つの解釈として，他者の振る舞いの予測可能性を考えることができる．通常，人間は自分と類似する他者の振る舞いを容易に予測し，自分と異なる他者の振る舞いを予測することは困難である．よって，自分とは異なる他者と行うゲームにおいて，人間は他者から予期せぬ反応を受け取り，飽きの抑制につながったのかもしれない．

上記のような解釈は近年研究が盛んな内発的動機づけを有するエージェントの研究とも整合的である．近年の深層強化学習に関わる研究では，新奇な刺激の発見に付随する報酬が，エージェントによるゲームの継続を支え，パフォーマンスを向上させることを示している [5]．この知見に基づき，長島は，学習に伴う予測可能性の向上による飽きに関する認知モデルを構築し，岡らの課題を対象としたインタラクションの継続を議論した [6]．上記のように，協調の進展に伴う飽きを抑制する要因，あるいは協調の進展にともなうインタラクションの変化に関する研究は行われている．しかし，過去の研究において扱われるインタラクションのモダリティは限定的であり，統合的なデータからの検討はなされていない．本実験では，行動分析や時間経過，参加者の動機づけを通して，より多角的な視点から，飽きと学習の関係を検討する．

3. 実験方法

3.1 参加者

実験参加者は，男性 2 人，女性 4 人の合計 6 人であった．6 人の参加者は，3 人ずつのグループに分けられた．なお，グループ内の参加者 3 人はそれぞれ面識がなく，実験日当日に初めて顔を合わせた．

3.2 材料

3.2.1 機材

実験の様子を図 1 に示す．実験における参加者の身体動作を記録するために 360 度カメラ (RICHO Theta S) を用いた．実験中に参加者は中央にカメラが配置された円卓を囲むように座った．図 2 に示しているように，円卓上は，カードの置き場所が分かるよう，各色のカードを置くゾーンや山札を置くゾーンなどの配置場所が設定されていた．

図 1 実験風景

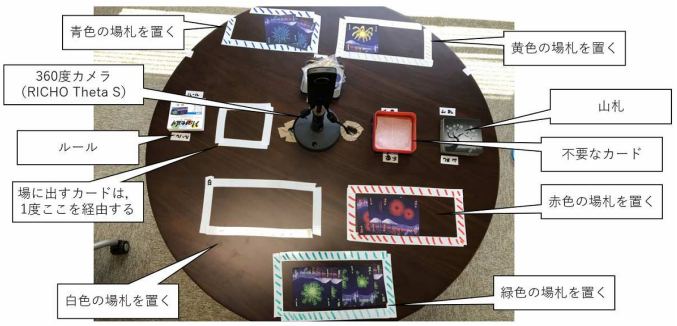


図 2 円卓上

3.2.2 課題

実験には，協力ゲーム hanabi を用いた．hanabi ゲームは，5 色のカードに対して，1 から 5 の数字が印刷された合計 50 枚のカードを利用したゲームである．このカードを 3 名で構成される参加者に，5 枚ずつ配布する．参加者は，配布されたカードを小さい番号から順番に場に出していく．最終的に場に 1 から 5 の各色カードを揃えることが目的である．ルール上，各参加者は自分が有するカードを自身で見ることができず，表面を他のプレイヤーに向けて持つ．参加者は自分の順番になったら，カードを捨てる，他者に

カードの情報を教える，自分の手札を場に出す，のどれかを選ぶ．他者へカードの情報を伝達する際は，色，もしくは数字のどちらかを伝えることしかできない．よって，ゲームを効率的に遂行するためには情報伝達の方法を定めるなどして，参加者間で適切な協調関係を築いていく必要がある．

3.2.3 アンケート項目

参加者の性格や飽きに関する情報を得るためのアンケートを用意した．性格に関するアンケートは，5因子性格検査短縮版を用いた [7]．また，動機づけの測定には，ARCS モデルを用いた [8]．ARCS モデルは，学習意欲を測るためのモデルであり，注意（Attention），関連性（Relevance），自信（Confidence），満足感（Satisfaction）の 4 つの項目から構成される．本実験では，このモデルをゲームを対象とした質問となるように修正を行い，実験の前後でアンケートを実施することで動機づけの変化を測った．

3.3 手続き

hanabi に関する著者らのこれまでの実験 [1] では参加者の発話内容に，ゲームに関係のない会話が多く含まれており，ゲームの展開以外の要因が学習と飽きのプロセスに影響していた．今回の実験では発話によるコミュニケーションを統制し，身体動作のみでの最小限の意思疎通を行う設定とした．手続きは，以下の事前手続きと，当日の手続きから構成された．

1. 事前手続き
   実験参加者には，事前に hanabi のルールが記載されたルールブックを pdf 形式で配布した．実験当日までにルールを把握することを求めた．また，hanabi ルールブックを配布する際に，同時に 5 因子性格検査短縮版を Google フォームの URL を伝え，回答することを求めた．
2. 当日の手続き
   参加者はまず実験の流れに関する教示を受けた．その後，ARCS モデルに基づくゲームの動機づけの事前アンケートに回答したのちに，以下の（a）と（b）の手続きを繰り返した．
   (a) hanabi ゲームの遂行
   実験者から合図をされたのちに参加者はゲームを開始した．実験中，実験者は参加者がゲームを行っているスペースから退出した．ゲームが終了したのち，参加者は被験者に終了を知らせた．
   (b) 飽きに関するアンケート
   各ゲームが終わったのちに，紙面で飽きに関するアンケートが配布され，回答した．本アンケートの回答は個別に行われ，回答の内容が他の参加者にみられることはなかった．

   上記の手続きから 3 時間が経過したのちに，実験者から実験の終了が告げられた．その後，参加者は ARCS モデルに基づくゲームの動機づけの事後アンケートに答えた．

4. 分析

実験中に録画したデータ[1]をもとに，ゲームごとのスコアや時間の変化を時系列データとして分析した．飽きの発生やゲームにおける動機づけの促進は時間を経ることで発生する．従って，時系列データと飽きや学習との関連性を見出すことは有効的な手段であると考える．

また，今回の分析においては，各参加者のゲーム中の動作を OpenPose を用いて解析した．具体的には，実験の様子を録画した動画データを 1 秒あたり 30 枚の静止画像データとし，各画像フレームごとに骨格検出を行った．図 3 が骨格検出の様子である．ゲーム中の各参加者のゲーム中の動きは，カードを出す，捨てる，他の参加者にカード教える，他のプレイヤーが出したカードを自分の近くの場札ゾーンに置くという動きが主である．参加者全員が右利きであり，これらの動作を行う際には右手を使うことが確認されたことから，右手の動作量のピークを検出することで，ゲームの進行を大まかにとらえることができると考えた[2]．つまり，右手の動作量のピーク間隔は，各参加者のターン間隔（その参加者がプレイしてから，再びプレイするまでの時間）を表す（図 4 の青線部）．ターン間隔が一定であれば，順調にゲームが進行していると推測され，ターン間隔が不揃いのときはゲームの順調な進行を阻害する要因が生起したと考えられる．これらの仮定から，動作量のピーク間隔の分散（SDITI : SD of Inter-Turn-Interval）を計算した．具体的な手順を以下に示す．

1. OpenPose によって出力された JSON データ（30fps）を R 言語に読み込む．

[1] グループ 1 は，全 6 試合行ったが，機材トラブルにより 4 試合のみ録画された．

[2] ピーク部分においては，カードを場に出したり，他のプレイヤーにカードの場所を示す動作が行われていたことが実験において記録された動画から確認された．

2. 各フレームの右手の座標位置を取り出し，フレーム間でのユークリッド距離を測ることで右手の動作量を求める．
3. 図 4 に示される，ユークリッド距離の中で突出した値を出している部分に注目し，オレンジの点線の上部に示される，値が 200 以上の部分をピーク部分として抽出する．
4. 図 4 の青線部分に示されるピーク間隔についてフレーム枚数を配列に格納する[3]．
5. 4 で求めた配列から，各ゲームの SDITI を求める．

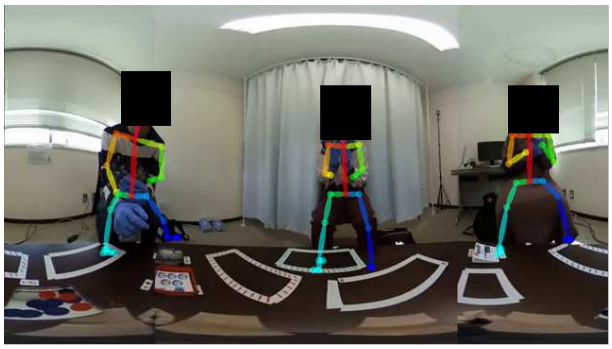


図 3　骨格検出の様子

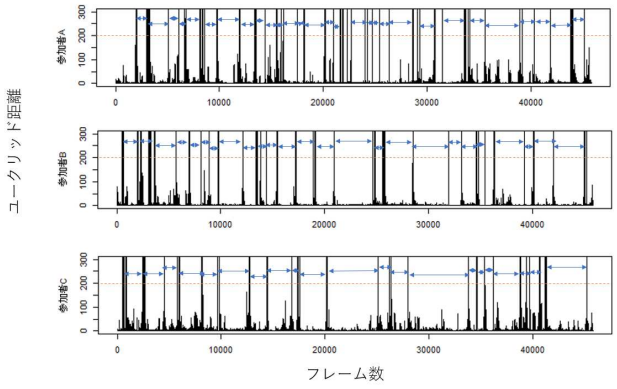


図 4　右手の動作量（フレーム間ユークリッド距離）の例

5.　結果

以下では，(1) 各ゲームにおいて獲得されたスコアと時間の変化，(2) アンケートの結果，(3) 各ゲームにおける参加者の動作（SDITI）の分析結果を示す．

[3]ピーク間隔の閾値を 100 枚とし，隣接するフレームがピークになることを避けた．

5.1　ゲーム時間とスコアの変化

各グループにおけるゲームの所要時間とスコアの変化を図 5 と図 6 に示す．ゲーム数の経過に伴い，ゲーム時間が単調に減少するのではなく，増減している様子が見られる．実際，ゲーム数とゲーム時間の相関は両方のグループにおいて有意とはならない（グループ 1 : $r = -0.374, n.s$ ，グループ 2 : $r = -0.517, n.s$）．ゲームスコアも同様にゲーム数との相関は有意ではなく，課題の進行に伴う一貫した変化は認められなかった（グループ 1: $r = -0.102, n.s.$ ，グループ 2: $r = .604, n.s$）．これらの結果から，今回対象となったグループにおいては，ゲーム数を重ねることによる学習（効率的なスコアの獲得）は生じなかったことが示唆される．

一方で，ゲーム時間とスコアの相関に関しては，グループ 1 において有意な負の相関が得られた (グループ 1: $r = -0.879, p < .05$ ，グループ 2: $r = -0.157, n.s$)．この結果から，一つのゲームに費やすプレイ時間は，そのゲームのスコアに正の影響を及ぼさないことがわかった．むしろ，グループ 1 では，うまくいかなかったゲームほど一つのゲームのプレイ時間が増大する傾向にあった．

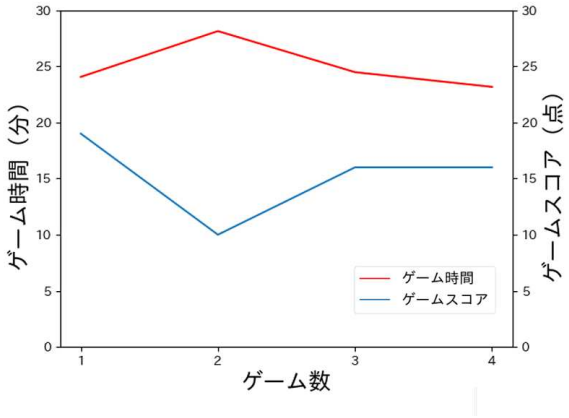


図 5　グループ 1 の 1 ゲーム当たりの所要時間とスコアの変化

5.2　アンケート集計

ゲームとゲームの間に行われた，飽きに関するアンケートにおいて，グループ 1 では 2 ゲーム目と 6 ゲーム目で 1 人ずつ飽きが生じたプレイヤーがおり，グループ 2 では 5 ゲーム目で飽きが生じたプレイヤーがいた．以下，グループ 1 で 2 ゲーム目で飽きが生じた

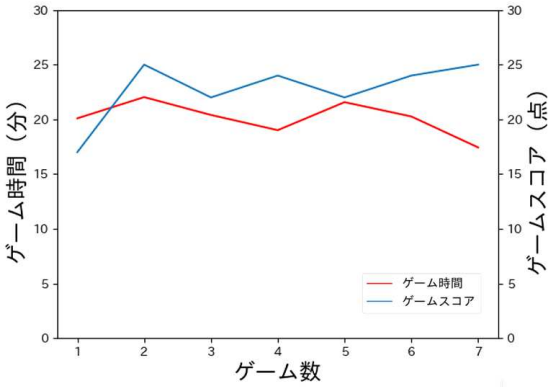


図 6　グループ 2 の 1 ゲーム当たりの所要時間とスコアの変化

参加者を A，6 ゲーム目で飽きが生じた参加者を B とし，グループ 2 で 5 ゲーム目で飽きが生じた参加者を D とする．

さらに，ゲームを繰り返しプレイした経験が，どの程度参加者の動機づけに影響したのかを，ARCS モデルを用いたアンケートをもとに検討した．表 1 はグループ 1，表 2 はグループ 2 の A，R，C，S それぞれの項目の変化を表している．どちらのグループでも，実験の前後で点数が上がっており，動機づけが進んだことを表している．中でもグループ 2 は参加者全員がゲーム前後で点数が下がった項目が見られず，グループ 1 と比較すると，より動機づけがされていることが分かる．

表 1　グループ 1 の学習意欲の変化

	A	R	C	S	合計
参加者 A	+4	+3	+2	+1	+10
参加者 B	-1	+2	-3	-2	+2
参加者 C	+8	+5	-3	+3	+13

表 2　グループ 2 の学習意欲の変化

	A	R	C	S	合計
参加者 D	+4	+1	+1	+6	+12
参加者 E	0	+2	+6	+5	+13
参加者 F	+6	+4	0	+6	+16

5.3　ターン間隔の分散

図 7 と 8 に各グループにおける SDITI の変化を示す．グループ 1 では各参加者間で SDITI の変化のパターンが異なる一方で，グループ 2 ではどのプレイヤーも似通った変化を示していることが分かる．

そこで，グループ内の参加者同士での SDITI の相関を調べた．それぞれの結果を表 3 と表 4 にまとめる．グループ 1 では，2 ゲーム目で飽きが生じた参加者である A と他の参加者の相関が低い．対してグループ 2 では，表 4 に示す通りグループ 1 に比べると参加者間の相関が高いことが分かる．

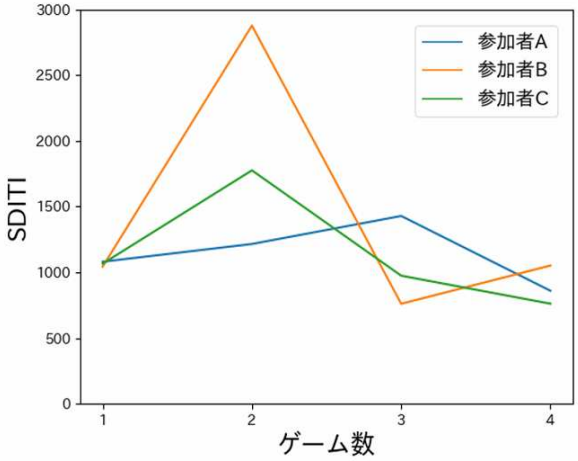


図 7　グループ 1 の SDITI

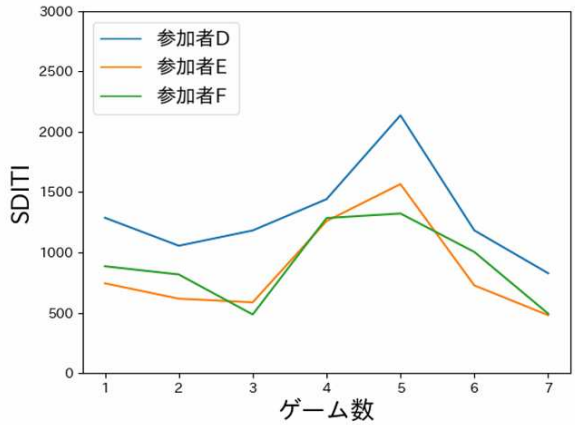


図 8　グループ 2 の SDITI

表 3　グループ 1 の各参加者の SDITI の相関

	参加者 A	参加者 B	参加者 C
参加者 A	1.000	0.065	0.351
参加者 B		1.000	0.938**
参加者 C			1.000

**p<.01

表 4　グループ 2 の各参加者の SDITI の相関

	参加者 D	参加者 E	参加者 F
参加者 D	1.000	0.937**	0.784*
参加者 E		1.000	0.896**
参加者 F			1.000

**p<.01 ,*p<.05

6. 考察

以上のように本研究では，ゲームの進行にともなうプレイの効率性に関する指標（1 ゲームあたりのプレイ時間，スコア），アンケートにより測定された飽きと動機づけの変化，動作の時間的な周期性の変化を検討した．はじめの分析からは，長いプレイ時間が高いスコアと結びつかないことが示された．この結果をポジティブなものと捉えるのであれば，ゲームの進展に伴う学習が生起すると同時に，内発的動機づけに駆動された新たな問題空間の探索がなされたと考えることができる．しかし，ARCS モデルを用いたアンケートの点数に注目すると，1 ゲームあたりのプレイ時間とスコアに負の相関があったグループ 1 は，グループ 2 に比べ，今回のゲームにおいて動機づけが低かった．さらに，グループ 2 においてはグループ内の SDITI の相関が強いのに対して，グループ 1 において早期に飽きの生じた参加者 A は他の参加者とは動作の周期性において異なるパターンを示した．これらのことから，SDITI の相関は，グループ内の動機づけと関連することが示される．この結果を踏まえて，本研究において提案した SDITI はゲーム実験において，ゲームの周期性，参加者の行動，ゲームへのエンゲージメントを示す方法として有効的な指標であることが考えられる．

7. 今後

今回の実験の参加者は，2 グループ，合計 6 人だったので，参加者の人数を増やし，今回指標として示した分散の妥当性を確かめる必要がある．また，今回の hanabi 実験では，1 グループ約 20 分，長いゲームだと 40 分近くかかっていた．1 ゲームあたりの時間が長かったため飽きが生じていたり，飽きの要因の中に，疲れがあるなどのことが考えられる．今後は，ゲームルールの改変やゲーム時間に制約を設けるなどの改良が必要である．

文献

[1] 板倉菜々香，米田凌，與野木龍，大本義正，森田純哉,（2020）“対人インタラクションでの飽き と学習の関係ー協力ゲーム花火を題材とした行動分析” HAI シンポジウム 2020

[2] 大澤博隆 ,（2015）“協調ゲーム Hanabi におけるエージェント間の協調行動の分析” 人工知能学会全国大会論文集, JSAI2015,1F23-1F23.

[3] 小嶋暁, 紅林優友, 森田純也,（2018）“ コミュニケーション成立における自閉症スペクトラム傾向の影響-パターン化による記号形成のメカニズム-”, 日本認知科学会第 35 回大会発表論文集, pp. 174-183.

[4] 岡真奈美, 森田純哉, 大本義正,（2018）“インタラクションを持続させる個人特性-システム化と共感に注目した検討-” HAI シンポジウム 2018

[5] Yuri Burda, Harri Edwards, Deepak Pathak,Amos Storkey., Trevor Darrell., and Alexei A.Efros., (2018) “ Large-Scale Study of Curiosity-Driven Learning”, ArXiv.

[6] Kazuma Nagashima, Junya Morita, Yugo Takeuchi,Yoshimasa Ohmoto, (2019) “Cognitive Modeling of Intrinsic Motivation for Long-Term Interaction”, Proceedings of the 7th International Congerence on Human-Agent Interaction, pp. 316-318.

[7] 藤島寛，山田尚子，辻平治郎,（2005）“5 因子性格検査短縮版（FFPQ − 50）の作成” パーソナ リティ研究, Vol. 13, No. 2, pp. 231-241.

[8] 川上祐子，向後千春,（2013）“ARCS モデルに基づく Course Interest Survey 日本語版尺度の検討” ，日本教育工学会研究報告書 JSET13 − 1, pp. 289-294.

インタビュー調査に基づく オーケストラにおける演奏音の同期方略の検討
Interviews on Synchronized Performance Strategy with Orchestra Performers

樋田 浩一[†‡]，山本 浩輔[†]，齋藤 五大[†]，坂本 修一[†]
TOIDA Koichi, YAMAMOTO Kosuke, SAITO Godai, and SAKAMOTO Shuichi
[†]東北大学
Tohoku University
[‡]koichi.toida.e2@tohoku.ac.jp

Abstract

How do orchestra performers stay synchronized with the entire orchestra? There is a delay in the speed of sound caused by the physical distance between the players. Therefore, if performers try to play along with the sound coming from other performers at a distance, it will be hard to synchronize with the delayed sounds. In this study, we conducted interviews with orchestra performers to clarify how they actually hear the sounds and what kind of information they use to assist synchronization or catch the onset of synchronization. As a result, it is suggested that the sounds of performers coming from a distance are perceived at a constant delay, professional performers practice to avoid being disturbed by the delayed sounds, and visual cues such as the movement of the concert master help performers synchronize.

Keywords — Orchestra Performance, Synchronization Performance, Sensory Feedback, Delay Detection

1. はじめに

オーケストラの奏者たちは，どのようにして楽団全体の同期を図り，演奏をしているのだろうか．奏者間には物理的な距離が存在するため，離れた位置の奏者の演奏音は，距離に依存した音速の分だけ遅延して到来する．従って，他者の演奏音は，必ずしも自分の演奏と同期して聞こえているわけではない．

近代における四管編成[1)]のオーケストラの平均的な配置は，幅17 m，奥行き12 mほどとされ[1]，上手の奏者は指揮者位置まで8.5 mほど離れている．このことから，指揮者位置に演奏音が到達するまでに，約25 msの音速に起因した遅延を要し，さらに，17 mほど先にいる下手の奏者の演奏音は，約50 ms遅延して到来することになる．これは，同期演奏に困難を抱くほどの大きさの遅延であることが実験室実験において示されているが[2]，現実としてオーケストラの演奏は成立している．果たしてこのような困難の中で，オーケストラの演奏はどのようにして実現されているのだろうか．

そこで本研究では，オーケストラの奏者がどのように楽団全体の同期のタイミングを合わせて演奏をしているのかについて，インタビュー調査を実施した．調査を通じ，指揮者位置や演奏位置における演奏音の聞こえ方についてのコメントを得るとともに，いかにして同期を図っているのか，同期の起点や手掛かりに利用している情報についても検討を行った．

表1　調査対象者の属性

	回答者A	回答者B	回答者C	回答者D
年代性別	20代男性	30代男性	30代女性	50代男性
種別	アマチュア	プロ	プロ	プロ
音楽的役職	指揮者 ホルン奏者	指揮者	コンサートマスタ ヴァイオリン奏者	コントラバス奏者 指揮・指導者
経歴	指揮歴5年	指揮歴12年	演奏歴30年	演奏歴40年
プロ歴	－	12年	12年	30年
演奏形態	ブラスバンド[3)]	オーケストラ	オーケストラ	オーケストラ

2. 調査方法

2019年9月から2020年3月にかけて，音楽関係者にインタビュー調査を実施した．対象者は，音楽的背景やオーケストラ内での役割の異なる4名とし，アマチュア指揮者(指揮歴5年)，プロ[2)]の指揮者(指揮歴12年)，プロのヴァイオリン奏者(演奏歴12年)，プロのコントラバス奏者(演奏歴30年)とした(表1)．ヴァイオリン奏者については，コンサートマスタ[4)]としても12年，コントラバス奏者については指揮・指導者歴としても30年の経験がそれぞれあった．インタビューは，対面ないしはビデオ通話の形で実施し，得られたコメントについて筆者らで整理を行った．

1) 編成の規模を表す．管楽器(フルート，オーボエ，クラリネット，ファゴット)が各4名．第1ヴァイオリンが16名の16型の場合，総勢100名程度となる． 2) 本稿では，楽団などの所属を問わず，演奏や指導によって生計を立てている者をプロとした．3) 吹奏楽団．オーケストラとは異なり，弦楽器(ヴァイオリン，ヴィオラ，チェロ，コントラバス)のパートは存在しない．ブラスバンドでは，第1クラリネット首席奏者がコンサートマスタであることが多い．4) 奏者の代表として，楽団内の統率を担う役職．多くは第1ヴァイオリンの首席奏者で，指揮者の下手客席側で演奏する(図1)．

3. 結果

表 2〜5 に, インタビューで得られた代表的なコメントに示す. 重要なコメントには表中に下線を示した.

3.1. 担当位置での演奏音の聞こえ方

各々の担当位置において「演奏音はどのように聞こえているのか」という質問については, いずれの回答者も, ごくわずかではあるが「離れた位置の奏者の演奏音は遅れて聞こえている」と回答した(表 2). 特に, ヴァイオリン奏者にとって, 対向配置(図 1)[5] の場合は, 2 つのヴァイオリンパートが左右に配置されることに起因し, 遅延して到来する演奏音の影響が大きい. このため, 回答者 C は「第 2 ヴァイオリンの音を聞かないようにする」と回答している. 他にも, 楽器の特性と関連し, 金管楽器は音の立ち上がりが遅いために恒常的に遅れて聞こえるというコメントもあった.

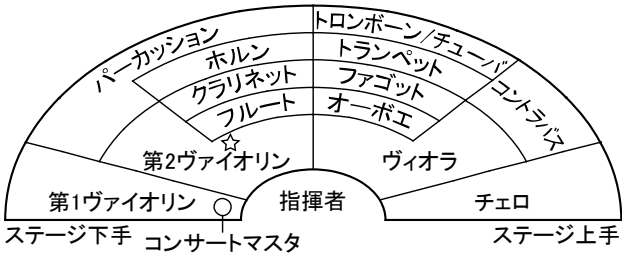
3.2. 演奏のタイミングの合わせ方

音がずれて聞こえている環境下において「楽団全体としてどのようにして同期を図っているのか」という質問をした結果, 特に, コンサートマスタのアインザッツ[6] が手掛かりとなることが明らかになった(表 3). コンサートマスタが弦楽器奏者の場合, 弓の使い方で音を出すタイミングが視覚的に分かりやすいため, その点で指揮者よりも有用だというコメントが得られた.

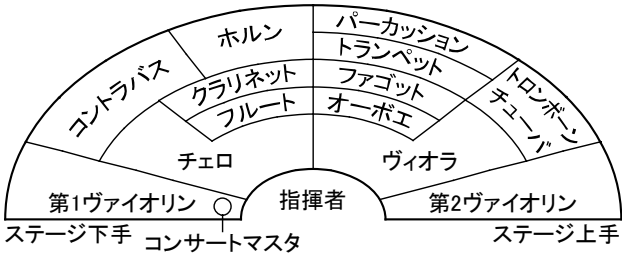
楽団内では, タイミングの同期を図る手掛かりとして, 指揮者のほかにも, コンサートマスタ, パートトップ[7] が存在する. 奏者は譜面を注視しながらも, 視界の隅にそれらを捉えており, この 4 点を視野に押さえながら演奏することが重要だとする回答が得られた. 図 2 に, 第 2 ヴァイオリン 2 列目位置(図 1(a)内の星印位置)における演奏中の視野の例を示す.

これらの複数の手掛かりについて利用する方略を尋ねたところ, 回答者 C は, 指揮者〜コンサートマスタ〜パートトップという同期タイミングの情報伝達経路があると回答した一方で, 回答者 D はそのような煩雑なプロセスを否定している. しかし, 両者とも「演奏中は楽譜から目を離さないが, 常に周りの状況を捉えている」と回答しており, 視覚情報を手掛かりにして演奏の同期を図っていることが示された.

5) ロマン派以前の楽曲で多く用いられる配置. 左右に 2 つのヴァイオリンパートがあることで, 一種のステレオのような効果が得られる. 「古典配置」とも. 6) Einsatz〔独〕. 音の出だしの手掛かりとなるブレス(呼吸)や体の動き. ヴァイオリンの場合, 本体胴部や弓の先端などを動かし, 様々なアインザッツを出す. 「ピックアップ」とも. 7) その楽器セクションの首席奏者. 「パートリーダ」とも. 8) 残響が長く響きが豊かなこと. 9) 残響が短く響きが乏しいこと.



(a) 現代配置(アメリカ式配置)



(b) 対向配置(ヨーロッパ式配置)

図 1 典型的なオーケストラの配置 [3]

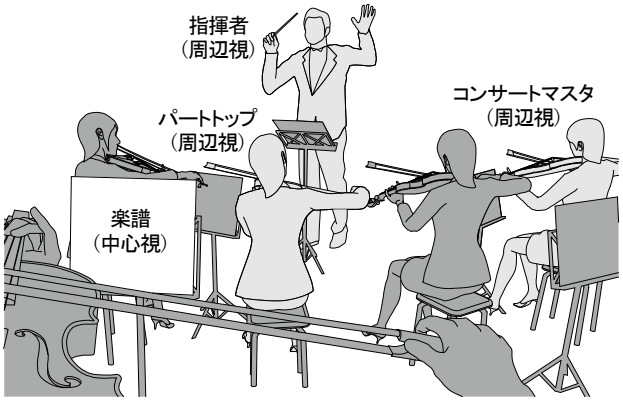


図 2 演奏中における奏者の視野

3.3. プロとアマチュアの差異

タイミングの合わせ方について, 奏者や楽団の習熟度による差異に言及したコメントが得られた(表 2〜4). プロの奏者は, パート内でずれずに演奏する技術が要求されており, 恒常的に遅延して到来する演奏音に対してつられないように努めているということが示された. 回答者 D は, 楽器演奏を練習する理由について, 「聞こえた音に合わせると, (その遅れにつられて)ずれてしまうことに対し, 身体をどう微調整していくのかという技術を養うことだ」と回答している.

3.4. 演奏環境による影響

演奏のしやすさに関しては, その演奏環境によっても異なるというコメントが得られた(表 5). デッド[9] な空間よりも, ライヴ[8] なホールが演奏しやすいというコメントが多くみられ, 適度な響きがあり, 自らの演奏の反射音が得られることが演奏のしやすさの上で重要だと示された.

表 2　担当位置での演奏音の聞こえ方に関する代表的なコメント

回答者 A (指揮者／アマ)	回答者 B (指揮者／プロ)	回答者 C (コンサートマスタ／プロ)	回答者 D (コントラバス奏者／プロ)
・客席 2 階中央でどう聞こえるかを重視し，リハーサルでは，指揮者位置では代わりの人間が「代振り」をし，2 階席中央で実際に音を聞いてバランスを確認する． ・指揮者位置では，2 階席中央で聞く時と比較して，各楽器までの距離がより明確な形で聞こえる． ・2 階位置で聞くときは，「全体」として聞こえる． ・指揮者位置では，正中線上に位置する楽器の音は，直線的に聞こえ，離れた位置の楽器は，遠い位置の音として聞こえる． ・正中線上にある楽器(e.g. クラリネット，フルート)はダイレクトに聞こえ，正中線上から離れた楽器は反響している音が聞こえているイメージ．	・楽団によって，指揮の打点に対して演奏音が聞こえるタイミングは異なる． ・奏者は，打点から時間をおいて音を出しているのではなく，「打点に合わせて音を出す」という感覚でやっているはずなので，指揮者からすると，演奏音は遅く感じられる．このため，指揮としては「先振り」になってしまう． ・音が合っているかずれているかはわかるが，「合っている」ということが，物理的に音のタイミングがすべて合っているということを指すのかどうかは分からない．感覚的である． ・「タイミングがずれている」と感じる瞬間があるということは，平時は合っているのかもしれない．	・ステージ上での演奏位置の関係で，どうしても遅れて聞こえてくる音はある． ・恒常的に音がずれて聞こえている楽器として，トロンボーンやトランペットのセクションなど「ブワッ」と来る遅さを感じる． ・「遅れている」という認識があるわけではないが，「オンタイムではないのだろう」という認識を常に持っている． ・遅れて聞こえるパートの音につられないようにすることが務めであり，大体慣れる． ・大規模な楽団だとテンポキープが困難であり，指揮者がテンポキープに努め，新しい指針を出してくれることが重要である． ・対向配置(図 1)[5] では，どうしても第 2 ヴァイオリンの音につられてしまうので，聞かないようにする．	・各楽器の音は，ずれて聞こえている．ずれにつられないようにすることが練習の意義． ・特に金管楽器は，音がピークに到達するまでが遅いので，そもそも遅く聞こえる． ・自分がずれてしまっているというときは，視界の違和感を手掛かりにしている． ・演奏中，譜面から目を離すことはないが，その外側に広がる世界の動きを感じており，動作のずれなどの「違和感」を覚えた場合には，音を聞き，聴覚に基づいて修正する． ・対向配置の場合は，物理的な演奏位置が近い低音セクションの自分(コントラバス)と高音セクションの第 1 ヴァイオリンの間に，あらゆる音が入って聞こえる．必ずしもやりづらいわけではない．

表 3　演奏時のタイミングの合わせ方に関する代表的なコメント

回答者 A (指揮者／アマ)	回答者 B (指揮者／プロ)	回答者 C (コンサートマスタ／プロ)	回答者 D (コントラバス奏者／プロ)
・指揮のタイミングは，各楽団や演奏によって変わる． ・指揮者の指示はオンセットよりも前にあり，タイミングはコンサートマスタの指の動きやパートトップ [7] のアインザッツ [6] で合わせているのかもしれない． ・指揮者が奏者に合わせることも，指揮者が奏者よりも早く振っていることもある(先振り)． ・指揮がなくても演奏が成立するように練習で作り込んでしまうこともあり，タイミングは各パートトップのアインザッツに揃えてしまう． ・ホールが広いと，残響に引きずられてテンポが遅くなり，演奏が崩れやすくなるため，本番の会場(ライブ [8])の響きを想定し，練習室(デッド [9])で音を作ってから本番に臨む．	・指揮の振り方は，残響時間やホール，楽団とのコンセンサスなどによって変わる． ・奏者たちは，1 拍ごとに指揮者のタイミングに合わせているわけではない．その先 2〜3 小節は何もしなくても勝手に運ばれるポイントがある． ・指揮者の打点に合わせているが，入る 1 拍前には皆が合わさる感覚を持っているはず． ・奏者同士でずれないことが重要であり，指揮者に合うことは重要項目ではない． ・複雑な現代曲などでは譜面に噛り付き，周辺視で指揮者を見る． ・奏者は，コンサートマスタが指揮者から取ってきたタイミングに合わせ，自らの音を出すタイミングを合わせている． ・弦楽器は特に，視覚的に弓の使い方で音を出しているところが分かるため，指揮者よりも発音のタイミングが分かりやすい．	・コンサートマスタとして楽団にタイミングの指示を出す場合は，必ず 1 拍以上先にアインザッツを出している． ・指揮者は打点で音を鳴らしたいため，打点があってから音が出ることが重要．そのため，コンサートマスタとしては次のタイミングのアインザッツを出すが，オンタイムで音を出す． ・奏者は，楽譜とパートトップとコンサートマスタと指揮者の 4 点セット(図 2)が見えるよう，視界に入れている． ・個々の奏者がコンサートマスタを頼ると，それぞれの理解で音のタイミングを取ってしまうので，パートトップがコンサートマスタを見る． ・演奏を合わせるべきパートとの距離が遠いと，音が遅延して利用できないので，視覚を利用し，指揮者・コンサートマスタ・パートトップのアインザッツが一致していることを確認しながら弾く．	・楽器ごとに発音に要する時間が異なるため，必然的にタイミングはばらついてしまうが，奏者全員の「平均」「中央」に位置するところにタイミングを揃える． ・指揮者が「せえの」と打点に入る過程で，みんなの呼吸を合わせるセンスが必要である． ・指揮者〜コンサートマスタ〜パートトップという伝達をすると，全員がそのプロセスを終えるまでに恐ろしいタイムラグが生じてしまう． ・奏者は，指揮者とコンサートマスタの関係，コンサートマスタとパートトップ奏者の関係といった，大きなセンスの集合点を感じる． ・全楽器，指揮者よりも必ず早く動いており，指揮者の打点に対して早くから準備している． ・理想的には，遠目で見たときに，ステージがひとつの点(点音源)になっているとよい．

表 4　プロとアマチュアの違いに関する代表的なコメント

回答者 A (指揮者／アマ)	回答者 B (指揮者／プロ)	回答者 C (コンサートマスタ／プロ)	回答者 D (コントラバス奏者／プロ)
・プロの人がどうかは分からないが，楽団の音に惑わされずに先振りをしないといけないため，意図的に演奏を「聞かない」こともある．	・アマチュアのオーケストラでは，パート内でも，前方の奏者と後方の奏者でずれてしまうことある． ・プロのオーケストラでは，誰がずれたかは本人自身が一番分かっており，次の演奏時に同じミスは起こらない．	・回答なし．	・聞こえた音に合わせるとずれてしまうことに対し，「身体をどう微調整していくか」という技術を養うことが，練習する理由であり，アマチュアのオーケストラ楽団では，この技術の磨き方が足りないことが多い．

表 5　演奏位置やホールの違いに関する代表的なコメント

回答者 A（指揮者／アマ）	回答者 B（指揮者／プロ）	回答者 C（コンサートマスタ／プロ）	回答者 D（コントラバス奏者／プロ）
・残響のあるホールでは，細かな粗が目立たなくなるため，ホールに任せる．	・ホールによって響きを変えるということもあるが，基本的には同じ作り方をする． ・響きのあるホールだと，デッドな練習場よりも楽に音が出せる． ・ホールが違うと音響特性が異なるため，奏者側はアジャストしているはずである．例えば，ピアニストはピアノを選べず，その場にあるピアノに合わせて演奏するが，ホールに対する調整もそのようなものかもしれない． ・第 1 ヴァイオリンが緞帳の外まではみ出すなど楽団の人数が多い場合，奏者は浮雲 10) などからの反射音を利用できず，返りがないために，演奏が不安定になる．	・デッド過ぎて，あまりに自分の音が聞こえすぎると，弾きづらいと感じる． ・何も返ってくるものがないと，その響きを利用して演奏することができない． ・弾きやすいホールは，心地いい反響や残響があるところで，自分に返ってくるものがあり，力を抜いて弾けるところ． ・ホールによって響きが異なるため，「ここのホールは響きが多いから，じゃあもう少しこういったアンザッツにして，もうちょっとはっきり弾こう」などの調整を行う．	・ホールは楽器であり，ホールによって「演奏しやすい」「音が鳴らない」「音が響かない」など様々な特性が存在する． ・ホールのエフェクトは基本的に操作できないため，体という道具をどういう風にセットするかを耳が瞬時に判断し，空間における快い音の鳴り方というものを皆が感じ，それによって自分の演奏を変えていく． ・シューボックス形 11) のようなホールの場合は，反射板をぶらさげたりする．柱や壁に凹凸があるなど，音が反射する面の総面積が多いほど演奏しやすい 12)．

4.　考察

4.1.　遅延した他者の演奏音による影響

本インタビュー調査の結果，オーケストラ演奏時，ステージ上ではわずかに遅延した他者の演奏音が到来しているが，奏者たちはそれらの遅れを気にせず演奏していることが示された．

先行研究において，他者の演奏音の遅延時間がおよそ 20 ms 以上になると，アンサンブルが次第に難しくなることが示されている[1][2]．Gade は，異なる部屋にいる 2 人の奏者に対して，マイクロフォンとスピーカを用いたシステムを介してアンサンブル演奏させた．この際，他者の演奏音に任意の遅延を挿入して呈示し，主観的なアンサンブルのしやすさを評価させた．10 組のデュオ（ヴァイオリン - チェロないしはヴァイオリン - フルート）で実験を実施した結果，アンサンブルのしやすさは遅延 20 ms 以上で低下することが示されている．類似する研究[4]として，電子ヴァイオリンを用いた実験では，他者の演奏音に遅延を挿入した環境下でアンサンブル演奏を行い，「遅延を感じた程度」と「演奏への支障の程度」の主観評定を行っている．実験の結果，半数の被験者が 20 ms で遅延を感じ，30 ms 以上では全ての被験者が遅延に気付いたうえで，演奏に支障があると回答している．演奏音について，奏者間で同期すべき音の開始時間ずれを分析すると，遅延 40 ms 以上で大きくアンサンブル演奏の同期性が損なわれることが示されている．

一方で，実際のプロ奏者の演奏音には，数 10 ms 程度の演奏音のずれがあることが報告されている[5][6]．トリオによる演奏では，奏者間に数 10 ms 程度の発音タイミングのずれが観察されるが，主観的にはずれていると認識されにくい．このような演奏音のずれは，プロのピアニストによるデュオにおいても 30～50 ms 観察されることが報告されている[7]．演奏音がずれた状態でも演奏が成立する背景には，他のパートと比較して主旋律を演奏するパートの演奏音が数 ms 先行していることで，旋律を明瞭にする効果（melody lead）[6]が発揮されることも影響していると考えられる．回答者 B からは，「ベースを支える音なので，コントラバスは誰よりも早く音を出すよう指示されることがある」，回答者 D からは，「ヴィオラは少し後から音を出した方が気持ち良いので，その状態が普通になってしまっている奏者が非常に多い」「そうすると今度は，オーケストラ全体の耳が，遅れて出るサウンドに慣れてしまう」というコメントも得られており，各パートに適した演奏のタイミングに対して，慣れが生じると考えられる．プロの奏者は，その楽器パートの奏者同士でずれずに演奏する技術が求められていることから，ミスタッチなどの単発の遅れに対する感度は高いが，恒常的な遅れについては練習を通じて慣れていると考えられる．回答者 B から，「対向配置での演奏時には，反対側から遅れて到来する音につられないように努める」「遅れて聞こえるパートの音についても，つられないようにすることが務めであり，大体は慣れる」との回答も得られており，そのようにつられずに演奏する技術を持ち合わせていることこそがプロたる所以だと考えられる．

10)　ステージや客席前方の上部に吊るされた反射板．11）長方形の平面形状をしたホール．12）ロングパスエコーやフラッタエコーに代表される音響障害の解消や，反射音の空間分布の均一化を目的として凹凸が設えられる．

4.2. 視覚手掛かりの利用

本インタビューでは，いずれの回答者からも，コンサートマスタのアインザッツが重要だとする回答が得られている．このことから，遅延して到来する他者の演奏音につられないための手掛かりとして，奏者は視覚刺激を利用している可能性が考えられる．

Mayer は，Gade の実験[2]の結果で示されたアンサンブルのしやすさの低下が始まる遅延 20 ms は，奏者間の距離に換算するとわずか 7 m ほどであることに触れ，遠くの奏者とコンサートマスタが同期するために，視覚的なコンタクト(visual contact)が欠かせないと考察している[1]．近年においても，視覚的な手がかりについて述べた研究は多く(総論として[8])，アンサンブル演奏時に見られる身体動作について，河瀬[5]は「合奏を円滑に進めるために共演者に意図を伝えるジェスチャ」と「より直接的に奏者同士の同期に寄与する動作」に大別し，それらの重要性に言及している．回答者 D のコメントに代表されるように，演奏中の奏者は，楽曲の大きな転換点を別として楽譜を注視している．しかし，周囲の動きは常に確認しており，動作のずれなどの違和感を検出した際には，音を聞いて修正を図る．このことは，ずれの検出の手掛かりとして視覚情報が有用であるとともに，コンサートマスタのアインザッツなど，遅延していない視覚情報の手掛かりが，遅延して到来する他者の演奏音につられる効果を抑止している可能性を示唆する．

4.3. 遅延した演奏音とホールの関係

ステージ上において，遅延を伴って到来する音は他の奏者の演奏音だけではない．自らの演奏音に関しても，反射や残響などのホールの特性に依存し，遅延して到来している．このうち，初期反射音成分は，直接音を補強して音量感を増す役割を果たしている[9]．ステージ上における反射音のエネルギを評価する指標である ST_{Early}(Early support；ISO 3382-1, 2009)[13] [10] [11]は，初期反射音によって直接音が補強される程度を表すとともに，他の奏者の演奏音の聞きやすさにも関係している[3] [12]．値が低いホールでは，自分自身の演奏音だけが聞こえ，他者の演奏音を聞くのが難しいことが報告されており[13]，このような聴感物理指標と合わせて検討することで，自らの演奏音・他者の演奏音ともに，遅延して聞こえてくる音に対してつられる影響の外的な要因を定量的に評価可能になると考えられる．

13) 直接音到来後 100 ms 以内の初期反射音エネルギ[3]．

5. まとめ

本研究では，オーケストラの奏者がどのように楽団全体としてタイミングを合わせているのかについて，インタビュー調査を実施した．インタビューの結果，離れた位置の奏者の演奏音はわずかであるが遅れて聞こえてきていること，プロの奏者はそのずれにつられないようにしていること，ずれの検出の手掛かりとして指揮者やコンサートマスタの身振りといった視覚情報を利用していることが示された．

謝辞

本研究の遂行にあたり，指揮者・中島章博 博士に多大なご協力をいただいた．記して感謝を示す．また，本研究は，2019 年度東北大学附置研究所若手アンサンブルプロジェクトおよび科研費(20K14882)の助成を受けたものである．

参考文献

[1] Meyer, J. (2009) “Acoustics and the Performance of Music: Manual for Acousticians, Audio Engineers, Musicians, Architects and Musical Instrument Makers (5th ed.)”, New York: Springer Science+Business Media.
[2] Gade, A. C. (1989) “Investigations of Musicians' Room Acoustic Conditions in Concert Halls. Part I: Methods and Laboratory Experiments”, *Acustica*, Vol.69, pp.193-203.
[3] 日本音響学会編，上野佳奈子編著 (2012) “音響サイエンスシリーズ 6 コンサートホールの科学”，東京：コロナ社
[4] 長尾翼，渡邊珠希，池田雄介，上野佳奈子，伊勢史郎 (2012) “音の遅延条件がアンサンブル演奏に与える影響に関する検討”，*日本音響学会 2012 年春季研究発表会講演論文集(春)*，pp.997-998.
[5] 河瀬諭 (2014) “合奏における演奏者間コミュニケーション”，*心理学評論*，Vol.57，No.4，pp.495-510.
[6] Rasch, R. A. (1979) “Synchronization in Performed Ensemble Music”, *Acta Acustica united with Acustica*, Vol.43, No.2, pp.121-131.
[7] Kawase, S. (2014) “Gazing Behavior and Coordination During Piano Duo Performance”, *Attention, Perception, & Psychophysics*, Vol.76, No.2, pp.527-540.
[8] Keller, P. E. (2014) “Ensemble Performance: Interpersonal Alignment of Musical Expression”, In Fabian, D., Timmers, R., & Schubert, E. (Eds.) *Expressiveness in Music Performance*, Oxford: Oxford University Press, pp. 260–282.
[9] Barron, M. & Dammerud, J. J. (2006) “Stage Acoustics in Concert Halls – Early Investigations”, *Proceedings of the Institute of Acoustics*, Vol.28, Pt.2, pp.1-12.
[10] International Organization for Standardization (2009) “ISO 3382-1. Acoustics – Measurement of Room Acoustic Parameters – Part 1: Performance Spaces”
[11] Gade, A. C. (1989) “Investigations of Musicians' Room Acoustic Conditions in Concert Halls. Part II: Field Experiments and Synthesis of Rules”, *Acustica*, Vol.69, pp.249-262.
[12] Ueno, K. & Tachibana, H. (2011) “A Consideration on Acoustic Properties on Concert-hall Stages”, *Building Acoustics*, Vol.18, No.3-4, pp.221-235.
[13] Beranek, L. (2003) “Subjective Rank-orderings and Acoustical Measurements for 58 Concert Halls”, *Acta Acustica united with Acustica*, Vol.89, No.3, pp.494-508.

システム実装を通じた蘊蓄生成機構の考察
Considering *Unchiku* Generation Mechanism Through System Implementation

小野 淳平[1]，福田 和維[2]，河合 珠空[3]，小方 孝[3]
Ono Jumpei, Fukuda Kazui, Kawai Miku, Ogata Takashi

[1]青森大学ソフトウェア情報学部，[2]岩手県立大学総合政策学部，[3]岩手県立大学ソフトウェア情報学部
Faculty of Software and Information Technology, Aomori University,
Faculty of Policy Studies, Iwate Prefectural University,
Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University
j.ono@aomori-u.ac.jp

概要

物語では，事象の叙述とは別に，物語の進行を停止し，物語における任意の事柄の特徴を記述する修辞が存在する．ジュネットが述べた物語言説論では，その修辞を休止法と呼んでおり，物語中の登場人物が蘊蓄を傾ける行為は，休止法の方法の一つと言える．本研究では，筆者らが開発した統合物語生成システムにおける物語言説機構において，物語の構成要素が蘊蓄を語る様を生成する機構を実装し，物語における蘊蓄や説明について考察する．

キーワード：蘊蓄，物語生成，物語言説

1. まえがき

蘊蓄とは深く蓄えられた知識を指す言葉であり，「蘊蓄を傾ける」とは，その蓄えた知識を全力で注ぎこむ様を表す．一方で，望まれもしない状況で，聞きかじった知識を披露する様を指して，「蘊蓄をたれる」「蘊蓄をひけらかす」といった使われ方も広まっている．物語では，事象の叙述とは別に，物語の進行を停止し，物語における任意の事柄の特徴を記述する修辞が存在する．ジュネット (1985)が述べた物語言説論では，その修辞技法を休止法と呼ぶ．物語中の登場人物が蘊蓄を傾ける，あるいはひけらかすという行為は，何らかの対象に関して細かく説明する行為であり，休止法の方法の一つと言える．

福田・小野・小方 (2020)は，蘊蓄生成機構のコンセプトを提案しており，登場人物に語らせる形式で，物語における任意の名詞に関する説明を過剰に生成する．この研究における蘊蓄生成機構は歌舞伎を主題とする．具体的には，「十一代目市川海老蔵」に関する Wikipedia 日本語版の記事である，『市川海老蔵(11 代目)-Wikipedia』（https://ja.wikipedia.org/wiki/市川海老蔵_(11 代目)）及びその記事の本文からリンクによって参照できる 226 個の記事より，蘊蓄生成に利用する属性情報を作成した．

本研究では，Ogata (2020a)が開発した統合物語生成システムにおける物語言説機構において，物語の構成要素が蘊蓄を語る様を生成する機構を実装し，物語における蘊蓄や説明について考察する．そして，物語生成システムの研究における物語の修辞技法の一つとして，蘊蓄生成機構を提案する．ここで提案する方法は，単純な説明生成とは異なり，知識を物語中で展開する方法である．例えば，データベースの知識を物語として加工することで，より分かりやすくあるいは印象的に提示することが可能になるだろう．本稿では，提案したコンセプトに基づき，試作した蘊蓄生成機構について述べる．

2. 背景

2 節は，蘊蓄の実例を示し，蘊蓄と関連する説明生成について，関連研究に触れながら，一般的な知識を述べることと，蘊蓄を傾けることの差について触れる．次に，筆者らの説明生成に関連した研究を述べる．

2.1. 物語における蘊蓄

『広辞苑』 (新村, 2008)によれば蘊蓄は，「知識を深く積み貯えてあること。また、その知識。」とあり，あるいは Wikipedia には，「本来は学者などが研究で蓄えた知識のことを指すが、（中略）近年では雑学と同様の意味で使われることも多くなった。様々な分野がうんちくの対象になるが、一般的な場面では食物や酒のうんちくが語られることが多い。」とある．

蘊蓄の本来の意味は，積み重ねられてきたことを指す．しかし，一方で「蘊蓄をひけらかす」という言い回しがあるように，最近では揶揄気味なニュアンスで使用されることも多い．

本稿で提案する手法は，後者の「蘊蓄をひけらかす」

手法である．しかし，蘊蓄本来の意味もまた，一つの手法として検討するべき内容である．知識を深く蓄えること，それを披露することは，時と場合さえ適していれば，高く評価される．例えば，塚崎 (1980)が解説した David Hume による歴史観では，歴史の深い知識が「博識 (Erudition)」と呼ばれ，それを有する人物が高い評価を得る．福田 (2006)は，ロシア式の給仕方式がフランスで広まるにつれて生まれた，料理とワインの相性という「蘊蓄」によって，料理に知的な快楽が見出だされたことについて述べている．本研究で提案する方法は，思考の赴くままに蘊蓄を羅列する生成機構であるが，適したタイミングで蘊蓄を挿入する制御を検討することで，「蘊蓄を傾ける」方法にも応用できるだろう．

物語にも本格的な蘊蓄から冗談気味の蘊蓄まで，様々な蘊蓄が披露されている．例えば『未来のイブ』(リラダン, 2018)では，次の太字のように，ある登場人物に関する説明に対して，異なる事柄の説明が挿入されている――「ここは人間であれば頸椎と呼ばれている場所です。**頸椎というのは、人間にとっては＜生命の中心＞とも言えるところで、（中略）＜延髄＞には呼吸をつかさどる神経中枢があるので、そこに針を刺すと、我々は呼吸困難に陥ってしまうのです。**ではハダリーの＜頸椎＞はどうなっているか？」．あるいは，小説『レ・ミゼラブル』 (ユーゴー, 1987a, 1987b, 1987c, 1987d)の面白さは，しばしば導入される膨大な蘊蓄に耳を傾けることにある．逆に，山本美月主演のテレビドラマ『ランチ合コン探偵』（日本テレビ系）では，昼食を食べながらの「ランチ合コン」の席を中心に，主人公のゆいか（山本美月）が傾ける蘊蓄は，周囲の人から邪魔にされる，揶揄の対象となる蘊蓄である．

2.2. 説明生成

ジュネット (1985)の物語言説論の分類（小方 (1999)が体系的に整理）では，物語の時間進行を停止させる技法としてその種の技法が位置付けられ，「説明」や「描写」がその具体例となっている．このうち説明とは，物語の中に現れる諸対象（登場人物，舞台（場所），具体的な物，抽象的な物などと，それらの間の関係など）を，物語の出来事の進行・展開とは一旦離れて，それ自体として語ることであるが（出来事の展開の渦中で，例えば会話を通じて説明や描写が行われることもある），ここで取り扱う蘊蓄は説明の一種である（説明そのものについては、小野・伊藤・小方 (2020)が焦点を当てている）．ただし，必要に応じてなされる説明に対して蘊蓄は，特に「蘊蓄をひけらかす」場合は，物語の筋にとって，その筋の進行を阻害しかねない，いささか過剰なものと考えられる．

蘊蓄が物語の中で真面目に語られるか冗談めかして扱われるかの違いに拘らず，それは物語の出来事としての進行にとっては必要のない，余剰であり一種の過剰であることは確かである．しかし物語は単なる筋の進行を意味するものではなく，筋から見れば余剰物・過剰物がその迅速な進行を妨げるところにも，その価値がある．

2.3. 物語生成

本稿で開発した蘊蓄生成機構は，物語論（ナラトロジー）や文学理論の基盤の上に立って，また体系化された思想・哲学に基づいて，筆者らが開発している物語生成システム (Ogata, 2020a)への組み込みを目的とし，デザインしている．

統合物語生成システム (Integrated Narrative Generation System: INGS)では，物語の言語表現を直接行うのではなく，まず格構造を持つ事象の階層的構造としての概念構造を生成する．物語の概念構造とは，個々の事象の間の関係を階層的な木構造で管理し，そこに含まれる意味的要素どうしの関係を，概念辞書に基づいて管理する，多重的な構造を成す．概念辞書の詳細は，3.2.2 節で述べる．

なお、我々は歌舞伎 (小方, 2018; Ogata, 2019, 2020b)や，道成寺伝説に基づく歌舞伎舞踊作品『京鹿子娘道成寺』をテーマとする研究 (小方・河合, 2019; 河合・小野・小方, 2020)を行ってきた．本研究が歌舞伎を対象とするのはそれらと連動を意図している．我々は，3.3 節で示す概念辞書などによって，物語生成に関する知識を体系化しており，各々の成果を共有する下地を用意している．

3. 蘊蓄生成機構のアーキテクチャ

ここでは，蘊蓄生成機構のモジュール構成，入出力で取り扱う物語の構造及び概念辞書を説明する．

3.1. モジュール構成

蘊蓄生成機構は，物語の概念的な構造を変形するモ

ジュールと概念的構造に基づいて表層表現を生成するモジュールに分かれる．概念的構造とは，物語の意味構造を表現したものであり，詳細は 3.2 節で説明する．

概念的構造を変形するモジュールでは，階層的に構造化された事象の集合であるストーリー木を入力とし，物語言説木を出力とする．ここで出力される物語言説木は，ストーリー木の終端節点に，一つ以上の蘊蓄を挿入した木である（蘊蓄を挿入する余地が無い場合なら，一つも蘊蓄が生成されないが，その場合はここでは考えない）．

本研究における蘊蓄生成機構は，Common Lisp を用いて実装した．規模として，約 20 の関数で構成されている（データを除く）．蘊蓄生成機構は，任意の機構より呼び出され，入出力をやり取りするか，キャラクタユーザインタフェースに基づいてユーザと対話的に処理を行う．

3.2. 物語の構造

物語は二種類の構造を持つ．一つは，語られる事象連鎖としてのストーリーの構造であり，もう一つは，ストーリーの語り方を意味する物語言説の構造である．次にそれぞれの構造について説明する．

ストーリーは，時間的な流れに基づいて事象が並ぶ構造である．物語を構成する要素の状態や状態の変化を表す事象，そして因果関係などによって事象どうしを階層的に結合する関係の三種類によって構成される．図 1 はストーリーの構造の例であり， 事象 1 は，物語における時間経過によって，状態 1 から状態 2 に変化した際の内容を示す．

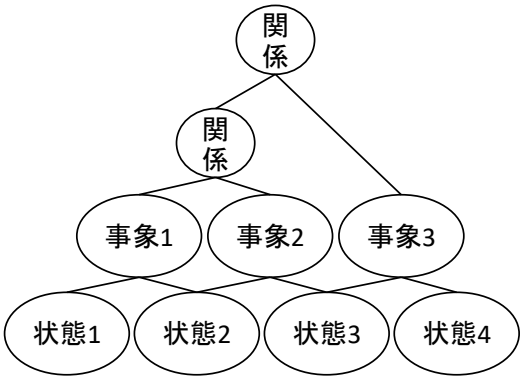


図 1　ストーリー構造

物語言説は，ストーリーの構造のうち，語りの構造によって，事象を再配置した構造である．語りの構造は，例えば，現在の話の間に過去の回想を挟む等の変形を指す．それ以外に，ストーリーのある時点において未来について言及すること，特定の事物に関する様子や外観（見た目）を述べること，事物を単に感知しただけでは得られない情報を述べることともまた物語言説の中に含まれる．存在する事象をあえて表現しないことも物語言説の一技法となり得る．図 2 は既に語られた事象 1 が再び語られており，またそれについて説明の構造が付与されている．また事象 3 は省略されている．

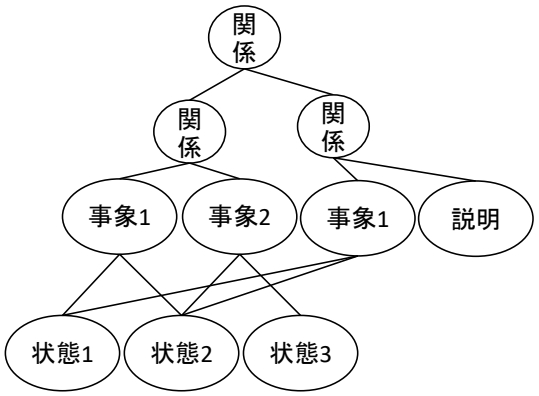


図 2　物語言説構造

3.3. 概念辞書

2.3 節で述べたように，INGS では，まず格構造を持つ事象の階層的構造としての概念構造を生成する．その生成のために，概念辞書は様々な情報を提供する．概念辞書とは，物語の概念構造中の事象における個々の要素に意味的情報を提供するための体系的な辞書である (Ogata, 2015).

現在，概念辞書には，名詞概念辞書，動詞概念辞書，修飾概念辞書（形容詞概念及び形容動詞概念を含む）を含む．いずれも，全体は is-a 関係による上位概念から下位概念に至る階層として構成される．名詞概念辞書は現在 5,808 の中間概念と 115,765 の終端概念を含み，動詞概念辞書は中間概念 36，終端概念 11,951 から構成される (小野・小方, 2014).

蘊蓄生成機構と直接関連する辞書は図 3 に示した名詞概念辞書である．名詞概念は一般名詞概念と固有名詞概念に分類されるが，蘊蓄は両者に関連する．例えば，「火山」は一般名詞概念であり，「富士山」は固有名詞概念であるが，火山に対しても富士山に対しても，説明（蘊蓄）の生成は可能（必要）である．従って，

一般名詞概念と固有名詞概念の中に，説明（蘊蓄）にとって必要な情報が格納されている（あるいは結び付けられている）必要があり，その情報をここでは属性情報と呼んでいる．

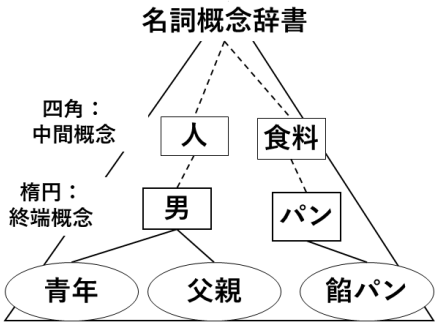


図 3　概念辞書の体系

3.4. 属性情報

名詞概念辞書の中の終端概念には，その特徴や性質などに関連する具体的な値が格納されている必要がある．この値のことを属性もしくは属性情報と呼ぶ．属性情報は構造化されたフレーム形式で記述されるので，属性フレームと呼ぶこともある．図 4 に属性フレームの形式を示す．各項目は，スロットと値の対になっている．スロットは属性の種類を示しており，値は，名詞概念，数値，文字列，nil のいずれかが記述される．必須の属性は，「ID」及び「instance-of」である．

((ID age%親#1) (instance-of 親@親) (type nil) (location nil) (名前 太郎) (身長 nil) (体重 nil) (年齢 nil) (外見 nil) (所属集団 nil) (服 nil) (所持 nil) (状態 健康) (健康状態 100) (体勢 nil) (職業 nil) (行動目的 nil) (人間関係 nil) (知覚 nil) (記憶 nil) (外装 nil) (能力 nil) (意識 覚醒) (位置 nil) (湿度 nil) (温度 nil))

図 4　属性フレーム

ストーリーに登場する具体的な人・物・場所・時間は，名詞概念辞書中の特定の終端概念と関連付けられるが，実際は，そのクラス概念から生成されるインスタンスがそれらに相当する．例えば，ある登場人物は，「男」というクラスとしての名詞概念に対応するが，その実際の姿は「太郎という名の，ある時，どこどこに住んでいる，男」というインスタンスである．従って，属性概念は，クラスとしての名詞概念に関するものと，インスタンスとしての名詞概念に関するものとに分かれ，それぞれが属性情報を保有する．（上述の固有名詞は，インスタンスとしての名詞概念の中の部分に相当する．例えば，「女」というクラスの中の「（モデルで女優の）山本美月」はインスタンスであるが，概念辞書の中では同時に固有名詞として存在する．

属性情報は，クラスとしての（一般）名詞概念にも，固有名詞概念にも，インスタンスとしての名詞概念にも，それぞれ格納される必要がある．特にインスタンスとしての名詞概念は，その時々において変化する状態も属性情報として記録されている必要がある．本稿の蘊蓄（説明）で特に必要となるのは，一般的な名詞概念及びインスタンス（固有名詞）の属性情報であり，4 節で素材とした歌舞伎役者の市川海老蔵（当代）とその関連情報を説明する．

4. 属性情報の収集

蘊蓄生成機構の構成に当たっては，蘊蓄対象を制限せず，可能なあらゆる対象についての蘊蓄を傾けることを可能とするか，逆に特定の対象に関する蘊蓄生成を中心とするか，という二つの方向がある．前者の場合，概念辞書のできるだけ多くの項目に属性情報を入力して対処することが必要となり，後者の場合は特定の分野の情報だけを重点的に収集することが必要となる．属性情報が概念辞書のあらゆる項目に満遍なく行き渡っていれば，どのような処理も可能となるが，現状ではそれは不可能であったので，今回は，歌舞伎に関する知識，しかもより小さく現在の市川海老蔵及びそれと関連する情報のみを素材とすることにした．2 節でも触れたが，これは単なる妥協策ではなく，筆者らは歌舞伎の物語生成に関する研究を行っており（小方 2018; Ogata, 2019, 2020b），この蘊蓄生成機構を歌舞伎の知識を体系的に収集・蓄積・利用するための一つの出発点ないし手段としたい，という目的もある．

具体的には，「十一代目市川海老蔵」に関する Wikipedia 日本語版の記事である，『市川海老蔵 (11 代目) - Wikipedia』[1]のページ及びそのページの本文からリンクによって参照できる 226 個のページ（項目）を使用した．すべて 2020 年 2 月 11 日から 2 月 12 日の間に参照した（Ogata (2019)も『市川海老蔵 (11 代目) - Wikipedia』を利用している）．図 5 は自動収集した属性フレーム (小野・小方, 2014)であり，ここでは特殊なスロットと文字列を値としたデータ構造となっている．

今回調査した結果，歌舞伎に関する Wikipedia の記事は非常に貧弱であり，上述した「歌舞伎の知識を体系的に収集・蓄積・利用するための一つの出発点ないし

[1] https://ja.wikipedia.org/wiki/市川海老蔵_(11 代目)

```
(((("は" "歌舞伎役者、俳優。" (")は" "十一代目市川海老蔵(じゅういちだいめいちかわえびぞう、1977 年 12 月 6 日-")))
(("は" "当代。" ("」の" "歌舞伎名跡「市川海老蔵")))
(("は" "杏葉牡丹。" ("は" "三升、替紋" ("は" "成田屋。定紋" (("は" "屋号")))))) <後略>)
```

図 5　属性フレーム

手段」とするには，不足であることが分かった．例えば，歌舞伎の作者における最大の存在の一人であり，日本の物語作家の中でも特筆すべき価値を持ち，数多くの研究が蓄積されている江戸時代の四世鶴屋南北に関して，Wikipedia には，常識として分かっている以上の情報は含まれていない．情報の量も質もお話にならない程の貧弱さである．そのため今回，他の歌舞伎事典類を利用することも考えたが，著作権の問題からそれは避けた．そしてある程度の特に分量の記述がある歌舞伎の項目を Wikipedia から探したところ，当代の市川海老蔵などの他にはあまりなかった．市川海老蔵は歌舞伎役者としてと同時に現代の芸能人，タレントとして扱われており，直近の芸能人やタレントに関しては非常な（オタク的な）蘊蓄を有する現在の日本語 Wikipedia の書き手の守備範囲の中に容易に収まったのであろう．

表 1 は上記 227 項目の記事の分類を示す．大分類は歌舞伎と直接関連する記事かどうかで分け，その下の項目に分けた．

表 1 に，生成に使用する項目とその分類を示す．歌舞伎との関連性で大別し，さらに人物や場所といった分類に分けた．例えば，歌舞伎関連の人物には，「市川海老蔵（11 代目）」他，歌舞伎役者の名前を含む．それらの項目を話題と呼ぶ．加えて，各属性情報における文章を一文ごとに，時代と世話の二つに分類した（どちらに属するか判断のつかない情報は，未分類としている）．ここでいう時代及び世話とは，歌舞伎用語を指している．時代は庶民から見て遠い世界の話を指す用語で，世話は庶民にとって身近な世界の話を指す用語である．本研究では，時代を公的な内容，世話を私的な内容とし，蘊蓄生成において時代及び世話という分類を生成の方針に利用している．

5.　蘊蓄の生成手法

この節では，蘊蓄生成のアルゴリズムについて概要を示したのち，それぞれの詳細について説明する．

5.1.　生成のアルゴリズム

図 6 に，生成のアルゴリズム（流れ）を示す．「生成対象の検索」及び「生成と連想のサイクル」が，概念的構造を変形するモジュールが処理する部分であり，「自然言語生成による表現」が表層表現を生成するモジュールが処理する部分である．特に中心的な処理は「生成」と「連想」である．

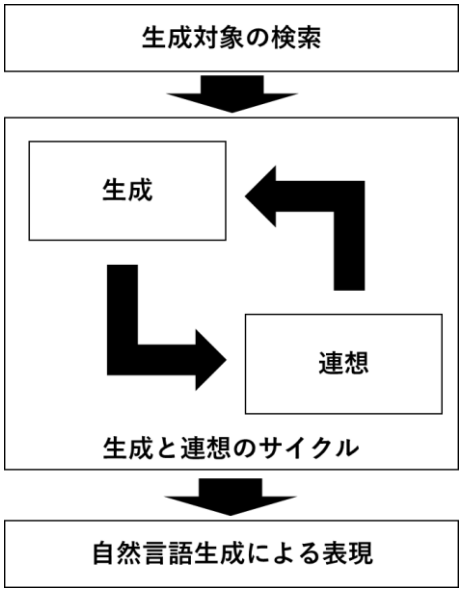


図 6　蘊蓄生成の流れ

本機構は，語り手となる登場人物による発話という形式で，物語の中に蘊蓄が挿入される．一つの蘊蓄を挿入するたびに，この蘊蓄生成機構は，ある話題を継続するか，別の話題に遷移するかを決定する．始めの遷移は必ず歌舞伎に関する話題に遷移するように処理しており，その後，歌舞伎に関する話題を一定の回数継続したのち，終了処理を行う．

遷移手法については，メイナード (1992)が述べた談話理論を参考に，同一テーマ，異種テーマ，派生テーマの三つのテーマ展開を用意した．その詳細は 5.4 節で説明するが，同一テーマがある一つの話題を継続するための手法であり，他二つが話題の遷移を行うための手法である．次に，図 6 で示した生成の流れを詳細に説明する．

5.2.　生成対象の検索プロセス

蘊蓄生成機構は物語中に登場する名詞を刺激語とし，物語中の場面に登場人物が二人以上存在するとき，蘊蓄を挿入する．ここでいう場面とは、物語の中におけ

る場所に基づいて分割された，物語の単位を示す．ある二つ以上の事象が同じ場所で継続し生起しているとき，本機構は，それらの事象が生起する間は場面が継続していると判断し，場所が変化したとき，場面が遷移したと判断する．

ある場面において二人以上の登場人物が登場していることを前提条件とし，一つの事象が生起した際，これまでに蘊蓄が語られていない名詞（場所ないしは物に関する名詞）がその事象に含まれている場合，その場面に登場している人物を語り手として，蘊蓄が生成される．条件をまとめると以下の通りである．

1. 事象内に蘊蓄の挿入が可能な名詞概念が存在する
2. 事象中の場面に登場人物が二人以上いる（物も人物として数える）
3. その名詞概念はまだ説明されていない

5.3. 生成プロセス

蘊蓄生成及び挿入が決定した場合，一定の単位ごとに，蘊蓄の構造を生成し，ストーリー木に挿入する．

この時，蘊蓄の対象の語と結びつく名詞概念に基づき，属性フレームが参照される．図 7 は「十一代目 市川 海老蔵」の属性フレームである．この属性フレームは木構造を成しており，参照するノードの深さによって，生成される蘊蓄の分量を調整することが可能であるが，ここでは，生成される蘊蓄の一単位を，図 8 で属性示した属性フレームの一スロット分としている．

```
(市川海老蔵
 ((("は" "nil") (("は" "nil") (nil "市川海老蔵")))
  ((("は" "nil") (("は" "nil") (nil "時代")))
   (("は" "nil") (("は" "nil") ("と" "びぞう、市川蝦蔵・市川ゑび蔵" ("
    かわ" "市川海老蔵(いち"))) (("は" "も)") (nil "名跡" ("の" "歌舞
    伎"))))
   (("は" "屋号") (("は" "屋号") (nil "成田屋")) (("は" "定紋") (nil "た
    ん)" ("(ぎょうようぼ" "替紋杏葉牡丹" ("(み" "三升")))))
   (("は" "nil") (("は" "nil") ("と" "また替紋")) (("は" "nil") ("こと" "役
    者文様に寿海老(" ("をする" "方" ("の使われ" "ほぼ同様")))) (("
    は" "nil") ("がある" "ぶきえび)")) (("は" "nil") (nil "")))
   <後略>
   )
```

図 7 「十一代目 市川 海老蔵」の属性フレーム

```
($蘊蓄
 【蘊蓄対象を含む事象】
 (event 語る 1 (type unchiku) (ID【値】) (time nil) (agent【語り手】)
    (object【蘊蓄内容】) . ((instrument nil) (from nil) (to nil) (adverb
    nil) (possessive nil) (situation nil) (purpose nil) (experiencer nil)
    (source nil) (idiom nil) (information nil) (as nil))
)
```

図 8 蘊蓄の概念構造

図 8 は挿入される蘊蓄の概念構造の形式である．「$蘊蓄」は関係ノードであり，その子ノードには，蘊蓄対象が含まれる事象と，それに対する蘊蓄の部分木が含まれる．蘊蓄の概念構造は，蘊蓄対象を明記したスロットと，そこで語られる蘊蓄の内容を含んだ格を必須格とする．図 8 の「【】」はその中に記述された種類の任意の値を取り，例えば【語り手】は蘊蓄の語り手となる任意の登場人物が入る．この構造より生成される文表現の型は次の通りである――「【語り手】が「【蘊蓄内容】」と語る。」

本機構は，ストーリー中の登場人物に時代と世話の

表 1 227 記事の分類 (福田・小野・小方 , 2020)

大分類	小分類	内容
歌舞伎関連	作品	助六, 暫, 鏡獅子, 鳴神, 外郎売, 勧進帳
	名跡	市川海老蔵, 市川新之助, 市川團十郎, 中村仲蔵
	人物	市川海老蔵 (11 代目), 松本幸四郎 (10 代目), 松本白鸚 (初代), ･･･他 13
	劇場	歌舞伎座, 御園座, 新橋演舞場, 南座
	用語	三之助, 名跡, 六方, 屋号, 家の芸, 歌舞伎, 歌舞伎十八番, 顔見世,
	その他	成田屋, 新橋浅草歌舞伎, 11 代目市川海老蔵暴行事件, 市川流, 襲名, 松竹,
歌舞伎無関連	年月日	1 月 14 日, 1996 年, 2 月･･･他 42
	組織	野村不動産, 明治製菓, 飯田グループホールディングス･･･他 24
	人物	宮崎駿, 宮本武蔵, カイロ・レン･･･他 19
	場所	京都市, 成田山新勝寺, シンガポール･･･他 25
	賞	芸術選奨新人賞, 芸術文化勲章, 松尾芸能賞･･･他5
	新聞・雑誌	ルモンド, 日刊スポーツ, ターザン
	作品	MR.BRAIN, 崖の上のポニョ, 利休にたずねよ･･･他 24
	テレビ番組	クイズ$ミリオネア, おしゃれイズム, 金曜プレステージ
	もの	タバコ, 婚姻届, 酒, 寿司, 食肉
	その他	アメーバブログ, バスケットボール, 魚類･･･他 13

いずれかを付与する．ある話題において，登場人物は付与された属性に分類された情報を蘊蓄として語る．例えばある登場人物に「時代」が付与されたとき，その登場人物は，ある話題における「時代」に分類された情報に基づいて蘊蓄を語る．これを「語りの範囲」とする．表 1 に示した 227 の記事すべてについて，一単位ごとに，公的情報（一般的な情報，固い情報）を示す「時代」，私的情報（プライベートな情報，柔らかい情報）を示す「世話」に分けた．但し判断が難しい文は「中間」とした．登場人物は，時代または世話のどちらかを語りの範囲とする．

5.4. 連想プロセス

蘊蓄生成機構は蘊蓄を生成するたびに、話題を変える．連想は二種類の方法を持つ．一つは物語の要素から歌舞伎の話題に遷移するための方法であり，もう一つは歌舞伎の話題の中で様々な項目へ遷移するための方法である．

まず、物語の中の任意の要素の蘊蓄を挿入した後に，共起情報を用いて歌舞伎が関連する話題に行くようにする．この時の共起情報は，ある歌舞伎に関する話題において，遷移元の語が含まれている量によって決定する．

歌舞伎に関する話題どうしで遷移する方法は，3 種類のテーマ展開に基づく．5.1 節でも触れたが，この手法はメイナード (1992) が述べた理論を参照しており，異種テーマ，同一テーマ，派生テーマというテーマ展開が用意される．それらの手法は，概念辞書の体系的構造を基準とした動きとなる．図 9 にそのイメージを示す．

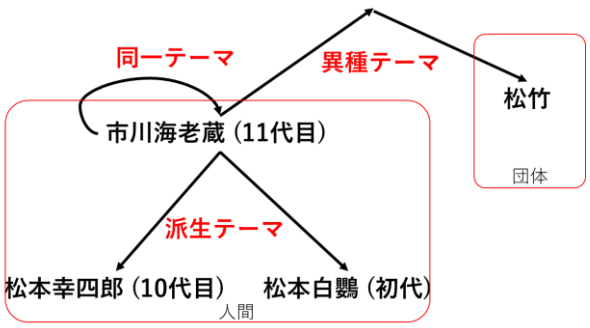


図 9　概念辞書の移動による話題の遷移

同一テーマの場合は，話題は遷移せず，ある属性フレームにおける未だ語られていない属性フレームのスロット情報を挿入する．異種テーマの場合は，中間概念の構造から見て，異なる概念に含まれる話題へ遷移する．派生テーマの場合は，同一概念に含まれる話題へ遷移する．どちらの手法も，上記の条件を満たす限りにおいて，遷移先は乱数的に選択される．生成される蘊蓄は一つの文が一単位である．以降，終了条件を満たすまで，テーマ展開に応じた蘊蓄が挿入される．

話題の終了のために閾値が設定されている．蘊蓄生成においては，一単位の生成ごとに終了条件をチェックする．終了条件は外圧的条件であり，ある場面において蘊蓄の語り手以外の人物の飽きが一定の値を超えた場合とする．蘊蓄の挿入が行われるたびに，1 点の飽きが加算される．飽きの値が設定した閾値を超えた場合，一つの事象における蘊蓄生成は終了し，次の事象について蘊蓄生成の条件のチェックを行う．飽きの値は，蘊蓄生成開始時に 3 以上 10 以下から乱数的に決定する．

5.5. 自然言語生成による表現プロセス

上記のように，本研究では，統合物語生成システムのアーキテクチャの中で，蘊蓄生成機構は表層的な文の生成機構の中に埋め込まれるのではなく，それよりも抽象的・構造的な物語処理を行う物語言説機構の中に組み込まれる．より詳しくは，「物語の時間進行を停止させて行われる物語言説」の中の一タイプが「説明」生成機構であり，その特殊形態が「蘊蓄」生成機構に当たる．従って生成された蘊蓄は，上述のように，物語言説の木の中に埋め込まれる（説明では便宜的にストーリー木としているが，蘊蓄を埋め込まれたストーリー木は，統合物語生成システムの中では，実際は物語言説木となる）．しかしこれを簡易な文で表現することが出来る．文表現で見る場合は，“【語り手】が言う．「【蘊蓄】」”という文形式の型に値を挿入する．【語り手】及び【蘊蓄】は変数であり，前者には選択された語り手，後者には生成された蘊蓄が入る．また，挿入される蘊蓄においては適宜，語尾が編集される．

提案機構では，あるテーマに関する蘊蓄が渡り台詞によって複数の登場人物によって唱えられる．安冨 (2012)によれば, 渡り台詞とは次のようなものである—「一連の台詞を部分ごとに分けた上，複数以上の登場人物がリレーをするように受け渡し，最後に同じ台詞を全員同時に声を張っていう．日常的なリアルな台詞表現の対極にあり，観客の理性にではなく感覚に訴え

遊行上人は成田市で「タバコ(の葉)を摘む」という用事に出かけました。遊行上人は成田市でタバコ(の葉)を摘みました。眞子庄司は安珍へ外出(すること)を禁止しました。眞子庄司は成田市で安珍に留守を頼みました。安珍は(成田市で)成田山新勝寺より抜け出ました。安珍は成田市で「眞子庄司は安珍へ外出(すること)を禁止する」という禁を破りました。清姫はロンドンで清姫を消しました。安珍は成田市から南座まで来ました。一子新左衛門は南座で安珍に対して捜索と命令しました。一子新左衛門は南座で安珍を送り出しました。安珍は南座で冒険を決意しました。安珍は冒険へ出立しました。安珍はオペラ座に向かいました。遊行上人はオペラ座で「安珍は弦楽器を聞く」ことを安珍に命じました。安珍はオペラ座で命令に従いました。安珍はオペラ座で弦楽器を聞きました。遊行上人は安珍を樫に連れました。安珍はオペラ座で杖を発見しました。安珍は養魚池で杖に乗りました。杖は養魚池で浮かび上がりました。杖は養魚池より堰まで飛びました。安珍は養魚池から堰に移動しました。安珍は新橋演舞場で清姫と戦いました。清姫は新橋演舞場で暴れました。安珍は新橋演舞場で傷を負いました。清姫は新橋演舞場で安珍に敗れました。安珍は新橋演舞場で寿司を使いました。安珍は新橋演舞場で清姫を獲得しました。安珍は新橋演舞場より脱出しました。清姫は日本で飛びました。清姫は日本で安珍を追いました。安珍は東京都に隠れました。安珍は南座へ到着しました。眞子庄司は切り懸けを一子新左衛門に要求しました。傷が南座で安珍にありました。一子新左衛門は南座で安珍の傷を見ました。安珍は南座で傷によって認知されました。清姫は南座で「安珍は新橋演舞場で清姫を獲得する」という真実を語りました。眞子庄司の南座で嘘偽りが露見しました。安珍は歌舞伎座でズボンを着ました。安珍は海士に昇格しました。一子新左衛門は南座で清姫を容赦しました。一子新左衛門は南座で眞子庄司を容赦しました。安珍は歌舞伎座で報酬を得ました。

図 10　入力例

て劇的効用をもたらす作用がある.」.

単純な蘊蓄の挿入だけでなく，形式的な手法を導入することで，より印象的な効果が望めるだろう．例えば，『青砥稿花紅彩画』における「稲瀬川勢揃いの場」には，「雪の下から山越に、まづここまでは逃げのびたが、行く先つまる春の夜の、鐘も七つか六浦川（むつらがわ)、櫓かいにあらぬ一腰の、その梶柄の折れるまで、腕前見せて切り散らし、叶はぬ時は命綱（いのちづな)、碇を切って五人共、帆綱の縄に・・・」という台詞を渡り台詞として表現している場面があるが，実際は次のように五人の登場人物の渡り台詞による――「**弁天小僧**「雪の下から山越に、まづここまでは逃げのびたが」，**忠信利平**「行く先つまる春の夜の、鐘も七つか六浦川（むつらがわ)」，**赤星十三郎**「櫓かいにあらぬ一腰の、その梶柄の折れるまで」，**南郷力丸**「腕前見せて切り散らし、叶はぬ時は命綱（いのちづな)」，**日本駄右衛門**「碇を切って五人共、帆綱の縄に」」

6.　生成例

図 10 を入力とした，生成例を示す．なお，ここでは自然文で表現しているが，システムで取り扱うデータは，概念構造を中心としている．概念構造の例は，付録として本稿の最後に掲載する．また，自然文生成で不足する情報を手で補っている（補った内容は括弧書きで示している)．この入力例は，INGS によって生成されたストーリー構造であり，登場人物は,『今昔物語』(1999)における「紀伊国道成寺僧写法花救蛇語第三」における 5 人の登場人物を利用した．ただし，そこでは登場人物が名前を持たないため,『世界綱目』 (1916)における「道成寺」より，「安珍」「清姫」「眞子庄司」「一子新左衛門」他，同じく『世界綱目』の中から適当に選んだ「遊行上人」を名前として与えた．

表 2 は図 10 の入力例における最初の場面である．表 2 の「成田市」の場面では，二つ目の事象である「遊行上人が成田市でタバコ（の葉）を摘む.」が 5.2 節で示した条件を満たす最初の事象となる．

表 2　場面及び語り手の候補の変遷例

事象	場面	語り手候補
遊行上人は成田市で「タバコ（の葉）を摘む」という用事に出かけました。	成田市	遊行上人
遊行上人は成田市でタバコ（の葉）を摘みました。	成田市	遊行上人, タバコ
眞子庄司が（成田市で）外出（すること）を安珍に禁止しました。	成田市	遊行上人, 眞子庄司, 安珍, タバコ
眞子庄司が成田市で安珍に留守を頼みました。	成田市	遊行上人, 眞子庄司, 安珍, タバコ
安珍が（成田市で）成田山新勝寺から抜け出ました。	成田市	遊行上人, 眞子庄司, 安珍, タバコ
安珍が（成田市で）「眞子庄司が（成田市で）外出（すること）を安珍に禁止する。」という禁を破りました。	成田市	遊行上人, 眞子庄司, 安珍, タバコ

次に生成例を三つ示す．図 11 は同一テーマ，図 12 は異種テーマ，図 13 は派生テーマを用いた生成結果である．終了条件となる飽きの閾値は全て 3 である．蘊蓄どうしの連想関係を考察する．生成された蘊蓄は，他の蘊蓄との関連性があまりないように見え，意図せずに文章のまとまりが崩れた生成結果が出力された．

遊行上人は成田市で「タバコ(の葉)を摘む」という用事に出かけました。遊行上人は成田市でタバコ(の葉)を摘みました。眞子庄司は安珍へ外出(すること)を禁止しました。眞子庄司は成田市で安珍に留守を頼みました。安珍は(成田市で)成田山新勝寺より抜け出ました。安珍は成田市で「眞子庄司は安珍へ外出(すること)を禁止する」という禁を破りました。**安珍が「成田市といえば 213.84 平方キロメートル(千葉県下 6 位)で、県土の 4.1%nil 市の南西部に門前町(旧市街地)とニュータウンが、南東部の丘陵地帯に成田国際空港がある」と語る。眞子庄司が「成田山新勝寺といえば日本の千葉県成田市成田にある真言宗智山派の仏教寺院であり、同派の大本山の一つである。」と語る。遊行上人が「成田山新勝寺といえば、本尊は不動明王で、当寺は不動明王信仰の一大中心地である」と語る。遊行上人がうるさいと言う。**

図 11　蘊蓄が挿入されたストーリー（同一テーマ）

遊行上人は成田市で「タバコ(の葉)を摘む」という用事に出かけました。遊行上人は成田市でタバコ(の葉)を摘みました。眞子庄司は安珍へ外出(すること)を禁止しました。眞子庄司は成田市で安珍に留守を頼みました。安珍は(成田市で)成田山新勝寺より抜け出ました。安珍は成田市で「眞子庄司は安珍へ外出(すること)を禁止する」という禁を破りました。安**珍が「成田市といえば 213.84 平方キロメートル(千葉県下 6 位)で、県土の 4.1%nil 市の南西部に門前町(旧市街地)とニュータウンが、南東部の丘陵地帯に成田国際空港がある」と語る。眞子庄司が「市川海老蔵といえば、屋号は成田屋。定紋は三升(み)、替紋は杏葉牡丹(ぎょうようぼたん)」と語る。遊行上人が「鎌倉景正といえば、なお 1895 年(明治 28 年)に九代目市川團十郎によって現行の型が完成された『歌舞伎十八番之内 暫』では、それまでは単に「暫」とだけ通称されていた主役が「鎌倉権五郎景政」と定められている」と語る。遊行上人がうるさいと言う。**

図 12　蘊蓄が挿入されたストーリー (異種テーマ)

遊行上人は成田市で「タバコ(の葉)を摘む」という用事に出かけました。遊行上人は成田市でタバコ(の葉)を摘みました。眞子庄司は安珍へ外出(すること)を禁止しました。眞子庄司は成田市で安珍に留守を頼みました。安珍は(成田市で)成田山新勝寺より抜け出ました。安珍は成田市で「眞子庄司は安珍へ外出(すること)を禁止する」という禁を破りました。**安珍が「成田市といえば 213.84 平方キロメートル(千葉県下 6 位)で、県土の 4.1%nil 市の南西部に門前町(旧市街地)とニュータウンが、南東部の丘陵地帯に成田国際空港がある」と語る。眞子庄司が「新橋演舞場といえば代替の大歌舞伎常設小屋と櫓が揚げられている」と語る。遊行上人が「歌舞伎座といえば、歌舞伎座(かぶきざ)は、東京都中央区銀座 4-12-15 にある歌舞伎専用の劇場である」と語る。遊行上人がうるさいと言う。**

図 13　蘊蓄が挿入されたストーリー (派生テーマ)

この蘊蓄生成によって，物語生成機構において可能になったこととして，これまでに INGS で実装していた，描写と説明による休止法の技法と比較して，より長い時間停止を実現出来るようになった．

7.　あとがき

本研究では，物語中の登場人物による発話という形式で，物語に蘊蓄を挿入するシステムである蘊蓄生成機構を実装した．蘊蓄は，歌舞伎に関する情報に基づき生成されており，三種類の方法によって話題が遷移する．

これまで INGS において，描写・説明による休止法的修辞は試作していたが，本稿の成果により，より長い時間停止が可能となった．しかし，生成された蘊蓄は，それぞれの話題の関連性が薄い印象があり，意図せずして生成された蘊蓄どうしの結束性が切断されている．また，福田・小野・小方 (2020)が提案した蘊蓄生成機構のコンセプトのうち，話題の連想機能や歌舞伎における渡り台詞 (安冨, 2012)を利用した説明表現は未実装であるため，今後拡張を進めて行く．渡り台詞に関しては，様々な対話に関する他研究 (河内, 2003; 鈴木・井佐原, 2007; カメロン, 2012)を参照しつつ，物語独自の方法として強化して行く予定である．

文献

カメロン, D. 林宅男（訳） (2012). 『話し言葉の談話分析』, ひつじ書房.

福田育弘 (2006). フランス人の食べ方日本人の食べ方—時間と空間の変換様式としての食事—, *Revue japonaise de didactique du français*, *1*(2), 30-47.

福田和維・小野淳平・小方孝 (2020). 物語生成システムへの蘊蓄生成機構の導入. 『2020 年度人工知能学会全国大会（第 34 回）予稿集』. 3D1-OS-22a-03.

ジュネット, G. 花輪光・和泉凉一（訳）(1985). 『物語のディスクール—方法論の試み—』. 水声社.

ユーゴー, V. ・豊島与志雄 （訳） (1987a). レ・ミゼラブル Vol.1. 岩波書店.

ユーゴー, V. ・豊島与志雄 （訳） (1987b). レ・ミゼラブル Vol.2. 岩波書店.

ユーゴー, V. ・豊島与志雄 （訳） (1987c). レ・ミゼラブル Vol.3. 岩波書店.

ユーゴー, V. ・豊島与志雄 （訳） (1987d). レ・ミゼラブル Vol.4. 岩波書店.

河合珠空・小方孝 (2019). 物語プロットからの歌舞伎の舞台上演構造の生成を目的とした『京鹿子娘道成寺』の分析. 『ことば工学研究会予稿集』, *63*, 25-61.

河合珠空・小野淳平・小方孝 (2020). 歌舞伎舞踊『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造の分析. 『2020 年度 人工知能学会全国大会(第 34 回)論文集』. 3D1-OS-22a-04.

河内彩香 (2003). 日本語の雑談における話題展開機能と型. 『早稲田大学日本語教育研究』, *3*, 41-55.

今昔物語集 (1999). 馬淵和夫・国東文麿・今野達 (校注) . 『今昔物語集 巻十四』.小学館.

リラダン, V., 高野優 (訳). (2018). 未来のイブ. 光文社.

メイナード, 泉子, K. (1992). 『会話分析』. くろしお出版.

小方孝 (2018). 外部への物語生成または芸能情報システムに向けて. 小方孝・川村洋次・金井明人. 『情報物語論—人工知能・認知・社会過程と物語生成—』, 327-353. 白桃書房.

Ogata, T. (2019). Kabuki as multiple narrative structures and narrative generation. In T. Ogata & T. Akimoto (Eds.), *Post-Narratology Through Computational and Cognitive Approaches*, 192-275. IGI Global.

Ogata, T. (2020a). *Internal and external narrative generation based on post-narratology: Emerging research and opportunities*. IGI Global.

Ogata, T. (2020b). Kabuki as a synthetic narrative: Synthesis and expansion. In *Internal and external narrative generation based on post-narratology: Emerging research and opportunities*, 109-254. IGI Global.

小野淳平・伊藤拓哉・小方孝 (2020). 物語生成システムにおける説明生成に向けて. 『認知科学大会全国大会予稿集』 (In printing).

小野淳平・小方孝 (2014). 物語生成システムにおける概念体

系の現状と課題.『人工知能学会全国大会(第 28 回)論文集』. 2F4-OS-01a-6.

世界綱目 (1916). 世界綱目 In 『珍書刊行会叢書 第 9 冊 世界綱目・芝居年中行事・劇界珍話』, 6-46. 珍書刊行会.

新村出（編） (2008). 『広辞苑 第六版』. 岩波書店.

鈴木佳奈・井佐原均 (2007). 聞き手のふるまいと会話の流れ—応答詞「ほんと」と「そう（なんだ）」の果たす役割—.『言語処理学会第13回年次大会発表論文集』, 728-731.

塚崎智 (1980). ヒュームにおける「歴史」. 『イギリス哲学研究』, *3*, 23-32.

安冨順 (2012). 渡り台詞. In 神山彰・丸茂祐佳・児玉竜一,『最新歌舞伎大辞典』, 145. 柏書房.

付録　物語の概念構造（太字は蘊蓄が挿入された箇所）

入力ストーリー

($ロシア民話
($問題
($予備部分
(event 出かける 1 (type action) (ID 1) (time (time1 time2)) (agent age%遊行上人#1) (counter-agent nil) (location loc%成田市#1) (object obj%用事#1) (instrument nil) (from nil) (to nil) (adverb nil) (possessive nil) (situation nil) (purpose nil) (experiencer nil) (source nil) (idiom nil) (infomation nil) (as nil))
(event 摘む 1 (type action) (ID 2) (time (time2 time3)) (agent age%遊行上人#1) (counter-agent nil) (location loc%成田市#1) (object obj%タバコ#1) (instrument nil) (from nil) (to nil) (adverb nil) (possessive nil) (situation nil) (purpose nil) (experiencer nil) (source nil) (idiom nil) (infomation nil) (as nil))
(event 禁止する 1 (type action) (ID 3) (time (time3 time4)) (agent age%眞子庄司#1) (counter-agent nil) (location loc%成田市#1) (object obj%外出#1) (instrument nil) (from nil) (to age%安珍) (adverb nil) (possessive nil) (situation nil) (purpose nil) (experiencer nil) (source nil) (idiom nil) (infomation nil) (as nil))
・・・後略)

出力ストーリー（同一テーマ）

($ロシア民話
($問題
($予備部分
(event 出かける 1 (type action) (ID 1) (time (time1 time2)) (agent age%遊行上人#1) (counter-agent nil) (location loc%成田市#1) (object obj%用事#1) (instrument nil) (from nil) (to nil) (adverb nil) (possessive nil) (situation nil) (purpose nil) (experiencer nil) (source nil) (idiom nil) (infomation nil) (as nil))
(event 摘む 1 (type action) (ID 2) (time (time2 time3)) (agent age%遊行上人#1) (counter-agent nil) (location loc%成田市#1) (object obj%タバコ#1) (instrument nil) (from nil) (to nil) (adverb nil) (possessive nil) (situation nil) (purpose nil) (experiencer nil) (source nil) (idiom nil) (infomation nil) (as nil))
($蘊蓄
(event 禁止する 1 (type action) (ID 3) (time (time3 time4)) (agent age%眞子庄司#1) (counter-agent nil) (location loc%成田市#1) (object obj%外出#1) (instrument nil) (from nil) (to age%安珍#1) (adverb nil) (possessive nil) (situation nil) (purpose nil) (experiencer nil) (source nil) (idiom nil) (infomation nil) (as nil))
(event 語る 1 (type unchiku) (ID 成田市) (time nil) (agent 安珍) (counter-agent nil) (location nil) (object (("は" "面積") (("は" "面積") ("で、" "213.84 平方キロメートル（千葉県下 6 位）")) (("は" "nil") (nil "4.1%" ("の" "県土"))) (("は" "nil") ("と" "門前町（旧市街地）" ("に" "南西部" ("の" "市")))) (("は" "nil") ("が、" "ニュータウン")) (("は" "nil") ("がある" "成田国際空港" ("に" "丘陵地帯" ("の" "南東部")))))) . ((instrument nil) (from nil) (to nil) (adverb nil) (possessive nil) (situation nil) (purpose nil) (experiencer nil) (source nil) (idiom nil) (information nil) (as nil)))
(event 語る 1 (type unchiku) (ID 新橋演舞場) (time nil) (agent 眞子庄司) (counter-agent nil) (location nil) (object (("は" "nil") (("は" "nil") ("と" "代替の大歌舞伎常設小屋")) (("には" "なった約 3 年間、正面玄関の上") ("が揚げられてい" "櫓")))) . ((instrument nil) (from nil) (to nil) (adverb nil) (possessive nil) (situation nil) (purpose nil) (experiencer nil) (source nil) (idiom nil) (information nil) (as nil)))
(event 語る 1 (type unchiku) (ID フジャイラ) (time nil) (agent 遊行上人) (counter-agent nil) (location nil) (object (("も" "、製油所" ("が建設され" "パイプライン" ("まで運ぶ" "原油をフジャイラ" ("で生産し" "アブダビ")))) (("も" "、製油所" ("が建設され" "パイプライン" ("まで運ぶ" "原油をフジャイラ" ("で生産し" "アブダビ")))) ("つつある" "計画ホルムズ海峡迂回するの一大輸出基地へ変貌")) (("は" "nil") (nil "")))) . ((instrument nil) (from nil) (to nil) (adverb nil) (possessive nil) (situation nil) (purpose nil) (experiencer nil) (source nil) (idiom nil) (information nil) (as nil)))
(event 言う 1 (type unchiku) (ID nil) (time nil) (agent 遊行上人) . ((counter-agent nil) (location nil) (object うるさい) (instrument nil) (from nil) (to nil) (adverb nil) (possessive nil) (situation nil) (purpose nil) (experiencer nil) (source nil) (idiom nil) (information nil) (as nil))))
・・・後略)

課題の主観的捉え方の違いが身体運動に与える影響
Effects of subjective task criteria on objective task performance

畑野 圭佑[†]，阪口 豊[‡]
Keisuke Hatano, Yutaka Sakaguchi

[†]電気通信大学
University of Electro-Communications
k.hatano@uec.ac.jp

概要

動作者の主観的な感覚が身体運動に与える影響を明らかにするため，「まるで○○であるかのように感じながら身体を動かす」という教示を加えた際の身体運動をモーションキャプチャ及び表面筋電図により計測した．具体的には，右上肢を用いた鉛直方向の到達課題において，「手の動きが直線的になるように上に動かす」という指示と「上から糸で吊り上げられているように感じながら動かす」という指示における運動を計測したところ，いずれの条件でも直線的な手先軌道が実現された一方で，二つの条件のあいだでは関節や筋の使い方に違いが現れることが明らかになった．本論では，以上の結果が得られた原因について考察を加えた．

キーワード：主観的運動規範（subjective task criterion），仮想的身体知覚（virtual body perception），焦点的注意（attentional focus）

1. はじめに

1.1. 運動者の意識と運動の関係

運動技能獲得の現場において，運動者の課題に対する捉え方の違いが運動パフォーマンスに与える影響は大きい．優れたパフォーマンスの実現には，自身の身体の状態や周囲の状況を知覚し適切な身体の使い方を判断する意識の働きが果たすが重要である．

運動課題遂行中の注意の向け方が運動パフォーマンスに影響を与えるという報告はWulfらによる研究がよく知られている[1]．彼女らは，随意運動において内的焦点（internal focus：動作を行う身体そのものへの注意）に対する外的焦点（external focus：動作が及ぼす身体外部の環境への注意）の優位性を示唆した．

また，リハビリテーションやスポーツにおいて運動イメージ（motor imagery）を想起することが効果的であるという研究報告も多く存在する[2,3]．このように，自身の身体の使い方を内的に観察し判断する「意識の働き」が身体運動に与える影響は大きい．本研究では，筆者らが「仮想的身体知覚」と名付けた感覚に着目し，この身体感覚に基づく教示が運動パフォーマンスに与える影響を行動実験により明らかにする．

1.2. 仮想的身体知覚

スポーツや楽器演奏などの指導の現場では「まるで○○であるかのように感じながら身体を動かしなさい」という指導が行われることがある．例えば，クラシックバレエにおいて基本的な立ち方を指導する際「まるで自分の胸が天井から吊り下げられているように感じながら立ちなさい」という指導が行われるのがその一例である．本研究では，このような指示を「仮想的身体知覚に基づく教示」と呼び，このような指示が身体運動に与える影響を行動実験により明らかにする．

このような教示方法は，身体の望ましい姿勢や動きを直接誘導しない点に特徴がある．このような教示方法が用いられる理由として，望ましい身体の動きを実現しようとする際に働く意識的な認知プロセスが，無意識下で行われる運動制御を阻害してしまっている可能性が考えられる．これは，Wulfらが提唱する運動制約仮説（注意を身体内部から外すことで行われていた自動的な身体制御を，注意を身体内部に向けることで阻害してしまう仮説）に通じる考え方といえる[4]．すなわち，あえて仮想的な状況に対して意識を向けさせることで，身体への直接的な注意を避け，無意識的なプロセスを働かせることにより結果的に望ましい身体の使い方を実現させている可能性が考えられる．加えて，仮想的知覚による教示では，教示の内容が実現したい目標状態と直接的に関係していないことも特徴である．上述したバレエの例では，何らかの姿勢・身体状態を実現することが目的であるにもかかわらずそれを明示せず，天井から吊り下げられている際に感じるであろう知覚を仮想的に再現しようとした結果として望ましい状態を実現することをめざしている．このように，望ましい身体状態を直接の目標とするのではなく結果として実現することがこの教示法の特徴である．

本研究では，仮想的身体知覚に基づく教示が運動遂行過程に与える影響を与えるため，運動課題の目標を直接的に指示する条件と，仮想的身体知覚に基づく教

示を与える条件において，それぞれの条件における運動をモーションキャプチャおよび筋活動計測により測定し，それらの違いを分析した．

2. 実験方法

2.1. 被験者

実験には，電気通信大学所属の 20 代の健常な右利きの成人男性 6 名が参加した．本実験は，電気通信大学の「ヒトを対象とする実験に関する倫理委員会」の承認を受けている．

2.2. 実験動作と計測装置

実験では，右上肢を用いた鉛直方向の到達運動課題を行い，右上肢の各部の身体軌道及び各筋の筋活動を計測した．

被験者の頚椎（C7）から手先（右手示指の PIP 関節）にかけて右上肢計 12 箇所に反射マーカを取り付け，動作をモーションキャプチャ装置（OptiTrack, Prime13,6 台）によって計測した（サンプリング周波数 120 Hz）．また手関節，肘関節，肩関節の動きに用いられる代表的な筋の活動量を計測した．具体的には，撓側手根伸筋（flexor carpi ulnaris muscle: FCR），撓側手根屈筋（extensor carpi radialis muscle: FCR），上腕二頭筋（biceps brachii muscle: Biceps），上腕三頭筋（triceps brachii muscle: Triceps），三角筋前部（anterior deltoid muscle: Delt-A），三角筋中部（medial deltoid muscle: Delt-M）の計 6 筋を測定した．電極には Ag/AgCl ディスポーサブル電極（日本電光ディスポ電極 F ピトロード F1-150S）を使用した．生体アンプには TEAC 社の polymate AP-1000 を使用した（サンプリング周波数 2000 Hz）．計測された筋活動電位に対してカットオフ周波数 50 Hz の 2 次バタワースハイパスフィルタをかけたのち整流を行い，さらにカットオフ周波数 10 Hz の 2 次バタワースローパスフィルタをかけて平滑化を行った．さらにその出力を二乗し，時間幅 50 ms で振幅平均を取ったものの平方根をとる二乗平均平方（RMS）処理を用いて筋活動量を算出した．得られた信号について， 1 試行の運動時間を 100 点に正規化した時間に渡ってその振幅の平均を求めることで，異なる試行間のデータを整合させた．

2.3. 実験課題と条件

実験の内容を図 1 に示す．被験者の課題は，椅子に座り水平に張られたひも上に印された始点（下側）から終点（上側）に到達することである．運動始点は，被験者が椅子に座りひざの上に軽く手を載せたときの示指の PIP 関節の位置に設定した．また，上側の紐は被験者の眼球と同じ高さに配置した．

実験条件として以下の 4 条件を設定し，それぞれ 15 試行ずつの測定を行った．なお，直前の条件での試行が履歴として次の試行に作用する可能性を考慮して，異なる指示条件の間に 15 試行の統制条件を挟んで行った．

また，課題の遂行時間の違いが結果に影響することを防ぐため，40 bpm のテンポで鳴らしたメトロノーム 4 拍分を 1 試行の遂行時間の目安として設定した．具体的には，メトロノームを鳴らしてそのテンポを覚えてもらい，メトロノームを鳴らさない状態でおおよそ同じ時間で課題を実行できるように練習を行った後に計測を行った．

[統制条件]：特定の指示を与えない．

[直接的指示条件]：「手の動きがまっすぐで前後左右にぶれないようにしてください」という指示．

[仮想的指示条件 A]：「まるで**手先**を糸で吊られているように感じながら手を動かしてください」という指示．

[仮想的指示条件 B]：「まるで**手首**を糸で吊られているように感じながら手を動かしてください」という指示．

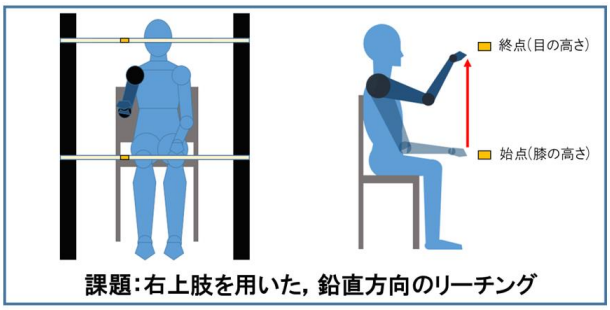


図 1. 実験の様子

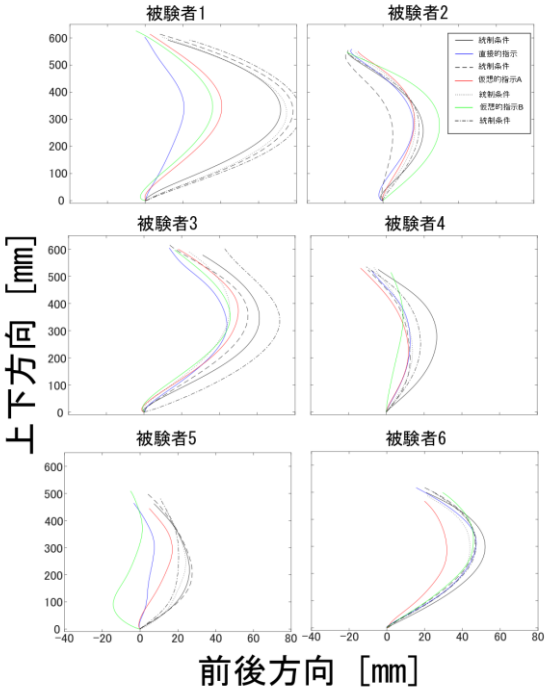


図 2. 矢状面上の手先軌道（試行間平均）

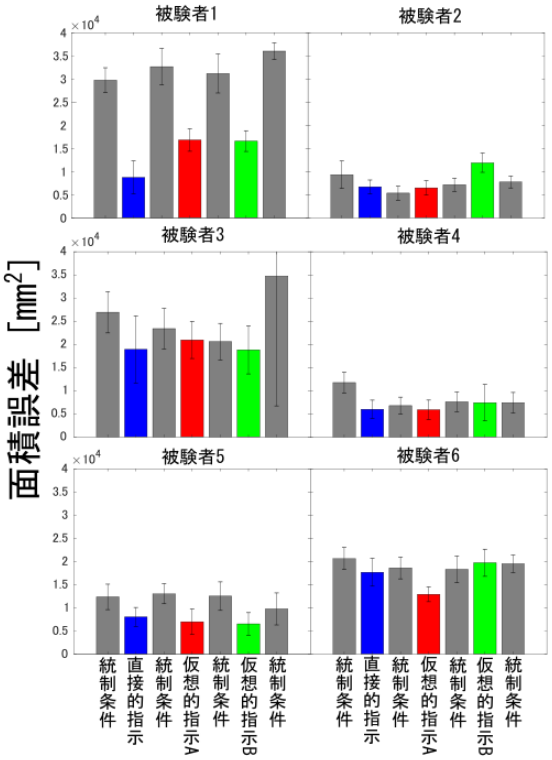


図 3. 手先直線性の評価値 L

3. 実験結果

3.1. 手先軌道の直線性

モーションキャプチャでの計測により得られた各条件における手先軌道の特性について分析した．

図 2 は 4 条件での平均手先軌道（15 試行のうち 6 試行目から 15 試行目までの 10 試行の試行間平均）を被験者ごとに表したものである．なお，この図では前後方向の変化をわかりやすく示すために，横軸を拡大して表示している．

手先軌道の直線性を定量的に比較するために，(1)式によって提示される評価関数を設定した．

$$L = \frac{1}{2}\sum_{n=1}^{N}\{r(n+1)+r(n)\}\{y(n+1)-y(n)\} \quad (1)$$

ここで，$r(n)$は時刻nにおける水平方向誤差，$y(n)$は時刻nにおける手先の高さ，Nは計測時刻数である．この関数は，手先軌道と始点・終点間の直線軌道との水平誤差を高さ方向に積分することで得られる面積誤差で，値が小さいほど手先軌道の直線性が高いことを表す．図３は，各条件 10 試行分の評価値Lの試行間平均を被験者ごとに示したものである．図の棒グラフは実験手続きの順序にあわせて左から並べてある．

この図より，被験者１，３，５について，直接的指示・仮想的指示条件において統制条件に比べて手先軌道がより直線的であることがわかる．また，被験者４，６では，仮想的指示条件 B において手先軌道の直線性が低くなったが，仮想的指示条件 A においては逆に直線性が高くなるという結果が得られた．これらの結果は，半数以上の被験者について，仮想的身体知覚に基づく指示により，統制条件に比べて直線的な手先軌道がもたらされることを示している．すなわち，仮想的指示条件では，手先を直線的に動かすことを明示的に指示していないにも関わらず，直接的指示条件と同等の手先の直線性がもたらされることが確かめられた．

3.2. 関節角度

モーションキャプチャで計測されたマーカ位置から関節角度の推定を行った．以下に示すデータは，手先が始点から終点に到達するまでの関節角度の時間変化の各条件 10 試行における平均値を被験者ごとに条件間で比較したものである．

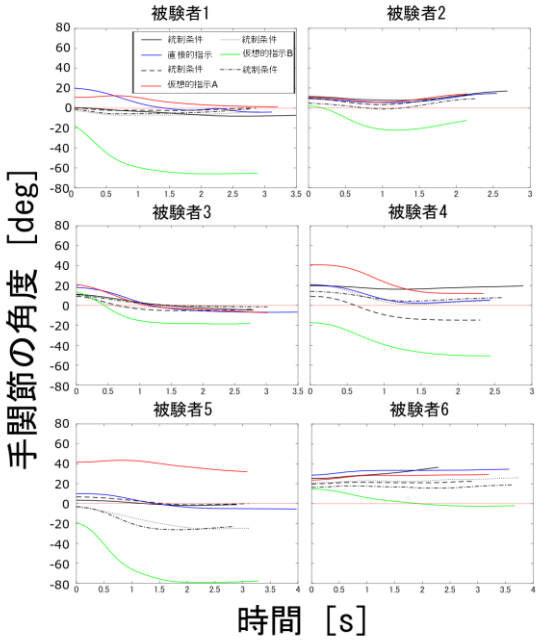


図 4. 手関節の時間変化（試行間平均）

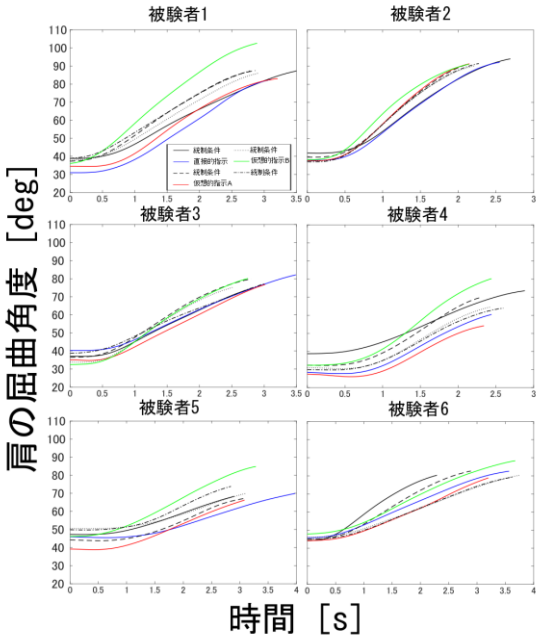


図 5. 肩屈曲角度の時間変化（試行間平均）

3.2.1. 手関節

図４は，手先（指示の PIP 関節），手首（尺骨茎状突起），肘（外側上顆）のマーカの前後および上下方向の座標から推定した手首の伸展角度である．前腕と手が直線的である状態を 0 度とし，手関節が背屈したときに正，掌屈（屈曲）したときに負の値をとるようにしている．

図４より，仮想的指示条件 B では，動き出しの段階から手首が掌屈している様子がすべての被験者に渡って見られる．これは「手首を上から吊られるように」という指示の結果，手首の力を抜いて手を下に垂らした状態を作っていることを意味している．一方で，仮想的指示条件 A では，被験者２，３，６のように直接的指示条件と同様の手首の状態のまま課題を行う例や，被験者４，５のように動き出しの段階から手首を背屈させたまま課題を行う例が観察された．後者は「手先を吊られたように」という指示のため，指先が持ち上がった状態を作った可能性を示しているといえる．

3.2.2. 肩関節

図５は，肘，肩峰のマーカの前後，上下方向の座標から推定した肩関節の屈曲角度である．解剖学的正位における屈曲角度を 0 度とし，肩関節が屈曲してときに正の値をとるように定めた．

図５より，被験者２を除くすべての被験者について，仮想的指示条件 B において手先が終点に到達したときの最終姿勢における屈曲角度が大きく，肘が高い位置にある様子が見られた．また，課題遂行中は常に，仮想的指示条件 B において，直接的指示および仮想的指示条件 A に比べて屈曲角度が大きいことから，より肘が上方にある姿勢で上に動いていることがわかった．

3.3. 筋活動量

以下の各図は，各条件 15 試行のうち 6 試行目から 15 試行目までの 10 試行について平均筋活動量を求め，それらの試行間平均と標準偏差を被験者ごとに条件間比較したものである．なお，本実験では MVC に基づく筋活動量の正規化処理は行っていない．

3.3.1. 撓側手根伸筋

図６は，手関節の背屈に用いられる撓側手根伸筋の筋活動量を示したものである．この図からわかるように，被験者２を除くすべての被験者について仮想的指示条件 B において撓側手根伸筋の筋活動量が小さくなった．

被験者１について，仮想的指示条件 B において撓側手根伸筋の筋活動量が抑えられたという結果は，図４において手首が大きく掌屈したまま課題を行っていたという結果が，手首の脱力によってもたらされている

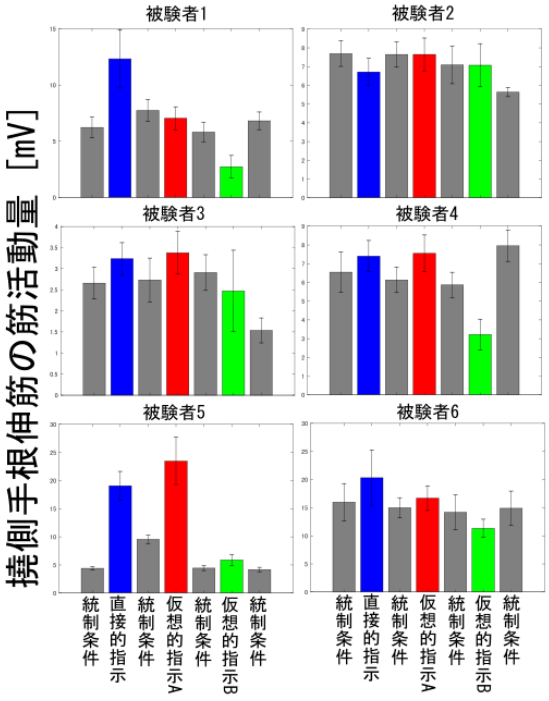


図 6. 撓側手根伸筋の筋活動量

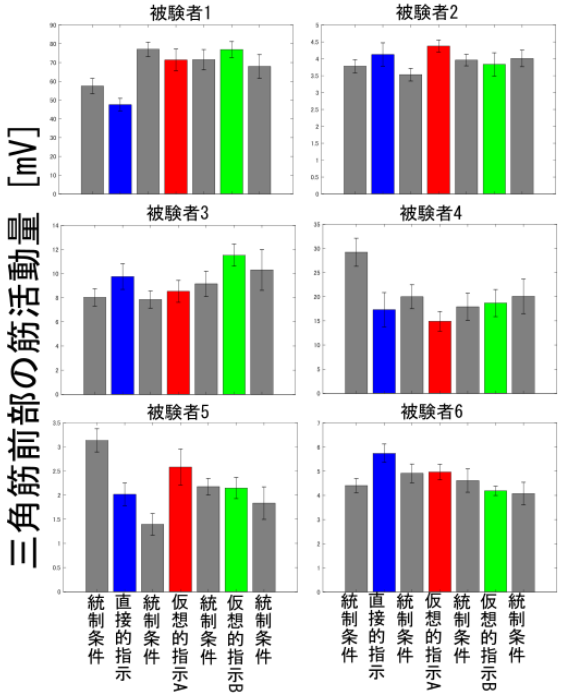


図 7. 三角筋前部の筋活動量

ことを示している．また，仮想的指示条件 A では直接的指示条件とほぼ同様の手関節角度を保っていたが，直接的指示条件に比べて撓側手根伸筋の筋活動量が抑えられていることがわかる．

被験者３，４，５，６について，仮想的指示条件 A における筋活動量は直接的指示条件とほぼ同様であるか，直接的指示条件よりも大きかった．また，これら２つの指示条件は統制条件よりも筋活動量が大きくなっていることが見られた．仮想的指示条件 A においてこのような結果が得られた原因としては，被験者が「手先を吊られたように感じる」という指示を「身体感覚として感じる」のではなく「(視覚的イメージとしての) 手先を吊り上げられたときの姿勢を保つ」という意味で解釈し，手先の姿勢を保つことに注意を向けたことが考えられる．

3.3.2. 三角筋

図７および図８は，肩関節の屈曲に用いられる三角筋前部と，外転に用いられる三角筋中部の筋活動量を示したものである．

まず，図７において，被験者のあいだで一貫した傾向はみられず，仮想的指示条件 B において高い筋活動がみられたのは被験者３のみであった．一方，図８においては，被験者１， ５， ６が仮想的指示条件 B において最も高い筋活動を示した．以上の結果は，手首を糸で吊りあげられた状態を仮想的に実現するのに二つの方法があることを示している．

一つは，掌を上側もしくは内側に向け，肘を下に落とした状態で手首が吊り上げられる感覚で腕を上げる方法ある．この場合は，肘が下に落ちた姿勢で手首を上げていくので，肩関節の動きとしては外転運動が伴わずに屈曲運動のみとなる．被験者３はこのような身体の使い方によりこの課題を実行したと考えられる．

もう一つは，肘を外側に向け，掌を下側に向けた状態で手首が吊り上げられていく感覚で腕を上げる方法である．この場合は，前節で指摘したように，肘を外側に広げて高く保ちながら腕を上げるので，肩関節は外転した状態で，屈曲運動により腕を持ち上げることになる．

同じ仮想的指示を与えたにも関わらずこのような動作の違いが生じた原因は次のように考えられる．

今回の課題では，運動の方向が鉛直方向に限られていたため，これら二つの身体の使い方を用いても，手首を受動的に吊り上げられた感覚で課題を実行することができる．しかし，手をつかんだ他者の誘導に任せてさまざまな方向に自分の手を動かす課題においては，肘を下に向けた姿勢のまま相手の誘導についていくことは難しい．一方，肘を高く保った姿勢をとった場合は，肩関節の自由度が制約なく使えるため，相手の誘導に

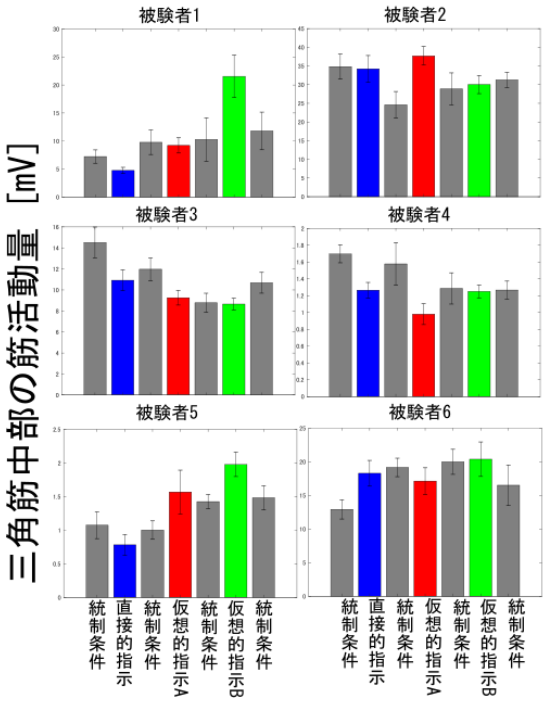


図 8. 三角筋中部の筋活動量

ついていくことが可能である. したがって, 後者の方法は前者に比べてより汎用性の高い身体の使い方であると考えることができる. その一方で, 単なる上下運動に限定するのであれば, 肘の位置を高く保つ必要がない前者の方が「楽な」動きとなる. したがって,「上下運動のみ行う」ことを前提に, その中でもっとも楽な動きを選択した被験者は後者の戦略を採用し,「相手の誘導についていく」という点を重視した被験者は前者の戦略を採用したものと推測できる.

4. まとめと全体的考察

本実験の結果, 上下方向の上肢到達運動において, 多くの被験者にわたって「手首を上から吊り上げられているように感じながら動かす」条件 (仮想的指示条件 B) において「手の動きがまっすぐで前後左右にぶれないように注意して動かす」条件 (直接的指示条件) や「手先を上から吊り上げられているように感じながら動かす」条件 (仮想的指示条件 A) と同等の直線的な手先軌道が実現される一方で, 手関節が掌屈することや肩の外転が働いて肘の位置が高くなるなどのキネマティクスやダイナミクスに違いが生じることが明らかになった. このことから, 同一の課題において仮想的身体知覚に基づく指示の違いによって異なる運動を誘導できることを示した.

また, 仮想的指示条件 B において被験者間にある程度共通した運動特徴が見られたことは,「手首を上から吊られているように感じながら」という指示によってもたらされる身体感覚に被験者間で共通する規範があることを示唆している. このことから, この運動を行うための運動計画問題はそのような運動規範に基づく制約付き最適化問題として定式化できるのではないかと考える. 今回の実験結果をこのような数理モデルに基づいて理解しようとするときに, 仮想的身体知覚に基づく指示がどのような運動規範となり, また, どのようにして運動制御方式として実現されるのかを具体的に構成する必要がある. 特に, 本実験でとりあげた課題では「手を糸で吊られて」という指示から想像されるように, 重力に抗して身体を支える運動制御の仕組みと深い関係があると推測され, 抗重力の仕組みが関係している可能性が考える. また, この課題だけでなく, 仮想的身体知覚に基づく指示は力の感じ方に関するものが多いことから, 重力覚や力覚をどのようにして制御モデルに組み込むかが重要な課題である.

また, 本実験では得らえた結果に大きな個人差が観察された. 特に, 仮想的指示条件 A において, 撓側手根伸筋を脱力させて課題を行う被験者と, 手首を背屈させた状態で課題を行う被験者がみられた. これは, 仮想的指示条件 A を「外部 (他者) からの誘導に委ねる身体感覚で課題を行う」ものと解釈した被験者と,「糸で吊り上げられたときの姿勢 (視覚的イメージ) を模倣しながら課題を行う」ものと解釈した被験者がいたことを示している. 前者では手先軌道が統制条件よりも直線的である, 直接的指示条件に比べて撓側手根伸筋の活動が小さいなど, 仮想的指示条件 B に共通してみられるような特徴が現れている. このような「他者に身体を預ける」という解釈は「力の感じ方」に基づく解釈であり, 上述したような, 仮想的身体知覚に基づく教示の特徴に沿ったものであると考えられる. 一方, 後者では, 手先軌道の直線性が高く, 手首が背屈し撓側手根伸筋の活動量が大きくなるなど, 直接的指示条件と共通した特徴が現れている. このことから, 後者の被験者は, 仮想的身体知覚に基づく教示の本来の狙いと異なり,「特定の姿勢を実現する」ものとして解釈したと推測できる. したがって, 仮想的身体知覚に基づく教示においては, 教示を受けた学習者にその意図が正しく伝わっているかどうかを確認することがきわめて重要であるといえる. 本来の仮想的身体感覚に基づく教示の効果を明らかにするためには, 実験中の教示において

その意図が誤解されないようにいっそうの配慮をする必要がある.

本研究の一部は，JSPS 科研費挑戦的研究（萌芽）18K19823 および 19K22866 の支援を受けて行われた.この場を借りて謝意を表する.

文献

[1] Gabriele Wulf, (2013) "Attentional focus and motor learning: A review of 15 years", International Review of Sport and Exercise Psychology, Vol.6, No.1, pp.77-104.

[2] Philip L. Jackson, Martin F. Lafleur, Francine Malouin, Carol Richards, Julien Doyon, (2001) "Potential Role of Mental Practice Using Motor Imagery in Neurologic Rehabilitation", Archives of Physical Medicine and Rehabilitation， Vol.82, No.8, pp.1133-1141.

[3] Nobuaki Mizuguchi, Hiroki Nakata, Yusuke Uchida, Kazuyuki Kanosue, (2012) “Motor imagery and sport performance”, The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, Vol .1, No. 1, pp.103-11.

[4] Gabrile Wulf, Nancy H Mcnevin, Charles H Shea, (2001) "The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus", The Quarterly Journal of Experimental Psychology, Vol.54, No.4, pp.1143-1154.

ユーザの記憶モデルを組み入れたWeb環境の提案: Exploration条件とExploitation条件の比較

Proposal of Web Environment Incorporating User's Memory Model: Stimulus Presentation Contrasting between Exploration and Exploitation

岸江　秀斗 †，森田 純哉 †
Shuto Kishie, Junya Morita
† 静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University
kishie.shuto.17@shizuoka.ac.jp, j-morita@inf.shizuoka.ac.jp

概要

Web 上でのユーザの行動は多様化している．この多様化している行動は明確な目的を持たないブラウジングと明確な目的を持ったサーチングに分けることができる．本研究では，強化学習における探索と搾取がブラウジングとサーチングに対応すると考え，ACT-R を用いてそれらを再現する記憶モデルを構築した．この記憶モデルを Web 環境に統合することにより，ユーザの行動に応じた支援を行うための枠組みを提案する．

キーワード：探索と搾取, 記憶モデル, ACT-R

1. はじめに

情報技術の発展によって，Web 環境は人々にとってより身近なものとなり，様々な分野で活用されている．その一方で，Web 空間には膨大な情報が氾濫しており，ユーザの目的に合った有益なページにたどりつくことは容易ではない．

また，近年では Web が頻繁に利用されることにより，Web 空間上でのユーザの行動が多様化している．この多様化している行動は大きく 2 つに分けることができる．1 つ目は，明確な目的を持った行動である．例えば，飲食店の予約や特定の問題に対する解決方法の調査などが挙げられる．このような明確な目的を持った行動はサーチングとも言われ，支援システムを構築する際には，ユーザをいかに早く正確に目的の情報にアクセスさせるかということに主眼が置かれる．ユーザによるこの行動に焦点を当てた研究として，メタ認知を支援することにより，自律的なサーチスキルを身に着けさせるシステムの開発が行われている [1]．2 つ目は明確な目的を持たない行動である．明確な目的を持たないため，ユーザのブラウジングに対する動機は Web の利用そのものに向けられる．このような明確な目的を持たない行動はブラウジングとも言われ，支援システムの開発においてはサーチングとは対照的に，ユーザの行動の持続性や多くの情報に触れる機会を与えることに主眼が置かれる [2].

このように，それぞれの支援に関する研究が行われている．しかし，これらの研究はサーチングとブラウジングどちらか一方のみの行動を対象としており，双方の行動形態を適応的に支援する研究はあまり行われていない．著者らは，ユーザによるサーチングとブラウジングのそれぞれの行動に動的に対応する支援が必要ではないかと考える．

ブラウジングとサーチングは強化学習における探索 (Exploration) と搾取 (Exploiation) に当てはめることができる [3]．探索とは未知の状態を経験するために行動することであり，搾取は過去に試みた行動の中で，多くの報酬を得るような行動をとることである．探索と搾取はどちらか一方を重視してしまうと目的の達成から遠ざかってしまうため，バランスを保つことが重要である．すなわち，ブラウジングとサーチングにおいてもそれぞれのバランスが重要であり，双方の行動形態を支援する必要があると考えられる．

それぞれの形態に応じた支援を行うためには計算機上に行動形態に対応した記憶モデルを構築し，そのモデルを Web 環境に統合することが有効であると考える．古くから，このような計算機上に人間の認知処理を表現する認知モデルに関する研究がされており，様々な認知特性を再現するモデルが構築されている．その中には個人のデータを使った個人化認知モデルに関する研究 [4] も存在し，これらの研究は様々な認知的課題の解決に貢献することができるのではないかと

考えられる．

これらを踏まえて，本研究では，行動形態に応じた支援を行うためのフレームワークを構築することを目的とする．このシステムは個人化された記憶モデルを搭載しており，モデルは ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational) [5] を用いて設計した．ACT-R は世界中で広く使われているアーキテクチャであり，先行研究も豊富である [6].

2. 関連研究

ACT-R において，Web のナビゲーションに関するモデルは Pirolli らによって過去に構築されている [7]. このモデルは Web 探索者が探索の手がかりにしているテキストやリンクなどから活性値が伝搬する．探索の手がかりになるテキストやリンクは情報の香り (information scent) と呼ばれる．この情報の香りに基づいたモデルで Web ページ上のリンクを順番に評価し，ランキング付けをした結果と実際に被験者が選んだリンクを比べ，情報の香りがユーザのリンクの選択に大きく関連していることを示した．

さらに上の研究は，Web のような情報システムの中を探索しているうちに，ユーザは自分の外部にある利用可能なコンテンツに関する概念的構造や情報自体の構造を理解するという情報狩猟理論 (information foraging theory) を提唱した．つまり，この理論では，Web 探索においては，探索対象となる情報に関する理解と Web 上での情報の構造化に関する理解が同時に進行すると考える．この理論にもとづけば，探索の手がかりとなるような情報が提示されることにより，ユーザはその情報が蓄えられる Web 上の直接的な場所を教示されなくても，探索すべき情報をうまく発見することが可能になると考えられる．

また，Thanakit らは，Web 行動のモデルを搭載し，適切なタイミングで刺激提示による介入を狙うシステムの研究を行っている [8]．このモデルは，ユーザが日常において閲覧した商品画像に関わるチャンクをモデルの宣言的知識として保持する．チャンクの作成においては，商用の画像認識器 (Google Cloud Vision) によって出力されるラベルを利用する．商品画像に対して得られたラベルをチャンクとすることで，意味的に類似した画像を連続的に検索できるシステムを構築している．また，ACT-R によるチャンク検索のパラメータをユーザからリアルタイムに取得される心拍データによって調整することで，ユーザのストレスレベルを反映した商品画像の提示がなされるようになっている．

ユーザがブラウザを立ち上げると，まず活性値が最も高いチャンクを検索した後にラベルを共有する他のチャンクを一定時間検索する．そして，チャンクを検索できなくなるか所定の時間が経過した後に，最後に検索されたチャンクを出力する．Thanakit らはこのモデルを利用し，ユーザが閲覧したことのある商品画像を適切なタイミングで提示することによって抑うつなどに起因する反芻的な検索を妨げることができる可能性を示唆している．しかし，このモデルはユーザの置かれた文脈（ユーザが現在観察しているページ）を考慮した検索を行っていないという限界も有している．

本研究では， 先行研究の上記の限界を踏まえつつ，ユーザが現在観察しているページ情報が反映された Web 行動のナビゲーションシステムを構築する．さらに，システムによる情報提示のシミュレーション結果を示す．

3. モデルと Web 環境の統合

認知アーキテクチャACT-R によって実装される Web 行動のナビゲーションシステムを構築した．本節では，まず，ユーザの現在の文脈（現在閲覧しているページ＝ターゲットページ）に影響された過去の記憶（過去に観察した Web ページ＝ソースページ）の検索モデルを示す．その後にそのモデルを組み入れた Web 行動のナビゲーションシステムを説明する．

3.1 モデル

ACT-R では知識はチャンクと呼ばれる要素で構成されている．本研究のモデルは，過去にユーザが閲覧したことのあるページの情報をチャンクとして保持する．このようなチャンクを作成するために，Chrome 拡張機能である History export[1] を用いることでブラウザの履歴データを抽出する．抽出するデータには，id, lastVisitTime, lastVisitTimeTimestamp, title, typedCount, url, visitcount などの情報が JSON 形式で記述されている．以下のコードが History export を用いて抽出した履歴データの例である．

```
{ "id":"672",
  "lastVisitTime":"2020/4/8 13:36:06",
  "lastVisitTimeTimestamp":1586320566,
  "title":"SHIZUOKA UNIVERSITY TOPPAGE",
  "typedCount":0,
  "url":"https://www.shizuoka.ac.jp/
      english/",
  "visitCount":2
}
```

[1] https://bit.ly/2YN1Hp6

これらのうち，title を用いることでチャンクを構築する．また，lastVisitTime（そのページ最後に訪問した時刻）や visitCount（そのページへの訪問回数）を利用することで，チャンクのベースレベル（活性値を定めるパラメータ）を設定する．ここまでの操作は Thanakit らのシステムと基本的に同様である．

このモデルの特徴は，ターゲットページのタイトル情報をリアルタイムにゴールバッファに組み入れる点にある．ACT-R においてゴールバッファは課題の状態や課題に関連する情報などを保持する．さらに，ACT-R にはバッファに保持しているチャンクが宣言的知識の活性値に伝搬する活性化拡散という仕組みがある．つまり，このゴールバッファに現在のページの情報を入れることでターゲットページからの活性化拡散が引き起こされ，結果として現在閲覧中のページに関連する情報が検索されると考えられる．後述するシミュレーションでは，ターゲットページからの活性化拡散あり条件とターゲットページからの活性化拡散なし条件でのモデルの動作を比較して分析する．

3.1.1 活性値の計算

前節で述べた活性化拡散，ベースライン活性値がどのように求められるのかについて述べる．宣言的知識の検索では，検索リクエストに合致した全てのチャンクに対して活性値が計算され，その中で最も活性値が高いチャンクが提示される．活性値 A_i は式 1 のように，ベースレベル活性値 B_i，活性化拡散 S_i，ノイズ ϵ の合計で求められる．

$$A_i = B_i + S_i + \epsilon \tag{1}$$

式 1 の第一項，ベースレベル活性値の計算には式 2 を用いる．n はチャンク i の出現回数，t_j は j 番目の出現回数からの経過時間，d は ACT-R のパラメータ (:bll) によって指定される減衰率を示し，β_i はパラメータ (:blc) によって指定されるオフセット値を示す．

$$B_i = \ln(\sum_{j=1}^{n} t_j^{-d}) + \beta_i \tag{2}$$

式 2 の第二項，活性化拡散の計算には式 3 を用いる．活性化拡散は現在のコンテクスト C に対するチャンク i の連想強度 S_i として計算される．コンテクスト C はゴールバッファに含まれる属性値 j の集合を表す．W_j は属性値 j に付与される注意の重みを表し，S_{j_i} は属性値 j と宣言的記憶のチャンク i の連想強度を示す．

$$S_i = \sum_{j \in C} W_j S_{j_i} \tag{3}$$

連想強度は式 4 で計算される．MAS (Maximum Associative Strength) は，連想強度の最大値であり，fan は，要素 j と連想関係にあるチャンクの宣言的知識における総数を示す．式 4 で示すように MAS から fan を引くことで，宣言的知識の中で多くのチャンクと結合する中心性の高い要素の連想強度が低くなる．つまり，活性化拡散の計算は，検索にコンテクストの効果を含めるだけでなく，宣言的知識のネットワークにおいて，中心性の高い要素への検索の集中を防ぐ効果も有している．

$$S_{j_i} = MAS - \ln(fan_j) \tag{4}$$

3.2 ナビゲーションシステム

本研究では，モデルと Web 環境を統合することによって，ユーザの Web 行動をナビゲートするインターフェイスを構築した (図 1)．このインターフェイスは自分の記憶モデルの動きをサムネイル画像の提示といった形で確認することができる．システムの流れを図 2 に示す．まず，History export で得られた JSON 形式のデータをもとに，WordPress mshots API[2]を用いて過去にユーザが訪れた Web ページのサムネイル画像を生成する．そして，ページの意味情報をモデルに与えるために，Web ページのタイトルを Janome[3] を利用して形態素解析し，抽出された単語とページの id を対応付けたチャンクを作成する．そのデータを ACT-R モデルが読み込み，読み込まれたチャンクに基づいて宣言的モジュールに含まれる他の Web ページが検索される．検索された Web ページは Chrome 拡張機能を利用してブラウザ上にサムネイル画像として表示される．同時に，Chrome 拡張機能からターゲットページのタイトル情報がユーザの PC に存在する Python スクリプトに送信される．送信されたタイトル情報はテキストデータから重要なキーワードを抽出することを目的とした termextract モジュール[4]を利用して重要度を順位を付け，上位 3 つの単語を ACT-R のデータとして変換し，リアルタイムにゴールバッファのスロットに格納する．こうした流れを設計することでユーザの検索行動に合わせてモデルの挙動を変えるようなシステムを構築した．

[2]https://github.com/wp-api-libraries/wp-mshots-api
[3]https://github.com/mocobeta/janome
[4]http://gensen.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/pytermextract/

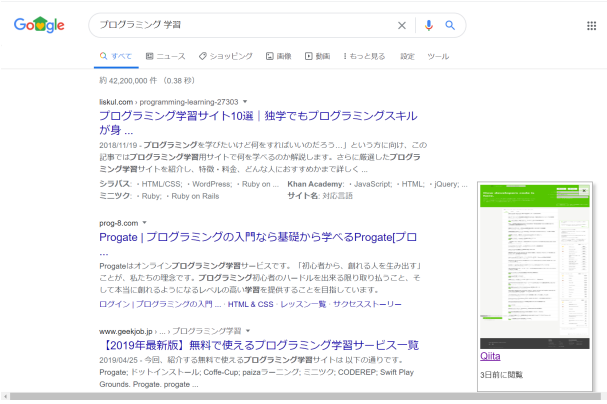


図 1　ユーザをナビゲートするインターフェイス

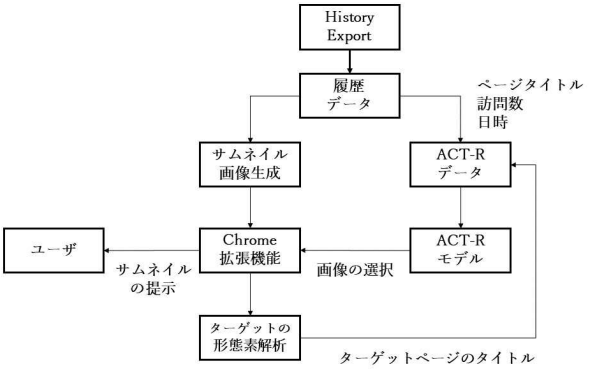


図 2　システム概要図

3.3　シミュレーション

シミュレーションではターゲットページからの活性化拡散の有無がモデルの検索パターンに影響を及ぼすのかを検証する．

3.3.1　シミュレーション条件

History Export から抽出した第一著者自身の履歴データ 1114 件をデータとした．データから任意にサンプリングされた 10 のページをターゲットページとして，それぞれに対して 1000 ページを連続に検索するシミュレーションを行った．つまり，検索された前のページの情報と共通するページをリクエストする．その際，ターゲットページのタイトル情報をゴールバッファに格納する「活性化拡散あり条件（Exploitation 条件）」とそのような操作を行わない「活性化拡散なし条件（Exploration 条件）」を設定した．各検索試行において，現在設定されているターゲットページを履歴データから削除した．ターゲットページからの活性化拡散がどのようにモデルの検索パターンに影響を与えるのかを分析するため，ターゲットページとモデルが検索したソースページのタイトルのそれぞれについて単語頻度ベクトルを作成し，そのコサイン類似度を求めた．

3.3.2　シミュレーション結果

各条件でターゲットページとモデルが検索したソースページとのタイトルの類似度ごとの平均頻度 (n=10) を図 3 に示す．横軸の類似度はターゲットページとの類似に基づいて 0.0 から 1.0 の 11 の階級に分けた．縦軸はその階級ごとに 10 個のターゲットページによって平均を計算した．どちらの条件でもグラフは右肩下がりになっており，全く類似性のないページ (similarity=0.0) が最も多く提示されたことがわかる．条件間でグラフの差を見てみると，顕著な差ではないものの，類似度が 0.3 から 0.4 の区間に注目すれば活性化拡散あり条件が活性化拡散なし条件に比べ有意に平均頻度が高いことがわかる．

また，各ターゲットページごとの平均類似度を図 4 に示す．横軸は各ターゲットページの平均類似度の順位を示している．縦軸は各ターゲットページごとに行われた 1000 回の検索における類似度の平均を示す．このグラフからも，ほぼ全てのターゲットページにおいて，活性化拡散あり条件が活性化拡散なし条件よりも類似度が有意に高いことがわかった．

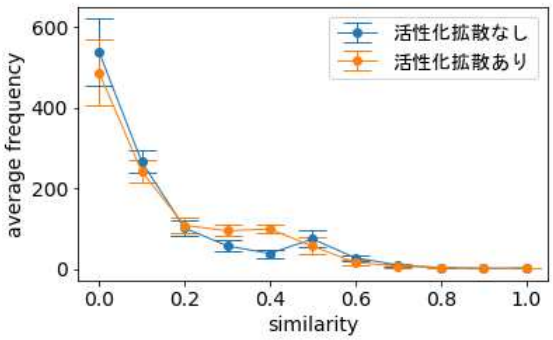


図 3　類似度ごとの平均頻度

4.　まとめと今後

本研究では，ユーザの行動形態に応じた支援を行うためのフレームワークを構築した．シミュレーションの結果，ターゲットページのタイトル情報をチャンクとして保持することによって，微細な差ではあるものの現在のユーザの関心を反映した情報が提示されることがわかった．このようにターゲットとの関連に応じ

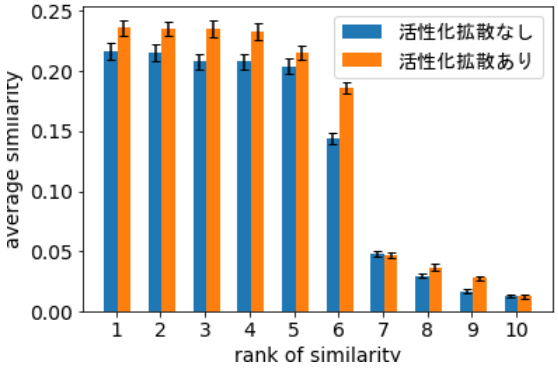


図 4　各ターゲットページの平均類似度

て情報を提示することで，ユーザの行動形態に応じたナビゲーションが実現できると考える．つまり，ユーザがサーチを行っている時にはターゲットと関連した情報を提示し，ユーザがブラウジングを行っている時にはユーザの現在の関心とは関連しない過去のページを提示することでユーザの Web 行動を支援することができると考えられる．

一方で，今回はタイトル情報をページの情報としてモデルに与えたため，ページの本文に関する情報は記憶検索において考慮されていない．また，タイトルの情報は形態素解析を行った結果をチャンクに保持させたため，意味解析などは行っていないなどの問題がある．

そこで今後は，ページ本文を含めた意味解析を行い，その情報をチャンクとして保持するようにシステムを拡張する必要があると考える．さらに，本研究で提案したフレームワークを基に，モデルの検索パターンをユーザの振る舞いに応じて動的に変更することで，それぞれの行動形態に応じた記憶モデルを作ることができるのではないかと考えている．将来的には，このシステムが実際にユーザをどの程度ナビゲートできるのかを検証する必要がある．

文献

[1] 長谷川忍, 柏原昭博. ハイパー空間における適応的ナビゲーションプランニング支援. 人工知能学会論文誌, Vol. 21, No. 4, pp. 406–416, 2006.
[2] 中西美和, 高橋元哉. 非目的的情報探索に関する生理心理学的アプローチ. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 21, No. 3, pp. 257–268, 2019.
[3] Stephan Ten Hagen, Maarten Van Someren, Vera Hollink, et al. Exploration/exploitation in adaptive recommender systems. In *Proceedings of the European Symposium on Intelligent Technologies, Hybrid Systems and their implementation on Smart Adaptive Systems*. Citeseer, 2003.
[4] 平山高嗣 間瀬健二 山田和範板橋和希. モデルベース回想法における個人差の検討. 日本認知科学会第 36 回大会発表論文集, pp. 1012–1018, 2019.
[5] John R Anderson. *How can the human mind occur in the physical universe?* Oxford University Press, 2009.
[6] Iuliia Kotseruba and John K Tsotsos. 40 years of cognitive architectures: core cognitive abilities and practical applications. *Artificial Intelligence Review*, Vol. 53, No. 1, pp. 17–94, 2020.
[7] Peter Pirolli. Rational analyses of information foraging on the web. *Cognitive science*, Vol. 29, No. 3, pp. 343–373, 2005.
[8] Thanakit Pitakchokchai, Junya Morita, Yusuke Yamamoto, Hiroyasu Yuhashi, and Teppei Koguchi. Proposal of a system based on cognitive architecture to distract rumination while web browsing.

話量は理解と相関するか？ —「知識構成型ジグソー法」授業を例に—

Do Vocal Students Learn More than Silent Students? --- In the Case of Knowledge Constructive Jigsaw Classrooms

白水 始[†]，中山 隆弘[‡]，齊藤 萌木[‡]，飯窪 真也[‡]
Hajime Shirouzu, Takahiro Nakayama, Moegi Saito, Shinya Iikubo
[†]国立教育政策研究所，[‡]東京大学
National Institute for Educational Policy Research, The University of Tokyo
shirouzu@nier.go.jp

概要

対話型授業のグループ活動における個々人の話量と理解度は相関するのかを明らかにするために，「知識構成型ジグソー法」7 授業 61 グループ 172 名の発話量と学習成果の相関関係を調べた．授業によって学習成果の到達度は多様だったが，どの授業でも多く話す生徒が理解を深めるという単純な正の相関があるとは言えなかった. 相関の低さは, 主に話量は少なくとも理解を深めている生徒の存在ゆえだと考えられた.

キーワード : 発話量，理解，建設的相互作用，知識構成型ジグソー法

1. はじめに

学習者を中心に据えた対話型の授業では，活発な学習者ほどよく学んでいると想定されがちだが，本当に各学習者のグループ活動中の話量は理解の程度と相関するのだろうか. 本研究では「知識構成型ジグソー法」[1]という対話型の授業を例にこの問題を検討する.

「GIGA スクール構想」[2]など初等中等教育の情報化に伴い, 教室におけるグループ学習でも, 各グループや児童生徒の発話量を即座または授業直後に可視化し, 学習支援や授業研究に活用する試みが数多くなされている[3,4]. そこには, 話量が多いグループ／児童生徒の方がよく学んでいるという前提があると考えられる.

その一方で, 協調学習の実践研究においては, 発言回数が少ない子どもでも，活発な子どもと同等の学習成果を収めることが経験的に知られている[5,6]. これは, 認知科学の協調問題解決研究で明らかにされてきた「建設的相互作用」に拠ると考えられる[7,8]. すなわち, 協調場面では解決を主導する「課題遂行者」の話し手に対して, 聞き手が「モニター」としてその説明を咀嚼し, 自らの理解に統合しようとする作用が働く．それにより，発話という目に見える認知活動が行われていなくとも各参加者には「聞きながら考える」という認知過程が働き, その結果, 話量と理解の程度の間に明確な相関関係が見られない現象が観察されることになる.

2020 年度から段階的に実施される学習指導要領では「主体的・対話的で深い学び」が教育現場に求められており[9]，対話を通した深い学びを保証する研究知見が必要になる. そのためには, たとえ話量と学習成果の相関関係といった基礎的な知見であっても，一定の役には立つと思われる. しかし, 管見の限り組織的な先行研究はない．黙りがちな児童生徒が何をどの程度理解しているのかがデータに表出されない難しさがあるためだろう.

そこで本研究では，一人ひとりに発話する機会と授業における学習成果を表出する機会が保証されている「知識構成型ジグソー法」を用いて，7 授業 61 グループ 172 名の発話と学習成果データをもとに，その相関関係を明らかにする.

なお, 本研究は量的検討にとどめ, 発話内容には踏み込まない. その上で, もし話量と理解の程度に相関関係がないとすれば，発話と理解にどのような関係があるのかを 1 授業 1 グループに絞って，本学会において齊藤ほか[10]が詳細かつ質的に検討する.

2. 方法

本研究で活用する「知識構成型ジグソー法（以下 KCJ）」とは，授業の最初と最後で各学習者が同じ問いに対する解答を個人で考え，その間で対話を通して三つ程度の異なる資料を分担・交換・統合して答えを作り上げる学び方である.

この授業最初から最後の解答の変化や授業最後の解答の達成度を個々人の学習成果とみなすことにする. さらに，資料を交換・統合する「ジグソー活動」中の発話をすべて文字起こしし，その字数を話量とする.

筆者らは KCJ を用いた授業改善プロジェクトを 10 年に亘って進めてきており, その中から, 児童生徒の学習成果と対話が紐づけられて分析できる 7 授業を当面

の研究対象とする. なお, 相関関係の分析結果はここで選択した KCJ 授業の特徴による可能性があるため，その結果の一般化可能性については考察で検討する.

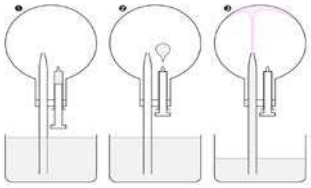
2.1. データ収集方法

知識構成型ジグソー法とは，1）教師から提示された課題について個人で考え，最初の考えを書き出す(プレテスト)，2）グループに分かれて，課題に対してより良い答えを出すためのヒントになる知識を資料などの形で分担して確認する（エキスパート活動），3）それぞれ異なる知識を確認したメンバーが集まって新しいグループを作り，課題解決に取り組む（ジグソー活動），4）各グループの現時点での課題の解をクラス全体で聞き合い，比較吟味する（クロストーク活動），5）本時の問いに対する答えを再度個人で書いてみる（ポストテスト），という 5 つのステップからなる授業の型である.

例えば，表 1 に概要を示した中学 1 年生理科の「赤い噴水」の授業は次のように進行する（数字は上記のステップに対応する）. まず，教師が逆さまになった丸底フラスコに注射器で少量の水を入れると，ビーカーの液体がガラス管を上昇し，赤い噴水となる現象を生徒は確認する. その上で, 1)この噴水がどんな仕組みで起きたのかを記述する，2)丸底フラスコに入っていた気体とビーカーの液体が何かを考えるためのエキスパート資料 A，気体が水に溶けることを粒子でイメージするエキスパート資料 B，気圧の差で噴水が生ずる仕組みに関わる資料 C のどれか一つを担当し, 3, 4 人で A4 一枚の資料を読み込む，3)違う資料を読んだ 3 名がグループとなって読解結果を交換して「赤い噴水の謎（仕組み）」を解明し，表 1 中に示したボードに文章・図解を書き込む，4)その答えをクラス全体でグループ間で発表し合う，5)最後にもう一度個人で解答を記述する，という流れである.

データとしては，この全ステップの全学習者の言動を記録した上で，1)プレテストと 5)ポストテストの各学習者の記述解答を 2.2 節の分析方法に従って分析し学習成果の指標とした. また, 発話量についてはステップ 3)の各学習者の発話を一人一台のヘッドセットマイクと ICR で収集し，人手で文字起こしした. 発話はステップ 2〜4)で収集できるが, 今回ステップ 3)のみを対象としたのは, それが「知識構成」の最たる活動であり，かつどのグループも同じ 3 資料をカバーし，またグループメンバーの 3 名が必ず一度は説明する必要性があるためである. なお, 字数の集計に際しては, 漢字と平仮名は区別せず（すなわち, すべてを平仮名に書き下さずに）集計した. これは作業の煩雑さと，同じ作業者が起こしているため，話者ごとの偏りは小さいと見なしたためである.

表 1　知識構成型ジグソー法「赤い噴水」授業のデザイン概要

課題	 赤い噴水の謎を解明しよう （図はジグソー活動で作成する，課題解決&クロストーク発表用のボード）
エキスパート A	指示薬と気体の特定
エキスパート B	気体が水に溶けるとはどういうことかを粒子でイメージする
エキスパート C	気圧の差とその利用
期待する解答の要素	①あらかじめ，フラスコ内に「アンモニア気体」，ビーカーの水に「フェノールフタレイン溶液」が入れてあった ②注射器でフラスコ内に「水」を入れると，水に溶けやすい「アンモニア気体」が溶けて「アンモニア水」になると共に，フラスコ内の気圧が下がる ③フラスコ内の気圧が下がると，外の大気圧に押されたビーカーの水がガラス管を上昇してきて，噴水が起こる ④ビーカーからフラスコ内に入った水には「フェノールフタレイン溶液」が含まれているため，アンモニア水の「アルカリ性」と反応して噴水は「赤色」になる

2.2. 分析方法

授業前後，すなわち 1)プレテストと 5)ポストテストの各学習者の記述解答を期待する解答の要素に従って，要素に完全な形で言及できていれば 1，不完全に言及していれば 0.5 を付与した．第一筆者が分析するか，もしくは授業教員が分析する場合も第一筆者が結果を確認して統一した．分析方法を「赤い噴水」授業の生徒解答で例示する．

授業前（プレテスト）記述
「かわいたフラスコの周りに少量の水がひっついて，それにはんのうし，ビーカーの水がなにかのしくみでひきよせられた．空気がまざって赤色になった．」

ここでは，①の具体的な要素名が未知であり，②の原理である「溶ける」ということへの言及や，そして③の「気圧差（で押し上げられる）」ことへの言及が見られず，④の「反応」という語への断片的な言及のみが見られるため，「0.5」とする．

これに対し，授業後の記述では，下線のとおりの要素に対応した記述が認められる．これを「4」とする．

授業後（ポストテスト）記述
「ビーカーの中には，フェノールフタレイン溶液が入っていて（①），フェノールフタレイン溶液は，アルカリ性にはんのう（④）します．丸底フラスコには，アンモニアという気体がはいっていて（①），アンモニアはアルカリ性（④）です．（略）
そこに，1 ml の水をいれることによって，アンモニア水になります．そうすると，丸底フラスコの気圧が小さくなります（②）．
そうすると，ビーカーの気圧におされ，フェノールフタレイン溶液が上にあがり（③），フェノールフタレイン溶液が，アンモニア水にはんのうし，無色の色が赤色に変わりました（④）．」

以降の分析では，話量と授業後の到達度の相関，及び話量と授業前後の伸び（上記では 0.5 から 4 で 3.5 要素）の相関の二つを検討する．話量については，各生徒がジグソー活動中に発話した文字数（上記生徒の場合は 20 分で 1647 文字）を指標とした．

3 節の結果では，まず実数で授業ごとの相関を示し，その後全 7 授業での正規化した学習成果（期待する解答の要素数で割った%：上記の生徒なら到達度は 100%，伸びは 87.5%となる）と 1 分あたりの話量（上記の生徒なら 82.35 字）を HLM（階層線形モデル）で分析する．

2.3. 対象授業

表 2 が対象とした授業の一覧である．一行目に授業の基本情報，二行目に授業内容の要約を記した（「赤い噴水」授業は表 1 参照のこと）．期待する解答の要素数は図 1 に記した．

今回は理科と社会を中心に中高生の授業を対象とした．6 番を除いて公立中高の通常学級で，普段当該の教科を担当している教員が 1 時間の授業時間（45〜50 分）内で行った．いずれの授業もグルーピングはランダムに行った．6 番の授業は，Global Science Campus 事業の一環として高校 1，2 年生を大学に集めて 2 コマの時間をかけて行った．ただし，対象生徒は半年弱にわたって協働活動の経験があり，互いに既知であった．

授業内容に見るように，いずれも単なる知識・技能の定着というより，メイン課題の解決を通した主題に対する理解深化をはかる授業であった．それゆえ，本研究とは理解を学習という用語と同義で用いることとする．

3. 結果

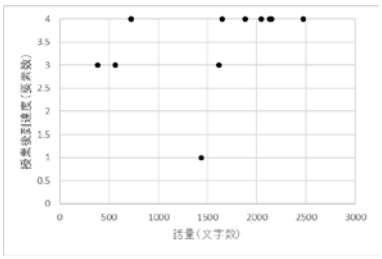
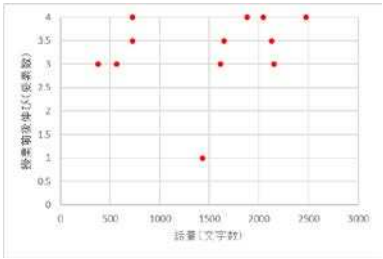
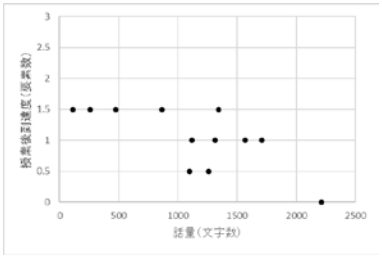
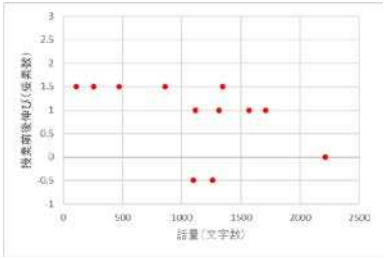
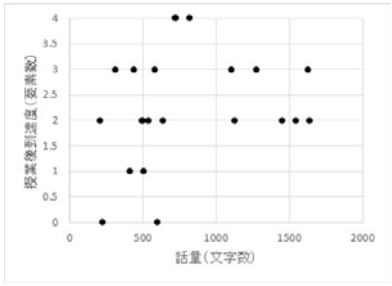
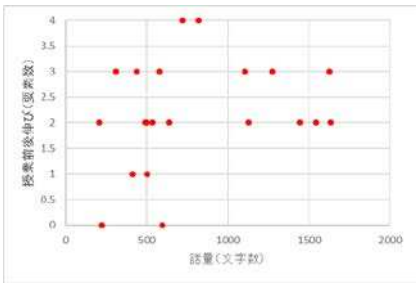
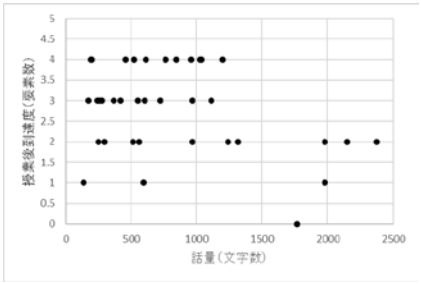
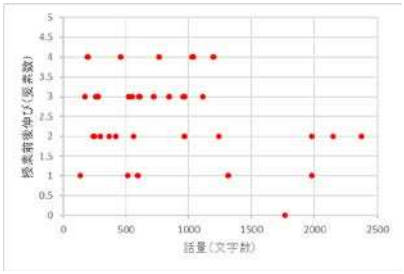
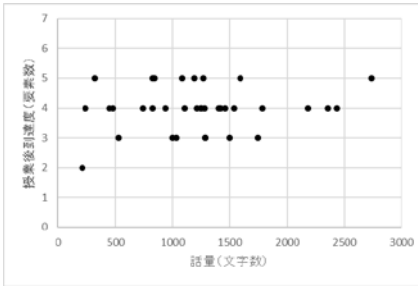
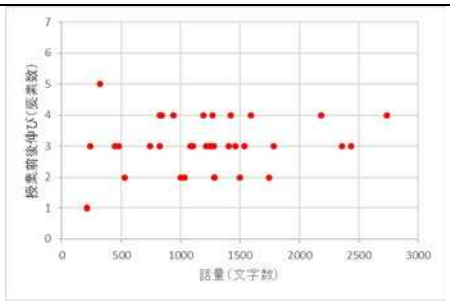
図 1 が全授業の話量と授業後到達度（左列）及び話量と授業前後での伸び（右列）の散布図と相関係数（有意差）である．各点が生徒を表す．両軸とも最後の「全授業」を除き実数である．最後の全授業は，7 授業すべての対象生徒に関する話量の 1 分当たり平均と授業後到達度率や授業前後伸び率の散布図である．

図に見る通り，教員の期待した解答に向けて十分に狙いが達成された授業（授業１）から，生徒による違いが出た授業（授業３，４，６），十分には達成されなかった授業（授業２，５，７）まで，結果は多様である．それにもかかわらず，どの授業も明確な右肩上がりの散布図にはなっていない．

相関係数を見ても，授業ごとでは，有意ではない小さな相関か（授業１，３，５，６，７），逆に有意な負の相関が見られる（授業２，４）．全授業の授業後到達度で有意な相関が見られるのは，サンプルサイズの大きさと複数授業を合わせたために，よく話す授業（授業１，５，６）で授業後到達度がある程度高かったためであろう．この点は HLM で再検討する．

表 2　対象授業一覧

No.	授業名	学年	教科	対象者数 n（出席者数）	対象グループ数（全グループ数）	ジグソー活動時間	生徒ジグソー経験	実施年	教員（教歴）
1	赤い噴水	中学 1	理科	12（20）	4（6）	20 分 0 秒	有	2018	男性・20 年超
2	運動の仕組み	中学 2	理科	12（24）	7（8）	21 分 0 秒	有	2014	男性・20 年超
	「神経」「骨格」「筋肉」に関する資料を基に，自分たちが属する部活のボールを打つ動きのストーリーを語る．								
3	戦争と国民	中学 3	社会	22（22）	6（6）	12 分 58 秒	有	2019	男性・20 年超
	第二次世界大戦時の「虚飾だらけの新聞報道」「連合国が日本に撒いた厭戦ビラ」「米国の自国民扇動ポスター」の資料を基に，「国は〇〇がなければ戦争をすることはできない」の〇〇にふさわしい言葉を考える．								
4	ドバイ	高校 1	地歴	36（39）	12（13）	16 分 13 秒	初回	2018	男性・10 年未満
	ドバイの「歴史・地理と治安」「インフラ整備」「外国企業誘致と観光・宗教」の資料を基に，「なぜドバイはヒト・モノ・カネが集まる都市になったのか？」を考える．								
5	啓蒙専制君主	高校 1	地歴	41（41）	13（13）	15 分 48 秒	有	2019	男性・10 年未満
	「ロシア エカチェリーナ 2 世」「オーストリア ヨーゼフ 2 世」「プロイセン フリードリヒ 2 世」の資料を基に，「（一見矛盾して見える）啓蒙専制君主」とはどういう君主かを考える．								
6	ヒートポンプ	高校 1・2	理科	18（18）	6（6）	29 分 7 秒	初回	2020	男性・20 年超
	ヒートポンプに関して「断熱膨張・圧縮」「状態変化と温度」「圧力の変化と沸騰」の 3 資料を基に，「冷蔵庫はどのような仕組みで内部を冷やしているか」を考える．								
7	平清盛	高校 2	地歴	31（39）	12（12）	21 分 21 秒	有	2019	女性・10 年未満
	平清盛についての「武家の政治家としての側面」「平家物語での描かれ方」「後世の評価」の 3 資料を基に，平清盛を評価する．								

話量と授業後到達度	話量と授業前後での伸び
 r =.29 (n.s.)	 r =.20 (n.s.)
授業１：中学１年生理科「赤い噴水」	
 r = - 0.72 (p <.01)	 r = - 0.49 (n.s.)
授業２：中学２年生理科「運動の仕組み」	
 r =.23 (n.s.)	 r =.23 (n.s.)
授業３：中学３年生社会「戦争と国民」	
 r =-0.35 (p <.01)	 r =-0.29 (p <.01)
授業４：高校１年生地理Ｂ「ドバイ」	
 r =.20 (n.s.)	 r =.21 (n.s.)
授業５：高校１年生世界史Ｂ「啓蒙専制君主」	

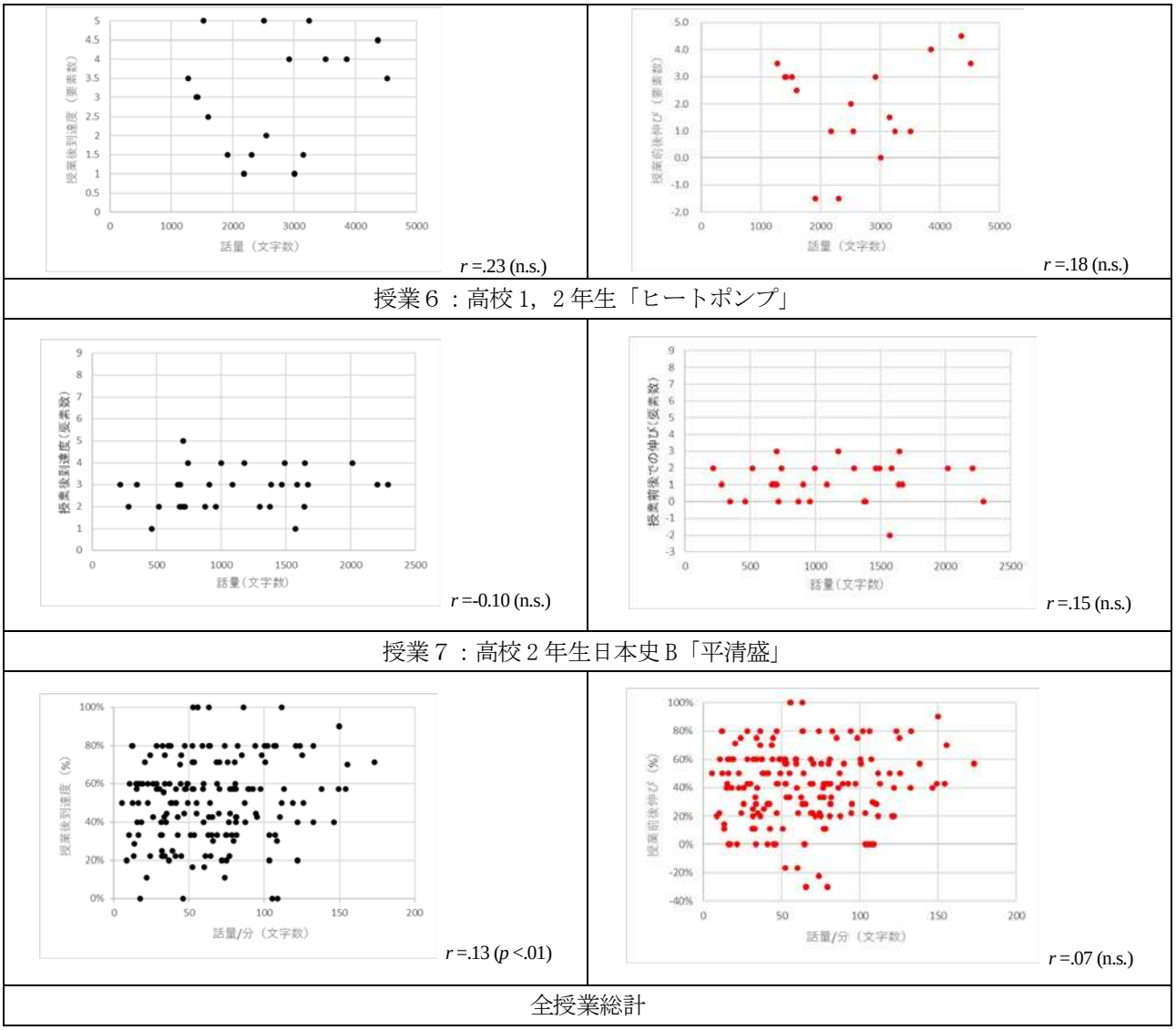


図 1　対象授業での話量と授業後到達度／授業前後の伸びの相関関係

以上の相関の低さは，主に「話量は少なくても理解が進んでいる生徒」の存在ゆえだと考えられる．これを端的に示すために，すべての授業について，対象生徒の授業後到達度・授業前後での伸び，及び話量の平均を授業ごとに算出し，その平均からの大小 4 象限に分けて，該当する生徒数を集計した．その結果が表3，4である．

平均より上の授業後到達度（表 3），伸び（表 4）の生徒を見ると，話量が平均より多い生徒に偏るわけではないこと，つまり，「話量は少なくても理解が進んでいる生徒」の存在が確認できる．

表 3　話量と授業後到達度のクロス集計（人）

	話量が平均より少ない	平均より多い
授業後到達度が平均より高い	53	50
平均より低い	37	29

表 4　話量と授業前後の伸びのクロス集計（人）

	話量が平均より少ない	平均より多い
授業前後の伸びが平均より大きい	48	49
平均より小さい	39	30

最後に，階層的線形モデル（HLM）を使った統計的検定を行った．話量に対して平均による中心化を行い，レベル 1 に個人の話量，レベル 2 にグループ話量と授業話量を設定し，どの話量が授業後到達度や伸びを予測するかを分析した．まず級内相関係数を算出し，グループ，授業とも 0.35～0.4 の範囲になっていたため，HLM を実施した．

タイプⅢの検定結果を表 5，6 に示した．授業前後の伸びについては，切片以外の有意差はなかった（表 6）．授業後到達度に関して，個人の話量（wc）と授業の話量（m_s_g）が有意であり，グループ話量（m_g_g）が有意ではないという結果となった（表 5）．つまり，後者については，「よく話す生徒」が多くを占める「よく話す授業」の方が肯定的な結果をもたらすが，グループ間の差は大きな違いをもたらさないということになる．

表 5　授業後到達度と話量の HLM 分析結果

ソース	分子の自由度	分母の自由度	F 値	有意
切片	1	164	1194.186	.000
話量_wc	1	164	19.504	.000
話量_m_s_g	1	164	13.555	.000
話量_m_g_g	1	164	.117	.733

表 6　授業前後の伸びと話量の HLM 分析結果

ソース	分子の自由度	分母の自由度	F 値	有意
切片	1	155	536.664	.000
話量_wc	1	155	1.558	.214
話量_m_s_g	1	155	.858	.356
話量_m_g_g	1	155	.003	.953

4.　考察

以上より，「知識構成型ジグソー法」授業を題材にした範囲では，必ずしも話量と理解の間に単純な正の相関があるとは言えなかった．統計的に有意差がないことを基に積極的な主張はできないが，この事実を確認できたことが本研究のひとまずの成果である．詳細を見ると，話量が少なくとも理解が進んでいる生徒の存在が上記の結果の一因を担っていると考えられた．黙っている間にも他者の対話を聴きながら理解を深めている認知過程が授業前後の記述解答の変化に表れているためであろう．

今後検討すべき課題は二点である．

一つは，上記で量的結果から示唆されたような対話を聴くことからの学びが実際起きているのか，起きているとすればどのようなプロセスで起きているかの解明である．それが，単に他のメンバーのまとめにフリーライドして結論をうつしているだけではないのかといった批判に応えることになる．

もう一つは，「知識構成型ジグソー法」授業で上記のような結果が見られたにも関わらず，なぜ教育現場や世間一般には，「活発な対話」を良しとする風潮や未検証な前提がはびこっているかの検討である．仮説として，そこで正の相関が出るのは，よく発話して学ぶ生徒と，発話できず／発話せず学んでいない生徒との二分化が起きているためだという可能性がある．つまり，黙っている生徒は問題解決のモニターとして働くのではなく，問題解決の場に認知的に参加していない（降りてしまっている）という可能性，あるいは授業自体が協働問題解決の場足りえておらず，何か知っていることやわかっていることがある生徒だけが発言する場になっている可能性である．これらを検討するため，別の授業スタイルで行われた授業の結果も取り込んだ，より広範な相関分析が必要である．これは良質な沈黙とそうでないものとの見分けも可能にする．

本研究を方法論の側面から振り返ると，本研究の成果が得られた一つの要因は，授業前後で一人ひとりの生徒に課題に対する解答を記述させていたことによる．それによって，話量と関係づけて分析するに足るデータが得られたわけである．先行研究では，授業中の会話のみで活発度を評価したり，提出された事後レポートと会話のどちらを成績評価に重視するかの議論をしたりするものはあったが[11]，そもそも「活発な対話」がどのような理解や学習を生み出したのかを組織的・量的に検討し，そのメカニズムを質的に探る研究は少なかった．本研究はその試みの端緒となるだけでなく，対話と理解とを関係づけて授業デザイン・学習評価を行っていく実践研究を牽引すること自体を狙うものでもある．

謝辞

本研究は，国立教育政策研究所プロジェクト研究「高度情報技術の進展に応じた教育革新に関する研究」，科研費基盤研究 S「評価の刷新：学習科学による授業モニタリングシステムの開発と社会実装」（17H06107），挑戦的研究（萌芽）「寡黙な学習者の認知モデル開発：対話を深い学びに繋げるために」（20K20816），東京大学高大接続研究開発センター高大接続連携部門 CoREF ユニットと埼玉県教委との「未来を拓く『学び』プロジェクト」や全国自治体との「新しい学びプロジェクト」，東京大学グローバルサイエンスキャンパス事業の支援を受けている．また，統計処理については東京大学大学院学際情報学府福田優一氏の協力を得た．記して感謝する．

文献

[1] 三宅なほみ，(2011) “概念変化のための協調過程―教室で学習者同士が話し合うことの意味―”，心理学評論，Vol.54，No.3，pp.328-341.
[2] 文部科学省，(2020) “GIGAスクール構想の実現について”，https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm
[3] ハイラブル，(2018) “話し合いを見える化するクラウドサービス”，https://www.hylable.com/
[4] NEC，(2019) “「未来型教育 京都モデル実証事業」を開始”，https://jpn.nec.com/press/201812/20181205_04.html
[5] 佐藤学，(2003) “教師たちの挑戦”，小学館.
[6] Saito，M. & Miyake，N.，(2011) “Socially constructive interaction for fostering conceptual change”，Proc. of CSCL2011，pp.96-103.
[7] Miyake，N.，(1986) “Constructive interaction and the iterative process of understanding”，Cognitive Science，Vol.10,No.2，pp.151-177.
[8] Shirouzu，H.，Miyake，N，& Masukawa，H.，(2002) “Cognitively active externalization for situated reflection”，Cognitive Science，26，pp.469-501.
[9] 文部科学省，(2017)，“学習指導要領”，https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1383986.htm
[10] 齊藤萌木，飯窪真也，白水始，(2020)，“協調問題解決型授業におけるヒント資料の提示が生徒の理解に及ぼす影響”，日本認知科学会第37回大会論文集.
[11] 奥原 俊，菅原 良，伊藤 孝行，(2017)，“グループ学習における議論内容把握システムを用いた発話内容の評価に関する研究”，コンピュータ＆エデュケーション，Vol.42，pp.37-42，https://doi.org/10.14949/konpyutariyoukyouiku.42.37

※URL 参照はすべて 2020.5.21

音韻意識形成過程における誤りを抑制するインタラクション：認知アーキテクチャを用いたモデル化の検討

The Interaction that Suppress Errors during Phonological Awareness Formation Process: A Study of Modeling using Cognitive Architecture

西川　純平[†]，森田　純哉[†]
Jumpei Nishikawa, Junya Morita
[†] 静岡大学
Shizuoka University
nishikawa.jumpei.16@shizuoka.ac.jp

概要

人が音声を認識する際には，音韻の単位に関するいくつかの処理が必要になる．それらの処理の一部は音韻意識と呼ばれる能力によって制御される．本研究の目的は，認知アーキテクチャACT-R の知識検索の仕組みに対応づけて，音韻意識をモデル化することである．とくに音韻意識形成過程に見られる誤りとその要因に着目する．音韻意識形成がかな文字の習得と関連することから，活性化拡散を用いた視覚的補助の効果を検討する．

キーワード：音韻意識，認知アーキテクチャ，認知モデル

1. はじめに

新生児は，多様な言語を学習する下地を生得的に備える．たとえば，口や喉の構造，周波数などの物理的な音の特性はどのような言語にも共通して新生児が備える要素である．このほかに，共同注視や役割反転模倣などの社会認知機能も，新生児には生得的に埋め込まれているとされる [2]．新生児は，これらの要素を踏まえ，認知機能を活用しながら，養育者のふるまいを観察したり，模倣したりするといった経験を通して，母語となる言語に特有な構造を得て，言語を発達させていく [9]．

とくに人が音声を認識する際には，言語音に対するさまざまな処理が必要となる．言語発達の初期において，乳児は音声を連続した音のつながりとして聴いているが [12]，発達が進むにつれ，子供は言語をある単位の系列として認識し，処理することができるようになる．音の認識を実現するための処理は，手掛かりとする情報によっていくつかの種類が想定されている．例えば，音の物理的特性によって識別しようとするボトムアップな処理と，知識としてもつ音のカテゴリを用いて識別しようというトップダウンの処理があると言われている．このようなカテゴリ化された音に基づく処理のためには，連続した音声の，音素やリズムといった音韻的側面に意図的に注意が払えるようになることが必要である．発達心理学や言語聴覚療法の領域では，この能力は，音韻意識と呼ばれる [7, 18, 21]．音韻意識は通常，就学前に発達し，読み書き能力の獲得とも強く関係するとされる．言語発達の過程で起こる言葉の誤りの中には，その言語の音韻意識の形成が不十分であるために起こると考えられるものも確認されている [17, 22]．

音韻意識という能力を想定することで，言語発達におけるさまざまな現象が明らかにされる一方で，音韻意識そのもののメカニズムやその形成に対応する人の内部プロセスに関する検討はなされていない．これを踏まえ，本研究の目的は，人が持つ一般的な認知機能によって音韻意識を説明することとする．ここでは，音韻意識形成過程で誤りが発生し抑制されていくという過程を引き起こす各要因に着目し，人の知識検索の仕組みと対応づけることによってモデル化する方法を検討する．モデル化のために認知アーキテクチャACT-R [1] を用いる．

本稿の構成は次の通りである．まず，2. 節にて本研究と関連する研究をレビューする．そののちに，本研究で実装を進めているモデルとモデルを用いたシミュレーションを示す．最後に現状のまとめと今後の課題を示す．

2. 関連研究

本節では，まず，人間の認知過程を理解し説明する方法として，認知モデルと認知アーキテクチャを紹介し，認知モデルを用いた言語学習の研究をレビューする．次に，言語発達と音韻意識の形成に関する先行研

究を紹介する．

2.1 認知モデリング

認知科学の領域では，認知モデリングという手法が取られることがある．認知モデリングとは，人の認知を理解，予測することを目的として，人の認知プロセスに近似するモデルを計算機上に構築するというアプローチである．そのための基盤として認知アーキテクチャが整備されている．認知アーキテクチャを用いることで，共通の基盤の上に種々の要因を切り分けたモデルを構築可能となる．さまざまな認知アーキテクチャが開発される中で，本研究では ACT-R[1] に注目する．ACT-R は思考や記憶に関する心理実験に基づいて構築されており，人の認知に関わる現象は統合的に捉えることを可能にする．また，ACT-R 上のモデルが内部に保持する知識は，すべて記号として表現される．この ACT-R の知識表現に則って，連続音を音韻単位 (つまり記号) の系列に対応づける方法を検討することが，モデル化を通した音韻意識の説明に対して有効であると考える．

ACT-R を用いた言語習得に関する研究は数多く行われている．例えば，英語学習における過去形の不規則変化獲得に関するモデル [8] や，幼児の名詞学習に関するモデル [11] が構築されている．また，脳機能障害のモデル化も存在し，失語症における文理解の誤りを ACT-R のパラメータを用いて説明する研究もある [6]．このように，ACT-R を用いた認知モデルはさまざまなテーマで数多く構築されているが，音韻意識に関する認知モデルを扱った研究はほとんど行われていない．

著者らは，音韻意識を ACT-R の知識検索の仕組みと対応づけてモデル化した [19]．言語発達における生得的要因と対応づけて，音の類似度やそれに基づく部分マッチ検索を導入することで，音韻意識形成過程における誤りの出現が説明される可能性を示している．また，経験的要因と対応づけて学習の効果に対応するパラメータを操作したシミュレーションにより，相対的に類似度の重要度を下げることで誤りが抑制されることも示している．ただし，著者らの先行研究の結果は，パラメータを事前に設定したいくつかの条件のシミュレーションの比較によって得られたものであり，設定されたタスクの遂行を通して音韻意識が形成され，誤りが減少していくという過程は観察されていない．本研究では，タスク遂行を通した音韻意識形成と誤りの抑制を目指して，このモデルを発展させる．

2.2 音韻に関する研究

音韻論の分野では，人が知覚したり発話する音を，心的な表現として示す方法や分類する方法が議論されている．最も有名なものは弁別素性 [4] と呼ばれる表現である．弁別素性は音素を区別する基本的な単位であり，一般に，発声に関する舌や喉の動きによって + か − の二値をとる変数として定義される．表 1 にいくつかの音素に関する弁別素性の例を示す．

表 1: 弁別素性の例

	a	i	u	e	o	k	g	s	z	t	d	n
consonantal	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	+
syllabic	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−
sonorant	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	+
hign	−	+	+	−	−	+	+	−	−	−	−	−
back	+	−	+	−	+	+	+	−	−	−	−	−
low	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
anterior						−	−	+	+	+	+	+
coronal						−	−	+	+	+	+	+
voice						−	+	−	+	−	+	+
continuant						−	−	+	+	−	−	−
nasal						−	−	−	−	−	−	+
strident						−	−	+	+	−	−	−
delayed release						−	−	−	−	−	−	−
round	−	−	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−

言語は，その扱う音の単位によって，モーラ言語とシラブル言語に大別される [10]．モーラ言語である日本語において，モーラは一般に持続時間の単位として定義され [3]，ひとつひとつのモーラは日本語の文字である仮名に対応づけられる．この音韻要素と文字が明確な関連性を持つという日本語の特徴は，認知アーキテクチャにおける音韻意識の明瞭なモデリングに有効に働くと考えられる．

音韻意識の形成を，心理学的実験を通して調査している研究はいくつか存在する．原 [14] は，日本語の音韻意識の発達の様相と，読みの習得との関連を調査している．原の研究では，音削除，単語の逆唱や母音同定の音韻操作課題と短文読解課題を通して，音韻操作能力の発達を観察している．この研究では，これらいくつかの課題の成績が平仮名の指導によって向上することが示されている．

言語聴覚士の臨床の現場では，子供が特定のモーラを混同するケースが報告されている．例えば 2，3 歳前後の幼児は、子音の/r/と/d/や/s/と/sj/を含むモーラを混同する傾向があることが報告されている [18]．さらに，発達障害を持つ子供の中には母音のみのモーラとその母音と子音の組み合わせからなるモーラの区別 (例えば「あ」と「か」や「さ」と「た」の区別) が困難であるという報告も存在する [21]．定形発達の児童でも，同様に子音を省略する誤発声は示されており [22]，この種の間違いは，生得的な音韻系 [4] から日本

語に固有のモーラ系に移行する発達過程の存在を示唆している．

高橋 [15] は，定形発達の子どもを対象とした横断的な発達心理学的実験を通して，音韻意識形成の段階を，しりとりができるようになる条件と絡めて検討している．この研究では，しりとりをするためには、音をモーラに分割する能力とモーラによる索引が付与された心的辞書が必要であること、この心的辞書の獲得のためには仮名文字の習得が有効であることが示されている．また，しりとりに必要な音韻意識を持たない子供でも、大人の補助によってしりとりに参加できることも示されている．これらの結果は、しりとりを実施するには、モーラに注意を払う音韻意識が必要であり、その能力は、音に対応する視覚的補助（仮名文字の提示など）による強化が必要であることを示唆する．窪薗 [13] は音韻意識形成過程の調査のために 4 歳児を対象としたしりとり実験を行っている．この実験では，実験参加者はモーラの単位に関する誤りを示している．例えば「どらえもん」に対して「もんしろちょう」,「たいよう」に対して「ようぐると」と誤った回答を行った．これらの例では，日本語ではふたつのモーラに分割される音を，参加者はひとつの単位として認識していたと考えられる．これらの報告は、言語固有の音韻体系が幼少期以降に経験的に獲得されること，音韻体系の誤りが言葉遊びのなかで観察可能であることを示唆している．

これらを踏まえ，本研究では，単語から語尾音を切り出す操作や，語頭音による単語の検索といった音韻操作能力に着目して，音韻意識形成の過程を検討する．また，高橋や窪薗の研究を参考に，タスクにしりとりを用いる．モーラを記号として表現するために Chomsky と Halle の弁別素性を用いる．

2.3 マルチモーダル学習

学習を扱うさまざまな研究において，複数のモダリティの情報を統合し活用することの重要性が指摘されている．これは言語獲得においても検討されている．たとえば，萩原ら [5] は複数のモダリティを用いて 2 エージェント間での記号創発を表現する計算モデルを構築している．また，高橋の研究 [15] における補助の効果も，単語の音 (聴覚) とイラスト (視覚) という複数の感覚を利用することの重要性を示すものであると考えられる．

3. モデル

ここでは，音韻意識形成過程の誤りと，それを抑制する要素を検討するためのモデルについて述べる．モデルは，先行研究 [19] のものをベースとして拡張する．図 1 にモデルの概観を示す．このモデルは，2 体

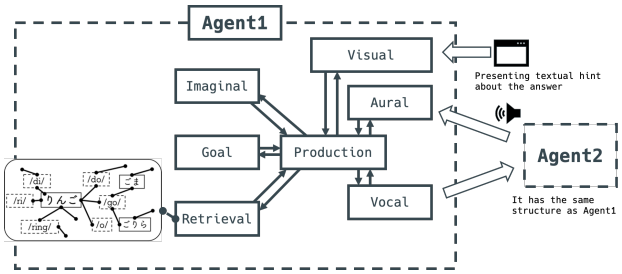


図 1: モデル概観

のエージェント (破線部分) から構成される．エージェントが交互に単語を回答することでしりとりを行う．エージェント内の各ボックスは ACT-R のモジュールに対応する．以下では，ACT-R のモジュール構造により，しりとりの処理がどのように実現されているかを示す．

3.1 モジュール構造

3.2 宣言的モジュール

宣言的モジュールには，タスク実行に必要な知識がチャンクという形式で格納されている．本研究のモデルは，単語，音韻，単語と音韻の知識の関連を表す 3 種類の知識を持つ（表 2）．また，このモデルは，しりとりのゲーム中に既に回答された単語に関する知識も保持する．この既出語の知識ははじめは宣言的モジュール内に存在せず，しりとりの進行に従って生成され，格納されてゆく．

3.3 プロダクションモジュール

プロダクションモジュールは，他のモジュールが保持する情報や状態を利用しながら，ルールを選択，適用し，モジュールを操作する様々な処理を行う．本研究のモデルは，相手の回答として単語の情報を受け取ると，しりとりのルールに即して単語を検索し回答する．

図 2 にこのプロセスをまとめた．まず，エージェントは聴覚モジュールで取得した単語を用いて，単語と語尾のモーラを繋ぐチャンク (表 2c) を検索する．その後，検索された単語と音韻の関連知識を用いて，単

表 2: モデルの宣言的知識

(a) 単語知識

word	sound
ringo	“ringo”
gorira	“gorira”
kuri	“kuri”
...	...

(b) 音韻知識

mora	sound
/ri/	“ri”
/go/	“go”
/ku/	“ku”
...	...

(c) 単語と音韻の関連

word	mora	position
ringo	/ri/	head
gorira	/go/	tail
gorira	/go/	head
...	...	...

語の語尾にあたる音韻知識 (表 2b) を検索する．その音韻知識を用いて，その音韻を語頭に持つ単語を検索し，選ばれた単語をゴールモジュールに回答候補として保持する．

回答候補が選び出された後，エージェントは単語の語尾が「ん」出ないこと，その単語がこのゲーム中に既に回答されてるものではないことをチェックする．回答候補がこれらの条件に当てはまる場合，エージェントは回答候補を再度検索する．候補がこれらの条件に当てはまらず，しりとりの回答として有効な場合，エージェントはそれを回答済みの単語として宣言モジュールに格納し，発話モジュールを通じて発話する．しりとりタスクの試行中，2 エージェントは，制限時間までこの手順を交互に実行する．

3.4 知識検索に関するパラメータ

以上を踏まえると，単語の語尾音に注目するという音韻意識は，単語知識に紐付いた音韻の知識が検索されることと対応づけられる．ACT-R の知識検索は活性値というパラメータに制御される．活性値は検索されやすさを表す値として宣言的モジュール内の各知識に付与され，ある知識 i の活性値は式 1 のように複数の項の加算として表される．B_i は，知識の使用回数や経過時間から算出される値で，学習の効果に対応する．S_i は，他のモジュールが保持している知識からの影響を表し，活性化拡散と呼ばれる文脈の効果に対応する．P_i は，知識と他の知識との類似度の影響を表す．ε_i はノイズの項である．

$$A_i = B_i + S_i + P_i + \varepsilon_i \tag{1}$$

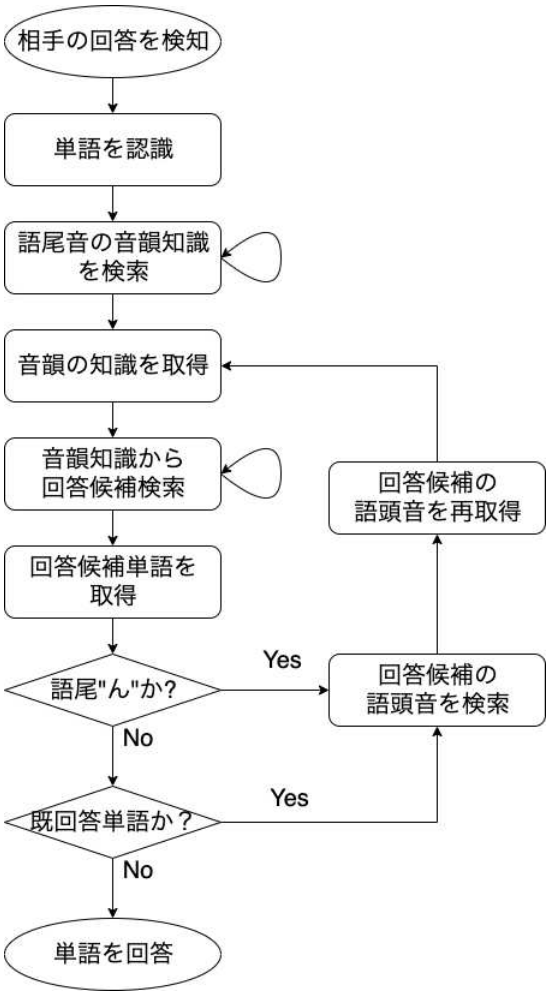


図 2: エージェントのプロセス

このモデルでは，ひとつひとつの音韻の知識に他の音韻の知識との類似度（式 2，式 1 の P_i の項に対応）を設定し，部分マッチ検索を利用している．M_{ki} はある知識と別の知識との類似度を示し，P は類似度の重要度を示す係数である．P の値が小さいほど類似度の影響は大きくなり，値が大きいほど類似度の影響は小さくなる．

$$P_i = \sum_k P M_{ki} \tag{2}$$

これにより，エージェントが似ている音を間違え，しりとりに失敗するといった音韻意識の誤りを再現できる．

3.5 音韻に関する誤りの抑制

しりとりの遂行を通して音韻意識を形成し，誤りを減少させるためには，部分マッチによる誤検索が起きないよう，類似度 P_i の重要度が下がる仕組みを考える必要がある．これは，活性値（式 1）における他の

項の影響を考慮することで検討できる．たとえば，著者らの先行研究 [19] では，学習の効果 (知識の検索回数と経過時間の効果) に対応するパラメータ (式 1 の B_i の項) におけるベースレベルの値を操作したシミュレーションにより誤りが抑制されることを示唆している．また，高橋の研究 [15] では，十分な音韻意識を持たない子供がしりとりができるようになるための要素として，大人による補助の効果が示されている．本研究では，この大人による補助に着目する．このモデルではとくに，しりとりの回答に合わせて視覚情報 (仮名文字) を提示する補助を検討する．

補助（とくに視覚情報の提示）の効果は，活性化拡散（式 1 の S_i の項）によって表現できると考える．活性化拡散は一般に，文脈の効果として説明される．たとえば，イマジナルモジュールに “ご” という知識が保持されているという状態（文脈）によって，宣言的モジュールにおいて “ご” に関連した知識（“ご” で終わる “りんご”，“ご” で始まる “ごりら” など）が検索されやすくなると説明できる．つまり，エージェントに，視覚モジュールで取得した情報をイマジナルモジュールに保持するという処理を持たせた上で，活性化拡散を導入することにより，文脈の効果によって相対的に類似度の重要度が低下し，誤検索が抑制されるという過程を想定できる．このことは，複数の感覚情報を統合し明瞭な結果を得る，マルチモーダル学習の過程に対応づけられると考える．

4. シミュレーション

本節では，前節で述べたモデルを用いて行ったシミュレーションについて述べる．著者らの先行研究 [19] のシミュレーションを踏まえ，ここでは視覚的補助に対応づけてモデルに組み込んだ活性化拡散により，音韻の誤りが減少するかどうかを確かめる．

既発表 [20] において，モデルに活性化拡散を組み込むことで誤りが減少することを示した．今回は，タスクの遂行（時間経過）に伴って音韻の誤りが減少するのかどうかに焦点を当てた結果を示す．さらに，活性化拡散を組み込んだ状態をトレーニングフェーズとして想定し，パラメータを引き継いで活性化拡散をオフにしたモデル（テストフェーズ）との比較の結果も示す．

4.1 設定

シミュレーションに関する設定は以下の通りである．部分マッチの重み P を 8 段階 (1，10，20，30，40，50，60，70) に変化させた条件でシミュレーションを行った．モデルに持たせる単語の知識は，天野・小林による『基本語データベース：単語親密度』[23] に掲載されるものから選定した．まず，しりとりのルールにもとづき，名詞以外の品詞，同音異義語などの重複，ろ（炉）やわ（輪）など一音のみで構成される単語を除外し，20,544 語を取り出した．さらに，子どもの連想語彙数の調査 [16] を参考に，2,054 語をランダムに取り出してモデルの知識として用いた．また，単語末尾の長音記号はすべて削除した．音韻の知識は日本語に存在するモーラを参考に 103 個の知識を定義した．シミュレーションは，開始から 3,600 秒が経過することを終了条件とした．

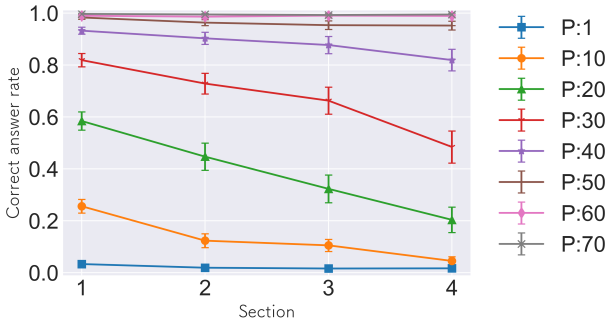
4.2 結果

図 3 は，各モデルについて課題遂行による正答率の変化を示したものである．横軸は，課題を遂行している時間を 4 区間に区切ったものであり，縦軸はそれぞれの区間における正答率を示す．ここで正答率とは，しりとりにおける全回答に占める，しりとりのルールに則った回答の割合である．つまり，りんご → おかしなどの誤りの少なさを表す．

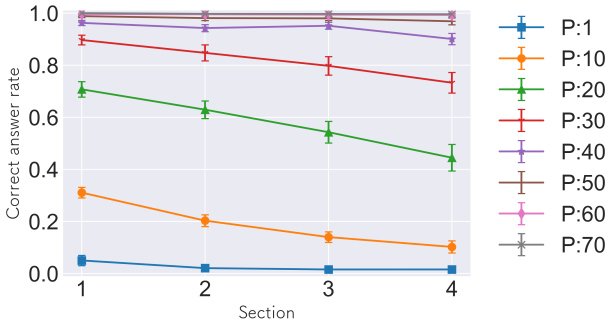
まず，図 3a および b のグラフに着目すると，活性化拡散オンの方が正答率が高く，補助の組み込みによって正答率が高まったことが確認できる．タスク遂行という時間経過に伴う正答率については，図 3a-c の区間ごとの推移から，どのモデルにおいても時間経過とともに向上せず，むしろ下がる傾向が示された．

次に，トレーニングフェーズとテストフェーズの結果に注目する．各グラフについて第一区間のみに着目して比較すると，テストフェーズの方が正答率高いことがわかる．これは，補助のある条件を通してトレーニングされた活性値を引き継ぐことによって正答率が向上したことを示唆している．ただし，テストフェーズ（図 3c）では，不安定な結果が示されている．P : 10 条件において，第一区間の正答率は他の条件よりも高く，第一区間から第二区間へ正答率が急激に低下している．

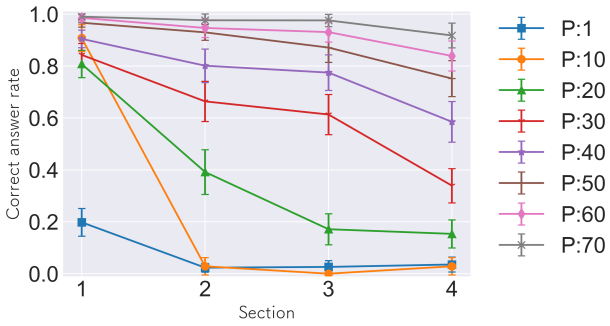
時間経過に伴う正答率の低下や，テストフェーズにおける不安定な結果といった問題の原因については，検討が十分にできていない．ただし，解答単語の検索において既回答の単語が繰り返し検索されることで正答に時間がかかるというようなしりとりのルールに由来する可能性や，しりとりのタスクと 2,000 語程度という語彙数に対して，3,600 秒というシミュレーショ



(a) 活性化拡散オフ



(b) 活性化拡散オン（トレーニング）



(c) 活性化拡散オフ（テスト）

図 3: しりとり遂行による正答率の推移（エラーバーは $\pm\frac{SD}{5}$）

ン時間の設定がアンバランスである可能性も考えられる．

5. まとめと今後

本研究では，音韻意識形成過程の誤りの抑制に関わる要素をモデル化する方法を検討した．先行研究のモデルをベースとした音韻意識と ACT-R の知識検索の仕組みの対応付けを発展させ，しりとりにおける視覚的補助の効果を活性化拡散と対応付けてモデル化可能であるという仮説を導いた．この仮説に基づいたモデルを構築し，行ったシミュレーションを行った．シミュレーションの結果から，視覚的補助及び活性化拡散を組み込んだモデルでは，組み込んでいないモデルと比べて，しりとりの正答率が向上するという結果が示された．

また，活性化拡散を組み込んだモデルをトレーニングフェーズとして捉え，活性値を引き継いで活性化拡散をオフにしたテストフェーズとの比較も行った．この結果では，課題の前半においてテストフェーズの方が正答率が高かった．これは，トレーニングされた活性値を引き継ぐことにより正答率が向上することを示唆している．以上の結果から，視覚情報の提示の効果によって，音韻の誤りが抑制できたことが示唆される．

本研究に対して，多くの課題が残されている．まず，全ての条件において，課題の遂行という時間経過に伴って正答率が低下する傾向が見て取れた．このような正答率低下の原因について調査する必要がある．考えられる可能性として，既に回答した単語が知識検索に影響を及ぼすというようなしりとりのルールに由来することや，しりとりのタスクと 2,000 語程度という語彙数に対して，3,600 秒というシミュレーション時間の設定がアンバランスであることがあげられる．

また，モデルの評価も必要である．モデルが課題を通して学習する過程が，子どもの言語発達を説明するものになっているかを確かめるために，人間に対して行った実験データとの対応づけが重要になる．例えば，中村ら [22] は，子供の発達過程で見られる誤りの種類を音韻プロセスという分類に基づいて整理し頻度をまとめている．このようなすでに存在する人間の実験データと，シミュレーションから収集できる具体的な誤りのデータを比較することで検討が可能になると考える．

文献

[1] Anderson, John R, (2007) “How can the human mind occur in the physical universe?”.

[2] Baron-Cohen, Simon, (1997) “Mindblindness: An essay on autism and theory of mind”: MIT press.

[3] Bloch, Bernard, (1950) “Studies in colloquial Japanese IV phonemics,” Language, Vol. 26, No. 1, pp. 86–125.

[4] Chomsky, Noam and Morris Halle, (1968) “The sound pattern of English”, Studies in language: Harper & Row New York.

[5] Hagiwara, Yoshinobu, Hiroyoshi Kobayashi, Akira Taniguchi, and Tadahiro Taniguchi, (2019) “Symbol Emergence as an Interpersonal Multimodal Categorization,” arXiv preprint arXiv:1905.13443.

[6] Mätzig, Paul, Shravan Vasishth, Felix Engelmann, David Caplan, and Frank Burchert, (2018) “A computational investigation of sources of variability in sentence comprehension difficulty in aphasia,” Topics in cognitive science, Vol. 10, No. 1, pp. 161–174.
[7] Stahl, Steven A and Bruce A Murray, (1994) “Defining phonological awareness and its relationship to early reading.,” Journal of educational Psychology, Vol. 86, No. 2, p. 221.
[8] Taatgen, Niels A and John R Anderson, (2002) “Why do children learn to say “broke”? A model of learning the past tense without feedback”，Cognition, Vol. 86, No. 2, pp.123–155.
[9] Tomasello, Michael, (1999) “The Cultural Origins of Human Cognition”: Harvard University Press.
[10] Trubetzkoy, Nikolai Sergeevich, (1969) “Principles of phonology..”
[11] Van Rij, Jacolien, Hedderik Van Rijn, and Petra Hendriks, (2010) “Cognitive architectures and language acquisition: A case study in pronoun comprehension,” Journal of Child Language, Vol. 37, No. 3, pp. 731–766.
[12] 梶川祥世，(2002) “子どもの音声習得 (特集言語音声の科学–音声認知のメカニズムを探る)”，言語, Vol. 31, No. 11, pp.42–49.
[13] 窪薗晴夫，(2000) “子供のしりとりとモーラの獲得”，神戸大学文学部紀要, No. 27, pp.587–602.
[14] 原恵子，(2001) “健常児における音韻意識の発達”，聴能言語学研究, Vol. 18, No. 1, pp.10–18.
[15] 高橋登，(1997) “幼児のことば遊びの発達 :“しりとり”を可能にする条件の分析”，発達心理学研究, Vol. 8, No. 1, pp.42–52.
[16] 国立国語研究所，(1981) “幼児・児童の連想語彙表”，東京書籍.
[17] 寺尾康，(2006) “言語産出メカニズムの連続性について: 言い間違いからみた言語発達”，ことばと文化, No. 9, pp.115–131.
[18] 小林はるよ，(2018) “音韻意識の形成と言葉の発達—『言葉が遅い』を考える—”，こだま出版.
[19] 西川純平・森田純哉，(2020) “音韻意識の形成過程における誤りの認知モデリング”，SIG-ALST, Vol. 5, No. 03, pp.13–18.
[20] 西川純平・森田純哉，(2020) “視覚的補助を用いた音韻意識形成過程の誤り抑制の認知モデリング”，SIG-ALST, Vol. 5, No. 01, pp.7–12.
[21] 石田宏代・石坂郁代,（編）(2016) “言語聴覚士のための言語発達障害学”，医歯薬出版.
[22] 中村哲也・小島千枝子・藤原百合他，(2015) “健常発達における音韻プロセスの変化”，リハビリテーション科学ジャーナル, Vol. 10, pp.1–13.
[23] 天野成昭・小林哲生，(2008) “基本語データベース: 語義別単語親密度”.

語用論的推論における指さしと視線方向の影響
The influence of gaze direction and pointing in pragmatic reasoning

笠原 臣†, 安田 哲也†,小林 春美†*
Jin Kasahara, Tetsuya Yasuda, Harumi Kobayashi,
† 東京電機大学大学院
Graduate School of Tokyo Denki University
*h-koba@mail.dendai.ac.jp

概要
本研究では、語用論的推論における非言語情報に注目し、話し手の指さしと視線方向によって、語用論的推論における非言語情報の影響を検討した、実験では成人を参加者とし、実験者が 70cm 先に設置された、あるイラストに注目している、と言及した。このとき 3 つのイラストが表示されたモニターに指さしを行うか行わないか、さらに実験者の視線方向を参加者に向けるか、対象に向けるかを操作した。結果、実験者が指さしをしないで指示した方が、指さしをしながら対象を指示したよりも、参加者は合理的解釈に基づいた選択や顕著性に基づいた選択を行っていた。合理的解釈に基づく人間の推論は、非言語情報の影響を受けるということが示唆された。

キーワード：語用論的推論, 非言語情報, 指さし

1. はじめに

人間のコミュニケーションは、発話に込められたコードのやり取りをするだけではなく、聞き手は話し手の伝達意図を推論する必要がある。Frank and Goodman (2012) は、人はコミュニケーションにおいて RSA(合理的発話行為)に基づく語用論的推論が用いられることを示した。Goodman and Frank (2016)では下記の例を取り上げ、RSA モデルの利点を取り上げた。「話し手と聞き手が 3 つの異なる人の顔のイラスト(眼鏡をつけている人、眼鏡と帽子をつけている人、眼鏡も帽子もつけていない人)を共有している状況において、そのうちの 1 人だけが話し手の友人であると仮定し、もし話し手が「私の友人は眼鏡をかけている」と言った場合、2 つの可能性（眼鏡を掛けた 2 人のイラスト）があるので、この発言は論理的に解決することができない。それにもかかわらず、聞き手は、帽子と眼鏡をつけている人のイラストではなく、眼鏡だけをつけている人のイラストが、話し手によって言及されている友人であることを合理的に推測することができる。」この理由は、話し手が眼鏡と帽子をつけた人を聞き手に伝えたい場合、共通した特徴である眼鏡ではなく帽子について言及することが合理的であると考えるからである。

Frank and Goodman は、人々がこのような合理的な推論を使うことを前提に、協調的にコミュニケーションを行うと主張している。実際に、人間はコミュニケーションする場合において、発話による言語的情報のみならず、指さしや視線等の非言語情報も使用している。笠原・柏舘・小林 (2019)では、文脈が指さしによる対象物の参照に影響を及ぼすかについての検討を行い、指さしの距離の遠近に関係なく、指さしよりも文脈をより優先した選択が行われ、人は指さしを語用論的に推論していることが示唆された。また、Brinck (2004)は、発話行為としての宣言的指さしを議論しており、命名的指さしとは異なり、協調行為に基づくものだとしている。これらの基礎にあるのは、Austin(1975)の発話行為理論であり、話し手が意図を伝えるためには、発話のみならず状況なども相まって行われると考えられる。

コミュニケーションの状況の中では、言語情報と非言語情報が統合した情報を用いて、意図伝達を行っているとされる(喜多, 2000)。よって、コミュニケーションの伝達という場面において、語用論的推論の非言語的役割を検討することは重要である。本研究では、Frank らの刺激の一部を改変したものを用い、条件として非言語情報の伝達、指さし行為を行う要因と視線方向の要因を設けた。実験者である話し手は、実験参加者方向、または対象方向を見ながら実験刺激に対して、70cm という距離からの指さしを行った。また、実験刺激の複雑性と意図伝達の焦点との違いがある(e.g., 敢えて○○を言っている)可能性があることを考慮し、3 つの特徴（色、模様、形状）の情報も実験要因とし、知覚的顕著性についても検討することにした。聞き手は語用論的推論よりも指さしの手掛かりを優先した選択を行うことを予測した。また、視線方向を参加者に向けた場合、語用論的推論を優先した選択になると予測した。

2. 実験方法

実験には、大学生・大学院生 8 名が参加した。実験者と実験参加者は、パソコンのモニターが設置された机の

表 1　実験刺激

条件	発話	イラスト
色条件 Color	「私が注目しているのは赤色のイラストです」	
形状条件 Shape	「私が注目しているのは四角形のイラストです」	
模様条件 Pattern	「私が注目しているのは月模様のイラストです」	

前に配置された椅子に横並びに座った。モニターには、各試行において 3 つのイラストが表示された。そして、実験者がモニターに表示されているイラストのうちの 1 つに注目していることを実験参加者に教示した(例:「私が注目しているのは四角形のイラストです。」)。その際、実験者はモニターの方向に、70cm の距離から指さしを行う場合と、指さしを行わない場合があった。それぞれのイラストは色、模様、形状の異なる特徴を持っていた。

例として、表 1 の一例では赤い円形に横線模様が付いたイラスト、赤い四角形に横線模様が付いたイラスト、青い四角形に横線模様が付いたイラストが描かれている。実験者の視線方向が実験参加者方向の条件において、実験者である話し手は「私が注目しているのは四角形のイラストです。」と発話しながら、参加者方向を見た。指さしを行う場合では、モニターの中央の赤い四角形に向かって指さしを行った。

また、実験者が教示するイラストの特徴は色、模様、形状のいずれかであり、例として実験者が模様の特徴について教示する場合は「私が注目しているのは月模様のイラストです」と教示した(表 1)。

実験者の視線方向が対象方向の条件では、実験者は参加者ではなく、イラストが表示されているモニターの方向を見たこと以外は、参加者方向に視線を向ける場合と同様であった。指さしを行う際に、実験者は常に中央のイラストに向かって指さしを行っていたが、3 つのイラストの位置は常に変化させて、実験刺激間でカウンターバランスを行った。このように、語用論的推論に基づく正しい推論は 3 つの位置いずれかに同程度の頻度(0.33)で出現していた。

実験では、実験者が注目している対象のイラストが何であるか、実験参加者に 1 つ選択してもらった。実験の試行回数は、フィラー試行を含めて合計 39 試行であった。

3.　結果・考察

実験条件は、指さし条件(指さしあり/指さしなし)、視線方向条件(参加者方向/対象方向)と指示対象条件(色/模様/

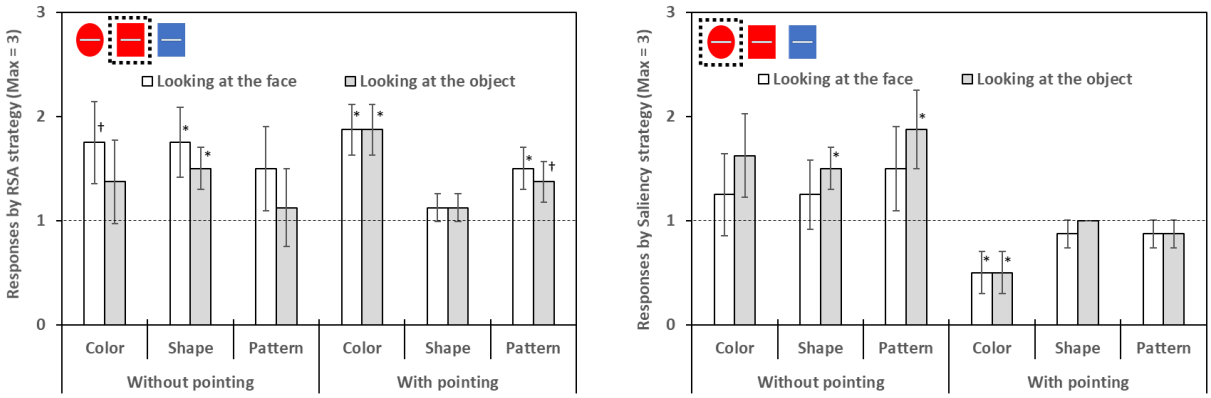


図 1　左:合理的解釈に基づいたイラストの平均選択数　右:顕著性の高いイラストの平均選択数

形状)であった。すべて被験者内要因であった。従属変数は、合理的な解釈に基づいた選択がされた際に 1 点とした分析と、他の対象には無い特徴を持つ顕著性の高いものが選択された際に 1 点とした、二つの 3 要因分散分析を行った。実験結果を図 1 に示す。

3.1 合理的解釈に基づく選択

合理的解釈に基づく選択は、「赤のイラストです」と言われたときに、選択肢の中に 2 つ赤色のイラストがあるが、この情報だけで特定可能となる赤色の四角形を選ぶような場合の選択である（図 1 左)。指さし条件と、指示対象条件の交互作用が有意傾向であった($F_{(2,14)}$=3.233, p =.0701, η^2 = 0.052)。単純主効果の検定を行ったところ、指示対象が形状である場合において、指さしあり(M = 1.125)より指さしなし(M = 1.625)の方が、合理的解釈に基づいた選択を行った可能性がみられた($F_{(1,7)}$ = 7.000, p < .05)。また、指さしありの条件において、形状(M = 1.125)、模様(M = 1.438)、色(M = 1.875)の順で合理的解釈基づいた選択が行われた可能性がみられた($F_{(2,14)}$=40.158, p < .001)。

指示対象が形状であった場合において、指さしをして対象を指示するよりも指さしなしで対象を指示した方が合理的解釈に基づいた選択を行った可能性が示唆された。これは、形状という特徴が人にとって気付きやすいものであるからではないかと考えられる。他方、指さしをして指示し形状について聞いた場合では、指示された対象の特徴は、形と模様が異なり色は統一されていたため、指さしの手がかりが合理的解釈を阻害していた可能性も考えられる。

3.2 顕著性の高いものの選択

顕著性による選択は、他の 2 つの選択肢と知覚的に異なる特徴を持つことから行う選択であり、本研究で独自に調べることとした。赤色の円形は、他の 2 つが四角であるため、形を重視する場合には、赤色の円形は顕著性が高い選択と考えられる（図 1 右)。指さし条件の主効果が認められた($F_{(1,7)}$=11.926, p < .05, η^2 =0.208)。指さしあり(M = 0.771)よりも、指さしなし(M = 1.500)において、有意に顕著性の高いものの選択が行われた。また、指さし条件と視線方向条件の交互作用が有意傾向であった($F_{(1,7)}$=4.831, p = .064, η^2 = 0.008)。単純主効果の検定を行ったところ、参加者方向に視線を向けて指示を行った場合において、指さしあり(M=0.750)よりも指さしなし(M=1.333)において顕著性の高いものへの選択が行われた可能性がみられた($F_{(1,7)}$=6.726, p < .05)。また、対象方向に視線を向けて指示を行った場合において、指さしあり(M=0.791)よりも指さしなし(M=1.666)において顕著性の高いものへの選択が行われた可能性がみられた($F_{(1,7)}$=16.162, p < .01)。

指さしで対象を指示した時に比べ、指さしをしない対象を指示した時の方が、より顕著性の高いものを指示したと解釈できる対象の選択が行われた。指さしは強い直示的手がかりであるため、参加者は指さし情報を強度に用いたために、顕著性の違いといった対象自体の特徴を利用できなかった可能性がある。

4. 結論

本研究では、語用論的推論における非言語情報に注目し、指さしを行う場合と行わない場合、視線方向を参加者に向ける場合と、対象に向ける場合によって指示を行った場合においての語用論的推論への影響を検討した。

Frank らのフレームワークでは、ベイズ推定を利用した計算論を用いたコミュニケーションにおいて語用論的推論を示していたが、直示的手がかり(e.g., アイコンタクトや指さし)が用いられる状況下で語用論的推論は検討されていなかった。本研究では、非言語情報である指さしと視線方向を含めて、合理的推論がどのように行われるかについて検討を行った。

指さしをしないで指示した方が、指さしをしながら対象を指示したよりも合理的解釈に基づいた選択や顕著性に基づいた選択を行った。これは、指さしという手がかりがない状況において、Frank らのフレームワークと同様の推論が行われたために、このような選択になったと考えることができる。また、この状況において、視線方向の直示的手がかりの違いが参加者の選択方略に表れている可能性を目視から示唆した。これは指さしをしながら対象を指示した場合には、アイコンタクトしながら/事物を見ながらにおいても参加者の選択が変わらなかったことが示唆される。これは、実験参加者が主に対象方向を見て、実験者の意図する対象の推論を行っていたため、実験者の視線の方向を考慮していなかったことが考えられる。よって、合理的解釈に基づく人間の推論は、非言語情報の影響を受けるということが示唆された。

今後の展望として、本実験では指さしの距離を 70cm に統制していたが、指さしの近接性や可触性も語用論的推論を行うための要因になることが考えられる (e.g., 指示詞使用は可触性により異なる)。よって、これらの要因を含めて再度実験をすることが必要である。また、本実験では、合理的解釈により選択される対象の確率が条件ごとに同一であった。参加者はこの状況の意図に異なる意図を読み取り、合理的推論によらないものを選ぶよう、課題を過剰に解釈した可能性がある。また、本研究では、意

図共有を行うための動機がFrankらの実験よりも低かった可能性が考えられる。その理由は、Frankらの実験では、「誰かがあなたに話しかけて、何かを伝えようとしていると想像してみてください」と教示しており、実験参加者はその状況を想像したうえで推論を行っているのではないかと考えられるからである。語用的推論がこの意図共有を重要視しているのならば、これらの要因にレベルを設け検討する必要がある。以上の検討を行うことで、直示的手がかりがどのようにコミュニケーション意図推論に関わってくるかを調べることができると考えている。

謝辞

本研究は，MEXT/JSPS 科研費新学術領域研究領域番号 4903 課題番号 17H06382「言語の発達過程の認知科学的研究」，JSPS 科研費基盤研究(C) 16K04318 (HK)の助成を受け行なわれた.

文献

[1] Austin, J. L. (1975). How to do things with words (Vol. 88). Oxford university press.

[2] Brinck, I. (2004). The pragmatics of imperative and declarative pointing. *Cognitive Science Quarterly*, *3*(4), 429-446.

[3] Frank, M. C., & Goodman, N. D. (2012). Predicting pragmatic reasoning in language games. Science, 336(6084), 998-998.

[4] Goodman, N. D., & Frank, M. C. (2016). Pragmatic language interpretation as probabilistic inference. Trends in cognitive sciences, 20(11), 818-829.

[5] 笠原臣, 柏舘敬, 小林春美 (2019). 指さしの対象特定における文脈の効果. 第36回認知科学会大会論文集, pp. 282 - 285.

[6] 喜多壮太郎. (2000). ひとはなぜジェスチャーをするのか. 認知科学, 7(1), 9-21.

リモート漫才対話における対話リズムの相互調整 —インタラクションリズムの「修復」プロセスの解明に向けて—

Mutual Coordination of Dialogue Rhythms in Remote Manzai-Dialogue: Towards Clarification of the 'Repair' Process of Interaction Rhythms

本井 佑衣 †, 岡本 雅史 ‡
Yui Motoi, Masashi Okamoto

立命館大学
Ritsumeikan University
† lt0836if@ed.ritsumei.ac.jp, ‡ d-u-b@fc.ritsumei.ac.jp

Abstract

本研究は, Zoom などの遠隔会議を利用したリモート漫才が, 通常の対面漫才対話と異なり, 対話リズムにおいて修復されるべき「トラブル」が生じやすいため, それらを演者が相互に調整し, リズムの修復を行っていく過程が観察可能である点に着目し, 両者の対話音声の分析に基づいてその修復プロセスの解明を目指したものである. 分析データとしては、プロの漫才師による対面漫才対話データとリモート漫才対話データを、それぞれ 2 本ずつ使用した. 分析の結果, 対話リズムの修復に対して, 二種類の修復ストラテジーに基づく演者間の相互調整が寄与していることが明らかとなった.

Keywords — リモート漫才, インタラクションリズム, 修復

1. はじめに

新型コロナウイルス禍に伴い, Zoom[1]などのオンライン会議システムを利用したリモートでのコミュニケーションが盛んに行なわれている. そのような状況の中で, 漫才対話をリモートで行うというリモート漫才が新たに誕生し, テレビや SNS などで公開され始めている. その特徴として, プロの漫才師による通常の対面での漫才対話が円滑な話者交替をベースにテンポの良い対話リズムを作り上げているのに対し, オンライン会議システムを利用したリモート漫才は最近になって取り組まれたためか, 従来の対面漫才と比較して, 演者間の対話リズムの調整に苦心しているように感じられる. 具体的には, プロの漫才師による漫才対話では, 通常, 修復されるべき「トラブル」が生じにくいが、オンラインでの対話になると応答の遅延や聞き取りなどのトラブルが生じやすく, それらによって対話全体のリズムが崩れる現象が目立つ.

そこで本研究では, リモート漫才において演者が共同構築する対話リズムが崩れた際に, どのようなリズムの修復が行われるのかを観察・分析することで, 対話を支えるより包括的なインタラクションリズムの修復プロセスの解明へのヒントを得ることを目的とする. なお, ここで言うインタラクションリズムは, 発話のプロソディや視線配布, ジェスチャなどの身体的身振りを含めた, パラ言語的・非言語的な複数のモダリティに跨ったものを想定しているが, 今回はターン長, 交替潜時, 発話内休止等の音声情報に限定して分析を行う.

2. 関連研究

Schegloff ら[7]は,「修復 repair」とは会話の順番交替システムにおいて, 共同行為が円滑に進行していない場面でトラブルを修復するプロセスであると定義している. 例えば, 聞き取りや理解の上で問題が生じた場合にそれに対処する過程のことを指す. 会話の参加者らがそのトラブルに気づかないと, 修復の行為は起きない. また Sacks ら[5]は会話の順番交替システム中で, 順番交替の誤りや違反に対処するためのメカニズムとして「修復」を取り上げている.

これらの修復は会話参与者にトラブル源が発見され次第, 即座に実行されているが, 本研究で扱うトラブルは, 対話における交替潜時（発話交替に要する間の長さ）や発話重複の頻発といった, 対話のリズムを損なってテンポを悪くするようなものであり, 即時的な修復が不可能なものである. したがって, 本研究では, 会話参与者たちがこうした対話リズムの円滑さを阻害するトラブルを会話の進行中に徐々に修正し調整していく現象も一種の「修復」とみなし, この対話リズムの修復プロセスに焦点を当てる.

一方, 対話における交替潜時が二者間で類似すると

[1] ㈱ Zoom Video Communications https://zoom.us

する研究[4]などから，会話コミュニケーションにおいて相手に同調しようとする傾向があると考えられる．したがって、交替潜時が影響する対話リズムも一方の話者だけでなく，対話者間で相互に調整される可能性が高い．

また，ビデオ会議に関する研究についてSellen[8]は，低遅延のビデオ会議では発話の長さや回数が対面と同じであったが，他者の発話への割り込みなど活発で自然な対面時の話者交替とは異なり，発話の間を待ってから交代するような礼儀正しい会話となる傾向があると述べており，遅延によって交替潜時が長くなることが示唆されている．

本井・岡本[2]では漫才対話データの分析からモーラや高低アクセントから生まれるミクロなリズムが存在し，対話者同士がこのリズムに同調し合う動きがあることが示唆された．この分析を踏まえて，本井・岡本[3]は，発話長や交替潜時から作られる，よりマクロなレベルのインタラクションリズムがあることを明らかにした．これらの研究によって対話の重層的なリズム構造を捉えることが可能となり，相互調整によって作られるインタラクションリズムという新たな側面からの対話研究を展開した．

以上の研究を踏まえて，本研究ではインタラクションリズムの中心となる対話リズムの相互調整がどのような修復プロセスで行われるかを明らかにするために，テンポの良い対話リズムを志向する対話の典型例として漫才対話を取り上げ，対面漫才とリモート漫才の比較を行う．

3. データ分析

3.1. 分析資料

分析資料として，二組の漫才師による，同一ネタを対面場面とリモート場面で実演した，計４つの音声データを使用する．プロの漫才師として「ジャルジャル」と「ミルクボーイ」を選出した（いずれも吉本興業所属）．リモート場面の漫才対話データは，フジテレビ系列の朝の情報番組「めざましテレビ[2]」の「おうちフェス」というコーナーで行なわれたミルクボーイの漫才対話と，ジャルジャルの公式 YouTube チャンネル[3]のライブ配信で行なわれたリモート漫才対話（図１）を使用した．対面場面の漫才対話データは，リモート漫才とほぼ同一内容のネタで行なわれた漫才対話を録画，録音したものを使用した．なお，いずれの漫才コンビも主要な漫才大会で好成績を残していることから，話芸の達者なプロの漫才師として選出した．

図 1　ジャルジャルのリモート漫才

以下，表１に示す通り，ジャルジャルの対面(face-to-face)漫才対話（以下，J-F）とジャルジャルのリモート(remote)漫才対話（以下，J-R），ミルクボーイの対面漫才対話（以下，M-F），ミルクボーイのリモート漫才対話（以下，M-R）とする．

表 1　分析資料と分析対象時間

	対面	リモート
ジャルジャル（sec）	J-F (35.4)	J-R (102.7)
ミルクボーイ（sec）	M-F (126.9)	M-R (149.9)

分析手法としては，音声分析ソフト Praat を使ってセリフの書き起こしとセグメンテーションを行った．まず順番交替によって分けることのできる，ターン長と交替潜時の継続時間をそれぞれ計測した．

対面での漫才対話とリモートでの漫才対話の比較を行うにあたって，ネタの内容との関連を観察するために，ジャルジャルを４つの構成，ミルクボーイを５つの構成に各々分割した．表２中の「つかみ」とは本ネタに入る前の話題提供のことを指す．次節以降で示すグラフでは，構成の区切りが明確にわかるように色付けを行った．なお，分析資料として取り上げたジャルジャルの漫才ネタ「国名分けっこ」は，最後の本ネタに当たる部分（表２の網掛け部分）が通常のしゃべくり漫才とは異なり，特殊な掛け合い遊びになっている．そこで，当該対話に限り，対面・リモートともに本ネタに入る直前までのしゃべくりの部分のみを分析対象とした．

[2] 「めざましテレビ – フジテレビ」 https://www.fujitv.co.jp/meza/（最終閲覧日 2020 年 7 月 31 日）

[3] 「ジャルジャル公式チャンネル」 https://www.youtube.com/user/comtekaigi（最終閲覧日 2020 年 7 月 31 日）

表 2　漫才内容の構成と各時間長

ジャルジャル「国名分けっこ」			ミルクボーイ「マラカス」		
構成	J-F	J-R	構成	M-F	M-R
あいさつ	7.95	28.91	あいさつ	16.19	20.54
つかみ①	11.89	32.91	つかみ	15.55	26.70
つかみ②	11.99	33.79	本ネタ①	45.11	52.36
本ネタ導入	3.61	7.13	本ネタ②	40.02	43.81
(本ネタ)	242.72	568.05	本ネタ③	12.78	17.37

(＊単位は秒)

3.2.　分析１：ターン長と交替潜時

まずターン長と交替潜時をそれぞれ抽出して対面とリモートで比較する．以下に示す各グラフは共通して，縦軸に秒数(msec)を，横軸が発話ターンないしは交替潜時，発話内休止の生起順序を示している．なお，図 2，３の青色とオレンジ色はそれぞれツッコミ役，ボケ役の発話であることを表示している．

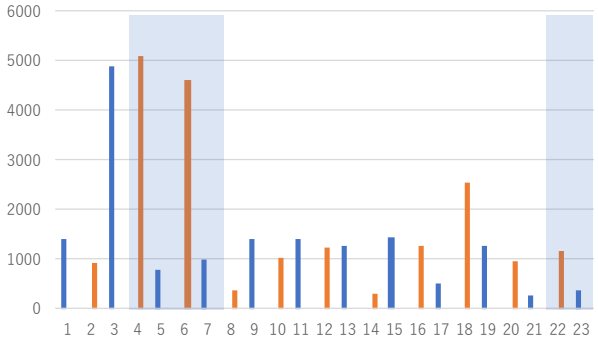


図 2　J-F ターン長のみ

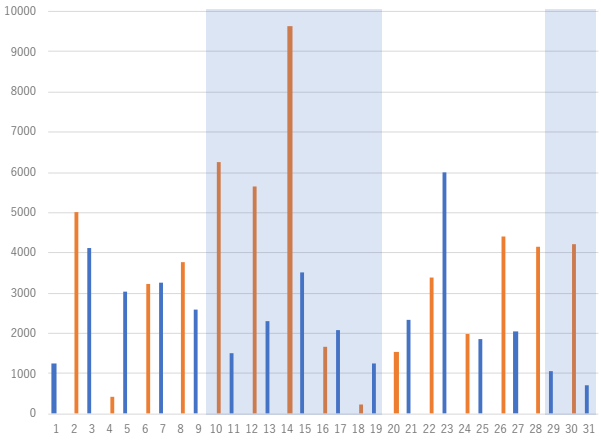


図 3　J-R ターン長のみ

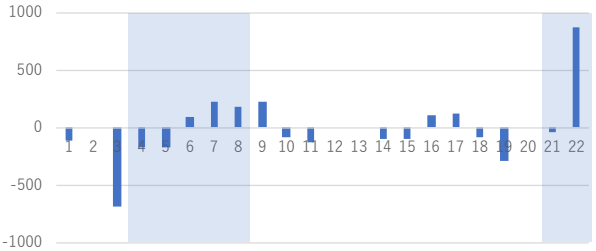


図 4　J–F 交替潜時

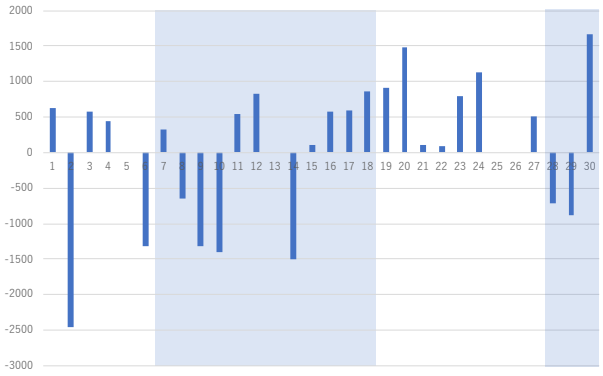


図 5　J-R 交替潜時

全体を通して J-R（図 3, 5）では J-F（図 2, 4）と比較してターン長が長くなり，交替潜時も長くなる傾向にある（なお，交替潜時については，発話重複が生じた場合，その重複時間をマイナス値として表示している）．対面からリモートへの変化は，一発話あたりのターン長の平均がおよそ 1545.6msec から 3050.7msec へと伸びており，交替潜時の一回あたりの平均はおよそマイナス 10.4msec（重複）から 65.5msec へと伸びている．

そして，構成要素別に観察すると，つかみ②では J-R（図 3）になると話者交替回数が J-F（図 2）のときよりも大幅に減少しターン長が長くなっている．特に J-R（図 5）では，あいさつとつかみ①の前半で交替潜時のマイナス（重複）が目立っており，ここでトラブル源が確認された．この原因として，リモート環境でどのくらいの遅延が生じるのかを演者が認識しないまま対話が進行していることが挙げられる．このトラブルに対して，つかみ①の後半から交替潜時を長くとることでどのくらいの遅延があるのかを測ろうとしている動きが観察される．次に，遅延による調整不可能な交替潜時の存在が確かめられると，もともとリモートで長くなっていたターン長をさらに伸ばして遅延時間を含んだ交替潜時の長さをうまく調整しようとする動きがつかみ①②でみられた．

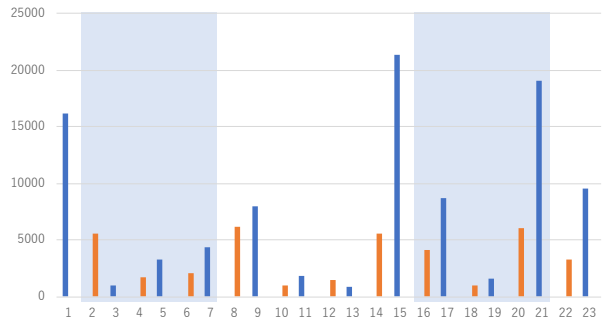


図 6　M-F ターン長

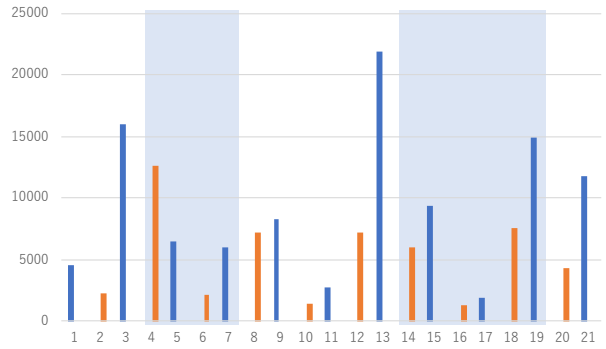


図 7　M-R ターン長

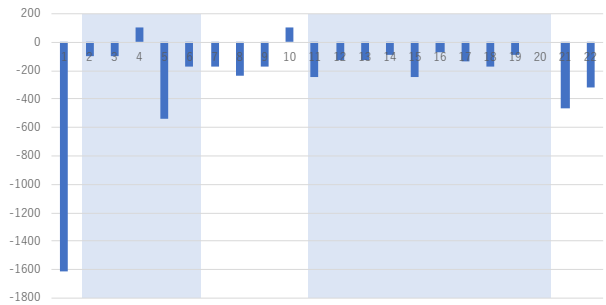


図 8　M-F 交替潜時

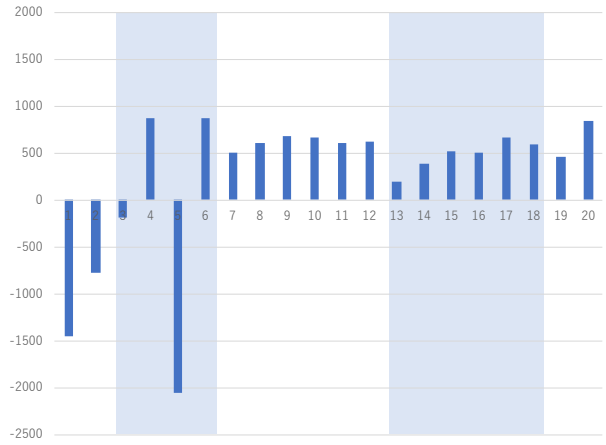


図 9　M-R 交替潜時

一方，M-F（図 6）と M-R（図 7）では J-F と J-R の変化に比べて相対的にターン長は伸びたものの，大きく伸びることはなかった．しかし，交替潜時の平均長がマイナス 154.6msec から 260.0msec へと伸びており，変化量が大きいといえる．J-R（図 5）でも観察されたように，M-R（図 9）でも同様に序盤で生じた重複に対して交替潜時をプラスへ変化させることでそれを回避する動きがみられる．つかみと本ネタ①でターン交替が減少し，ターン長が伸びているのは，本来であれば話者交替が起きる場面で相手の応答がなかったため自分で発話を継続しているためであろう．

3.3.　分析２：発話内休止によるセグメンテーション

次に，１発話内での調整がどのように起こっているのかを分析する．交替潜時以外で，１発話内で 100msec 以上の無音区間が空いた箇所を「発話内休止」として分類した．発話内休止によってセグメンテーションされたターンは，発話セグメント長と発話内休止に分けられる．これによってターン長の変化だけではなく，１発話内で話者が発話時間を増やしているのか，発話内の休止を増やしているのかを観察することができる．なお，以下のグラフ上では交替潜時を青色，発話内休止をオレンジ色に色分けして示している．

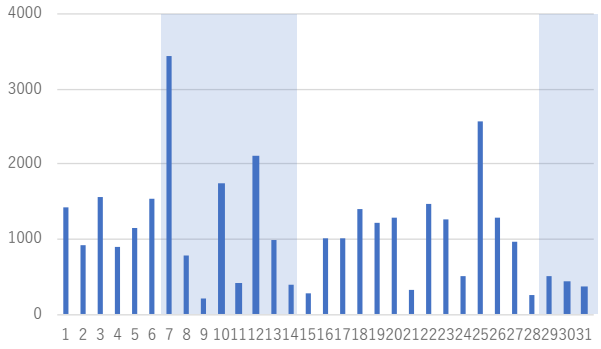


図 10　J-F 発話セグメント長

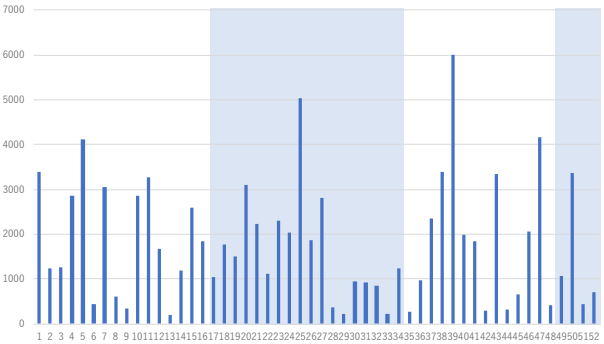


図 11　J-R 発話セグメント長

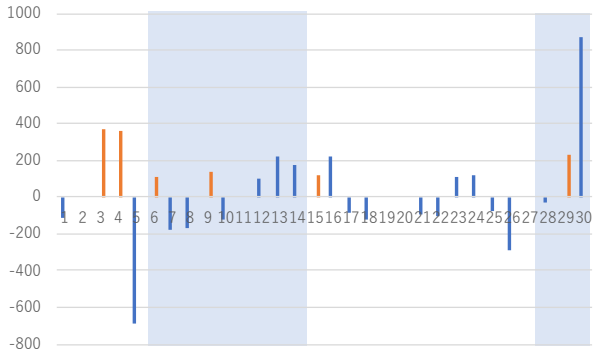


図 12　J-F 交替潜時と発話内休止

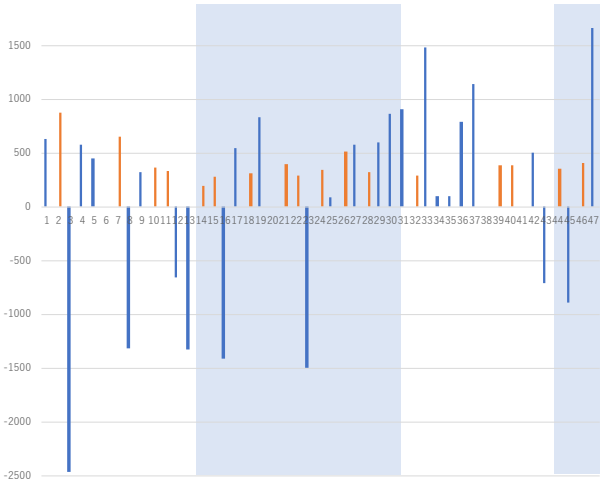


図 13　J-R 交替潜時と発話内休止

J-R（図 13）では発話内休止が J-F（図 12）のときと比較して頻度と平均の長さのどちらとも増加している．生起頻度は 20%から 31%へ増え，長さの平均はおよそ 218.5msec から 449.9msec となった．J-F（図 12）でも構成要素のあいさつで発話内休止はあったが，つかみ①では特に多くなっている．このことから，トラブルに対して相手の応答を待つための交替潜時だけでなく，話者自身による自己調整が可能な発話内休止も積極的に取ろうとする傾向があったことがわかる．

一方，発話内休止によってセグメンテーションされた発話セグメント長に関しては，先述したように J-F から J-R にかけてターン長の平均長がおよそ 1545.6mesc から 3050.7mesc と２倍ほど長くなっているのに対して，発話セグメント長の平均長は 1086.1mesc から 1812.5msec へと伸びており，ターン長と同様の傾向が見られた（図 10, 11）．

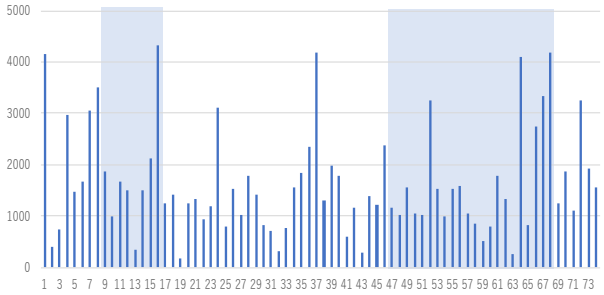


図 14　M-F 発話セグメント長

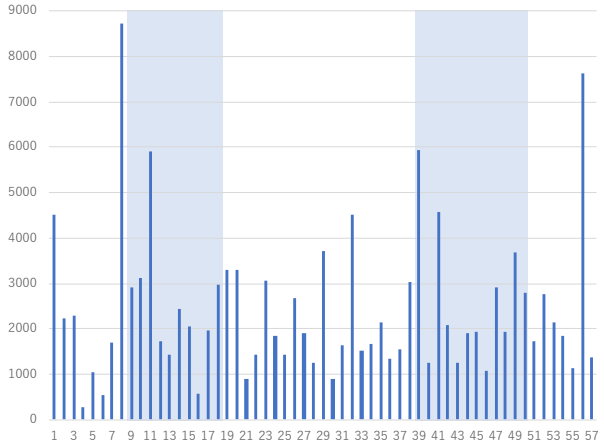


図 15　M-R 発話セグメント長

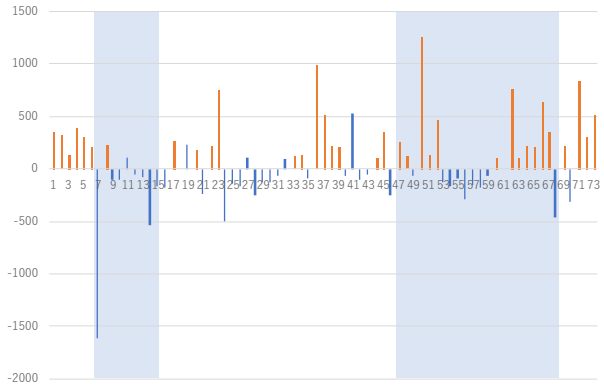


図 16　M-F 交替潜時と発話内休止

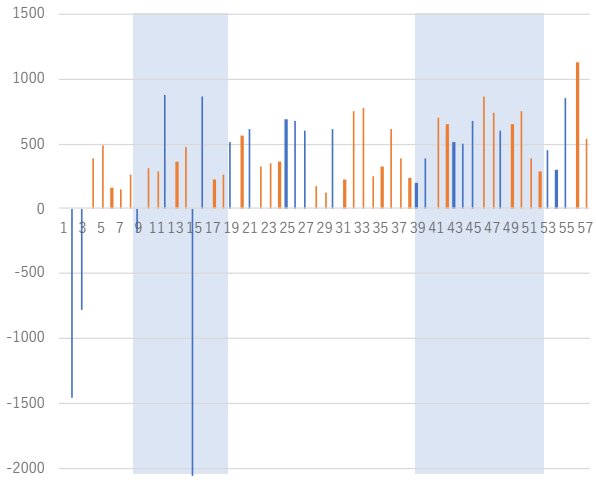


図 17　M-R 交替潜時と発話内休止

次に，M-F（図 16）と M-R（図 17）の比較では，発話内休止の頻度が 47%から 62%へと増加したが，その平均長は 355.6mesc から 443.7msec の変化量で J-F から J-R ほどの増加はなかった．しかしここでも発話内休止が前半から後半にかけて増える傾向にあることが観察された．

ターン交替の回数の差は両者の間でほとんど存在しなかったが，ターン内の 100mesc 以上の間によるセグメンテーションによって回数の差がひらき，M-F（図 14）のほうが M-R（図 15）よりも分割される頻度が上がった．つまり，発話内休止を入れる頻度は対面場面での方が高いといえる．発話長の平均長は M-F から M-R で 1647.5msec から 2446.1msec へと増加しており，これは J-F から J-R のターン長の差に対して M-F（図 7）から M-R（図 8）ではターン長の差がほとんどなかったのでターン長に対する発話長の増加率が高いといえる．

5.　考察

5.1.　休止ストラテジーによるリズム修復

４つのデータをそれぞれターン長と交替潜時の関連と発話内休止によってセグメンテーションされた場合の計８パターンの方法で分析を行った．

まず，ターン長と交替潜時をみることによってターン長が長くなるときには交替潜時も長くなるということが明らかとなった．オンライン会議システムによる遅延によって話者交替回数を減らし交替潜時が長くなる傾向があることは先行研究[8]でも指摘されていた．話者交替回数が減ることで一回当たりのターン長が伸びることは推測されるが，これが見られたのは M-F と M-R の比較だけで，J-F と J-R の比較では話者交替回数も増え，ターン長も伸びていた．このことから J-R では意図的にターン長を長くしているということが推測できる．

次にリモート対話によって長くなったターン長の構成要素である発話内休止と発話セグメントのどちらを長くとる傾向があるのかを分析した．その結果，M-R では J-R と比べてターン長の増加率が低かったのにも関わらず，発話セグメント長の増加量がほぼ同じであったことから，M-R では発話セグメント長を長くとる傾向があることがわかった．一方 J-R では発話セグメント長よりも発話内休止を長くして調整していたことが読み取れた．

また，発話内休止の頻度はリモート場面になると対面場面と比べて両漫才コンビとも上がっていた．しかし J-R のほうが一回あたりの発話内休止の長さは長く，M-R では一回あたりの発話内休止の長さは短くしているという違いが見られた．

リモート場面になることで話者交替回数が増加したが，これは遅延などのトラブルによるものである．遅延によって本来返答があるべき箇所で相手からの応答がなかったため，ある程度の無音時間が経過すると現話者はそのまま自分の発話を続けるという過程がみられる．ここでみられるのはトラブルの自己回収である．しかしその後の発話内休止を観察すると，相手の返答を待つ時間は TRP（話者移行適格場）ではない箇所で発話内休止をとっていることから，対話のリズムを整えるためにターン長の長さに対する発話内休止をとるという修復ストラテジーを行っているのではないかと考えられる．これらは話者が自らの発話の中でコントロールしているものであり，従来の修復研究[6,7]において指摘された「自己修復」につながるリズム修復ではないかと考える．

5.2.　延長ストラテジーによるリズム修復

リモート場面になると，交替潜時が長くなる傾向にあり，これは重複を避けるための一種のトラブル回避行為とみなすことができるが，それに伴って発話内休止によってセグメンテーションされたターン内の発話セグメント長も長くなっていることがわかった．ここでは，いつ話者交替を行っても不自然ではない TRP（話者移行適格場）を延長して発話を継続し続けるといった修復をしていると考えられる．リモート場面のような交替潜時が長いときは発話内休止によって区切られた発話セグメント長も長くなっており，逆に対面場面

のような交替潜時が短いときには発話内休止によって区切られた発話長は短くなっている．これらはLerner[1]で言われていたような遅延による重複があたかも起きていないかのように話す修復に近いのではないかと考えられる．リモート場面では対面場面よりも発話内休止をとる頻度が上がり，発話セグメント長も長くなる傾向があるが，これは交替潜時の長さに対してリズムを保つための適切な発話セグメント長があるためと考えられる．交替潜時は次話者がコントロールするものであるため「他者修復」につながるリズム修復であると考えられる．

6. まとめと今後の展望

まとめると，対話中に起こった対話リズムのトラブルの修復は，交替潜時を伸ばすことによってだけではなく，ターン長と発話内休止の調整によって行なわれることが示唆された．現話者による発話内休止を増やすことに基づく休止ストラテジーと，現話者による発話内休止によって区切られた発話セグメント長の長さの調整（＝延長ストラテジー）に対する次話者の交替潜時のコントロールによって生まれる点で，対話リズムの修復が対話者間の相互調整によって実現されることが明らかとなった．

今後は今回行った分析対象の要素に発話速度も含めてより横断的な対話のリズムの分析を進めていきたい．また本井・岡本[3]で行ったリズム変動率での分析を加えて発話内休止，交替潜時などの無音区間と発話長との関連を明らかにしたいと考える．

謝辞

本研究はJSPS科研費17KT0143の助成を受けて進められたものである．

参考文献

[1] Lerner, G. (1989). “Notes on overlap management in conversation: The case of delayed completion” *Western Journal of Speech Communication*, Vol. 53, No.2, pp. 167-177.
[2] 本井佑衣・岡本雅史 (2019).漫才対話の「テンポの良さ」を支える発話リズムの同期・変調パターン 社会言語科学会第 43 回大会発表論文集, 170-173.
[3] 本井佑衣・岡本雅史 (2020).「対話の一体感」をもたらす音声インタラクションの時間的特徴―ロボットと 人の漫才対話データの分析から―, 社会言語科学会第 44 回大会発表論文集, 130-133.
[4] 長岡千賀・小森政嗣・中村敏枝 (2002). 対話における交替潜時の 2 者間相互影響. 日本人間工学会誌, Vol. 38, No. 6, pp. 316-323.
[5] Sacks, H., Schegloff, E. A., & Jefferson, G. (1974). “A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation” *Language*, Vol. 50, No. 4, pp. 696–735.
[6] Schegloff, E. A. (1992). “Repair after next turn: The last structurally provided defense of intersubjectivity in conversation” *American Journal of Sociology*, Vol. 95, pp. 1295-1345.
[7] Schegloff, E. A., Jefferson, G., & Sacks, H. (1977). “The preference for self-correction in the organization of repair in conversation” *Language*, Vol. 52, No. 2, pp. 361-382.
[8] Sellen, A. J. (1995). “Remote conversations: the effects of mediating talk with technology” *Human-computer Interaction*, Vol. 10, No. 4, pp. 401-444.

表情と姿勢が多義文の解釈に及ぼす影響
Facial expression and body posture influence ambiguous sentence interpretation

大嶺 明李†，赤嶺 奨‡，小波津 豪†，新国 佳祐§，里 麻奈美†
Akari Omine, Sho Akamine, Tsuyoshi Kohatsu, Keiyu Niikuni, Manami Sato

†沖縄国際大学，‡カリフォルニア州立大学フレズノ，§新潟青陵大学
Okinawa International University, California State University, Fresno, Niigata Seiryo University
1912m05@okiu.ac.jp

概要

笑顔や良い姿勢は嬉しさや誇らしさなどのポジティブな感情や上の空間情報を促し，しかめ面や悪い姿勢は悲しさや落胆などのネガティブな感情や下の空間情報を促す (Strack, 1988; Dijkstra, 2007)．私達は日々の生活の中で様々な「解釈」を行なっているが，その解釈には自分自身の「表情」や「姿勢」はどのように影響しているのだろうか．本研究では，表情や姿勢が２通りの解釈が可能な多義文の理解に与える影響について選好判断課題を用いて検証する．

キーワード: 表情, 姿勢, 感情, 多義文, 意味解釈, 選好判断, 空間情報

1. 先行研究

私たちは様々な解釈が可能である文を理解する際，その中から一つの解釈を選択するという作業を日常的に行なっている．それには，自身の知識や経験，そのときの感情，表情や姿勢などの要因が関わっている．様々な要因の中でも，特に表情は私たちの感情と密接に関わっている．例えば，「表情」の一つである笑顔はポジティブな感情を引き起こし，ポジティブな要素が含まれた物事を記憶したり思い出したりしやすくする．一方，しかめ面などの広角が下がった表情はネガティブな感情を引き起こし，ネガティブな要素が含まれた物事を記憶したり思い出したりしやすくする．この結果は，感情により自然に表出された表情の時だけではなく，表情筋だけを操作した場合にもみられることが報告されている (Strack, Martin & Stepper, 1988; Havas, Glenberg & Rinck, 2007; Innes-Ker & Niedenthal, 2002)．つまり，自分がその感情を自然に引き起こす場合だけではなく，表情を作為的に操作した場合にも，自然な表情の時と同様の効果がみられるということである．

Strack (1988)らは，スティックコンディション (Stick condition)という手法を用いて，意図的に意参加者に表情を作らせ，表情が語彙記憶にどのような影響を与えるのかを実験的に検証した．このスティックコンディションというのは，ペンなどの棒状のもの（スティック）を口で咥えさせることによって，口角を操作し，表情を作らせるというものである．例えば，ペンを横向きに歯を使って咥えれば，自然と「イ」の口の形になり，口角が少し上がる．この，口角が上がるという表情筋の動きが，笑顔と関連していることになる．逆に，ペンを唇を使って咥えれば，自然と「ン」の口の形になり，口角が少し下がる．口角が下がるという表情筋の動きが，しかめ面や悲しい表情と関連していることになるのである．

また，自分自身の表情の表出だけではなく，相手の表情を見ることで自己のポジティブまたはネガティブな感情が喚起され，その後の選好判断に影響を及ぼすことがわかっている．例えば，布井・吉川 (2016)は，実験参加者に人が笑っている表情の画像または怒っている表情の画像を呈示した後，無意味な図形を呈示した．その後，実験参加者に無意味図形に対する印象の好意度を 9 段階(全く好きではない～非常に好きである)から選んでもらった．結果として，実験で呈示された「他者の表情」からくみ取れるシグナルによって図形に対する解釈が変化するという事が明らかになった．つまり，「他者の喜び表情」では，無意味図形に対する印象の好意度が上昇し，反対に「他者の嫌悪表情」では，無意味図形に対する印象の好意度が低下するという結果がみられた．

自己や他者の表情だけではなく，「姿勢」も感情と密接に関わっている．例えば，胸を張ってまっすぐ座るような良い姿勢は，誇らしい気持ちや前向きなときの姿勢と関連するため，ポジティブな感情を引き起こす．一

方, 猫背のような悪い姿勢は, 落ち込んでいる気持ちや下向きの気持ちと関連するため，ネガティブな感情を引き起こしやすくすることがわかっている (Riskind & Gotay, 1982; Riskind, 1983).

2. 実験

目的 先行研究では表情と姿勢は特定の感情を引き起こし, 記憶や想起に影響すると述べられているが, どちらがより強く感情を喚起するのか，またそれらは言語理解にも影響を及ぼすのかについては明らかになっていない. また先行研究では, 表情または姿勢によって喚起された感情による語彙記憶への影響が調査されていたが, 本研究では, 表情や姿勢のような非言語的情報が，感情や空間情報を含む多義文の理解に与える影響またその意味解釈のメカニズムについて探ることを目的とする．実験で日本語母語話者を対象に選好判断課題を用い，表情と姿勢が日本語の多義文における意味解釈に及ぼす影響について調査し, 表情・姿勢と言語理解プロセスの関係性について検証する.

実験参加者 調査対象は日本語母語話者である大学生・社会人を含む, 18 歳から 23 歳までの男女を対象とした．内訳は女性 43 名，男性 12 名の平均年齢 21 歳の計 55 名であり，学部学科はさまざまである．日本語母語話者を対象にした日本語実験であるため，今回は英語力や所属学科を統一せずに実験を行なった.

実験要因 実験では「表情」(笑顔・しかめ面)と「姿勢」(良い姿勢・悪い姿勢)の２つの要因を掛け合わせ, 4 条件を設定した．要因 1「表情」ではスティック手法 (Strack et al., 1988; Havas et al., 2007)を用いて，口角が上がる状態 (笑顔)と，口角が下がる状態 (しかめ面)の二種類の表情を参加者に作為的に作らせた. 要因 2「姿勢」では，背筋がまっすぐに伸びる状態 (良い姿勢)と，猫背のように背筋が曲がる状態 (悪い姿勢)になるよう参加者に指示した. 参加者に実験の説明をする際には, 実験結果に影響が出ないよう直接感情と繋がるような言葉 (笑顔，悲しい，良い，悪い等)を使用せずに誘導するよう注意した.

多義文と選択肢 本研究では，２通り(またはそれ以上)の解釈が可能な感情情報を含む多義文 40 文，空間情報を含む多義文 40 文, 計 80 文用意した．以下，(1a)の感情情報を含むタイプの刺激文を「感情文」，(1b)の空間情報を含むタイプの刺激文を「空間文」と呼ぶ.

(1a) 感情文：友人の性格が変わった
(1b) 空間文：３階から移動した

また, その多義文に対する２通りの選択肢 80 組 (計 160 個)を用意した.

(1a)に対する選択肢： 明るくなった／暗くなった
(1b)に対する選択肢： ２階／４階

多義文は，特定の一つの意味解釈がされやすい文章ではなく, 解釈が２通り以上可能なもので, 且つ両方向の解釈 ((1a)のようなポジティブ／ネガティブの解釈; (1b)のような下方向／上方向の解釈）が可能な文を作成した．例えば,「親に叱られた」というような文章に対しては,「悲しくなった」,「反省した」などのネガティブな解釈がされやすい．このように解釈に偏りのある文章ではなく,「親と話し合った」のようなポジティブな解釈である「スッキリした」や「解決した」という回答, ならびにネガティブな解釈である「イライラした」や「解決しなかった」などの回答が同程度期待できる多義文を用いた.

文章の多義性と，それに対する解答の妥当性を日本語母語話者３名に確認してもらった．また，選択肢には，上・下 (e.g., (1a)２階 または ４階) の組み合わせ 40 組と，ポジティブ・ネガティブ (e.g., (1b)明るくなった または 暗くなった)の組み合わせ 40 組を用意した. 多義文に感情的な要因 (ポジティブ／ネガティブ)だけでなく，空間的な要因 (上／下)を用意した理由は， 感情を表す際に空間情報も活性化されることが明らかになっているからである (Lakoff and Johnson, 2003). Lakoff らは, 感情という抽象的な概念は上・下という空間情報を通して理解されていると述べている．例えば「良い (good)」や「幸せ (happy)」という抽象的な概念は「上 (up)」という空間情報を通して理解されており, 日常的に使う表現を例にあげると,「気分が上がった」のように上の空間情報を用いることで,「嬉しい」という感情を表現していることがわかる.

事前調査　本実験を行う前に，まず選択肢に選好性の偏りがないかを調査するため，本実験の参加者とは異なる 12 名 (女性 7 人)に予備調査を紙媒体で実施した．予備調査では実際に実験で使用する多義文 (計 80 文)と２つの選択肢 (計160個)の組み合わせを１文ずつ呈示し，参加者に最適だと思う選択肢を選んでもらった．アンケート結果の回答比率は 56.5：43.5 (ポジティブ／上，ネガティブ／下)となった．これは，実験で使用する多義文の曖昧性はどちらかの回答に極端に偏っているわけではなく，おおよそ同等の選好性があると言える．

実験手続き　本実験では，まずパソコンの画面に注視点（＋）が 1000ms 現れ，次に複数の解釈が可能な多義文 (e.g.,３階から移動した)を 3,000ms 呈示する．次の注視点が 1000ms 呈示された後，画面の両側に多義文に対する解釈として 2 通りの選択肢 (e.g., 画面左:2 階／画面右：４階)を呈示する．参加者にはできるだけ速く直感に従い，どちらか１つの答えを右側に用意してあるテンキーの 1 キー (左)または 2 キー (右)を押して選択するよう教示する (図 1).

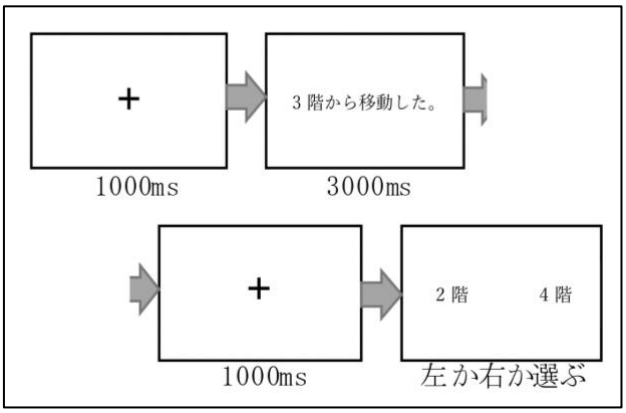


図 1：実験の流れ

実験構成として，課題遂行中の参加者の表情 (笑顔／しかめ面)と姿勢 (良い／悪い)を操作するための４条件を設定した．つまり，条件１では参加者は笑顔の表情を作りながら，背筋を伸ばした良い姿勢のまま，条件２では同じく笑顔の表情を作りながら，猫背の状態のまま，条件３ではしかめ面の表情を作りながら，背筋を伸ばした良い姿勢のまま，条件４では同じくしかめ面の表情を作りながら，猫背の状態のままで実験課題を遂行することになる (図 2，3).

条件１(笑顔／良い姿勢)　　条件２(笑顔／悪い姿勢)

図 2：条件１と条件２

条件３(しかめ面／良い姿勢)

条件４(しかめ面／悪い姿勢)

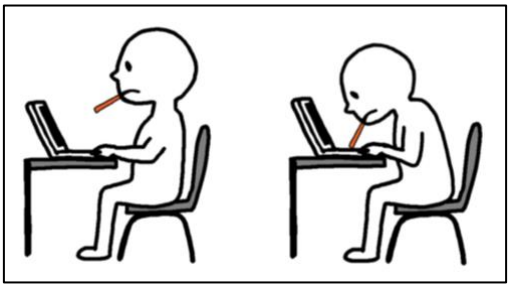


図 3：条件３と条件４

特定の表情と姿勢を保った１つの条件のもと，下記のような(i) 感情的な要素を含んだタイプの文８個，(ii) 空間的な上下の要素を含んだタイプの文８個の計16個で１セッションが構成されている．異なる表情・姿勢を指定した 4 条件を設定したため，16 文からなるセッションを 4 セッション，合計 64 文を各参加者に実施した．

(i) 感情文：「友人の性格が変わった」
　　ポジティブな選択肢：「明るくなった」
　　ネガティブな選択肢：「暗くなった」

(ii) 空間文：「３階から移動した」
　　上方向の選択肢：「２階」
　　下方向の選択肢：「４階」

選択肢が呈示されてから，選択肢を選ぶために参加者が押したキーと，そのキーを押すまでに要した時間 (反応速度)を E-Prime 3.0 ソフトウェアを用いて記録し

た.

3. 予測

もし表情が参加者の選好判断に影響するのであれば,笑顔の表情は無意識に「ポジティブ感情」を引き起こし,また感情と同時に「上」の方向も活性化され,選好判断ではポジティブまたは上方向の意味を持つ選択肢を選ぶと予測する.つまり,「友人の性格が変わった」という多義文に対してはポジティブな要素が含まれている「明るくなった」という解釈を好み,「３階から移動した」に対しては３階から１階分上がった「４階」,つまり上方向の要素が含まれている解釈を好むはずである.

一方,しかめ面の表情は無意識に「ネガティブ感情」を引き起こし,また同時に「下」の方向も活性化されるため,選好判断ではネガティブまたは下方向の意味を持つ選択肢を選ぶと予測する.つまり,「友人の性格が変わった」という多義文に対してはネガティブな要素が含まれている「暗くなった」という解釈を好み,「３階から移動した」には「２階」という解釈を好むはずである.

次に,もし姿勢が選好判断に影響するのであれば,良い姿勢は上半身が普段よりも上に伸びるような状態になるため,無意識に「ポジティブ感情」を引き起こし,また同時に「上」の方向も活性化され,選好判断ではポジティブまたは上方向の意味を持つ選択肢を選ぶと予測する.つまり,「友人の性格が変わった」には「明るくなった」を,「３階から移動した」には「４階」の選択肢を好むはずである.一方,悪い姿勢は無意識に「ネガティブ感情」や「下」の方向を活性化するため,「友人の性格が変わった」には「暗くなった」を,「３階から移動した」には「２階」という選択肢を好むはずである.

4. 結果

図４に,文の種類ごとの,ポジティブ解釈（感情文の場合）または「上」方向解釈（空間文の場合）が選択された割合の平均値を示す.統計分析は,参加者と刺激文をランダム効果とする一般化線形混合モデルを用いて行った.分析にはプログラミング言語 R（R Core Team, 2019）および lme4 パッケージ（Bates, Maechler, Bolker, & Walker, 2015）を用いた.分析では,1) 刺激文の種類（感情文／空間文）,2) 表情（しかめ面／笑顔）,および 3) 姿勢（悪い／良い）を固定効果に含め,固定効果間のすべての組み合わせの交互作用効果を仮定した.各要因の水準は,それぞれ[-0.5, 0.5]にコーディングした.従属変数は,ネガティブ／下方向解釈を 0,ポジティブ／上方向解釈を 1 にコーディングした.

分析の結果,姿勢の主効果（$\beta = 0.42, SE = 0.08, z = 4.98, p < .001$）および表情×姿勢の交互作用（$\beta = 0.49, SE = 0.16, z = 2.94, p < .01$）が有意であったが,他の主効果および交互作用はすべて有意でなかった（$ps > .10$）.表情×姿勢の交互作用が有意であったため,姿勢条件ごとに表情の単純主効果の検討を行った.その結果,悪い姿勢条件においては表情の単純主効果が有意でなかったが（$\beta = -0.12, SE = 0.12, z = -0.95, p = .34$）,良い姿勢条件においては表情の単純主効果が有意であった（$\beta = 0.37, SE = 0.13, z = 2.78, p < .01$）.また,表情条件ごとに姿勢の単純主効果の検討を行ったところ,しかめ面条件では表情の単純主効果は有意でなかった一方で（$\beta = 0.17, SE = 0.11, z = 1.45, p = .14$）,笑顔条件では表情の単純主効果が有意であった（$\beta = 0.67, SE = 0.12, z = 5.57, p < .001$）.まとめると,文の種類にかかわらず,良い姿勢-笑顔条件では他の条件よりもポジティブ／上方向の解釈が選好されることが明らかとなった.

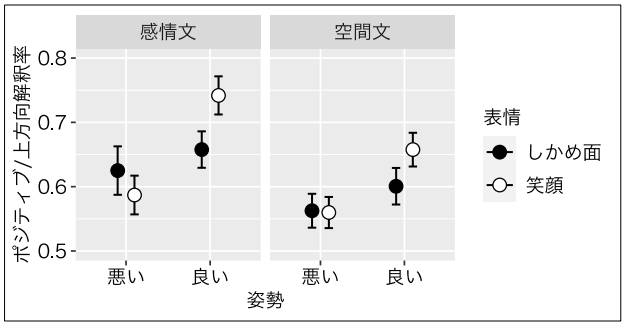


図 4 : 表情と姿勢による条件別ポジティブ／上方向解釈率.エラーバーは標準誤差を示す.

5. 考察

実験の結果,事前の予測と一致して,表情がしかめ面であった場合よりも,笑顔であった場合の方が,感情文ではポジティブな解釈が,空間文では上方向の解釈が好まれやすくなることが明らかとなった.また,同じく事前の予測通り,良い姿勢を取った場合には,悪い姿勢を取った場合よりも,ポジティブ／上方向の解釈が選

好されることが示された．ただし，これらの表情・姿勢の効果は，互いに独立しているわけではなく，表情の効果は良い姿勢の場合においてのみ生じ，姿勢の効果は表情が笑顔の場合においてのみ生じた．具体的には，表情が笑顔かつ姿勢が良い場合において顕著にポジティブ／上方向の解釈が促されたと言える．これは，笑顔が表出される状況では，自然にその表情に即した良い姿勢をとるという，笑顔が特定の姿勢と強く関連することを反映していると考えられる．

本研究の主題でもある表情と姿勢のどちらの要因がより強く影響するのかについては，全体での表情の主効果は有意でなかった一方で，姿勢の主効果が有意であったことから，「姿勢」が多義文の解釈に大きく影響していることが示唆される．これは，スティック条件によって操作された表情よりも，体の上半身で感情を表現した姿勢の方が，よりポジティブやネガティブの感情を喚起し，多義文の意味の解釈に有意な影響を及ぼしたと考えられる．

今回の研究では選択肢の選好性に加え，反応時間も一つの指標として取り扱っていたが，条件間において有意な差は見られなかった．これは，2 択強制選択課題によって呈示された２つの選択肢が，実験参加者が多義文を見た際に最初に思いついた回答と相違があったため，判断に迷い時間がかかってしまい，反応時間の差として反映されなかった可能性がある．この問題を解消するため，2 択強制選択課題ではなく，多義文に対する答えを一択のみ呈示し，その答えに対して Yes か No かで答える課題を取り入れる実験を計画している．そうすることで，二択の中から選ぶよりも，実験参加者が一番に思いついた答えとの一致具合が単純に反応時間に反映されることが期待できる．

6. 参照文献

[1] Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S., (2015) “Fitting linear mixed-effects models using lme4”, Journal of Statistical Software, Vol. 67, pp. 1-48.

[2] Barsalou, L. W, (2008) “Grounded cognition”, Annual Review of Psychology, Vol. 59, pp. 617-645

[3] Casasanto, D., & Dijkstra, K., (2010) “Motor Action and Emotional Memory”, Cognition, Vol. 115, No. 1, pp. 179–185

[4] Dijkstra, K., Kaschak. M. P., & Zwaan. R. A., (2007) “Body posture facilitates retrieval of autobiographical memories”, Cognition, Vol. 102, No. 1, pp. 139–149

[5] Havas, D. A., Glenberg, A. M., & Rinck, M., (2007) “Emotion simulation during language comprehension”, Psychonomic Bulletin & Review, Vol. 14, No. 3, pp. 436-441

[6] Lakoff, G., & Johnson, M., (2003) “Metaphors we live by”, The University of Chicago Press

[7] R Core Team, (2019) “R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing”, Retrieved from https://www.R-project.org/

[8] Riskind, J. H., & Gotay, C. C., (1982) “Physical Posture: Could it have regulatory or feedback effects on motivation and emotion?”, Motivation and Emotion, Vol. 6, pp. 273–298

[9] Riskind, J. H., (1983) “Nonverbal expressions and the accessibility of life experience memories: A congruence hypothesis”, Social Cognition, Vol. 2, pp. 62–86

[10] Strack, F., Martin, L. L., & Stepper, S., (1988) “Inhibiting and facili- tating conditions ofthe human smile:A nonobtrusive test ofthe facial feedback hypothesis.”, Journal of Personality & Social Psychology, Vol. 54, pp, 768-777

[11] 大平 英樹，（2010）“感情心理学・入門”，有斐閣アルマ

[12] 都築 誉史，（1993）“プライムとターゲットの文脈依存的関連性と文脈独立的関連が語彙的多義性の解消過程に及ぼす効果”，The Japanese Journal of Psychology, Vol. 64, No. 3, pp. 191-198

[13] 布井 雅人・吉川 左紀子，（2016）“表情の快・不快情報が選好判断に及ぼす影響”，心理学研究, Vol. 87, No. 4, pp. 364-373

謝辞：本研究は日本学術振興会科学研究費基盤研究 (B)(課題番号: JP19H01263，研究代表者: 里麻奈美)の助成を受けて実施された．

時間は「長い」か「多い」か？ -プライミング効果を用いた時間の概念表象についての検討- Long time or much time? How do different languages alter the perception of temporal events?

小波津　豪[†]，大嶺　明李[†]，赤嶺　奨[‡]，新国　佳祐[§]，里　麻奈美[†]
Tsuyoshi Kohatsu, Akari Omine, Sho Akamine, Keiyu Niikuni, Manami Sato
[†]沖縄国際大学，[‡]カリフォルニア州立大学フレズノ，[§]新潟青陵大学
Okinawa International University, California State University, Fresno, Niigata Seiryo University
1912m06@okiu.ac.jp

概要

Casasanto et al. (2004)は言語によって時間の言語表現が異なるだけではなく、時間の捉え方自体も異なると述べている。本研究では、時間を量概念を用いて表現する傾向が強い日本語話者を対象に、「線の長さ」または「量の多さ」のプライミングが速度が曖昧な時間事象の捉え方に与える影響を検証した。反応時間に有意な差は見られなかったが、正答率の結果から、線概念よりも量概念の活性化が、日本語母語話者の速度が曖昧な事象の解釈（時間の捉えやすさ）を容易にしたと考えられる。

キーワード：時間概念, プライミング効果, 線概念, 量概念

1. はじめに

我々は、目で見ることも触ることもできないような抽象的な概念をどのように捉え、どのような言語を用いて表現しているのだろうか。抽象的な概念とは、視覚情報や聴覚情報など、私達の感覚様相で知覚することの出来ない事象の概念であり、例の 1 つに「時間」が挙げられる。この物理的に見ることや触ることはできない時間という概念には、最初や最後などの時間的な順序、速いや遅いなどの速度、どれくらい続くかという持続時間、過去や未来を含む時制など様々な側面がある。

また、「時間」という概念は感覚様相で知覚することの可能な具体的な概念を用いて表現することが可能であり(Casasanto & Boroditsky, 2008; Lakoff & Johnson, 1999, Ulrich & Maienborn, 2010; Ouellet et al., 2010)、使用する具体的な概念は言語によって異なることがわかっている(Boroditsky et al., 2011, Boroditsky, 2000, 2001; 山城・兵藤,2017; Casasanto et al., 2004)。例えば、英語では"A long time ago (随分前に)"、"Before/after (〜の前/後)"のように、横軸による「線」という具体的な概念を用いて時間を表現し、中国語話者は "shang ge yue" (one month above, 一か月上)のような縦軸による「線」の概念で時間を表現している(Boroditsky, 2001)。一方、Casasanto et al. (2004)では、スペイン語話者は "Hace mucho tiempo (do much time, ずっと前）"のように時間を「量」の概念を用いて表現する傾向にあると述べられている。つまり、中国語や英語は時間を空間の縦または横を用いて表現する傾向の強い「線言語」であり、スペイン語は時間を量の多さを用いて表現する傾向の強い「量言語」であることを示しており、言語によって時間概念の表現の傾向が異なることがわかる。

近年、「時間」をはじめとした抽象的な概念がどのような言語を用いて表現されているかというだけではなく、どのように捉えられ認知されているかについて、様々な実験的検証が行われている。例えば、Santiago, Lupianez, Perez, & Funes (2007)は単語判断課題を用い、時間概念の心的表象がどのように行われているのかを検証している。始めに画面上に ayer (昨日)のような過去の意味を含む単語と manana (明日)のような未来の意味を含む単語を呈示した。画面に呈示された単語が過去であれば左 (または右)のボタンを、未来であれば右 (または左)のボタンを押すように指示し、単語の呈示から単語判断を行うまでの反応時間を測定した。その結果、過去の意味を含む単語が呈示された際に左のボタンを、未来の意味を含む単語が呈示された際に右のボタンを押した時、反応時間が速くなった。これは過去と未来のような時間順序という抽象的な概念が、左から右へ続く「線」という具体的な概念を通して認識され、理解されていることを示している。

Boroditsky (2001)は時間概念を空間の前後を用いて表現する英語母語話者と、空間の上下を用いて表現する中国語話者を対象に、時間概念の心的表象を正誤判断課題を用いて比較検証した。はじめに、縦 (vertical)または横(horizontal)概念を活性化させるためのプライム絵を絵の説明文と同時に、2 枚連続して呈示し、絵の内容と説明文が一致しているかどうかをそれぞれ判断させた。その後、時間に関するターゲット文を呈示し、文に対する正誤判断を行った。その結果、英語話者は事前に「横」の概念を活性化させた場合に、中国語話者は「縦」の概念を活性化

させた場合に、時間に関する文の理解への促進が見られた。これは、英語話者は横軸による「線」の概念を通して時間を理解し、中国語話者は縦軸による「線」の概念を通して時間を捉えていることを示唆している。

また佐藤 (2014)は日本語話者を対象に、画面中央部に呈示された時間概念を含む単語 (e.g.,昨日)に対して過去を表す単語であれば左 (または右)を、未来を表す単語であれば右 (または左)を、左右の指でできるだけ早く正確に押すよう指示した。その結果、過去を表す単語は左側のボタンを左指で、未来を表す単語は右側のボタンを右指で押した場合に反応時間が速いことがわかった。これは、日本語母語話者は過去から未来に続く時間の流れを「左から右」という方向の直線を通して理解していることを実験的に明らかにしたものである。

Santiago et al. (2007)や佐藤 (2014)が行った時間順序の心的表象を検証した研究がある一方で、Casasanto et al., (2004)は具体的な概念の活性化が及ぼす時間測定への影響を検証している。まず始めに Casasanto et al. (2004)は、英語、インドネシア語、スペイン語、ギリシャ語を対象に時間表現が「線」または「量」どちらの具体的概念を用いて表現される傾向があるのかを、コーパスを用いて検証した。その結果、英語とインドネシア語は時間を「線」を用いて表現する傾向にある線言語話者、スペイン語とギリシャ語は時間を「量」を用いて表現する傾向にある量言語話者であることが明らかになった。次に、時間の表現方法だけではなく、時間という概念の捉え方までも、言語によって異なるのか否かについて検証した。まず線または量の概念を活性化させるため、画面上に線が伸びる動画または量が増える動画を呈示した。参加者は線が左から右へ伸び始めてから伸び終わるまで、またはグラスに入った水量が増え始めてから終わるまでにかかった時間を、画面に呈示されている砂時計を用いて測定するように指示された。その結果、線言語話者である英語話者とインドネシア語話者は視覚的に量が増えた場合より線が伸びた場合に、それに要した時間を正確に捉えることができた。一方、量言語話者であるスペイン語とギリシャ語話者は視覚的に線が伸びた場合よりも量が増えた場合に、それに要した時間を正確に捉えることができた。この結果は、言語によって時間の表現方法が異なるだけではなく、表現が異なることによって時間概念の捉え方、その心的表象も異なることが明らかとなった。

しかし、実際に日本語話者が時間概念を「線」または「量」どちらの概念を主に用いて捉える傾向にあるのかについては明らかになっていない。そこで、本実験では日本語話者を対象に「線」また「量」のプライミングが速度が曖昧な時間事象の捉え方に与える影響を検証した。

2. 実験

目的 本実験では、日本語において時間が線 (「短い時間」) よりも量 (「少しの時間」) という概念を用いて表現される傾向が強いという特性に着目し (予備調査3)、直前に活性化された異なる度合いの線(長い・短い)や量 (多い・少ない) という具体的な情報が、曖昧に描かれている事象の時間的解釈に影響するのか否かを検証する。

実験参加者 日本人大学生20名(男性5名、平均年齢21.6歳)が実験に参加した。まず実験前に、実験の手続きと、実験の参加は任意であり、途中で辞退する場合も参加者には不利益がないことを説明し、書面によりインフォームドコンセントを得た。実験後は報酬として 500 円の図書カードを渡した。

プライム絵刺激と文刺激 「レジから短いレシートが出ている絵/髪が長い女性の絵」のような短い・長い線タイプのプライム絵をそれぞれ 14 個 (計 28 個)、「水量が少ない絵/虫がたくさんいる絵」のような少ない・多い量タイプのプライム絵をそれぞれ 14 個 (計 28 個)、合計 56 個のプライム絵を用意した。またその絵を正しく描写する文 (e.g., 短いレシートが出てくる) を 28 文、その絵を正しく描写していない文を 28 文、合計 56 文準備した。

予備調査１・２の実施 予備調査１では動作自体は同じだが速度の異なる二つの動詞 (e.g., 歩く・走る) を選定し、予備調査２では選定された動詞ペアのどちらも表すことのできるターゲット絵の選定を行った。Google Forms にて本実験の参加者とは異なる 26 名(男性5名)が予備調査１・２に参加した。

予備調査１：ターゲット動詞の選定 予備調査１では、動作自体は同じだが速度が異なる動詞ペアを選定するため、各動詞の速度の度合いを 6 段階評価を用いて回答してもらった。まず始めに、速い速度・遅い速度を持つ事象を表す動詞のペア 51 組 (e.g., 走る・歩く)、計 102 個用意した。次に Google form にてアンケートを作成し、102 個の単語をランダムな順番で呈示し、各動詞の速度を 1 (とても遅い)から 6 (とても速い)を用いた 6 段階評価をし

てもらい、動詞が適切に速さや遅さの要素を含んでいるのかを確認した。所用時間は約 10 分程度であった。

予備調査２：速度が曖昧な事象の絵の選定　予備調査 2 では、予備調査 1 で選定した動詞のペア(e.g., ダッシュする/散歩する)のどちらでも捉えることが可能な絵を 51 枚用意した。そして、その絵が動詞のペア (e.g., ダッシュする vs 散歩する)のどちらを表しているのかを直感で判断してもらった。所要時間は 10 分程度で、予備調査 1 と同様、Google form を使用して実施した（図 1)。

曖昧性の強い絵を選出するために、その絵の選択肢に対する回答の割合を算出し、その割合ができるだけ 50%に近いものから順に採用した。例えば、図 1 のような「ダッシュする」でも「散歩する」でも解釈できる曖昧な絵に対して、「ダッシュする」を選んだ割合は 50%、「散歩する」を選んだ割合は 50%であった場合、曖昧性が高い絵だと判断し、本研究に用いた。一方、選択肢の割合が 70% と 30%になった場合は、絵の曖昧性が低いと判断しその絵を不採用とした。

予備調査 2 の結果から、どちらの動詞にも捉えられる曖昧性の高い 28 枚の絵を選別した。採用された 28 枚に対する選択肢の平均値は、速度の速い動詞（e.g., ダッシュする）を選んだ参加者は 46.43%、速度の遅い動詞（e.g., 散歩する）を選んだ参加者は 53.57%となり、絵の曖昧性が担保された。

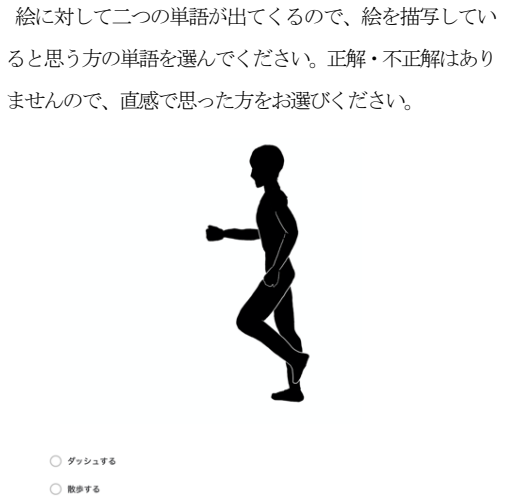


図 1. 予備調査 2 で使用した速度の曖昧性が高い事象が描かれた絵と速度の異なる動詞の選択肢

予備調査３：コーパス調査　本研究の前に、Casasanto et al., (2004)の手法に倣い、日本語話者が時間を表現する際に、線または量どちらを用いる傾向にあるのかを調査した。まず、Google にて「多くの時間 vs. 長い時間」と「少しの時間 vs. 短い時間」の使用頻度の検索を行い、どのくらいのヒット数があったのかを調べた。その結果、「多くの時間」のヒット数は 74500000, 「長い時間」のヒット数は 11800000 となり、量を用いた時間表現が 86.3%に対し、線を用いた時間表現は 13.7%であった。同様に、「少しの時間」のヒット数は 573000000, 「短い時間」のヒット数は 99200000 となり、量を用いた時間表現が 85.2%に対し、線を用いた時間表現は 14.8%であった (図 2)。この結果は、日本語話者は時間を表現する際に線より量を用いる傾向が高いことを示している。

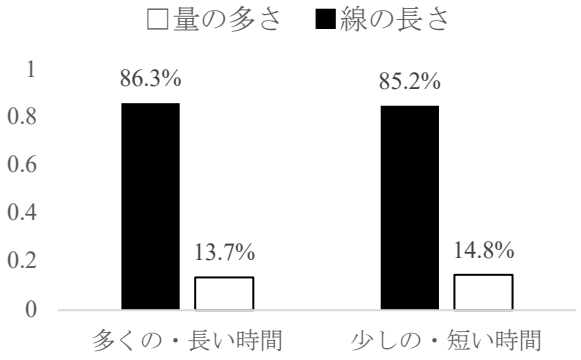


図 2. Casasanto et al., (2004)にならった線または量を用いた時間表現の頻度の割合。黒いグラフは線を用いた時間表現の割合を示し、白いグラフは量を用いた時間表現の割合を示す。

実験計画（条件）　プライム絵刺激のタイプ(線/量)と速度が曖昧な事象を表すターゲット動詞(速い動詞/遅い動詞)を組み合わせ、4 条件を設定した。動作の速度が曖昧に描かれている事象は、同じ距離を移動すると想定した場合、その動作の所要時間が長いと判断されれば速度の遅い「歩く」と解釈され、所要時間が短いと判断されれば速度の速い「走る」という解釈が可能である。

本研究では 4 条件を比較することで、線または量概念の活性化が後続するターゲット動詞の理解を促進または抑制するのかを検証する。線概念における「長い距離」や「短い距離」は、時間概念における「長い時間」、や「短い時間」に対応している。これは、同じ速度で移動した場合、距離が短い時よりも長い時の方がより長い時間を要することからもわかる。また量概念における「多い量」や「少ない量」は、時間概念における「多い時間」、や「少ない時間」に対応している。これは、水の量が一定の速度

で増える場合、時間がかかるのは少し増える場合よりも多く増える場合であることからもわかる。以上を踏まえ、線プライムの場合の一致条件と不一致条件、量プライムの場合の一致条件と不一致条件を以下のように設定し、正誤判断課題における反応時間と正答率について検討する。

線プライム

条件1【一致】
　長い線プライム x 長時間を要する動詞 (遅い動詞)
条件2【不一致】
　長い線プライム x 短時間を要する動詞 (速い動詞)
条件3【不一致】
　短い線プライム x 長時間を要する動詞 (遅い動詞)
条件4【一致】
　短い線プライム x 短時間を要する動詞 (速い動詞)

量プライム

条件1【一致】
　多い量プライム x 長時間を要する動詞 (遅い動詞)
条件2【不一致】
　多い量プライム x 短時間を要する動詞 (速い動詞)
条件3【不一致】
　少ない量プライム x 長時間を要する動詞 (遅い動詞)
条件4【一致】
　少ない量プライム x 短時間を要する動詞 (速い動詞)

実験手続き　実験は個別に静かな部屋で行われた。はじめに注視点が 1000ms 呈示される。次に、「線」または「量」に関するプライム絵を実験参加者に呈示し、その絵と同時に呈示される文 (e.g., 長いレシートが出てくる)が絵を正しく描写しているのかについて正誤判断を行わせた。判断時にできるだけ早く正確に解答するよう事前に教示し、"d"を○、"k"を×としたキーボード上のボタンを押すように指示した。判断が終わるまでプライム刺激は画面に呈示された。概念をより強く活性化させるため、同じタイプのプライム絵を 2 枚連続呈示した。また、プライム刺激に対する回答が全て正解または不正解にならないよう留意した。例えば、最初のプライム刺激が正解の場合、次のプライム刺激が不正解、または最初のプライム刺激が不正解の場合、次のプライム刺激が正解になるようにした。

その後、動作の速度が曖昧に描かれている絵 (図3) を 500ms 呈示し、その事象を表す速度が速いまたは遅い動詞またはオノマトペが伴う動詞 (e.g., 走る・歩く) を呈示した。

図3. 「走る」でも「歩く」でも捉えることが可能な速度が曖昧に描かれた絵

参加者にはそのターゲット動詞が事象を正しく言い表しているかを○/×ボタンで可能な限り早く正確に判断するよう指示した(図 4)。ここで注意したいのは、ターゲット試行はすべて○が正反応であり、フィラー試行はすべて×が正反応になるように設定したという点である。これは、ターゲット試行の場合、絵は速度が曖昧に描かれてい

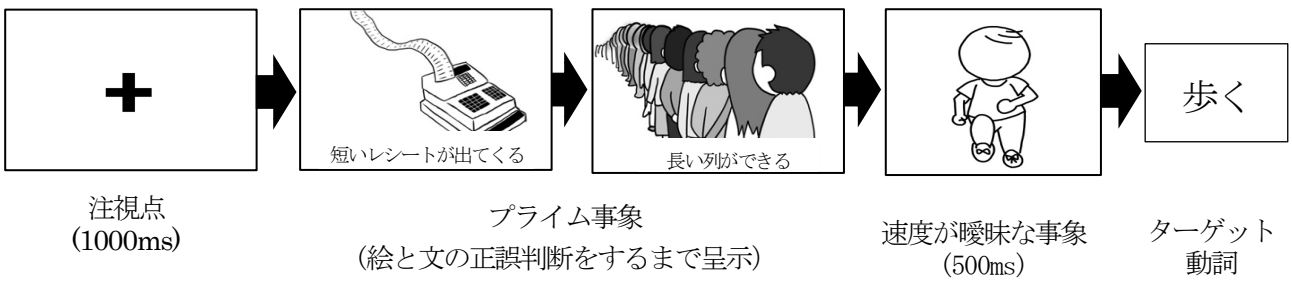


図 4. 実験手順.

るため、「走る」でも「歩く」でも○がターゲット動詞に対する正反応になるからである。

本実験では、ターゲット動詞に対する回答後のフィードバックはなく、回答した後注視点が呈示され、次の試行へ進んでいった。ターゲット試行とフィラー試行はランダムに呈示された。本実験の前には練習を10試行実施した。実験にはE-Primeを用い、指標としてターゲット動詞への反応時間と正答率を用いた。

予測 本研究では、動作の速度が曖昧に描かれている事象を使用したため、同じ距離を移動すると想定した場合その動作の所要時間が長いと判断されれば「歩く」と解釈され、所要時間が短いと判断されれば「走る」という解釈が可能である。その事象の解釈に影響を及ぼす要因として、線概念と量概念をプライムとして使用した。もしそれらの具体的なプライム情報が後続する時間概念の理解に影響を及ぼすならば、その事象を表すターゲット動詞に対する反応時間や正答率に反映されると考えられる。

具体的には、一致条件では不一致条件と比べてターゲット動詞に対する反応時間が短くなり、正答率も高くなる。「長い」という線概念の活性化は、曖昧な事象を所要時間が長い「歩く」という事象として解釈させる。従って、「長い」プライムに対して「歩く」というターゲット動詞が呈示される一致条件（条件１）では、その動詞に対する反応時間は速く、正答率も高くなり、所要時間が短い「走る」が呈示される不一致条件（条件２）では反応時間は遅く、正答率も低くなると予測される。

また、「短い」という線概念の活性化は、曖昧な事象を所要時間が短い「走る」という事象として解釈させる。従って、「短い」プライムに対して「歩く」というターゲット動詞は不一致条件（条件３）となるため、反応時間は遅く、正答率も低くなる。一方、「走る」は一致条件（条件４）となるため、反応時間は速く、正答率も高くなると考えられる。

線情報と同様に、量情報も後続する時間概念の理解に影響を及ぼすならば、「多い」という量概念の活性化は、速度の曖昧な事象を所要時間が多くかかる「歩く」という事象として解釈させる。従って、「多い」プライムに対して「歩く」というターゲット動詞は一致条件（条件１）となるため、動詞に対して速い反応時間と高い正答率を予測する。一方、プライムで活性化させた多い量と、少ない所要時間という要素を持つ「走る」では不一致条件（条件２）となるため、その動詞に対する反応時間は遅く、正答率も低くなる。「少ない」という量概念は、曖昧な事象を少ない所要時間を要する「走る」という事象として解釈させるため、「歩く」というターゲット動詞は不一致条件（条件３）となり、「走る」は一致条件（条件４）となる。

結果 本研究では反応時間（図5）と正答率（図6）を指標とし分析を行った。分析には、プログラミング言語R（R Core Team, 2019）およびlmerTestパッケージ（Kuznetsova, Brockhoff, & Christensen, 2017）を用いた。

まず、反応時間に関して、参加者と絵刺激をランダム効果とする線形混合モデルによる分析を行った。固定効果は概念タイプ（線概念／量概念）およびプライムと動詞の一致性（一致／不一致）であり、概念タイプ×一致性の交互作用効果もモデルに含めた。概念タイプ、一致性の各水準はそれぞれ[-0.5, 0.5]にコーディングした。分析の結果、概念タイプの主効果（β=16.87, SE=65.57, t=0.25, p=.79）、一致性の主効果（β=-34.37, SE=65.64, t=-0.52, p=.60）、および概念タイプ×一致性の交互作用（β=-244.15, SE=130.96, t=-1.86, p=.06）いずれも有意ではなかった。

次に、正答率に関して、反応時間の分析に準じて参加者と絵刺激をランダム効果とする一般化線形混合モデルによる分析を行った。その結果、概念タイプ×一致性の交互作用（β=0.95, SE=0.45, z=2.08, p=.03）が有意であった。概念タイプの主効果（β=0.03, SE=0.22, z=0.16, p=.87）および一致性の主効果（β=-0.44, SE=0.23, z=-1.92, p=.05）は有意ではなかった。概念タイプ×一致性の交互作用が有意であったため、概念タイプごとの一致性の単純主効果を検討したところ、量概念条件においては一致性の単純主効果が有意であった（β=-0.92, SE=0.32, z=-2.84, p=.004）。一方で、線概念条件においては一致性の単純主効果は有意ではなかった（β=0.03, SE=0.32, z=0.10, p=.92）。

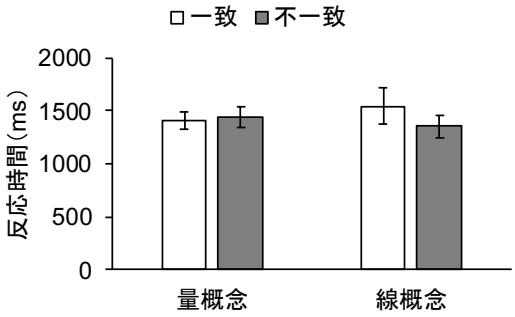


図5. プライムとターゲット動詞の一致・不一致条件別平均反応時間. エラーバーは標準誤差を示す.

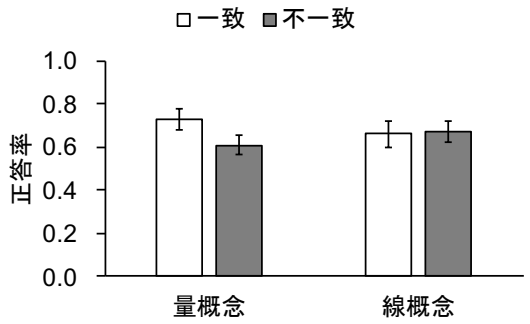


図6. プライムとターゲット動詞の一致・不一致条件別平均正答率. エラーバーは標準誤差を示す.

考察 本研究では、日本語母語話者が速度が曖昧な事象を理解する際に、事前に活性化された「線」または「量」という概念からどのような影響を受けるのかについて検証した。結果から、反応時間に条件差はみられなかったものの、正答率では有意な差がみられた。具体的には、量が多いという概念が活性化された際、速度が曖昧な絵は時間がかかる事象として捉えられ、量が少ないという概念が活性化された際には、時間がかからない事象として捉えるという一致性の効果がみられた。この一致性の効果は、線概念をプライムとして用いた場合にはみられなかった。これは日本語母語話者は、時間という抽象的概念を理解する際に、線概念よりも量概念の影響を受けやすいことを示唆するものであった。つまり、量の多い・少ないという概念の活性化が、速度が曖昧な事象を捉えやすくしたと考えられる。

日本語母語話者は、時間の流れを左は過去、右は未来といった直線的に表象することがわかっているが（佐藤, 2014; 山城・兵藤, 2017)、本研究では速度を含む時間概念の捉え方について検証した。結果として、量の多い・少ないという概念の活性化が速度の曖昧な事象の解釈に影響を及ぼすことが示された。本研究は予備調査３で示したように、日本語のように時間を表現する際に、長い・短いのような線の概念よりも、多い・少ないのような量の概念を用いる傾向がある言語は、時間を量の概念で捉えやすいことを示しており、これはCasasanto et al. (2004)を支持する結果であった。

本研究では、条件間において正答率の有意差はみられたが反応時間での有意差がみられなかった理由を以下に述べる。本研究では速度が曖昧なターゲット絵刺激に対して、呈示したターゲット動詞が正しいかどうかを判断してもらう正誤判断課題を実施したが、その絵とターゲット動詞の一致具合に問題があった可能性も考えられる。予備調査１と２の結果から、歩くと走るのように速度が異なるペアの動詞と、歩くとも走るとも捉えることができる速度が曖昧な事象の絵を選択したが、参加者は呈示された動詞が実際に事象を描写するものだと思わなかった可能性がある。例えば、走っても歩いても見える絵が呈示された後、「走る」と呈示されても、参加者は「スキップする」や「向かう」のような他の動詞を思い浮かべていた可能性も否定できない。そのため、一致条件と不一致条件の間に反応時間の差が見られなかったとも考えられる。そこで、ターゲット動詞を１つ呈示するのではなく、ペアのターゲット動詞（歩く，走る）を選択肢として画面に同時に呈示し，最適だと思う方を１つ選択させる２択強制選択課題を用いた追実験を現在実施中である。2 択強制選択課題を行うことで、参加者が思い浮かべた答えとより近い選択肢を選ぶという自由度を高めることができると期待している。

3. 参考文献

[1] Boroditsky, L., Fuhrman, O., MacCormick, K (2011) “Do English and Mandarin speakers think about time differently?”, Cognition, Vol. 118, No. 1, pp. 123-129
[2] Boroditsky, L (2001) “Does language shape thought? Mandarin and English speakers’ conceptions of time”, Cognitive Psychology, Vol. 43, pp. 1-22
[3] Boroditsky, L (2000) “Metaphoric structuring: understanding time through spatial metaphors”, Cognition Vol. 75, No. 1, pp. 1-28
[4] Casasanto, D., Boroditsky, L., Phillips, W., Greene, J., Goswami, S., Bocanegra-Thiel, S., ...Gil, D (2004) “How deep are effects of language on thought? Time estimation in speakers of English, Indonesian, Greek, and Spanish”, Proceedings of the Annual Conference of the Cognitive Science Society, Vol. 26, pp. 575-580
[5] Casasanto, D., & Boroditsky, L (2008) “Time in the mind: Using space to think about time”, Cognition, Vol. 106, No. 2, pp. 579-593
[6] Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B (2017) “lmerTest package: Tests in linear mixed effects models”, Journal of Statistical Software, Vol. 82, No. 13, pp. 1-26
[7] Lakoff, G., & Johnson, M (1999) “Philosophy in the flesh”, Basic Books
[8] Lakoff, G., & Johnson, M (2003) “Metaphors we live by”, The University of Chicago Press.
[9] R Core Team (2019) “R: A language and environment for statistical computing”, R Foundation for Statistical Computing
[10] Santiago, J., Lupianez, J., Perez, E., & Funes, M (2007) “Time (also) flies from left to right”, Psychonomic Bulletin & Review, Vol. 14, No. 3, pp. 512-516
[11] Ulrich, R., Maienborn, C (2010) “Left-right coding of past and future in language: The mental timeline during sentence processing”, Cognition, Vol. 117, No. 2, pp. 126-138
[12] 佐藤 徳 (2014) “未来は君の右手にある —身体化された時間概念—”, 心理学研究, Vol. 85, No. 4, pp. 345-353
[13] 山城 大地・兵藤 宗吉 (2017) “日本語話者の時間的順序概念は心的表象としてどのように捉えられているのか: 時系列順序表象と左右空間の関連についての実験的検討”, 時間学研究, Vol. 8, pp. 19-32

謝辞：本研究は日本学術振興会科学研究費基盤研究 (B)(課題番号: JP19H01263, 研究代表者: 里麻奈美)の助成を受けて実施された。

デザイン・ドリブン型開発者の投射行動 —対話視点による問題発見行動の考察—[1]

Design driven developer of projection behavior — Consideration of discovery behavior problems through dialogue point of view—

廣田章光
Akimitsu Hirota
Professor, Doctor of Commerce Science
近畿大学　経営学部　商学科

KINDAI University (Osaka Japan)
Faculty of Business Administration
akhirota@bus.kindai.ac.jp

概要

デザイン活動を経営に取り込みイノベーションを生み出す（経済産業省・特許庁 2018）「デザイン・ドリブン」型のイノベーション」（Verganti 2009,2016）では、「人々が気づかない問題を創造的に発見すること」(Verganti 2009,2016）が重要な行動となる。本研究は国内企業の開発者 430 名の開発行動を、投射枠組みで調査した。そして非イノベータとの間に、6 つの外的表象に対する投射分類中の 5 つの分類において投射行動の差を確認した。

キーワード : デザイン・ドリブン、対話、表現、リフレクティブ・カンバセーション、イノベーション、問題発見

1. 研究の目的

市場創造型製品の開発初期段階は一般に不確実性が高い。そしてこの段階は顧客の意見を注意深く聴取したとしても、開発目標を明確に定めることは不可能である（Lester and Piore(2004)）。このような研究課題に対する手がかりの１つが「デザイン」である（廣田 2016, 2018, 諏訪 2018)。デザインは人々が気づかないニーズ (潜在ニーズ) を掘り起こし、事業に結び付る活動である（経済産業省・特許庁 2018)。

ところで、デザインのプロセスには正しい問題の創造、発見行動と、正しい解決行動のセットによるモデルが提示されている(Design Council 2005, Norman 2013)。そして、デザイン活動を経営に取り込みイノベーションを生み出す「デザイン・ドリブン」型開発（Verganti 2009, 2016）は、問題解決だけでなく、「人々が気づかない問題を創造的に発見すること」(Verganti 2009, 2016) が重要な行動となる。

そこで本研究は、新たな問題の発見を実現する開発者の行動特性を投射行動の視点から明らかにする。

2. 問題発見と試行錯誤

市場創造型製品の開発初期段階は、開発担当は初期段階においては、何を開発するかについて明確に定義できない状況が存在する。そのため開発者は試行錯誤のプロセスを経て、問題を見出していく（石井(1993)、Lester and Piore(2004)）。この試行錯誤を伴い市場創造につながる新たな問題を発見しイノベーションにつなげるアプローチが「デザイン・ドリブン」である。

「デザイン・ドリブン」型開発は「人々が気づかないニーズの掘り起こし」(Verganti 2009, 2016)、すなわち問題解決だけでなく、問題発見を伴う行動によって新たな市場や価値を創造する。デザイン・ドリブン型の特徴である、問題を創造的に発見することを促進する行動が必要となる。その手がかりはデザイナーの行動にある（諏訪 2018)。良いデザイン行動の原則は、「問題を特定することを避け、暫定的なデザインを繰り返すこと」(Norman 2013) としている。デザイナーは大ま

[1]本研究は、平成 31 年度　科学研究費助成金「デザイン・ドリブン型開発促進のためのインサイトと対話プロセスの解明」（課題番号　19K01974)、および「情報の粘着性概念を中心としたリード・ユーザーの知識移転促進要因に関する理論的研究」（課題番号 19K01969）の成果の一部である。

かなゴール（要求）に対して、スケッチやメモの手段によって表現することを繰り返し、解を創造する（諏訪 2018）。スケッチ、メモなどの表現行動を繰り返すことを通じて、解決可能な問題（安西 1986）を見いだし、同時に解決案も見いだす。つまり実験的行動（Dyer and Christensen,et al.2011）を繰り返す。

表現行動を繰り返す実験的行動を通じて、無原則、偶然、その場限りに発生した手がかりの中から問題を見出していく（(Sarasvathy,S. 2008、石井 1993、Lester and Piore 2004）。そして行動を通じ、問題を定義しながら解決を見出していく上では、「対話」というプロセスが重要である（石井 1993、2009、Lester and Piore2004）。スタートアップの分野では、正しい問題の発見と解決に至る対話プロセスにおいて、「ピボット（pivot）」の存在が指摘されている（Ries 2011、Stainert and Leifer 2012、Furr and Dyer 2014）。ピボットとは、実験行動によって発生した現象をもとに修正する行動である（Ries 2011、Stainert and Leifer 2012、Furr and Dyer 2014）。そして、試行錯誤は1回の行動ではなく、複数の実験的行動とその結果と開発者は対話と行いピボット（変更）を繰り返す（「認知と表現との相互作用」（諏訪 2016））。このような対話を伴い開発者が行動を修正しながら問題発見と解決を創造する行動は、「リフレクティブ・カンバセーション（Reflective Conversation）」（Schon 1983）と呼ばれる。本研究では、このようなリフレクティブ・カンバセーションを伴い問題発見、解決を実践的に行う化発者を「デザイン・ドリブン型」開発者と呼ぶ。

そして、リフレクティブ・カンバセーションにおける外的表象として投射する開発者の行動に注目する。そして、問題発見の成果が高い開発者グループと問題発見の成果が低い開発者グループを、問題発見および問題発見につながる投射行動の比較を行う。そして比較を通じて、投射と行動修正を繰り返しながら問題発見につなげる「デザイン・ドリブン型」開発者の行動スタイルを明らかにする。

3. リフレクティブ・カンバセーションにつながる開発行動に関する先行研究

問題が明確ではない状況に注目した研究の 1 つに、石井（1993、2009）の研究がある。石井（1993）は、ニーズとソリューション（シーズ）が連結する局面では、確定してない曖昧なニーズとソリューションが、相互に確認し合いながら結合するプロトコル局面の存在を提示した。また、石井（2009）では、新たな市場を切り開く場面の主体者の経験には、新たな切り口が見えた瞬間の存在を指摘する。そしてそのような瞬間を、創造的瞬間（ビジネス・インサイト）と呼んだ（石井 2009）。創造的瞬間（ビジネス・インサイト）の存在意義は、実証主義的行動の限界を克服する行動として位置づけられる。実証主義的行動では捉えきれない市場が生まれてくる（石井 2009）。その限界の1つとして、石井（2009）は、見えない何かを見通す力が軽視されることをあげる。

1. 表象と投射

認知科学の分野では、人々の頭の中と外部に存在する事象との関係を表象（representation）と投射（projection）によって説明する。表象とは、代理、代表するものである。元になる情報を入力し、その代わりとなる情報をその人の頭の中に生みだし、さらに頭の中に生み出した情報をその人の外部に表現する。そのため表象には、内的表象（頭の中に生み出した情報）と、外的表象（外部に表現した情報）が存在する（鈴木 2016）。表象とは、ある存在する事象を、その代わりとして表現することである。

投射とは、今ある場所（頭の中を含む）から異なる場所（頭の中を含む）に定位することである。外部から得た情報を自身の内部に定位させることは投射である。さらに内部の情報を外部に定位（外的表象として表現）することも投射である（鈴木 2016）。

人間は入力情報に対して、表象を生みだし、その表象に基づき出力（投射）がなされる（鈴木 2016）。

投射とは、今ある場所（頭の中を含む）から異なる場所（頭の中を含む）に定位することである。外部から得た情報を自身の内部に定位させることは投射である。さらに内部の情報を外部に定位（外的表象として表現）することも投射である。

ところで、人は近似項（手がかり）と遠隔項（全体像）の間を行き来する中で認識を獲得する（ポランニー 2003）。そして外界の認識において身体を道具として活用する（ポランニー 2003）。外的表象として投射する行動は、声、文字、スケッチ、プロトタイプとして現実化が伴うことが特徴である。そこには二つの現実化が存在すると考えられる。第 1 に、物体としての現実化である。第 2 に、その物体を現実環境で使用することによる顧客（ユーザー）体験の現実化である。現実化と

は、開発者の行動が伴う。物体を加工して頭の中に浮かんだ内容（遠隔項）を形にする。物質を加工する場合には、自身の身体を使って、加工による物質の変化（近似項）と頭の中にある想定現実（遠隔項）と対比しつつ、つくる行動の中で近似項を変化させていく。顧客（ユーザー）体験の現実化とは、開発者の頭にある製品を「使う」体験である。実現した現実は必ずしも頭の中に想定されたものとは同じとは限らない。創造的瞬間（ビジネス・インサイト：石井(2009）とは、ニーズとソリューションの同時性という現象と共に、頭の中に想定されたものとは異なる現実が実現したときに発生する可能性がある。このような想定と現実の差異の発生を生み出すことが、インサイトを促進する可能性があるとすれば、頭の中の内容を積極的に投射し外的表象として表現することが重要となる。

このことを裏付ける先行研究として、Dyer,J 他（2011）がある。Dyer,J 他（2011）は、約 500 名のイノベータと、約 5000 名の経営幹部の比較研究から、優れたイノベータの要件として 1 つの認知的スキルと 4 つの発見力を明らかにした。認知的スキルとは、関連づけ思考を言う。4 つの発見力とは、質問力、観察力、ネットワーク力、実験力である。関連づけ思考とは新しい結合の組合せ（Schumpeter 1926）を実践できる能力である。発見能力の 1 つである実験力には、3 つの実験方法がある。第 1 に新しい環境で新しい経験を試すこと。第 2 に製品、プロセス、アイディアを分解することである。第 3 に実証実験やプロトタイプを通じてアイディアを検証することである。優れたイノベータは、少なくともこの 3 つの実験方法の少なくとも 1 つを繰り返して大なっていた（Dyer,J 他 2011）。そして、将来成功する方法についての手がかりを得るには、実験に勝る手段はない（Dyer,J 他 2011 邦訳）としながらも、実験力と他の発見力との関係は、新しいインサイトを得るために必要な実験量は、事前に行った質問、観察、ネットワークの量にほぼ反比例する（Dyer,J 他 2011 邦訳 p.168）。また、実験力は必ずしも計画的に行われるものではなく、偶然行われるものがある（Dyer,J 他 2011 邦訳 p.169）。実験が行われた環境や制約によってインサイトが生まれる場合もあることを指摘している。

4. 調査

1. 調査目的

イノベーションは従来の結合の組合せとは異なる新たな結合の組合せ、すなわち新結合を創造することにある。そしてその新結合は技術的な側面だけなく経済活動につなげることが求められる（Schumpeter 1926）。つまり顧客の問題を発見し、その問題の解決に新結合をつなげ顧客の創造につなげることが求められる。そのような成果を実現する主体者が開発者すなわち、「デザイン・ドリブン型開発者」である。そこで開発者をイノベーションの実現の観点から、イノベータ（デザイン・ドリブン型開発者）と非イノベータに分類を行い、2 つの開発者分類の間の開発行動の相違について比較を行う。比較する行動については、投射行動とイノベーションにつながる手がかり情報の創造の観点から比較を行い、投射行動の観点からのイノベータと非イノベータとの相違を明らかにすることが本研究の目的である。

2. 調査設計

本調査では、認知と表現の相互作用に関わる行動を、イノベーションを実現した開発者の試行錯誤行動の調査、記述、考察の結果（廣田 1999、2003、2012、2016、2017、2019、Hirota 2018、Hirota 2019）をもとに抽出を行った。抽出の基準は、開発者の外部にある頭の中に存在する情報を外部に表現する行動をリストした。行動リストの選定は、内的表象への投射、外的表象への投射の観点、デ考の行動、竹田（2016）をもとに作成した。加えて、さらに、表現行動のパターンとして、開発者の投射に関して調査、分析を行った竹田（2016）ならびに、デザイン思考の手順ごとに発生する表現行動を抽出した。

デザイン思考とは IDEO とスタンフォード大学 d. school が共同で開発した市場を創造するための思考法である。そしてデザイン思考はデザイナーの思考をデザイナーでない人々に民主化する手法である。デザイン思考は人々誰もが有する能力の中でも、ビジネスの世界では軽視されている直感、パターン判定、機能だけでなく感情的な価値に注目する、非言語の方法で表現する能力を積極的に活用する（Brown 2009）。そして、観察による問題発見と、その解決をラフなプロトタイプを制作し検証と修正を行う。現地に赴き対象となる人々が活動する現場において観察する。観察を通じて問題発見につながる手がかりを見出す。

次に、イノベータを定義する「イノベータ変数」として顧客創造の観点（Schumpeter 2016, Drucker 2006）、顧客創造につながる問題発見の観点（Norman 2013）か

ら 4 項目を設定した。この「イノベータ変数」は開発者の開発経験の中で最も革新性の高い価値の製品に関しての次の 4 項目に対して回答を依頼した。すなわち開発者のイノベーション実現に関する体験としている。①従来には存在しなかった顧客を創造した、②今まで明らかになっていなかった顧客が抱える問題を発見した、③顧客も気づかなかった問題を発見した、④いままで明かでなかった顧客が抱える問題につながる重要な情報を発見した。そして開発者の日常の開発行動における投射行動を①開発者の周辺環境を起点にした投射行動（内的表象に向けた投射が行われる場合がある）、②開発者の表現行動（外的表象に向けた投射行動が発生。およびリフレクティブ・カンバセーションが発生する場合がある）の 2 つに対して、①については、「読む」、「見る」、「使い手（ユーザー）のプロトタイプの使用を観察」、「使い手（ユーザー）のプロトタイプ使用に関するコメントを受ける」、②については、「他者と話す、（文字、文章を）書く、（スケッチなどを）描く」、「（断片的な情報を）一覧にする、分類する」、「（断片的な情報を）関連づける」、「（プロトタイプ：現物）をつくる」、「（プロトタイプ：現物）を使う」の行動を設定し、全 29 項目の投射行動について質問を設定した。

これらの投射行動を実行している時に、「新しいことが頭の中に思い浮かぶ」経験の存在について、5 段階尺度で回答を依頼した。

3. 回答対象者

これらの国内企業の 13 分野についての開発者 430 名の回答を得た。調査は調査会社のパネルを使用しウェブ調査によって 2018 年 3 月～4 月にかけて実施した。調査に際しては回答者の個人が特定されないよう調査会社と連携を行った。さらに調査によって取得した回答データについては調査会社のサーバーから調査終了後消去されたことを確認した。

回答者の性別、年齢、職位、職種、業界の比率を図 1 に示す。

表 1 回答者の属性

性別	男性	女性						
	94%	6%						
	25-30歳	31-35歳	35-39歳	40-44歳	45-49歳	50-54歳	55-60歳	60歳以上
	4%	5%	8%	14%	17%	23%	17%	14%
	経営者/管理職/役員	会社員(フルタイム正社員)	会社員(フルタイム正社員以外)	自営業	自由業(フリーランス)			
	14%	71%	4%	7%	4%			
職種	研究	設計・開発	製品(商品)企画	デザイン	マーケティング	生産		
	17%	58%	8%	6%	3%	9%		
業界	輸送等の機械、機器(自動車及び二輪自動車、自転車など)	電気・電子機器(情報通信機器(携帯電話、タブレット含む)、パソコンなど)	その他の機器(医療機器含む)	食料品、飲料	生活・文化用品(台所用品、家具、雑貨、医療・介護用品、医薬品、楽器、スポーツ用品、文具、玩具など)	アプリ、ソフトウェア	その他	
	16%	28%	16%	5%	12%	13%	10%	

5. 結果と考察

1．イノベータと非イノベータの抽出

「イノベータ変数」の 4 項目について、「非常にあてはまる（スコア 5）」から「全くあてはまらない（スコア 1）」までの 5 段階の回答から、4 項目全て「非常にあてはまる（スコア 5）」と回答した開発者を「イノベータ」と定義した。抽出されたイノベータは 9 名である。また、4 項目の平均が「3」以下の開発者を「非イノベータ」と定義した。抽出された非イノベータは 201 名である。

図 1 は、投射行動別のイノベータと非イノベータ、回答者全員の平均値をグラフ化したものである。

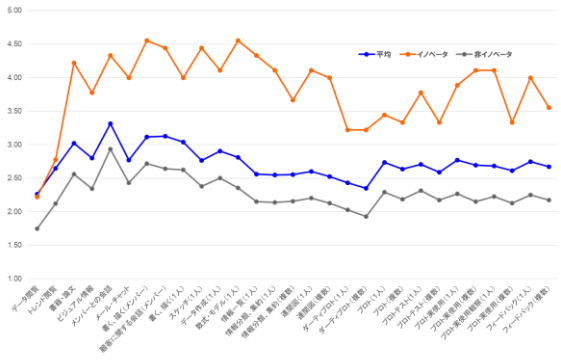


図 1 投射行動別「新しいことが浮かぶ」スコア（5 段階）イノベータ、非イノベータ、全平均比較

2. イノベータと非イノベータの投射行動の比較

イノベータと非イノベータの投射行動を比較するため、t 検定（分散が等しくないと仮定）を実施した。その結果が、表 2 である。

表 2 投射行動のイノベータ、非イノベータの比較

		イノベータ	非イノベータ	t値	P値
①読む、見る	データ閲覧	2.222	1.781	0.708	49.889%
	トレンド閲覧	2.778	2.164	1.021	33.693%
	書籍・論文	4.222	2.617	3.632	0.547%
	ビジュアル情報	3.778	2.393	2.768	2.438%
②話す、書く、描く	メンバーとの会話	4.333	2.995	4.493**	0.150%
	メール・チャット	4.000	2.483	3.181*	1.298%
	書く、描く(メンバー)	4.556	2.776	7.029***	0.004%
	顧客に関する会話(メンバー)	4.444	2.692	6.935***	0.007%
	書く、描く(1人)	4.000	2.672	3.202*	1.080%
	スケッチ(1人)	4.444	2.423	10.537***	0.000%
	データ作成(1人)	4.111	2.547	3.392**	0.946%
	数式・モデル(1人)	4.556	2.398	8.491***	0.001%
③一覧・分類	情報一覧(1人)	4.333	2.189	6.281***	0.014%
	情報分類、集約(1人)	4.111	2.174	4.509**	0.198%
	情報分類、集約(複数)	3.667	2.194	3.087*	1.495%

		イノベータ	非イノベータ	t値	P値
④関連づけ	連関図(1人)	4.111	2.239	5.875***	0.024%
	連関図(複数)	4.000	2.164	6.152***	0.017%
⑤つくる	ダーティプロト(1人)	3.222	2.070	2.085	7.058%
	ダーティプロト(複数)	3.222	1.970	2.268	5.310%
	プロト(1人)	3.444	2.338	1.887	9.580%
	プロト(複数)	3.333	2.234	1.887	9.589%
⑥使う	プロトテスト(1人)	3.778	2.363	2.448*	4.002%
	プロトテスト(複数)	3.333	2.219	1.913	9.214%
	プロト実使用(1人)	3.889	2.318	2.649*	2.930%
	プロト実使用(複数)	4.111	2.199	6.004***	0.020%
⑦フィードバック「使う」を観察	プロト実使用観察(1人)	4.111	2.274	3.982***	0.405%
	プロト実使用(複数)	3.333	2.174	2.295	5.089%
⑧フィードバック(ユーザー・コメント)	フィードバック(1人)	4.000	2.299	3.802**	0.522%
	フィードバック(複数)	3.556	2.219	3.191**	1.099%

*: p<5%　**: p<1%　***: p<0.1%

6. 考察と結論

①～⑧の投射行動分類における 29 の投射行動に対してイノベータと非イノベータの投射行動を比較した。投射行動分類における①、⑦、⑧については開発者の周辺環境に対して内的表象に対して投射を行いリフレクティブ・カンバセーション(諏訪 2018)が行われる行動、他は、内的表象の外的表象を通じてリフレクティブ・カンバセーションが行われる行動であると見なすことができる。調査によって得られた発見は以下の 3 点である。

1．外的表象への投射行動（表現行動）の積極性

イノベータと非イノベータの差は、②話す、書く、描く、③一覧にする、分類する、④関連づける、⑥プロトタイプのテスト、自身による使用、⑦プロトタイプ使用者の使用状況の観察、⑧プロトタイプ使用者のフィードバックの行動について差が確認できた。特に②、③、④、⑥、⑦については差の存在が確認された。このことから、イノベータは積極的な投射行動、特に外的表象に対する積極的な行動特性が示される。

2. 投射行動のチームとひとりの組合せ

イノベータと非イノベータの差において、チームメンバーとひとりの組合せによって外的表象への投射を行っていることが示されている。例えば、②におけるチームメンバーとの会話、チームメンバーと共に書く、描く、顧客に関して会話する、③における情報分類、④における連関図、⑥における、プロトタイプの実使用、⑧におけるプロトタイプ使用のユーザーからのフィードバックなどをチームで行う行動に非イノベータとの差を確認した。また、ひとりで行う投射行動として、②における書く、描く、スケッチ、データ作成、数式・モデルの検討、③における情報の一覧化、④における連関図、⑥におけるプロトタイプのテスト、実使用、⑦におけるユーザーのプロトタイプ使用の観察、⑧におけるプロトタイプ使用のユーザーからのフィードバックをひとりで行う行動に非イノベータとの差が確認できた。イノベータの行動特性は、ひとりの行動に加えてチームにおいても同じ傾向にある。そのためイノベータは、ひとりで行う投射行動とチームで行う投射行動には、思い浮かぶことが異なることを理解しており、ひとりとチームを組み合わせた投射行動を行っていると考えることができる。

3. 「つくる」投射行動の差の少なさ

イノベータ、非イノベータの比較で差が示されたかった投射行動分類が⑤の「つくる」行動である。これは業務の分業によって自らプロトタイプをつくることは少なく、他の部署や外部に委託することが多い業務形態であることが推察される。

一方で、ダイソンなどの企業やシリコンバレーのスタートアップ企業では積極的に自らプロトタイプを開発、使用することを奨励している。また、シリコンバレーのスタートアップ企業の共通の思考法でもあるデザイン思考は「両手を使う思考法」(Brown

2010）と呼ばれ、「つくる」行動がイノベーションの一要素となっている。

つくる行動に対する差の少なさが、我が国の独特の特性も予想されるため、今後、欧米、中国企業との国際比較、スタートアップ企業と大企業、業界別の比較などを調査する必要性がある。さらに開発者自身が「つくる」行動機会の少なさは、開発者が自ら「つくる」行動に関与することによって、イノベーション促進につなげる手がかりとみることができる。この開発者自ら「つくる」行動は今後の我が国のイノベーションを促進する手がかりとしても注目すべきと考える。

4. 課題

イノベータは単一の外的表象に対する投射行動だけではなく、多様な投射行動を組み合わせて投射行動を行っている仮説が導き出される。また、業界あるいは製品特性別の投射行動の特性を考察することは今後、本研究の重要なテーマとなる。

7. 参照文献

［1］安西 祐一郎(1985),『問題解決の心理学―人間の時代への発想』、中公新書。

［2］石井淳蔵（2009),『ビジネスインサイト―創造の知とは何か』、岩波新書。

［3］石井淳蔵（1993, 2004),『マーケティングの神話』、岩波文庫。

［4］小川進(2000）,『イノベーションの発生論理』千倉書房。

［5］小川進(2013），『ユーザーイノベーション』東洋経済新報社。

［6］鈴木宏昭(2016a)『教養としての認知科学』、東京大学出版会。

［7］鈴木宏昭(2016b)，「プロジェクション科学の展望」, 日本認知学会第 33 回大会予稿集 pp. 41-46。

［8］諏訪正樹(2016),『「こつ」と「スランプ」の研究』, 講談社。

［9］諏訪正樹(2018),『身体が生み出すクリエイティブ』、ちくま書房

［10］竹田陽子(2016)， 「イノベーション創出過程におけるプロジェクション」， 2016 年日本認知科学会第 33 回大会予稿集 pp. 41-46。

［11］廣田章光（2017a),「ニーズとソリューションの同時性と対話のトライアングルーユーザー・イノベーションによる踏み間違い動作を解消する自動車ペダル「ナルセペダル」の開発」, 廣田章光, マーケティング・ジャーナル 36(4) pp. 6-23。

［12］廣田章光（2017b),「開発焦点の収束・拡散とプロタイピング」， 廣田章光, 日本認知科学会予稿集第 34 回大会, pp. 666-672。

［13］廣田章光（2019),「イノベーションにおける「実験行動」の効果 ープロジェクション（投射）と対話視点による考察」 日本商業学会 2019 年度全国研究大会報告論集, 日本商業学会, pp. 236-244。

［14］廣田章光（2019),「デザイン・ドリブン型開発における対話構造の解明 ―対話とピボット(Pivot)による考察―」, 日本認知学会 第 36 回大会予稿集 pp. 209-215.

［15］Brown,Tim(2009) *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*, Harper Business（千葉敏生訳『デザイン思考が世界を変える』早川書房)。

［16］Dyer, Jeff, Hal Gregersen, Clayton M. Christensen（2011） *The Innovator's DNA: Mastering the Five Skills of Disruptive Innovators*, Harvard Business School Press.（櫻井 祐子訳(2012)、『イノベーションの DNA』,翔泳社）

［17］Furr, Nathan, Jeff Dyer and Clayton M. Christensen (2014),*The Innovator's Method: Bringing the Lean Start-up into Your Organization*, Harvard Business Review Pres.(新井 宏征訳（2015)、『成功するイノベーションはなにが違うのか？』、翔泳社)

［18］Hirota,Akimitsu(2018) ,Effect of “prototyping stage” for “Need-Solution Pairs” in design thinking, ISPIM innovation conference 2018.

［19］Hirota,Akimitsu(2017a) ,”The prototype used in the implementation of the “Need-Solution Pairs” - The prototype use of single-user and multi-user to relate ", 14th Open and User Innovation Society Meeting 2017.

［20］Hirota,Akimitsu(2017b) ,”The prototype used in the implementation of the “Need-Solution Pairs” - The prototype use of single-user and multi-user to relate ", 14th Open and User Innovation Society Meeting 2017.

［21］Hirota,Akimitsu, Pivot chain to create the pairing in Needs solutions pairs" : G-Shock 1st model development by design thinking approach , ISPIM innovation forum 2019.

［22］Hirota,Akimitsu, Masaaki Takemura, Manabu Mizuno（2017） ,Design Prototyping: Reducing the uncertainty in "fuzzy front end" stage of product development” , ISPIM innovation forum 2017.

［23］Kelly,T., & Kelly,D. (2013) . *Creative confidence*, New York, NY :Fletcher and company.

［24］Norman,D.(2013). *The Design of Everyday Things: Revised and expanded* edition,Basic Books.

［25］Planyi,M.(1966),*The tacit dimension*,(高橋勇夫訳（2003)、『暗黙知の次元』、ちくま学芸文庫)。

Schoen, D.A. (1983). The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action ,London :Routledge.

［26］Sarasvathy,S.(2009). *Eectuation: Elements of entrepreneurial expertise*, Cheltenham, United Kingdom :Edward Elgar Pub.

Schumpeter,Joseph A.(1926) The Theory of Economic Development, Cambridge ,MA Harvard University Press（塩野谷祐一・中山伊知郎・東畑精一訳(1977) 『経済発展の論理』岩波文庫)。

［27］Ries, Eric(2011), *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*, Currency.（井口 耕二訳『リーン・スタートアップ』、日経 BP 社）

［28］Steinert,Martin and Larry Leifer(2012)"'Finding One's Way': Re-Discovering a Hunter-Gatherer Model based on Wayfaring",International Journal of Engineering Education Vol. 28, No. 2, pp. 251–252.

［29］Verganti, Roberto(2009),*Design driven innovation: changing the rules of competition by radically innovating what things mean*, Harvard Business Press.

［30］Verganti, Roberto(2016), *Overcrowded: Designing Meaningful Products in a World Awash with Ideas*, MIT Press.

［31］Von Hippel E.(1998)" Economics of Product Development by Users:Impact of "Sticky" Local Information, Management Science, vol. 44, No. 5 (May) p. 629-644.

［32］Von Hippel E.(2005) Democratizing Innovation, MIT Press.（サイコムインターナショナル訳（2005）,『民主化するイノベーションの時代』、ファーストプレス）

［33］Von Hippel E. and G.Von Krogh (2016) "CROSSROADS—Identifying Viable "Need–Solution Pairs"- Problem Solving without Problem Formulation" Organization Science 27(1) pp.207-221.

物語生成論による自閉スペクトラム症の理解
Understanding ASD Using a Narrative Generation Theory to Bridge to an ASD Narrative Generation Model

青木 慎一郎[†] 小方 孝[†] 小野 淳平[‡]
Shin-ichiro Aoki　Takashi Ogata　Jumpei Ono
[†]岩手県立大学, [‡]青森大学
Iwate Prefectural University, Aomori University
midorigi@iwate-pu.ac.jp

概要
物語生成論による自閉スペクトラム症（ASD）の理解を試みた．物語の「分析」ではなく「構成」を対象とするアプローチをコミュニケーションについて行うことにより，これまでASD者には「できない」とされていたことを，ASD者は「こうしている」と説明することができる．精神病理学は「了解」という物語の多様性を拡張してきたが，物語生成の構成プロセス自体は一つであると仮定していた，あるいは議論して来なかった．物語生成論は，精神病理学やナラティブ・アプローチへの問題提起となるだろう．

キーワード：自閉スペクトラム症（ASD), 物語生成論, ストーリーと背景, 精神病理学, ナラティブ・アプローチ

1. まえがき

近年，自閉スペクトラム症（ASD）をはじめとする発達障害が話題となることが多い．ここでは，ASDの認知行動傾向のある学生や社会人の学習・就労支援を行ってきた経験から，著者の一人である小方の物語生成論の観点に基づいてASD者のコミュニケーションの検討を行う．小方の物語生成論とは，物語の構造や形式を対象とする「分析的アプローチ」ではなく，物語が構成され受容されるプロセスを対象とする「構成的アプローチ」とも呼べるものである (小方, 2018)．コミュニケーションにおける物語生成の特徴は次の二点である．①物語生成のプロセスで個人が選ぶ物語は異なる．②生成された物語には「ストーリー」と「背景」がある．

生成された物語では「ストーリー」に注目されやすいが，「ストーリー」には「背景」が伴う．「情報」という観点では，「ストーリー」は，情報の文脈ある連鎖であるのに対して，「背景」では多くの薄められた情報が並列的に語られる．「物語生成」の観点からは，「ストーリー」とは「言葉に置き換えた連鎖」であり終りのある文脈である．「背景」とは「解説」としての「言葉に置き換えた連鎖」となる「可能性」があるという意味で「解説可能性としてのストーリー」である．「背景」は「解説」の可能性のみに留まり直ぐに切り上げることが可能だが，「背景」となるものが前景化・ストーリー化されると「解説」は延々と続くこともできる．しかし，この「背景」の前景化・ストーリー化は状況によって適切となることもある．続けても，途中で切り上げても良い状況である．このような状況では，「背景」から「ストーリー」への選択・切り替えが可能ということになる．ASD者と多数派（定型発達者）との違いは，状況による「背景」と「ストーリー」の選択・切り替えの選択の特徴に基づいて考察し得る．つまり，物語生成のプロセスは多様だということが前提なのである．

このような物語生成による理解によって，これまでASD者には「できない」とされていたことを，ASD者は「こうしている」と説明することができるようになる．物語生成のプロセスの多様性に注目することは，物語生成のプロセス自体は一つであると仮定していた，あるいは物語生成のプロセス自体を議論して来なかったこれまでの精神病理学の再検討を求めることになるだろう．

ASDの診断はDSM-5による場合が多い．DSM-5は，アメリカ精神医学会が出版している精神疾患の診断基準・診断分類の第5版（2013年）である．ASDの症状は，AとBに分かれている（American Psychiatric Association ,2013).この診断基準の症状の最初は「A.社会的コミュニケーションおよび対人相互反応における持続的な欠陥」となっている．しかし，社会的コミュニケーションは相手次第であり，特に知能の高い高機能のASD者は，社会的コミュニケーションの困難は明確ではないので診断がつかない場合も多い．このDSM-5におけるASDの診断基準においては「B.(4)感覚入力に対する敏感性あるいは鈍感性，あるいは感覚に関する環境に対する普通以上の関心」以外は，対象者の「行動」の客観的な「観察」のみに基づいている．また，この診断基準

に対応する臨床的な自閉症診断観察法であるADOS-2においても，「流暢に話すレベル」の成人についてさえ「行動に基づいて評定を行う」ことを強調している（Lord,C.et al.,2012,p.112）.

ところが，精神病理学においては,多くの疾患において主観的体験が重視される.むしろ症状の主なものは主観的体験と言っても良い．DSM-5の他の診断名では，たとえば「抑うつ気分」や「不安」など，患者の主観的心理的体験を症状としている.これらの症状は，ヤスパースによる古典的な精神病理学の「精神生活の主観的現象（現象学）」についての症状である（Jaspers,K.,1948,p.82）.そして，この際に主観的体験の心理的な因果関係が辿れるかどうか，つまり文脈としてストーリーが成立するかどうかによって,「了解」が可能かどうかの判断をする．これが，心因性精神障害と内因性精神障害の鑑別診断にとって重要なのである．一方で，「観察」される「行動」は，同じくヤスパースの分類では「意味ある客観的事実」となっている.精神医学では，この両者の症状をともに対象とするはずである（Jaspers,K.,1948,p.394）．そこが，身体医学とは異なる点である．ところが，ASDにおいては「行動」の「観察」に偏っている．それは，当初の対象が心理的体験について言語化することが少ない児童で，しかも知的障害もある方が多かったためと想像される．私は，少なくとも近年診断されることが多くなった成人の高機能ASD者においては,主観的心理的体験をも取り上げることが課題となってくると考える.

また，ナラティブ・アプローチという支援の方法がある．ASD者と思われる方を対象としている例もある．齊藤（2010,pp.17-43）は「同じ経験に対して，物語の紡ぎ方は複数ある」として，発達障害の方への「ナラティブ・アプローチ」を「『多様な複数の物語』を語り合う中から,『その状況におけるもっとも役に立つ物語を共同構成すること』」としている．齊藤（2010,p37）は物語の定義を「あるできごとの経験についての複数の言語記述がなんらかの意味のある関連によってつなぎ合わされたもの」としている．ここで述べる「ストーリー」に近いものだが，これは物語の構造や形式である.構成される物語が「複数可能」であるからこそ，物語生成のプロセス自体は一つであるという，未議論の前提を再考する必要がある.「物語を共同構成」する以前の，生成プロセスを検討すること，つまり，物語生成論の「構成的アプローチ」が必要となるだろう．それが，後述の「可能性としてのストーリー」と「背景」である．生成された物語の多様性ではなく，生成のプロセスの多様性は，これまでのナラティブ・アプローチにおいても再検討を求めるだろう.

2. 方法

「グループが楽しいことは分かるが得意ではない」と話すASD者がいた.「グループは皆が同じ温度じゃない．皆少しずつ違う」とグループに入ることの困難を述べていた．このような例が，複数人の雑談等の三者関係の場面を取り上げるきっかけとなっている.このように，本研究は，これまでの学生や社会人の学習・就労支援から示唆されたものが大きい．ここではASDと診断された方の手記を主な対象とする.ASD者であり，表現力の高い方たちの手記は主観的体験を理解するために有効である.

3. 結果

ここではASD者がコミュニケーションにおいて苦手とする他者の感情の理解と，それが同時に多くを要求される複数人の雑談等の三者関係の場面を取り上げる.

ASD者は表情等の情報をストーリー化，つまり「言葉で置き換え連鎖化」をする．ASDの診断を受けており，多くの手記を書いているドナ・ウィリアムズ(Williams, 1994; 河野, 1996, p.132)は,他者の感情を読み取ろうと努力する.「少しなら、それらを『翻訳』することはできる。たとえば、もし人の声が大きくなったり、早くなったり、語尾が上がり調子になったりしたら、それは怒っているということだ。もし顔に涙が流れたり、口元が下がってしまったりしたら、それは悲しいということだ。もし震えていたら怖がっているのか、気分が悪いのか、寒いかだ。にこにこしていたら、それは笑っているのだ」.表情・発言などの情報から他者の感情を言葉で置き換える「解説」をしようとしている．これは，心理学的には「命題的心理化」つまり，「理由を言葉でルール化できる心の理解」が相当するだろう．これに対比されるのは,「理由を言葉で言えないすばやい心の理解」の「直観的心理化」となる(別府, 2019, p52)．しかし，ここでは「理由を言葉で言え

ない」を物語生成の観点から，後述の「背景」と「解説可能性としてのストーリー」として捉えた．

ドナ・ウィリアムズはこの「ストーリー化」による理解に限界も感じていた．「『皆、どうやってこういうことを身につけるんですか？』…人がどうやって身につけたのかわかれば、わたしも独学で、同じようにできるかもしれない」と考える．しかし、「生まれつき身についているんだよ」というのがマレク先生（相談相手）の答えである．この「生まれつき」というのが，実は多数派が無意識に行っている，後述の「解説可能性としてのストーリー」である．彼女は，「もし人間についても、算数のような規則性と明確な答えがあるとすれば、わたしはまだ一番基礎的な段階にいて、数えることと一桁の足し算、引き算ぐらいしかできない。だが残念なことに、ミラー夫妻(学生時代の相談相手)にとって、『人間についての算数』を分析することは、とてつもなく難しいことのようだった」という(Williams, 1994;河野 1996, p.146).

彼女が「解説」をしようとしていた表情や声は，多数派にとっては「ストーリー」ではなく「背景」であることが多い．この点については後述するが，多数派にとっては無意識のうちに行っている「背景」化だからこそ，それを多数派自身も解説するのは難しい．「生まれつき」としか言いようがないのである．後述するように，「背景」というのは，情報の一部は消去され，あるいは残されても薄められた並列的情報のことである．多数派が暗黙のうちに「背景」とする情報を，ASD者は「解説可能性としてのストーリー」を前景としてのストーリーとして「解説」しようとする．後述のように，この試みは延々と続いてしまうものである．

ドナ・ウィリアムズは，その手記の中で，他者の「怒り」という「感情」をストーリー化することが多い．「母は、私を虐待した」という経験からの二次的なものかもしれない．自身が感じている他者の「怒り」という感情について相談している．「夫妻はわたしが『怒っている』と解釈していた行為すべてが、『忙しい』『疲れている』『不安だ』『強調している』『興奮している』という意味でもあり得るのだと、教えてくれた」(Williams, 1994; 河野, 1996, p.146)．これらの場面では，必ずしも「怒り」に結びつかない表情や行動等もあったはずである．この「あり得る」という点が重要であり，多数派にとっては，これらの感情の情報は薄められた並列的なものであり，「ストーリー」ではなく「背景」である場合が多い．

彼女が 5 年ぶりに会った父親の家でのこのような情景がある．「りっぱな装丁で出版されたわたしの本の数々が、書店でのようにきれいに立てかけられていて、どの表紙からもわたしの写真が目に飛び込んできた」という．それに対して「父の孤独を深く感じて、悲しくなった」「子どもであるわたしが、長いあいだ本物の写真を送るという気づかいさえせず、娘らしいこともしなかったから、そのかわりに父はわたしの本を飾ってきたのだ」と「強烈な罪悪感を覚えた」という．この情景は場面における「背景」だろう．多数派であれば，場面の「背景」として，次の「誇りに思っている」という並行的情報も無意識のうちに取り入れるだろう．そして，あえて本を雑談の話題として取り上げるだろう．

後に，父が「みんなにおまえの本のことを言ったんだ」「そしたら、みんな買うってさ」とにこやかに笑いながら話したことから「父は娘のわたしを誇りに思ったのだ」ということに初めて気づく．しかし，これに気づいた時点でも，夫のイアンがそれに「嫌悪感」を感じていると想像して（これも複数人の場面だった），父に対して「なにも言わず、なにも反応しなかった」となる．この夫の表情等も「背景」だろう．そして，この対応自体について「そんな自分がいやだった」という，再び「罪悪感」の方へとストーリー化してしまう (Williams, 2004; 河野, 2015, pp.38-39)．このように，ドナ・ウィリアムズは場面の「背景」から「相手の怒り」や「自分への罪悪感」にストーリー化して物語生成する傾向がある．次の綾屋もそうだが，「人の心が想像できない」のではなく「想像が多くの人とは異なる」のである．

ASD の診断を受けている綾屋 (2008, p.109)は「酒の上での失敗談をおもしろがっている学生」達を次のように描いている．「『結局一晩、警察のお世話になって参ったわ』と言いながらも『あごを上方に突き出して見下ろす目線』を送り、『タバコに火をつけ』ながら、『得意げ』な彼女」や、「『おもしろそうに』『大きな口をあけて』『目を細めて』笑って、『膝を叩いて』『ありえねぇ』と『高めの声』で言うあの人」．引用が長文になってしまうが，非常に詳細に情報を把握していることが分かる．この複数人の状況で，綾屋がストーリー化したのは，「失敗をおもしろおかしく話せること」への疑問である．この疑問は正しいことが多い．たとえば，上司に対してならば「おもしろおかしく話せ」はしないだろう．このような，おそらく酒が入る「談笑」

の場面では，この種の失敗談は談笑の「背景」としての意味が大きい．場面によっては「失敗談」を楽しむことや，「失敗が許される」こともあるという，これも「背景」となる薄められた並列的情報が抜けているのだろう．その結果，自分はこのような場から外れていると不安になる．綾屋は，このような「不安という感情に結びつく」物語生成をおこなうことが多い．このような不安に対しては，情報が物語生成の「ストーリー」の方ではなく，「背景」であると気づくことや，他の並列化すべき情報があることに気づくようにすることが対策となるかもしれない．

4. 考察

① ストーリーと背景

物語生成論による ASD 者の主観的体験の理解は ASD 者の支援への活用が期待できる．ここで，物語生成における「ストーリー」と「背景」を再考したい．ここでは「ストーリー」を，金井 (in press)の定義「言葉で置き換え可能な出来事の連鎖」を参照し，通常のストーリーを，言葉に置き換えた文脈のある連鎖である「終りのあるストーリー」とし，この通常のストーリーからは外れたものをあえて「解説可能性としてのストーリー」と分けて考察する．

この可能性というのは，「言葉に置き換えた連鎖」として解説することができる「可能性」であり，通常は薄まった並列的な情報である「背景」が，ストーリーとして前景となる可能性があるという意味である．物語生成論の観点からは，「ストーリー」と「背景」が交代もする．その生成プロセスに注目したい（図１）．この「背景」の「解説」というのは，その可能性だけでも，また心の中だけでも良いし，常に不十分であり，解説し続けることができるという特徴がある．そして，可能性でなくなった「解説」は，「背景」が前景として出ることである．しかし，これは多数派にとってもよくあることである．このように述べても分かりにくいと思われる。

その例として，本稿でテーマとしている日常の複数人によるコミュニケーション場面について考えてみる．この場面は，薄まった並列的な情報の「背景」であることが多いのだが，これが「解説」として前景に出るのは，絵画の場合にはルノワールの「ムーラン・ド・ラ・ギャレットの舞踏会」のような例である．もちろん，絵画としては終りまで描き切っているのだが，それを見る側からは，例えば「何気ない幸せがあふれる会話の情景」というのが「解説」，つまり「言葉に置き換えた連鎖」である．この解説は，さらに例えば「外光の輝きのもとでの生き生きとした話し声が伝わってくる」というように，終わりなく延々と続けてもよいし，どこで終わっても良い．このことは，多数派にとっても，「背景」が前景となることがあることを示唆している．因みに，この絵では例えばモナリザのような形式での背景といえるようなものは描かれていない．

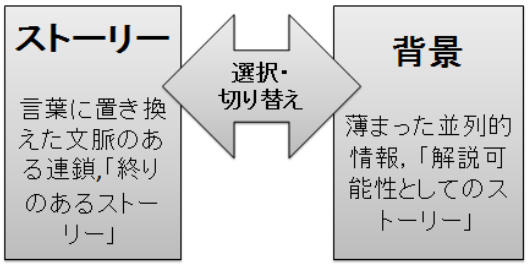


図1．ストーリーと背景

俳句における「解説」もこれを示す例となる．俳句も上述の絵画と同じように，通常では背景的な情報をストーリー化，つまり前景化するとも言えるだろう．新田は俳句のストーリーについて，句外の「継続する開かれた語りかけがある」として，俳句が「解説可能性としてのストーリー」であることを多数例示している．「夏草や兵どもが夢の跡」について「夏草を見て，人が感じる何か，単に『無常観』としてひとからげに論じることはできない何か．そこに『語りかけ』の美がある」と「解説」している．これは，あくまでも「解説」であり，他の「解説」もあり得るし,それを出し続けることも可能である．この「夏草」は通常は情報の並列としての「背景」となるものだろう (新田, 2019). それを，俳句はストーリーとして描き切っている．このことも，多数派にとって「背景」が前景となることがあることを示唆している．通常は「背景」となるような並列的で薄まった情報を，俳人としては前景とし「終りのあるストーリー」とすることができるし，読者にとっても「解説」によるストーリー化によって前景とすることができるのである．このように「背景」となりやすい場面も，状況が適切であれば，絵画や俳句のように「解説」を続けることも可能だし，あるいは早めに「解説」を切り上げることもできるのである．

②日常コミュニケーションにおける「背景」の前景化・ストーリー化

この点をコミュニケーションとの関連で考えてみたい．上述のように，「背景」は，「解説可能性としてのストーリー」であり，「可能性」というのは，解説によって前景化・ストーリー化することもできるという意味であった．人間を対象とするコミュニケーションにおいては，多数派にとっては，日常のコミュニケーションの多く，例えば複数人（三者関係）による雑談は言葉に置き換えた連鎖である「終りのあるストーリー」となることは少ない．文脈のある，つまり終りのあるストーリー化は，コミュニケーションにおいては，議論，調整，説得など，むしろ稀である．日常コミュニケーションは「背景」であることが多いのである．

一方, ASD 者は日常のコミュニケーションにおいて，例えば複数人による雑談であっても，「解説可能性としてのストーリー」の「解説」による前景化・ストーリー化を試みる．ちょうど俳句の解説のように「背景」を前景に出す，あるいは「終りのあるストーリー」としようとするともいえる．しかし，多数派は雑談場面では「解説」はほとんど可能性程度に留めて切り上げて「背景」とする．そのため，ASD 者にとっては，前景化・ストーリー化しようとしたのだが，ストーリーとして終るきっかけがなく，結果的には自分の中での「解説」が延々と続いてしまう．

また，日常コミュニケーションにおける「感情の読み取り」も多数派にとっては，通常は「背景」に留めておくことが多い．ASD 者は，前景化・ストーリー化のための「解説」を試みる．ところが，多数派はやはり「感情の読み取り」も解説の可能性程度に留め切り上げるため，ASD 者にとっては，「感情の読み取り」もストーリーとしては終わることなく，自分の中での「解説」が延々と続いてしまう．その例が，ドナ・ウィリアムズの手記にも現れていた．綾屋もこれを「記憶再生に対し，『あれはこういう意味だったのかな』と因果関係や文脈を地道に推察」する「ヒトリ反省会」として表現している．そして「ひとつの結論に至らないぐるぐるとした循環に陥る」としている (綾屋, 2008, p90-91).

② 参加する日常コミュニケーションの特殊性

それでは，絵画や俳句と日常コミュニケーションの違いはどこにあるのだろうか．対象が物や自然や動植物（夏草）やあるいは日常のコミュニケーションでも外から見ているだけでよければ，絵画や俳句のように「終りのあるストーリー」を目指すこともできるし，その「解説」はいくら出てきても，どこで終わっても問題はない．上述のルノワールは外から見ているコミュニケーションの例である．同じように，ASD 者は対象が自然や動植物である場合に，「背景」を「解説」によって前景に出すストーリー化が得意である．綾屋の自然描写にもそれが表れている．綾屋は「煩雑な人間世界のルールがよくわからない自分に寄り添い，包み込んでくれていたのは，いつも草木や花の放出する柔らかなエネルギーのようなものだった」「水が足りないときには，茎のてっぺんがうなだれて下を向き，葉の先端がしおれてくる」等の「背景」を前景に出す表現を多く記述している (綾屋, 2008, p182, p184). この場合は絵や俳句の「解説」と同様に終わらなくても良いし，どこで終わっても良いのである．

このように，背景を前景に出すストーリー化が得意だからこそ，自身が参加している人間の通常コミュニケーションにおいてさえ，前景化・ストーリー化を用いがちだとも言える．ところが，外から見ているだけではない自身が参加している，特に複数人による日常コミュニケーションを対象とした場合は，自身が早期に対応行動を起こす必要がある場合が多い．手記で出てくるのは, 1 対 1 の会話ではなく三者関係以上の場面での困難であった. 三者関係の「情報量の増加や気持ちの推測という作業量の増加」が指摘されている（永山, 2013）. それゆえ，「解説」は早い段階で切り上げるか可能性だけに留めて，「背景」を前景には出さない方が効率的である．多数派は「背景」に留め切り上げている．相手が自身の関わっている人間であれば，不確実性が高いことや想定外のことに対応しなければならないからである．ASD 者が臨機応変の対応が苦手という理由もここにある．「背景」の前景化・ストーリー化は，それがどこで終わっても良いか，終わらなくても良い場面でのみ可能なのである. それが，対象が物や自然や動植物やあるいは日常のコミュニケーションでは外から見ているだけで良い場面である．

このように，「ストーリー」と「背景」に着目することで ASD 者を支援する可能性がありそうである. 抽象的だが，感情（不安，罪悪感など）の情報がストーリーとして前景に出てくる場合に，それが薄まった情報の並列である「背景」とした方がよい場合もあると提示することができる．さらに，その前提としての並列

化できる情報を消去している可能性に気づくように促すことができる.

上司との関係で悩んでいた方との次のような相談を経験している．私は「皆の前で上司に叱られる（三者関係の場面)」と悩んでいた方に,「その上司を，あなた以外の部下はどう評価していますか」と思い出してもらった．これに対して，その方は次のように話した.「この上司は周囲からは『優しい人，頼りになる人』と言われていたのが不思議だった」.「今，言われて気づいた．皆の前では『いつ叱られるか分からない，自分を嫌っている』というのが先行していた．そう言われてみれば,『苦しんで学ぶ』ということをさせたかったのかもしれない．上司から事前にそのように説明して欲しかった」．つまり,「優しい人，頼りになる人」という，他の部下による上司の評価の情報も,「自分を嫌っている」も含めて「背景」である．その場面での「背景」は多くの並列的な情報であるから，例えばその場面では「蒸し暑かった」「忙しかった」等も含まれるだろう．もちろん，一度検討したくらいでは「私には想像できません」という場合が多い．上述のドナ・ウィリアムズのように，幼児期に心的葛藤がある場合などが多いことが予想されるからである.

このようにASD者の特徴を述べたが，場面によって「ストーリー」「背景」の選択をすることは多数派にもある．その選択が人によって異なるということは当然であり，無意識の選択でもある．上記のような提示をしたとしても，ASD者がそれを正誤ではなく相違としてしか感じないのも当然である．このように，物語生成論からの理解は，多数派の正しさを強調しない．それが,「(他者の心理の捉え方を教える際の）上から目線と感じられない支援」 (別府, 2019, p.52)にも自然に繋がるだろう.

④ASD者支援における前景化･ストーリー化の「契機」

上述のようにASD者は，第三者を含めた雑談や感情の読み取りにおいて,「背景」を前景としてしまうために,「解説」が延々と続いてしまう．しかし，多数派にとっても通常は情報の並列としての「背景」となるものが「ストーリー」として前景に出てくることがあり得る．つまり，絵画や俳句のように前景に出てくること自体は問題がないのである．このように多数派とASD者との違いは「背景」の前景化・ストーリー化をどの場面で行うのかであった.

上述の「夏草」についてだが,「夏草」も通常は「背景」となるものだろう．新田は「切れ」，具体的には句中の「や」という「切れ字」等が契機となって，前景化・ストーリー化されることを示している．そして，意図的流れの中断として俳句における「切れ」を取り上げ「意味的な 連続性が断ち切られて，その前後に間隙（いわゆる gap）が生じる」ことがストーリーのきっかけになるものとしている (新田, 2019)．これは，多数派にも共通する前景化・ストーリー化の「契機」について述べていることになる．ASD者が上述のような「背景」の「解説」を延々と続けるストーリー化，つまり前景化を開始する「契機」についても理解できるかもしれない．これは「背景」と「ストーリー」との交代の「契機」とも言える.

この「契機」を把握することは，ASD者がその場面の何に反応して，前述した多数派とは異なるタイミングでの前景化・ストーリー化をするのかを理解することになる。臨床的に有効な視点と考えられる。

また，これらの「契機」には，例えば風に揺れる夏草，表情，声，写真ではない本などの「可動性」という特徴も想定される．小野・小方 (2018)が取り上げている広義の「驚き」にも近いものだろう．物語生成のシステム化が可能となれば，このような仮説の検証ともなる．また，多数派とASD者にとって「背景」と「ストーリー」とが一つの選択肢であるという理解がさらに深まるだろう．本来，物語生成論はシステム化を目指しており，ストーリー生成機構としてのシステム開発は支援のツールとなる可能性もある．すでに，ASD者の物語生成のシステム化を試みている (青木・小方・小野, 2018)．これまで述べてきたように，場面によって異なる適応が求められる二種類ある物語生成の構成プロセスがある．今後の展望としては,「終りのあるストーリー」と延々と続けられるがいつ終わっても良い「解説可能性としてのストーリー」という二種類の物語生成のシステム化を目指したい.

5. あとがき

ここで述べた「終りのあるストーリー」と，延々と続けられるがいつ終わっても良い「解説可能性としてのストーリー」という二種類の構成プロセスには，それに気づかされたきっかけがある．それは,「精緻な絵

画」と評される自閉症の画家，福島尚さんの絵画である（福島，2017）．福島さんは著名な画家であり，自閉症についての議論でも，三浦・相川（2019 ,p.167）は「福島の知覚世界は，視覚によって捉えられた一つひとつの情報を『見えるまま』に写し撮ったもの」と述べている．「写真のような絵」と称される特徴が確かに第一印象である．

しかし私は，福島さんの「線路は続くよ」という絵画を見たときに，黒い人影があることに気づいた．この人影は描かれてはいるが，同じ絵画の列車等の情報と比較すると薄くなっている．この人影が動かしている照明灯の動きが，強調して残されている．ここで，注目してほしいのは，列車もそうだが，照明灯も可動性のある「物」だという点である．

そこで，振り返ってみると，福島さんの絵では運転手をはじめとして人物が描かれていないか，描かれていても黒い影だけであることに気付く．これは，福島さんの絵画では共通しており，画風ともいえるだろう．当然だが，この絵画は「見えるまま」の写真ではない．人物を場合によっては消去し，あるは薄めて並列的情報としたのが「背景」である．列車が，この場合は前景化・ストーリー化されて「終りのあるストーリー」として描き切られている．つまり，通常は情報の並列である「背景」がストーリーとして前景に出ることがある．そのストーリーが前景に強力に出現するため，背景となった人物は消えるか影だけとなる．

このような画風が，見る者に多数派とは異なる物語生成を促し，決まりきった見方との違いに気づかせ，独特の静謐感が生まれる．なお，この「独特の静謐感が生まれる」も稚拙ではあるが前述の「解説可能性としてのストーリー」における「解説」の例にはなるだろう．また，この「解説」は当然不完全であり，いつまでも続けていくことができるという特徴があるということを前述した．

もちろん，絵画という観点からは列車や照明灯の方が重要だろうし，そちらに注意が向いて「写真のような絵」となってしまう．しかし，人物の「背景」があることに気づくと，よく言われるようにASD者は細部や断片や部分に拘っているのではなく，多数派とは異なっているかもしれないが，独特の全体の意味（大局）を捉えていると理解できる．ASD者の説明によく使われる「部分対全体」や「細部対大局」という対比から，「ストーリー」と「背景」，つまり物語生成の構成プロセスとしての理解へと視点を変えたい．

このように，風景や物を対象とした場合には，前景化・ストーリー化が可能である．多数派も「解説可能性としてのストーリー」の解説を続けることができる．それが，自身が参加している人間の通常コミュニケーションという場面においては困難を生じるのである．このように多数派とASD者との違いは，前景化・ストーリー化をどの状況で行うのかにあったのである．

ここで述べたことの詳細については，刊行予定である（青木, in press).

文献

American Psychiatric Association (2013). @Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders@, Fifth Edition.（高橋三郎 ほか（監訳）(2014).『DSM-5 精神疾患の診断・統計マニュアル』（pp.49-57），医学書院.

青木慎一郎 (2017). 学習困難とストーリー生成.『日本認知科学会第 34 回大会発表論文集』, OS18-8.

青木慎一郎 (in press). 物語受容における「ストーリー」と「背景」への注目―物語生成論による自閉スペクトラム症の理解. 小方孝 (編著). 『ポストナラトロジーの諸相―人工知能の時代のナラトロジーに向けて』. 東京: 新曜社.

青木慎一郎・小方孝・小野淳平 (2018). ASD に見られる認知パターンと物語生成―「驚き」に注目して.『日本認知科学会第 35 回大会発表論文集』, P1-49.

別府哲 (2019). 自他理解と発達障害支援. 『教育と医学』, **67**(7), 52.

福島尚 (2017).『福島尚鉄道画集――線路は続くよ』二見書房.

Grandin, T. & Panek, R. (2013). *The Autistic Brain*. New York: Dunow, Carlson & Lemer Literary Agency. (中尾ゆかり 訳(2013). 『自閉症の脳を読み解く』. 東京: NHK 出版.)

Jaspers,K.(1948). Allgemeine Psychopathologie.（内村祐之・西丸四方 ほか（訳）(1953). 『ヤスパース精神病理学総論 上』岩波書店.

金井明人 (in press). 映像と現実, その異化. 小方孝 (編著).『ポストナラトロジーの諸相―人工知能の時代にナラトロジーに向けて』. 東京: 新曜社.

Lord,C.,Rutter,M., et al. (2012) ADOS-2 Autism Diagnostic Observation Schedule, Manual (Second

Edition). Western Psychological Services. （黒田美保・稲田尚子（監訳）(2015). 『ADOS-2 日本語版マニュアル 自閉症診断観察検査 第 2 版』金子書房.
三浦仁士・相川翼 (2019). 自閉症と知覚世界. 野尻英一 ほか（編著）.『〈自閉症学〉のすすめ――オーティズム・スタディーズの時代』ミネルヴァ書房.
永山智之(2013).二者状況と三者状況における体験から見た広範性発達障害. 『京都大学大学院教育学研究科紀要』59, 415-427.
新田義彦 (2019). 俳句における美意識について. 『日本認知科学会第 36 回大会発表論文集』, OS03-2, 433-435.
小方孝 (2018). 物語の分解から合成へ. 小方孝・川村洋次・金井明人. 『情報物語論―人工知能・認知・社会過程と物語生成』, 45-62. 東京: 白桃書房.
小野淳平・小方孝 (2018). 「ギャップ技法」を利用して「驚き」を作り出すストーリー生成の方法―テーブルトークロールプレイングゲームに基づく物語自動生成ゲームへの一アプローチ―. 『認知科学』, **24**(3), 410-430.
斎藤清二 ほか（編）(2010).『発達障害大学生支援への挑戦』, 35-42. 東京:金剛出版.

他者の数知覚の観察による潜在的影響の神経相関
Neural correlates for implicit influence of observation of others' numerical perceptions

小川 昭利[†]，亀田 達也[‡]，中谷 裕教[*]
Akitoshi Ogawa, Tatsuya Kameda, Hironori Nakatani
[†]順天堂大学，[‡]東京大学, [*]東海大学
Juntendo University, The University of Tokyo, Tokai University
a-ogawa@juntendo.ac.jp

概要
我々の知覚決定は，他者の観察によって暗黙のうちに影響を受け，低次な知覚さえも調整され得る．本研究では，他者の数認識の観察により，個人の数知覚がどのように暗黙的に調節されるか，その神経機構を調べた．実験の結果，他者の過大評価と過小評価を観察した後，数知覚が異なる調節がされ，上頭頂小葉の活動が異なることが示された．この結果は，他者の数認識の観察が数知覚の神経基盤に暗黙的に影響することを示唆する．

キーワード：機能的磁気共鳴画像法（fMRI），計算モデル，機能的結合，内側前頭前皮質，上頭頂小葉

1. はじめに

我々の知覚決定は，他者の決定や意見を観察することで洗練されていく[1-4]．このような社会的影響は，恐怖，痛み，評価などの幅広い認知において研究されてきた[5-14]．他者の知覚判断を観察することは，観察者の知覚を暗黙のうちに変化させる可能性があるが，このような他者の知覚観察の影響についての神経基盤は明らかではなかった．

他者の知覚を観察したことによる暗黙の影響は 2 つのプロセスから構成されると考えられる．第一は，他者の知覚を観察したときに，自己の知覚が他者の知覚と異なることを認識することである．二つ目は，自己と他者の知覚の不一致に基づく知覚の調整である．神経レベルでは，自他不一致を検出した領域が，その情報を知覚領域に送る．そして，知覚領域の活動が調整されると考えられる．

この仮説を検証するため，我々はヒトの基礎的知覚の一つである数知覚に着目した．多くの研究により，右上頭頂小葉（superior parietal lobule, SPL）が数知覚に関与していることが明らかにされている[15-28].また，数の情報（例えば，呈示された物体数）は SPL から頭頂間溝の領域における活動パターンから解読することができる[29-31].

本研究では，機能的磁気共鳴画像法（fMRI）実験の参加者は数知覚課題を行うとともに，他者の課題遂行を観察した．課題は，呈示されたドットの数が参照数よりも大きいかどうかの判別とした．その結果として，他者の数知覚の観察が参加者の知覚に影響を与えると予想した．これまでのイメージング研究では，内側前頭前野皮質（MPFC）が認知における自他不一致のフィードバックと関連していることが明らかにされている[10, 32-35]．このことから，他者の数知覚を観察する際に，MPFC が自己と他者の不一致の検出に関与していると予想した．また，SPL の数知覚関連領域は MPFC と機能的に結合し，他者の観察後に SPL の活動が調節され，SPL の活動の空間活動パターンが他者の数知覚の観察によって調整されることが予想された．

2. 方法

機能的磁気共鳴画像法（fMRI）実験では，大学生 21 名（男性 10 名と女性 11 名，18～21 歳，平均年齢 19.4 歳（標準偏差 0.92））が実験に参加した．参加者全員の視力は正常または正常値に補正されていた．参加者全員が実験前に書面によるインフォームドコンセント受けた．順天堂大学医学部の倫理委員会が本研究を承認した．参加報酬は 5,000 円だった．

課題は，呈示されたドットの数を推定し，推定した数が基準となる数（参照数）よりも大きいか小さいかを回答することであった（図 1A）．各参加者には，fMRI セッション（スキャニングセッション）が 5 回，ノースキャンセッションが 4 回あった（図 1B）．1 回目，5 回目，9 回目のセッション（セルフセッション）では，呈示されたドットの数を自分で推定した．3 回目と 7 回目のセッションでは，他者の課題遂行を観察した（観察セッション）．観察セッションの事前事後（2 回目，4 回目，6 回目，8 回目）では他者の反応を予測した（予測セッション，図 1B）．予測セッションではスキャンを行わなかった．予測セッションの結果から，参加者が他者の課題遂行を見ていたことを確認した．

各試行では，視角 15 度の範囲内のランダムな位置に

白いドットを 500 ミリ秒呈示した（刺激フェーズ，図 1A）．各ドットの大きさは視角 1 度であった．固視フェーズ（2，3，または 4 秒でジッター）の後，呈示ドット数が参照数（例えば，「X>35?"または "X<35?"）より大きいか小さいかの質問が現れた．「参照数よりも大きい」とする選択を Larger 選択と呼ぶこととする．呈示ドット数と参照数の関係は表 1 にまとめた. 参加者は，画面下部の左右に表示される「Yes」または「No」を 2 秒以内に選択した．セルフセッションの各試行では，Yes と No の選択肢は出現時に白色に着色され，参加者がボタンを押した直後に赤色に変化した．次の試行の前は固視期間とした（2，3，または 4 秒でジッター）．不等号（＞または＜），"Yes "と "No "の左右の位置は，参加者間でカウンターバランスされた.

最初のセッション(S1)では, 参加者は他者の影響を受けていないと前提した. 観察セッションでは, 過大評価者(OE)と過小評価者(UE)の課題遂行を観察した. OE の Larger 選択の確率は 69%，UE の Larger 選択の確率は 31%に設定した （図 S1）. OE と UE の順番は，参加者間でカウンターバランスした. 各試行で参加者は, 緑色で示された他者の選択に対応するボタンを押すように求められた. もう一方の選択肢は, セルフセッションと同様に白で示した. 参加者の選択は, 参加者がボタンを押した直後に赤色で示した．5 回目と 9 回目のセッションでは，参加者が自分で課題を遂行した（SO は OE の後のセルフセッション，SU は UE の後のセルフセッション）．各セルフセッションの最後に，7 点のリッカート尺度(1: 絶対に自信がない，4: 中立，7: 絶対に自信がある)を用いて，課題における自信の有無を回答した．参加者は，自己セッションで 48 試行，観察セッションで 96 試行を行った.

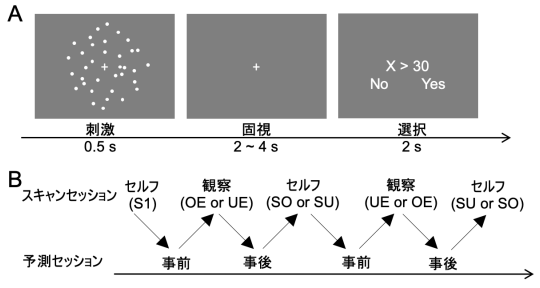


図 1　実験の概要．A. 実験課題．行動実験と fMRI 実験ともに，ドット数を推定する課題である．ドットの刺激が 0. 8 秒間呈示され，呈示ドット数についての識別を行う．参加者は質問に対して Yes または No のボタンを押す．**B.** セッションの順番.

表 1　呈示ドット数と参照数

セッション	ドット数	参照数
スキャン	22, 24, 26, 28, 32, 34, 36, or 38	30
	27, 29, 31, 33, 37, 39, 41, or 43	35
	32, 34, 36, 38, 42, 44, 46, or 48	40
予測	25 or 35	30
	30 or 40	35
	35 or 45	40

観察セッションで参加者は，他者の課題遂行を観察する前後に, 時間制限なしで相手の選択を予測した（図 1B）．各予測セッションでは，12 回の試行があり，呈示ドット数はスキャンセッションとは異なっていた．呈示ドット数と参照数の関係は表 1 の下段にまとめた.

fMRI 実験が始まる前に, セルフセッションと同じ 48 試行の練習を行った. また, 実験開始時の参加者間のばらつきを少なくするために，選択に対するフィードバック（正解・不正解）を選択フェーズの後 1 秒間表示した. スキャンセッションと予測セッションでは，フィードバックはなかった．刺激は MRI 装置の後部に設置した MRI 対応 32 インチ LCD（NordicNeuroLab）に表示された. 選択は MRI 対応のレスポンスパッド（Current Designs, USA）で記録した．刺激の呈示と選択の記録には，Matlab ソフトウェア（Mathworks 社）上で動作する Psychtoolbox[36]を使用した.

参加者の選択について, Larger 選択が SU セッションよりも SO セッションにおいて多いかどうかを調べ，参加者の数知覚に観察の影響があることを確認した．また，選択の自信と正確さの認識が脳の活性化に及ぼす影響を除外するために，自信と正確さがセルフセッション間で安定していることを確認した．選択内容は，ロジットモデルを用いた一般化線形混合モデルを用いて解析を行った. 過大評価と過小評価を観察した後, すなわち SO と SU セッションでの Larger 選択の割合への影響を比較した．また，OE セッションと UE セッションの事前セッションと事後セッションの予測値を比較し，参加者が他者の回答を注意深く見ていたことを確認した.

S1 セッションにおける参加者個人の回答を，心理測定関数としてロジットリンク関数を用いた一般化線形モデルを用いてモデル化した. この関数の入力である x

は，ドット数の対数と参照番号の対数の差である．この関数は，Larger の解答の確率を出力する．S1 セッションの参加者 i の心理測定関数を個別に同定したところ，以下の式のようになった．

$$P_i(x) = \frac{1}{1+exp\left(-(a^i+\beta_1^i x)\right)}$$

心理測定関数のパラメータであるa^iとβ_1^iは，Matlab ソフトウェア(Mathworks, Inc.)の Optimization Toolbox に搭載されている Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS)法を用いて推定した．

観察セッションにおける画像解析では，各参加者の Larger 選択を推定するために，各参加者の心理測定関数を使用した. 大きいと答えると推定した確率が 0.5 よりも大きければ，参加者は Larger 選択をしたと推定された. この推定結果から, 他者の選択と推定された参加者の選択とが，一致する(congruent, Con)か不一致(incongruent, Inc)かを各試行で推定した．

SO と SU セッションにおけるグループの心理測定関数を全参加者のデータから推定した．リンク関数を下記のロジスティック関数として，一般化線形混合モデルを用いた．

$$P(x) = \frac{1}{1+exp\left(-(a+\beta_1 x+\beta_{SO}x_{SO}+\beta_{SU}x_{SU})\right)}$$

ここで, x は，ドット数の対数と参照番号の対数との差である．SO と SU のセッションをダミー変数 x_{SO} と x_{SU} としてモデル化した．SO セッションのデータの場合は x_{SO}＝1，x_{SU}＝0，SU セッションのデータの場合は x_{SO}＝0, x_{SU}＝1 とした．OE と UE の影響を反映した SO セッションと SU セッションのベータ推定値を求めて比較した. 参加者はランダム効果として扱った. パラメータは，BFGS 法を用いて再度推定した．

シーメンスの Prisma 3T MR スキャナで，64ch の頭頸部コイルを使用して画像を取得した．参加者の頭部の動きはクッションにより最小限に抑えた．機能画像は, マルチバンドエコープラナーイメージング法[37, 38]を用いて, 血中酸素濃度依存性画像 (66 スライス, 192mm×192mm×132mm，面内分解能=96×96，画素サイズ=2mm×2mm，厚さ=2mm，ギャップなし，TR=1.0 秒, TE=30 ミリ秒 ms）を用いて取得した（マルチバンドファクター=6）．各 fMRI セッションで 418 画像を取得した．課題を開始する前に MP-RAGE プロトコルを用いて T1 強調画像（分解能＝1mm 等方性）を取得した．

取得した画像を処理するため，Matlab 上で動作する SPM12 （Wellcome Department of Cognitive Neurology, University College London）を使用した．前処理では，スライスタイミング補正, スキャン間位置調整, 標準脳の MNI（モントリオール神経研究所）空間への正規化，および空間平滑化（等方性 FWHM=8mm）を行った．低周波ノイズを除去するためにハイパスフィルタ（カットオフ=128 秒）を使用した．機能画像の前処理を行った後，クラスター形成閾値を P＜0.001，クラスターサイズ閾値を k＞100 とし，以下に説明する 2 つの異なる一般線形モデル（GLM1 および GLM2）による解析を実行した．単変量解析と多ボクセルパターン解析と機能的結合解析における一貫性のために，共通の関心領域（ROI）を定義して使用した．上頭頂小葉の数知覚に関連する ROI は，Santens らが報告している[x = 21, y = -63, z = 57]を中心とした半径 8mm の球体で定義した[21].

GLM1 では，刺激フェーズのドット数に対する脳の活性化を全スキャンセッションにわたって調べた．刺激フェーズと選択フェーズを条件として設定し，呈示ドット数の対数を刺激フェーズにおけるパラメトリックモジュレーションとした．GLM2 では，選択フェーズにおいて，他者の選択と推定された参加者の選択の不一致に関連する脳領域を求めた. そのため, OE と UE セッションにおいて，刺激フェーズの条件と選択フェーズの Con と Inc の 2 つの条件の計 3 条件を設定した. 相手の数知覚が参加者の知覚と異なることの認識に対応する脳活動を Inc＞Con のコントラストにより調べた. 個人ごとの GLM では，fMRI 信号の時間的自己相関を補正するために SPM12 の FAST オプションを使用した[39]．両 GLM には，頭部の動きの標準的な 6 つの無関心回帰子に加えて，心拍と呼吸の無関心回帰子も計画行列に含めた[40, 41].

他者の過大評価と過小評価を観察した後，数知覚に関連する上頭頂小葉（SPL）の活動に違いがあるかを調べた．SPL の関心領域（ROI）における脳活動は，MarsBaR[42]を用いて，3 つの連続したドット数の範囲（n<30，40>n>30，n>40）について別々に抽出した．反復測定 ANOVA により，数字の範囲（n<30 / 40>n>30 / n>40）と他者観察後の自己セッション（SO / SU）についての SPL の活動の解析を行った. この解析のために, 刺激フェーズでの数の範囲についての 3 つの条件と選択フェーズの条件を含む，別の GLM を実行した．

観察セッションの選択フェーズにおける SPL の機能的結合について，MPFC の活動で前後 2 つのピークが確認されたことから，MPFC の前部と後部のどちらに SPL が機能的結合しているかを調べた．観察セッションの選択フェーズにおける機能的結合解析では，SPL をシードとして MPFC の前部と後部をターゲットとして機能的結合の強さを比較した（前部，[x = 6, y = 30, z = 42]，後部，[x = 0, y = 20, z = 50]，下記のイメージング結果を参照）. この解析では, MPFC の前部と後部の ROI（aMPFC と pMPFC）は，両ピークを中心とした 8mm の球体として定義した．機能的結合解析には gPPI ツールボックス[43]を用いた. 機能的結合の強さ（すなわち，PPI のベータ推定値）は，SPL-aMPFC と SPL-pMPFC のそれぞれについて，MarsBaR を用いて抽出し（Brett et al., 2002），ROI (aMPFC / pMPFC)と一致性(Inc / Con)についての二元配置反復測定 ANOVA を行った.

3. 結果

S1 のセッションでは Larger 選択が 40%だった．他者の選択を観察後は，SO セッションの方が SU セッション よりも Larger 選択が多くなった（SO, 42%; SU, 37%; paired t test, t(20) = 2.34, P = 0.030, 図 2A）．正答率はすべてのセルフセッションで同様だった（S1，70±8%（平均±標準偏差），SO，67±8%，SU，66±8%）.

図 2B は，OE 事後セッションでは，他者が Larger 選択を多くすることを参加者が予測していたことを示した(OE 事前, 37%; OE 事後, 58%, paired t test, t20 = 3.58, P = 0.0019). 対照的に，過小評価者の回答を観察した前後で，参加者の予測は変化しなかった（UE 事前, 42%; UE 事後, 37%; paired t test, t(20) = 1.01, P = .32）．参加者は平均的に過小評価者であったため，過小評価者の選択の予測は，観察の前後で似たものとなった可能性がある．参加者は，OE 事後の方が UE 事後よりも多く Larger 選択を予測していた（t(20) = 3.41, P = 0.0028）.

一般化線形モデルのロジットモデルを用いて，S1 セッションでの個人の心理測定関数を同定した．この心理測定関数は, 参加者の選択を推定し, 推定された選択と他者の選択との不一致に関連する脳領域を調べるために，機能画像の解析において使用した.

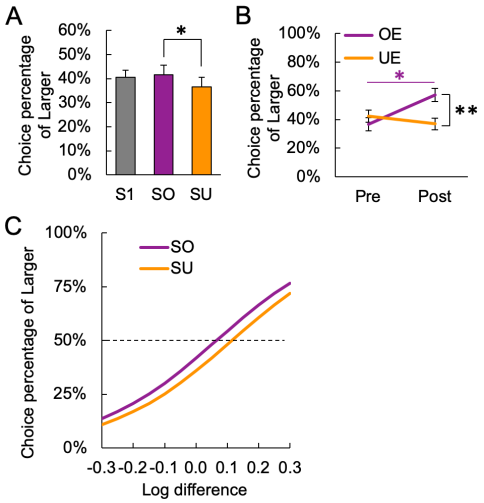


図 2 行動結果. A. S1,SU,SO の各セッションにおける Larger の選択率. **B.** 予測セッションの結果. **C.** SO セッションと SU セッションにおけるグループの心理測定関数. 一般化線形モデル回帰の結果，SO セッションと SU セッションの効果が有意に異なることが示された.

一般化線形混合モデルの結果，SO セッションのロジットモデルのベータ値（0.08 ; 95%CI, -0.12～0.29）は SU セッションのベータ値(-0.27;95%CI, -0.43～-0.02)よりも有意に大きいことが示された．つまり，SO セッションと SU セッションに分割した心理測定関数は，主観的平等点が有意に異なっていたといえる（図 2C）.

GLM1 の結果，一次視覚野（V1）の活動が呈示ドット数の対数に関連していることが示された. 左 V1 の活動が有意だった（ピーク[x = -12, y = -92, z = -12]，ピーク Z 値=3.99，クラスターサイズ=226，クラスターレベル P-FWE = 0.047）．一方，右 V1 の活動は有意傾向だった（ピーク[x = 16, y = -90, z=-8]，ピーク Z 値=4.70，クラスターサイズ=197，クラスターレベル P-FWE = 0.073）．SPL の活動は，クラスタ形成閾値には達しなかったが，ROI 解析では有意だった.

GLM2 では，推定された参加者の選択と他者の選択との不一致に関連する脳領域を調べた．参加者の選択を心理測定関数より求めて, 他者の選択との一致・不一致を推定した．不一致の脳活動を示す Inc > Con のコントラストは，MPFC の活動が有意であることを示した（クラスターサイズ=365，クラスターレベル P-FWE=.013，図 3）．また，この活動には局所ピークが前後に 2 つ観測された.

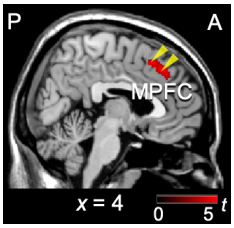


図 3　自他不一致に関わる脳活動. 観察セッションの選択フェーズにおいて，推定された参加者の選択と他者の選択の不一致において，内側前頭前皮質（MPFC）の活動が見られた．矢印は 2 つの局所ピークの y-z 位置を示す.

ドット数の3つの連続した範囲（n<30 / 30<n<40 / n>40）に対する SPL の活動が，SO セッションと SU セッションの間で異なるかどうかを調べた. セッション（SO / SU）と範囲（n<30 / 30<n<40 / n>40）の二元配置反復測定 ANOVA は，有意な交互作用を示し（F2,40 = 3.97，P = 0.027，図 4A），セッション（F1,20 = 0.02，P = 0.88）と範囲（F2,40 = 2.39，P = 0.104）の有意な主効果は認められなかった．このことは，SPL の活動が SO セッションと SU セッションではドット数範囲に対して異なることを示す.

上記の SPL の ROI の解析結果を補強するため，右 V1 の ROI を，提示されたドット数[x = 16, y = -90, z = -8]のパラメトリック変調のピークを中心とした半径 8mm の球体として定義した．SPL ROI が右半球に位置していたので，右 V1 を ROI とした．V1 の活性化のためのセッション（SO / SU）とドット数の範囲（n<30 / 30<n<40 / n>40）の二元配置反復測定 ANOVA は，有意な効果を示さなかった（セッションの主効果，F(1,20) = 0.46，P = 0.50；ドット数範囲の主効果，F(2,40) = 1.25，P = 0.30；交互作用（F(2,40) = 1.84 P = 0.17）（図 4B）.

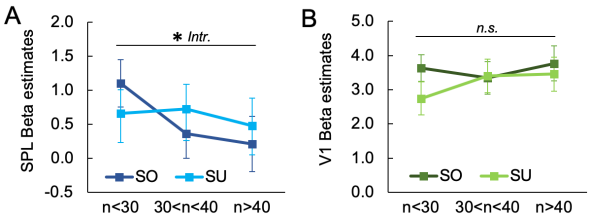


図 4　脳活動の ROI 解析結果. A. 上頭頂小葉（SPL）の活動．セッションとドット数範囲の交互作用が有意である. **B.** 一次視覚野の活動. SPL とは対照的に，SO セッションと SU セッションの両方において，同様なレベルの活動が観測された.

SPL ROI をシード領域とし，観察セッションの選択フェーズにおいて，SPL-pMPFC の前・後 MPFC ROI との機能的結合を検討した．ROI（aMPFC / pMPFC）と一致性（Inc / Con）についての二元配置反復測定 ANOVA の結果，SPL-aMPFC よりも SPL-pMPFC の方が，機能的結合が有意に強いことが示された（F(1,20) = 20.7, P < 0.001, 図 5）．一致性（Inc / Con）の有意差は認められなかった（F(1,20) = 1.6, P = 0.22）．交互作用も同様に有意ではなかった（F(1,20) = 1.3, P = 0.27）.

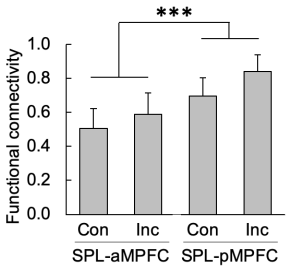


図 5　機能的結合の ROI 解析結果. 観察セッションにおいて，SPL と aMPFC/pMPFC の機能的結合を比較したところ，SPL-p-MPFC の機能的結合は，SPL-a-MPFC の機能的結合よりも有意に強かった．SPL-pMPFC の機能的結合は，SPL-aMPFC の機能的接続性よりも有意に強かった.

4.　議論

本研究では，他者の数知覚を観察することが暗黙のうちに自己の数知覚に与える影響とその神経相関を調べた．行動結果から，参加者の数知覚は，他者の過大評価を観察した後の方が過小評価を観察した後よりも過大評価にシフトしていた．モデルに基づいたイメージング解析の結果，推定された参加者の選択と他者の選択との不一致に対して MPFC が活動することが示された．活動した MPFC の後部は，前部に比べて，数知覚に関連する SPL と機能的に結合していた．SPL は SO 条件と SU 条件で異なる活性化のパターンを示した.

本研究で呈示されたドット数の範囲（22 から 48 まで）では，ドットの密度が数値評価に影響を与える可能性がある[44-47]. 本研究では，密度は呈示ドット数の手がかりの一つとなり得る. 密度情報はおそらく V1 の活動に反映されるだろう.

観察セッションでは，参加者は自らの選択を求められなかった．これは，他者の数知覚と参加者の数知覚を明示的にフィードバックする先行研究とは異なる点で

ある[32-35, 48]. 参加者は呈示されたドット数を内発的に推定し，頭の中で自分の推定値と示された他者の推定値との間の不一致を認識していたのだろう[49]. 我々の予測通り，自他の数知覚の不一致の認識には MPFC の活動が見られた.

機能的結合解析の結果，MPFC と SPL は，他者の推定の観測において，他者の選択と推定された参加者の選択が一致していなくても，コミュニケーションをとっていることが示された. また, MPFC の活動の局所ピークで機能的結合を比較したところ，MPFC と SPL の間では, MPFC の後部の方が, 機能的結合が高いことがわかった. 先行研究[50, 51]と同様に, この結果は, MPFC の後部が主に自他不一致の検出に関与し，その後に知覚の調整が起こることを示唆する.

本研究では，他者の数知覚を観察することが，観察者の数知覚に与える影響について，行動と神経相関を調べた. その結果, 他者の過大評価と過小評価を観察した後では，参加者の数知覚が異なることが明らかになった. イメージングの結果, 一次視覚野の活動がドット数と関連していたのに対し，他者の選択と推定された参加者の選択の不一致に対して MPFC が活動していた. 他者の過大評価と過小評価を観察した後では，数知覚に関連する SPL の活動が異なっていた．この SPL の領域は，後部の MPFC と機能的に結合していた．これらの結果は, 他者の数知覚を観察することで, MPFC で自他不一致が検出され，それに続いて，SPL の活動が調節されていることを示唆している.

文献

[1] Kelman, H.C. (1958) “Compliance, identification, and internalization three processes of attitude change”, *Journal of Conflict Resolution*, Vol. 2, pp. 51-60.

[2] Cialdini, R.B., Goldstein, N.J. (2004) “Social Influence: Compliance and Conformity”, *Annual Review of Psycholo*gy, Vol. 55, pp. 591-621.

[3] Koban, L., Jepma, M., Geuter, S., Wager, T.D. (2017) “What’s in a word? How instructions, suggestions, and social information change pain and emotion”, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, Vol. 81, pp. 29-42.

[4] Sowden, S., Koletsi, S., Lymberopoulos, E., Militaru, E., Catmur, C., Bird, G. (2018) “Quantifying compliance and acceptance through public and private social conformity. *Consciousness and Cognition*, Vol. 65, pp. 359-367.

[5] Olsson, A., Nearing, K.I., Phelps, E.A. (2007) Learning fears by observing others: The neural systems of social fear transmission. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, Vol. 2, pp. 3-11.

[6] Olsson, A., Phelps, E.A. (2007) Social learning of fear. *Nature Neuroscience*, Vol. 10, pp. 1095-1102.

[7] Campbell-Meiklejohn, D.K., Bach, D.R., Roepstorff, A., Dolan, R.J., Frith, C.D. (2010) How the opinion of others affects our valuation of objects. *Current Biology*, Vol. 20, pp. 1165-1170.

[8] Goubert, L., Vlaeyen, J.W., Crombez, G., Craig, K.D. (2011) Learning about pain from others: an observational learning account. *Journal of Pain*, Vol. 12, pp. 167-174.

[9] Huang, Y., Kendrick, K.M., Yu, R. (2014) Conformity to the Opinions of Other People Lasts for No More Than 3 Days. *Psychological Science*, Vol. 25, pp. 1388-1393.

[10] Chung, D., Christopoulos, G.I., King-Casas, B., Ball, S.B., Chiu, P.H. (2015) Social signals of safety and risk confer utility and have asymmetric effects on observers’ choices. *Nature Neuroscience*, Vol. 18, pp. 912-916.

[11] Nook, E.C., Zaki, J. (2015) Social norms shift behavioral and neural responses to foods. *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 27, pp. 1412-1426.

[12] Suzuki, S., Jensen, E.L.S., Bossaerts, P., O’Doherty, J.P. (2016) Behavioral contagion during learning about another agent’s risk-preferences acts on the neural representation of decision-risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 113, pp. 3755-3760.

[13] Lindström, B., Golkar, A., Jangard, S., Tobler, P.N., Olsson, A. (2019) Social threat learning transfers to decision making in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 116, pp. 4732-4737.

[14] Murata, A., Nishida, H., Watanabe, K., Kameda, T. (2020) Convergence of physiological responses to pain during face-to-face interaction. *Scientific Reports*, Vol. 10, 450.

[15] Fink, G.R., Marshall, J.C., Gurd, J., Weiss, P.H., Zafiris, O., Shah, N.J., Zilles, K. (2001) Deriving numerosity and shape from identical visual displays. *Neuroimage*, Vol. 13, pp. 46-55.

[16] Piazza, M., Izard, V., Pinel, P., Le Bihan, D., Dehaene, S. (2004) Tuning curves for approximate numerosity in the human intraparietal sulcus. *Neuron*, Vol. 44, pp. 547-555.

[17] Shuman, M., Kanwisher, N. (2004) Numerical Magnitude in the Human Parietal Lobe: Tests of Representational Generality and Domain Specificity. *Neuron*, Vol. 44, pp. 557-569.

[18] Nieder, A. (2005) Counting on neurons: the neurobiology of numerical competence. *Nature reviews. Neuroscience*, Vol. 6, pp. 177-190.

[19] Piazza, M., Pinel, P., Le Bihan, D., Dehaene, S. (2007) A Magnitude Code Common to Numerosities and Number Symbols in Human Intraparietal Cortex. *Neuron*, Vol. 53, pp. 293-305.

[20] Roitman, J.D., Brannon, E.M., Platt, M.L. (2007) Monotonic coding of numerosity in macaque lateral intraparietal area. *PLoS Biology*, Vol. 5, pp. 1672-1682.

[21] Santens, S., Roggeman, C., Fias, W., Verguts, T. (2010) Number processing pathways in human parietal cortex. *Cerebral Cortex*, Vol. 20, pp. 77-88.

[22] Harvey, B.M., Klein, B.P., Petridou, N., Dumoulin, S.O., 2013. Topographic representation of numerosity in the human parietal cortex. *Science*, Vol. 341, pp. 1123-1126.

[23] Hayashi, M.J., Kanai, R., Tanabe, H.C., Yoshida, Y., Carlson, S., Walsh, V., Sadato, N. (2013) Interaction of Numerosity and Time in Prefrontal and Parietal Cortex. *Journal of Neuroscience*, Vol. 33, pp. 883-893.

[24] Holloway, I.D., Battista, C., Vogel, S.E., Ansari, D. (2013). Semantic and perceptual processing of number symbols: evidence from a cross-linguistic fMRI adaptation study. *Journal of cognitive neuroscience*, Vol. 25, pp. 388-400.

[25] Park, J., Park, D.C., Polk, T.A. (2013) Parietal Functional Connectivity in Numerical Cognition. *Cerebral Cortex*, Vol. 23, pp. 2127-2135.

[26] Javadi, A.H., Brunec, I.K., Walsh, V., Penny, W.D., Spiers, H.J. (2014) Transcranial electrical brain stimulation modulates neuronal tuning curves in perception of numerosity and duration. *NeuroImage*, Vol. 102, pp. 451-457.

[27] Wei, W., Chen, C., Yang, T., Zhang, H., Zhou, X. (2014) Dissociated neural correlates of quantity processing of quantifiers, numbers, and numerosities. *Human brain mapping*,

Vol. 35, pp. 444–454.
[28] Harvey, B.M., Fracasso, A., Petridou, N., Dumoulin, S.O., (2015) Topographic representations of object size and relationships with numerosity reveal generalized quantity processing in human parietal cortex. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, Vol. 112, pp. 13525-13530.
[29] Eger, E., Michel, V., Thirion, B., Amadon, A., Dehaene, S., Kleinschmidt, A. (2009) Deciphering Cortical Number Coding from Human Brain Activity Patterns. *Current Biology*, Vol. 19, pp. 1608-1615.
[30] Damarla, S.R., Just, M.A. (2013) Decoding the representation of numerical values from brain activation patterns. *Human brain mapping*, Vol. 34, pp. 2624-2634.
[31] Castaldi, E., Aagten-Murphy, D., Tosetti, M., Burr, D., Morrone, M.C. (2016) Effects of adaptation on numerosity decoding in the human brain. *Neuroimage*, Vol. 143, pp. 364-377.
[32] Klucharev, V., Hytönen, K., Rijpkema, M., Smidts, A., Fernández, G. (2009) Reinforcement Learning Signal Predicts Social Conformity. *Neuron*, Vol. 61, pp. 140-151.
[33] Klucharev, V., Munneke, M.A.M., Smidts, A., Fernández, G. (2011) Downregulation of the posterior medial frontal cortex prevents social conformity. *Journal of Neuroscience*, Vol. 31, pp. 11934–11940.
[34] Izuma, K. (2013). The neural basis of social influence and attitude change. *Current Opinion in Neurobiology*, Vol. 23, pp. 456-462.
[35] Toelch, U., Dolan, R.J. (2015) Informational and Normative Influences in Conformity from a Neurocomputational Perspective. *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 19, pp. 579-589.
[36] Brainard, D.H., (1997) The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, Vol. 10, pp. 433-436.
[37] Feinberg, D.A., Moeller, S., Smith, S.M., Auerbach, E., Ramanna, S., Gunther, M., Glasser, M.F., Miller, K.L., Ugurbil, K., Yacoub, E. (2010) Multiplexed echo planar imaging for sub-second whole brain FMRI and fast diffusion imaging. *PLoS One*, Vol. 5, e15710.
[38] Xu, J., Moeller, S., Auerbach, E.J., Strupp, J., Smith, S.M., Feinberg, D.A., Yacoub, E., Uğurbil, K. (2013) Evaluation of slice accelerations using multiband echo planar imaging at 3T. *NeuroImage*, Vol. 83, pp. 991-1001.
[39] Corbin, N., Todd, N., Friston, K.J., Callaghan, M.F. (2018) Accurate modeling of temporal correlations in rapidly sampled fMRI time series. *Human Brain Mapping*, Vol. 39, pp. 3884-3897.
[40] Birn, R.M., Diamond, J.B., Smith, M.A., Bandettini, P.A. (2006) Separating respiratory-variation-related fluctuations from neuronal-activity-related fluctuations in fMRI. *NeuroImage*, Vol. 31, pp. 1536-1548.
[41] Chang, C., Cunningham, J.P., Glover, G.H. (2009) Influence of heart rate on the BOLD signal: The cardiac response function. *Neuroimage*, Vol. 44, pp. 857-869.
[42] Brett, M., Anton, J.-L., Valabregue, R., Poline, J.-B. (2002) Region of interest analysis using an SPM toolbox. Organization for Human Brain Mapping annual meeting, Sendai, Japan.
[43] McLaren, D.G., Ries, M.L., Xu, G., Johnson, S.C. (2012) A generalized form of context-dependent psychophysiological interactions (gPPI): A comparison to standard approaches. *NeuroImage*, Vol. 61, pp. 1277-1286.
[44] Gebuis, T., Reynvoet, B. (2012) Continuous visual properties explain neural responses to nonsymbolic number. *Psychophysiology*, Vol. 49, pp. 1649-1659.
[45] Tibber, M.S., Greenwood, J.A., Dakin, S.C. (2012) Number and density discrimination rely on a common metric: Similar psychophysical effects of size, contrast, and divided attention. *Journal of Vision*, Vol. 12, 8.
[46] Anobile, G., Cicchini, G.M., Burr, D.C. (2014) Separate Mechanisms for Perception of Numerosity and Density. *Psychological Science*, Vol. 25, pp. 265-70.
[47] Zimmermann, E., Fink, G.R. (2016) Numerosity perception after size adaptation. *Scientific Reports*, Vol. 6, 32810.
[48] Wake, S.J., Aoki, R., Nakahara, K., Izuma, K. (2019) Elucidating the role of the posterior medial frontal cortex in social conflict processing. *Neuropsychologia*, Vol. 132, 107124.
[49] Tamir, D.I., Mitchell, J.P. (2010) Neural correlates of anchoring-and-adjustment during mentalizing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 107, pp. 10827–10832.
[50] Izuma, K., Adolphs, R. (2013) Social manipulation of preference in the human brain. *Neuron*, Vol. 78, pp. 563-573.
[51] Wu, H., Luo, Y., Feng, C. (2016) Neural signatures of social conformity: A coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis of functional brain imaging studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, Vol. 71, pp. 101-111.

日本語オノマトペにおける情報伝達性の変化要因の特定に向けて
Toward Identifying Factors Which Influence Communicability of Japanese Onomatopoeia.

宮本　真希[†]，日髙　昇平[†]
Maki Miyamoto, Shohei Hidaka

[†]北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
jaist1810180_miyamoto@jaist.ac.jp

概要

同じ言語を共有しない話者間における「言葉の壁」の要因の一つは，言語の恣意性にあると考えられる。そこで，音声と指示内容の結びつきは完全に恣意的ではないことを示すブーバ・キキ効果を利用することで，限定的な状況であれば，話し手の伝えたい内容を聞き手に伝えられるのではないかと考えた。オノマトペは，音声と指示内容の間の関係が強いと考えられており，ブーバ・キキ効果が起きやすいと予想されるため，本研究ではオノマトペの指示内容の伝わりやすさを検証する。

キーワード：言語の恣意性，ブーバ・キキ効果，オノマトペ，情報伝達

1. はじめに

話し手と聞き手が同じ言語を共有していない場合，音声による情報伝達では 2 話者間に存在する「言葉の壁」によって，情報伝達がうまくできない場合がある。両者が，情報伝達に必要な言語を習得している状態が理想ではあるが，現実的には難しい。そこで，本研究では，「言葉の壁」を越えた音声による情報伝達は可能であるか，またどのような条件によって可能となるのか，を問いとする。

1.1 音声による情報伝達と言語の恣意性

音声による情報伝達では，話し手が伝えたい内容を音声に変換する，音声が空気中を伝わり聞き手に届く，聞き手が受け取った音声から内容を想起するという過程をたどる。内容の音声化と音声から内容を想起する処理は，音声と内容の対応を規定する規則に基づいて行われるが，この規則は言語ごとに異なっている。同じ言語を共有している場合の理想的な情報伝達とは，話し手と聞き手が同じ規則に基づいて音声と内容の変換をし，伝達前後で両者の内容が一致している状態のことをいう [1] 。一方で，聞き手が話し手と同じ言語を共有していない状態，すなわち聞き手が話し手と異なる規則に基づいて音声から内容を想起する状態では，話し手の音声に対して，聞き手は話し手とは異なる内容を想起する，もしくは聞き手側の規則にその音声自体が存在せず，想起される内容も存在しない可能性がある。このため，聞き手が話し手の音声から想起する内容は，同じ言語を共有していない限り一意には定まらないのがふつうである。これは言語の恣意性 [2] によるもので，話し手と同じ言語を共有しない聞き手間の「言葉の壁」の要因の一つと考えられる。

1.2 ブーバ・キキ効果

言語は恣意的とされる一方で，ある音声とその指示内容の間には，強い結びつきがある可能性を示唆する報告がある。Ramachandran & Hubbard による研究では，実験参加者に‘bouba’と‘kiki’の音声を聞かせ，2 種類の図形（曲線形，直線形）と対応付けさせると，95%の参加者が‘bouba’と曲線形，‘kiki’と直線形を対応付けたと報告した [3] 。このように，ある音声に対して，その指示内容を推測させると，チャンスレベルを超えて偏って選択される現象はブーバ・キキ効果と呼ばれ，音声とその指示内容の関係は完全に恣意的ではないことを示唆する重要な知見といえる。

1.3 研究目的

本研究では，話し手と同じ言語を共有しない聞き手が，発せられた音声に対応する内容を各々が選択肢から選択するという限定的な状況であれば，このブーバ・キキ効果を利用することで，恣意性を超えて聞き手に情報伝達が可能であると考えた。以上から，本研究の目的は，聞き手が未知とした話し手の単語音声による情報伝達性を変化させる要因を明らかにすること，とする。ここでいう情報伝達性とは，限られた選択肢の中から話し手によって選ばれた内容と，話し手がどの内容を選んだかを知らされていない聞き手が，話し手と同じ選択肢を推測できる確率として定義する。

2. 方法

予備実験として，日本語の日常語の内容が，その単語の音声のみによって日本語の知識に乏しい非日本語母語話者の聞き手にどの程度伝達できるのかを検証する。実験では，話し手の音声に相当する日本語の日常語の音声刺激を，聞き手に相当する日本語を未知の言語とする実験参加者に聞いてもらい，その音声が指すと推測される内容を選択肢から選択してもらう。音声刺激には，日常語の中でも一般に恣意性の低いとされるオノマトペ（擬音語・擬態語）を使用することで，情報伝達が成功しやすい状態を作る。オノマトペの持つ意味は，日本語母語話者複数人が選択した意味として定義し，実験参加者には，オノマトペの音声から推測される意味を選択肢の中から選択してもらう。このとき日本語母語話者が選んだ意味と非日本語母語話者である実験参加者が選んだ意味が一致していた場合，情報伝達は成功したといえる。

本研究では，実験者が日本語母語話者であることに加え，その語彙の豊富さから，日本語オノマトペを音声刺激として使用する。日本語オノマトペは，まず清水らの方法 [4] に倣い，日本語音韻を組み合わせて機械的に ABAB 型オノマトペのような語を生成し，日本語母語話者数名により日本語オノマトペと容認できる語を選定してもらう。実験刺激として使用する日本語オノマトペは，この予備調査で得られたものの中から意味などのカテゴリを考慮して選定する。また，選択肢として用意する音声の指示内容は，視覚刺激を提示する。提示する視覚刺激は，Ramachandran & Hubbard によるブーバ・キキ効果の実験で提示されたものと類似する線画を複数作成し，使用する。

大会での発表では，以上の予備実験までの結果を報告することを予定している。

3. 展望

予備実験の結果を受け，刺激とするオノマトペの音声条件を変えて同じ方法で本実験を行う。オノマトペの意味はあらかじめ実験的に定義していることから操作ができないため，音声を操作することにより実験参加者が選択を変更するか否かを検証する。選択が変更された場合，その音声特性が選択に影響を与えたことがわかるため，情報伝達性の変化を決める要因として明らかにできる。

参考文献

[1] 池上嘉彦 (1984). 記号論への招待, 岩波書店
[2] De Saussure, F. (2011) Course in General Linguistics, Columbia University Press.
[3] Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2001) Synaesthesia--a window into perception, thought and language., Journal of consciousness studies 8(12), 3-34.
[4] 清水祐一郎, 土斐崎龍一, & 坂本真樹 (2014) オノマトペごとの微細な印象を推定するシステム, 人工知能学会論文誌 29(1), 41-52.

味覚教育の効果：児童のイメージマップの変化から
The Effects of Taste Education: Focusing on the Change of Image Map Created by School Children

大森 玲子†，上原秀一†，久保元芳†，宮代こずゑ†
Reiko Ohmori, Shuichi Uehara, Motoyoshi Kubo and Kozue Miyashiro
†宇都宮大学
Utsunomiya University
miyashiro@cc.utsunomiya-u.ac.jp

概要
本研究は，フランスにてJacques Puisaisが1975年に始めた味覚教育の理論を援用し，小学生を対象とした味覚教育の実践を行ったものである。その効果についてイメージマップに着目して検討を行った結果，「おいしさ」という刺激語から連想される語の数，およびリンク階層数のいずれについても，活動後のほうが活動前より増加していることが示された。また活動後の連想語の内容から，「あじ」は味覚を含めた五感のいずれからも生じ得るという学習が味覚教育によって促進されている可能性が示唆された。

キーワード：味覚教育(taste education)，多感覚統合(multisensory integration)，おいしさ(deliciousness)

1. はじめに

1-1. 食と健康

食が人々の生活や健康状態にもたらす影響については多くの研究がなされている。たとえば小学校高学年を対象に質問紙調査を行った越川・奥田・村井(2007)[1]は，今朝の朝食を楽しんだと回答した児童はそうでない児童と比べて，積極的学習態度（「集中して勉強できる」，「手をよくあげる」等の6項目）に当てはまると答えた割合が有意に多かった。

平成16年の「食を通じた子どもの健全育成(ーいわゆる「食育」の視点からー)のあり方に関する検討会」の報告書である「楽しく食べる子どもにー食からはじまる健やかガイドー」（厚生労働省，2004）[2]，また平成17年の食育基本法（農林水産省，2005）[3]により，食育の重要性はますます認知されてきているといえる。近年，食に関するQOL（diet-related quality of life）に着目した研究が増えてきた（たとえば，會退・赤松・林，武見2012；江崎，2017）[4][5]こともその表れであろう。

こうした食に関するQOLを向上させるための試みの中で，その関連要因についてはいくつか検討がなされている。たとえば中学生を対象とした質問紙調査を行った江崎（2017）[5]は，朝食および夕食の献立数，一緒に食卓を囲む人数，食事に関する手伝いをすることが，共食に対する肯定的な態度を媒介して食に関するQOLの高さへつながっていることを示した。

1-2. 食のマルチモーダル性：「おいしさ」の生起

食べ物を食べるという行為には様々な情報処理が関わっている。「あじ」が味覚だけではなく五感すべての情報を統合して生じているということの根拠として，味覚以外の情報が味覚に影響を及ぼしていることが数多く報告されてきた。和田（2019）[6]は，人が「あじ」を知覚する際の多感覚統合に関する先行研究を概観している。

このように，五感を介した「あじ」が知覚された後，「おいしさ」が生起すると考えらえる。堀尾・池田（2016）[7]は，視覚刺激と嗅覚刺激が「おいしさ」に及ぼす影響について検討するため，桃味の清涼飲料水（無色／赤の色素を添加したもの）について，鼻をつまんで飲む場合とそうでない場合とで「おいしい」という回答が得られる割合について比較を行った。その結果，視覚刺激によるおいしさ変化については有意な結果が得られなかったものの，嗅覚刺激の有無によって「おいしさ」に影響を与えていることが示された。相良（2007）[8]は物理化学的情報からの「おいしさ」の生起過程に関する基礎的なモデルについて，以下のようにまとめている。「まず食品の物理化学的属性が味覚・嗅覚・触覚により甘味や酸味として知覚され（経路①），知覚と食嗜好が合致するときに（経路②），感情変化，すなわち『おいしさ』が生じる」。さらに「食品の付加情報が視聴覚により認知され(経路③)，認知に関連する記憶ないし知識が想起され，それらに付随する感情が生じるとする経路（経路④）が考えられる」。また横越（2011）[9]によれば，「我々の体は，食事を摂取する前から変動している。すなわち，おいしそうな食事を見ただけで，焼肉の焼けるにおいやジュージューという音，そして，食べた時の味によって影響される。これらは、すべて五感を介した反応であり，食事による満足感は，これによるところが大きい」

と述べている。

1-3. 味覚教育とは

これらのことからは，食べるという行為の中で五感に注意を向けることにより「おいしさ」を感じやすくなり，食に関するQOLも向上させることができると考えられる。近年日本でも，フランスでJacques Puisaisが1975年に始めた味覚教育が注目されているが，これは飲食における五感の働きに意識を向けることを促すものである。このPuisaisによる理論を援用し小学生へ向けた味覚教育を実践した例については，これまでにもいくつか報告がなされている（たとえば，上田・太田原・永井，2015；吉田・平島・磯部，2016；大森・佐藤・露久保・田尻・久保・上原，2017）[10][11][12]。

1-4. 本研究の目的

そこで本研究では小学校4～6年生の児童を対象に味覚教育プログラムを実施し，その前後で「おいしさ」の捉え方がどのように変化するかについての検討を行う。効果検証の方法として，「おいしさ」を刺激語としたイメージマップを用いた調査を実施した。これは刺激語「おいしさ」から語を自由に連想させ紙に書かせ，連想された語の数および内容に着目して分析を行う（水越・吉崎・三宅，1980；三宅・久保田・黒上・岸磨，2017）[13][14]というもので，対象者が意識していない知識獲得状況を測定し得る方法であるとされる（三宅，1998）[15]。

2. 方法

2-1. 参加者

関東の大学にて開催された味覚教育プログラム（2018年度および2019年度に開催）へ応募した，関東の小学校4～6年生31名（表1）。

2-2. 手続き

当日は児童と保護者の他に，講師2名，講師支援2名，活動支援3名，オブザーバー3名が在籍していた。説明ののち，保護者は別室に移動した。まず味覚教育プログラム実施前のベースラインとして，児童にイメージマップを作成させた（図1）。具体的には，「おいしさ」という刺激語を紙に書かせ，その語から連想される語を各自に自由に書かせた。さらに，生成された語群から次に連想される語についても書かせた。これを自由に繰り返させた。

その後，まずは視覚への気づきを促すための活動を行った。この時，児童は青・赤の紙を提示され，それぞれの色から「もの・こと」，「季節」，「食べ物」について連想するように教示された。

次に視覚および嗅覚への気づきを促すための活動を行った。児童は，プラスチックカップに入った3種類のヨーグルト（事前にイチゴ／レモンの香料を混ぜ込んだもの，およびプレーンの3種類；見た目は変わらない）を配布された。児童は，まずは鼻をつまんでそれぞれのヨーグルトを食べるよう指示され，その後，鼻をつまんでいた手を放して鼻に空気を通した状態で再度3種類のヨーグルトを食べた。ヨーグルトの見た目や，鼻をつまむか否かによる味の変化の違いに注意を向けるよう教示された。

その後，再度「おいしさ」を刺激語としたイメージマップを各自に作成させた。最後に保護者と合流し，終了した。

表1. 年度別参加者数

		度数（人）
2018年度	4年生	12
	5年生	5
	6年生	3
	計	20
2019年度	4年生	7
	5年生	0
	6年生	4
	計	11
総計		31

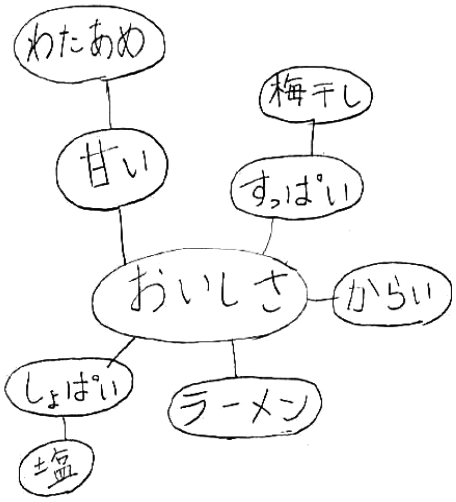


図1 生成されたイメージマップの例

3. 結果と考察

3-1. 連想語数に関する味覚教育前後の比較

3-1-1. 連想語数：全体

個人が「おいしさ」という刺激語から連想した語の総数について味覚教育の活動の前後で比較するため，味覚教育（前／後）を独立変数，個人ごとの連想語総数を従属変数とした対応のある*t*検定を実施した。その結果，味覚教育前後で総連想語数に差があり（$t(39)=-5.089, p<.001$），味覚教育後のほうが「おいしさ」という語からより多くの語を連想していることが示された（図2）。

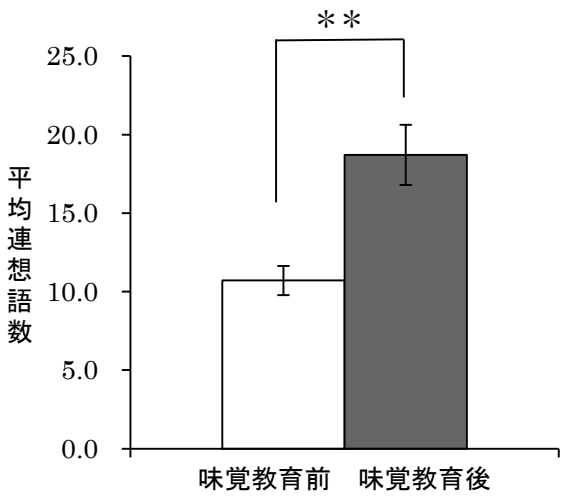


図2 連想語数の変化
（エラーバーは*SE*）

3-1-2. 連想語数：刺激語との距離を考慮した分析

参加者にとって「おいしさ」という刺激語から最初に連想された語群（第１リンク語）と，第2リンク以降の連想語群では，「おいしさ」という語との概念的な距離が異なると考えられる。そこで連想語数についてさらに詳細な検討を行うべく，味覚教育（前／後），および「おいしさ」との距離（第1リンク語／第2リンク以降の語）を独立変数，連想語数を従属変数とした2要因参加者内分散分析を実施した（水準ごとの平均値を図3に示す）。その結果，前項で見た通り味覚教育（前／後）の主効果は有意（$F(1, 30)=21.264, p<.001$）であり，また「おいしさ」との距離（第1リンク語／第2リンク以降の語）の主効果も認められた（$F(1, 30)=27.003, p<.001$）。

さらにそれらの交互作用も見られた（$F(1, 30)=17.208, p<.001$）。そこで単純主効果検定を実施したところ，第1リンク語においては連想語数に味覚教育前後の差は認められなかった（$F(1, 60)=.196, p=.660$）一方で，第2リンク以降の語においては有意な差が見られた（$F(1, 60)=38.428, p<.001$）。

すなわち，おいしさという刺激語から個人が真っ先に連想する語については味覚教育による影響は見られないが，さらにそこから先へ広がってゆくイメージは，味覚教育を受けたことにより豊かになっていると捉えることが出来る。

また当然ながら，第1リンクと第2リンク以降の連想語数については，味覚教育の前後にかかわらず第2リンク以降の連想語数のほうが多かった。

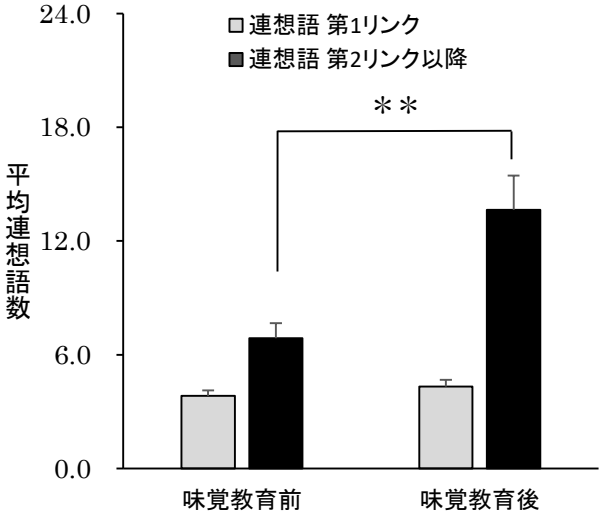


図3 刺激後からの距離別の連想語数の変化
（エラーバーは*SE*）

3-2. リンク階層数に関する分析

刺激語「おいしさ」から最初に連想された語群をリンク階層数1，リンク階層数１の語群から次に連想された語群をリンク階層数2…として，イメージマップ全体の総リンク階層数を個人ごとに算出した。

リンク階層数に味覚教育前後の差が見られるか調べるため，味覚教育（前／後）を独立変数，リンク階層数を従属変数，対応のある*t*検定を実施した。その結果，味覚教育後のほうが味覚教育前よりも有意にリンク階層数が多かった（$t(30)=-3.737, p=.001$）。

このことからは，味覚教育後のほうが，語から語へと次々と連想が広がっている様子が示唆される。

各水準の平均値を図4に示す。

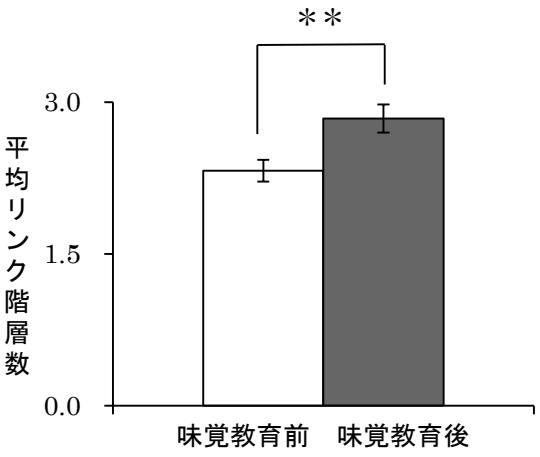


図4. イメージマップのリンク階層数の変化
（エラーバーは*SE*）

3-3. 連想された語の内容に関する分析

連想語の意味内容を基にコーディングし，コードの類似性にしたがって分類し，12のカテゴリー（味覚／触覚／視覚／聴覚／嗅覚／感覚知覚／感情／飲食物／栄養／調味料／調味･調理行動／その他）を抽出した。連想内容のモダリティに着目したところ，味覚教育プログラム実施前には見られなかったモダリティを越えた連想が3件（味→におい，嗅覚→味の違い，味覚→嗅覚）見られた。同様にモダリティを越えていると思われる例として，「見た目→やわらかい・かたい・ふんわり」，「見た目→やわらかそう」という2件が活動後に見られた。

この結果は「あじ」が五感を介するものであるという参加者の学びを示唆するものではあるが，一方で，あくまで味覚に基づいている「味」を，別のモダリティの言葉を使って（比喩的に）表現できるようになったという可能性も棄却できない。

そこで，「あまい」「すっぱい」等の語が「味覚」に紐づくものとして連想されているのか，それとも別の感覚を通しても生じうると捉えられているのかについて検討すべく，再度イメージマップのデータに着目した。その結果，活動前においては味覚以外の感覚から「甘い」「すっぱい」などの語が直接連想された例は見られなかったが，活動後はこうした語が五感すべてから生じうることを示唆する連想が4件見られた（味覚・嗅覚・視覚・聴覚・触覚→甘味・すっぱみ・しょっぱみ・苦味・うまみ，嗅覚→甘いにおい・苦いにおい・臭いにおい，嗅覚→甘そうな，におい→すっぱい，あまい）。ここからはすなわち，味覚教育プログラムによって「あじ」には五感すべて関わっているという学習がなされた可能性が示唆された。

また味の強度についての言及は，活動前（こい，うすい）に比べて活動後（こい，うすい，くどい，味があまりしない）においてより多く現れた。ただし活動前後いずれについてもこうした語と「調味料」とのリンクは見られず，調味料はいずれも「味覚」から（Ex.甘い→砂糖）あるいは「飲食物」から（Ex.からい物→からし）連想されていたことから，調味料は「おいしさ」のために食物の味に主体的に働きかけ変化させる道具としてというよりは，単に各味覚を代表する食べ物として捉えられていると考えられる。こうした味の調整そのものを表す語としては，活動前「濃くする」，活動後「より強い味にする」のそれぞれ1語が連想されていた。こうした味の変化を含めた「おいしさ」への向き合い方は，調理経験などによって培われる可能性もある。

4. まとめと展望

本研究は小学生を対象とした味覚教育の効果についてイメージマップを用いて検討した。その結果からは，以下の可能性が示唆された。（1）「おいしさ」という刺激語から個人が真っ先に連想する語については味覚教育による影響は見られないが，その後からさらに連想される語の広がりについては，味覚教育を受けたことにより豊かになった。（2）味覚教育プログラムによって，「あじ」には味覚だけでなく五感すべて関わっているという学習がなされた。

こうした知見は食を通じた健康教育の普及に資するものであり，将来的な日本における味覚教育の在り方を考えるうえで重要であると考えある。今後はこうした味覚教育を日本の学校教育に取り入れるためのより具体的な効果検証も必要となろう。たとえば，本研究においては集団で活動を実施したが，味覚教育の効果の他に共食の効果も生じている可能性はある。こうしたプログラムが個人実施の場合にどの程度有効なのかについては検討の余地があろう。また統制条件として味覚教育ではなく別の活動に同じ時間従事した場合との比較も必要となるだろう。また日常の食経験や食への態度の違いによって味覚教育の効果に差が出ることも考えられる。引き続き，実際に味覚教育を実施する上で留意すべきことについて，知見の積み重ねが望まれる。

文献

[1] 越川絵里子・奥田豊子・村井陽子, (2007) “小学校高学年の食生活と学習態度や意欲との関連性”, 大阪教育大学紀要第Ⅱ部門, Vol. 55(2), pp. 35-44.

[2] 厚生労働省, (2004) “楽しく食べる子どもに—食からはじまる健やかガイド—” https://www.mhlw.go.jp/shingi/2004/02/dl/s0219-4a.pdf (2020年5月29日取得)

[3] 農林水産省, (2005) “食育基本法” https://www.maff.go.jp/j/syokuiku/pdf/kihonho_28.pdf (2020年5月29日取得)

[4] 會退友美・赤松利恵・林 芙美・武見ゆかり, (2012) “成人期における食に関する主観的QOL (subjective diet-related quality of life (SDQOL)) の信頼性と妥当性の検討”, 榮養學雜誌, Vol. 70(3), pp. 181-187.

[5] 江崎由里香, (2017) “中学生の食に関するQOLを高める要因の検討—親子の教職に着目して—”, 教育心理学研究, Vol. 65, pp. 239-247.

[6] 和田有史, (2019) “食における多感覚知覚”基礎倫理学研究, Vol. 38(1), pp. 149-153.

[7] 堀尾拓之・池田早希, (2016) “食物における視覚と嗅覚の役割について”, 名古屋経済大学自然科学研究会会誌, Vol. 49(1・2), pp. 51-62.

[8] 相良泰行, (2007) “食感性工学のパラダイムと実用技術への展開—食感性モデリングによるヒット商品の開発手法—”, におい・かおり環境学会誌, Vol. 38(5), pp. 375-382.

[9] 横越英彦, (2011) “食品とリラックス”, 化学と教育, Vol. 59(8), pp. 394-397.

[10] 上田由紀子・太田原みどり・永井亜矢子, (2015) “小学4年生を対象とした味覚教育の実践と影響評価” 日本食育学会誌, Vol. 9(3), pp. 247-255.

[11] 吉田和代・平島円・磯部由香, (2016) “小学校低学年を対象とした味覚授業の実践”, 三重大学教育学部研究紀要, Vol. 67, pp. 439-444.

[12] 大森玲子・佐藤雅子・露久保美夏・田尻泉・久保元芳・上原秀一, (2017) “日本におけるフランス式味覚教育の試み—ピュイゼ理論に基づく食育実践—”, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, Vol. 3, pp. 281-284.

[13] 水越敏行・吉崎静夫・三宅正太郎, (1980) “映像視聴能力の形成と評価に関する実証的研究—みどりの地球の継続視聴から—”, 放送教育研究, , Vol. 10, pp. 1-20.

[14] 三宅貴久子・久保田賢一・黒上晴夫・岸磨貴子, (2017) “教師と児童の共同によるルーブリック作成の意味—第4学年児童のイメージマップ分析から—”, 日本教育校学会論文誌, Vol. 41, pp. 221-224.

[15] 三宅正太郎, (1998) “学習者のメタ認知能力を育てる手だてとしてのイメージマップ・テストに関する一考察”, 大分県立芸術文化短期大学研究紀要, Vol. 36, pp. 51-59.

ボンガルド問題を利用した文脈による概念形成の模索
Exploring contextual concept formation using Bongard problems

藤堂　健世[†]，吉川　厚[†,‡]，山村　雅幸[†]
Kense Todo, Atsushi Yoshikawa, Masayuki Yamamura
[†]東京工業大学，[‡]立教大学
Tokyo Institute of Technology, Rikkyo University
k_todo@ali.c.titech.ac.jp

概要
知覚と概念の関係性についてまだ解決された問題ではないとされている．本研究では，視覚情報から概念形成するときに，文脈によって被験者の認識変化にどのような影響を与えるのか，知覚と認識との間の関係から概念形成のメカニズムを探る．機械のパタンの認識問題の１つであるボンガルド問題から，様々な認識が可能な問題を用意し，被験者に回答させた．その結果，一度形成した概念が図形の知覚情報により，容易に再構築されない場合とされる場合が生じた．

キーワード：概念，概念形成，ボンガルド問題

1.　はじめに

概念は人間の知覚，動作，記憶，伝達などを含む認知活動の中核となっている．そのため，概念について研究が様々な側面からされてきた．例えば，概念獲得方策の研究[1]や概念に及ぼす文脈の効果についての測定[2]である．概念が二重の表象を持つ可能性も調べられてきた[3]．また，学習科学の観点からも，概念変化がいかにして引き起こされるか仮説が立てられている．特にコラボレーションが概念変化を引き起こす報告[4]や，断片的知識の再構築により生じるという報告[5]もある．このように概念を構築する上での条件や，獲得した概念がどのような特徴を有するかについての研究は様々な研究がなされている．

しかしながら知覚情報と概念の関係性についてははっきりとした関係性がわかっていない [6]. 入力情報としての知覚が概念の構築にどのように作用するのか，知覚情報の文脈により概念の構造が変容するかなど知見は，素朴概念形成や，見たものの心的イメージを形成するうえで重要な知見になりうる．

本研究では，視覚情報から概念形成するときに，文脈によって被験者の認識変化にどのような影響を与えるのか，知覚と認識との間の関係から概念形成のメカニズムを探る．ここで概念とは，物事，事象，実態の心的表象として捉え，人は概念化を通して世界の捉え直しを行うとして考えている．この捉え直しを繰り返し行うので概念化も都度行われていると考えている．

1.1.　ボンガルド問題について

今回の実験の材料として，「ボンガルド問題[7]」を利用する．ボンガルド問題は，コンピュータのパタン認識におけるベンチマーク問題として扱われており[8]，6枚ずつ左右２つのグループに分けられたパタンから，グループの分類に用いられたルールを推測するパズルである．回答者は，左右の違いをそれぞれ回答しなければならない．

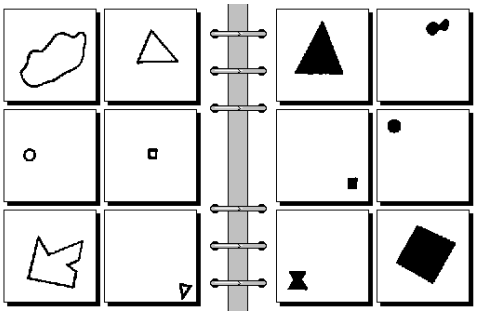


図１　ボンガルド問題の例題（BP＃3）

例えば図１では，「左側のグループは白色のパタンで表されており，右側のグループは黒色のパタンで表されている」と答えることができる．ボンガルド問題を選んだ理由は，提示されたパタンの特徴が形や配置，図形間の関係，左右のグループ分けの比較など多種類あり，これらから被験者は何かの特徴を捉えた認識を行い，分類のルールを推測するので，提示パタンによる認識と概念形成との関係が探れると考えたからである．

2.　手法

2.1.　利用したボンガルド問題と提示順番

実験に利用した基本となるボンガルド問題を図②に示す．今回は５問用意した．この５問はそれぞれ注目しなければならないルールが異なり，いくつかの問題は複数のルールを組み合わせる必要がある．これは，Bongald Problems で示された「ボンガルド問題を解く際

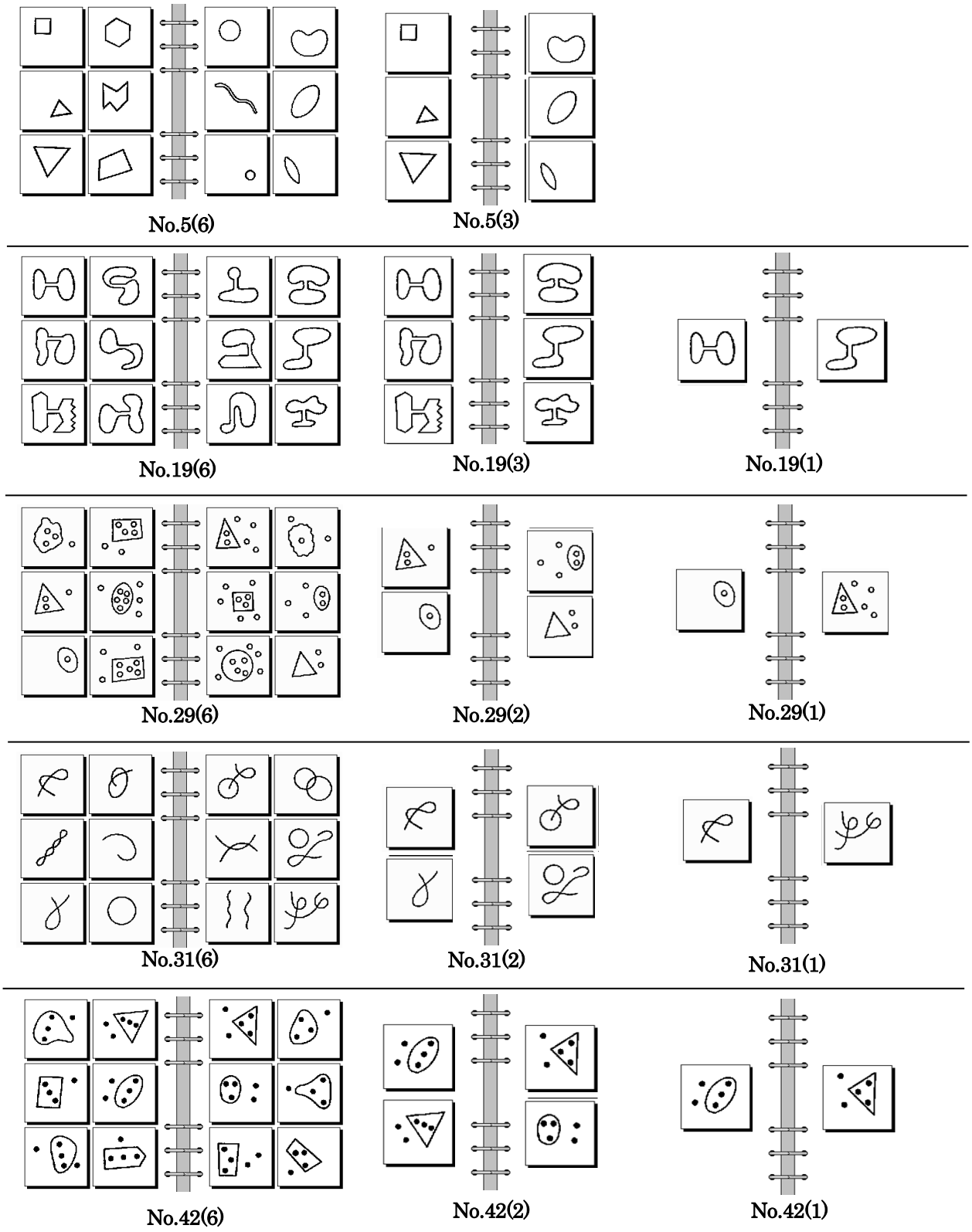


図 2　提示したボンガルド問題

に現れる概念(Concepts that Appear in Solutions of Bongard Problems)」を参考にした．それぞれ，No.5 は形状ルール，No.19 はオブジェクトの中の部分的な配置ルール，No.29 は形状による内側と外側の関係性と数のルール，No.31 はオブジェクトの数ルール，No.42 は形状による内側と外側の関係性とオブジェクトに作られる形のルールを比較することで解くことが可能となる．

また，今回の実験においてそれぞれの問題に提示枚数を変更する「提示枚数変更実験」を行った．これは，

被験者に与えるパタンの提示数を基本課題である６枚から１～３枚に減少させ提示させたものである（図３）．これにより，提示枚数の違いによる正答率の変化や抽出したルールの着眼点の変化を確認した．

今回は計14問を作成し１つずつ被験者に提示し回答させた．提示順番を表１に示す．

表１　提示順番表　提示は１行１列目から順番に行った．番号のかっこ内数字は提示枚数を示している．

No.5(6)	No.19(6)	No.29(6)	No.31(6)	No.42(6)
No.5(3)	No.19(3)	No.42(2)	No.31(2)	No.29(2)
No.19(1)	No.29(1)	No.31(1)	No.42(1)	

2.2. ボンガルド問題の基準回答と概念バリエーション

表２は提示される枚数が６枚のボンガルド問題の正答を表している．正答例は Solutions of Bongard Problems[9]を参考に日本語訳を行い作成した．提示した枚数が６枚の時の評価基準を表３に示す．

提示する枚数を減らした場合，被験者が異なるルールで回答をする可能性がある．その時にどのような判断を行われたか確認するために，提示する枚数が６枚のボンガルド問題の答え以外で，その枚数において識別可能な回答を「概念バリエーション」として評価した．例えば，No,31(2)の課題は，線のみで構成されているか，線と丸で構成されているかどうかという「形状ルール」で判断できる可能性がある．また No.31(1)は提示されたオブジェクトの交点の数で判断できる可能性がある．No.29(1)と No.42(1)の問題は，小さな円を囲む大きな図形の形状のみに着目可能なため，左右のルールの違いが「大きな図形の形状」の変化として判断できる可能性がある．

それ以外の判断できない回答を Error として評価した．

表２　ボンガルド問題の正答例

	左	右
No.5	図形が多角形で構成されている	図形が曲線で表されている
No.19	水平方向に首がある	垂直方向に首がある
No.29	図形の外側より内側の円が多い	図形の外側より内側の円が少ない
No.31	１本で構成されている	２本で構成されている
No.42	図形の輪郭の内側の	図形の輪郭の内側の

	点は直線上にある	点は直線上にない

表３　ボンガルド問題正答判断基準

No.5	左側を「角がある」，右側を「丸みを帯びている」という答え方でも正解にした．また「左側は角があるが，右側は角がない」という答え方も正解にした．一方，それぞれの図形の共通点を見つけられずそれぞれの種類で答えた場合は曖昧回答として処理をした．
No.19	図形の特定の部分についての記述がある場合や「アルファベットのHに似ている」といった抽象的な形について答えられる場合正答とした．一方「全体の形が横向き」などの全体形状を曖昧に答えている場合は，曖昧回答として処理をした．
No.29	小さな円を囲む図形に注目しており，その図形の内側と外側の丸の数に着目しているものは正解とした．小さな円を囲む事のみに注目してある回答は曖昧回答とした．
No.31	「一筆書きが可能か」などの回答も正解とした．
No.42	小さな円を囲む図形に着目しており，その中の円の形状に着目しているものを正解とした．小さな円を囲む事のみに注目した回答については曖昧回答とした．また，囲む事が理解できる記述が１つしかない場合も曖昧回答とした．

2.3. 問題提示方法と被験者

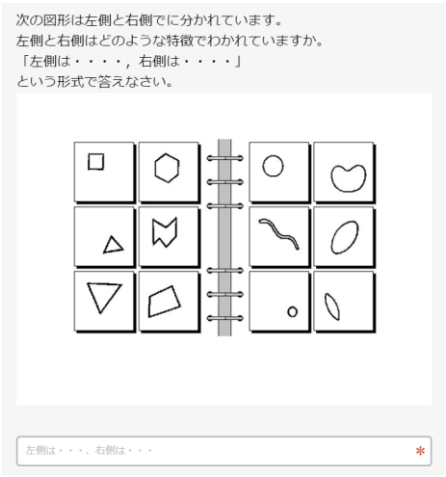


図３　アンケートサンプル

今回は Web アンケートを利用し被験者に問題を回答

させた（図３）．すべての課題に「次の図形は左側と右側でに分かれています．左側と右側はどのような特徴でわかれていますか.「左側は・・・・，右側は・・・・」という形式で答えなさい.」という問題文を提示させた．その下にボンガルド問題を提示した．またルールの記述を自由記述欄に書かせた．特に文章量の制限は行っていない.

今回の実験では，大学生の被験者 14 名が参加し有効回答数は 13 名であった.

3. 結果

それぞれの問題とそれぞれの提示枚数変更における正答者数の比較を行った.結果を表4から表8に示す.表の中の太字は，その中で最大値を表す.

表４　ボンガルド問題 No.5

	No.5(6)	No.5(3)
正答	**12**	**12**
曖昧	1	1
概念バリエーション	-	0
Error	0	0

表５　ボンガルド問題 No.19

	No.19(6)	No.19(3)	No.19(1)
正答	**8**	**8**	**5**
曖昧	2	3	4
概念バリエーション	-	1	4
Error	3	1	0

表６　ボンガルド問題 No.29

	No.29(6)	No.29(2)	No.29(1)
正答	**5**	3	4
曖昧	3	2	0
概念バリエーション	-	**4**	**8**
Error	5	**4**	1

表７　ボンガルド問題 No.31

	No.31(6)	No.31(2)	No.31(3)
正答	**13**	**12**	**13**
曖昧	0	0	0
概念バリエーション	-	1	0
Error	0	0	0

表８　ボンガルド問題 No.42

	No.42(6)	No.42(2)	No.42(1)
正答	**6**	**10**	**5**
曖昧	2	0	1
概念バリエーション	-	0	4
Error	5	3	3

No.5（表 4）は形状ルールに着目する問題であり，No.31（表 7）はオブジェクトの数ルールに着目する問題である．どちらともシンプルなルールで表された課題である．そのためほとんどの被験者が，画像の提示数が減少しても，６枚の基準における正答例を答えていた.

No.19（表 5）はオブジェクトの中の部分的構成要素の位置関係ルールに着目する問題であった．標準課題と，提示する数を 3 枚にした課題の場合に正答者数に差は表れなかった．一方その場合に「局所的な形状」に着目する回答が存在した．概念バリエーションとして採用した回答は「左側は丸っこい形や角っぽい形までさまざまあるのに対して，右側は丸っこい形だけである」である．提示する枚数を１枚にした課題では曖昧記述が増加した．また概念バリエーションとして評価できる，形状に着目するルールやそれに影響されるであろうルールで回答した被験者が増加した．例えば「左側は二つの図形がちょうど真ん中でつながれているが，右側は二つの図形が端同士でつながれている」や「左側は，土台がしっかりしてるけど，右側は，右に絶対傾く」という回答が得られた.

No.29（表 6）は形状による内側と外側の関係性と数のルールを合わせた問題である．この問題はすべての課題において正答者数が少なかった．特に提示枚数を減少させたところ，概念バリエーションの数が増えた．2 枚提示した場合は，丸オブジェクトの数に着目した回答や，オブジェクトの配置に関する記述が現れた．例えば,「左側は丸の数が少ない, 右側は丸の数が多い」である．また 1 枚提示の場合大きな形状の違いに着目する回答や，丸の数の違いについて着目する回答が現れた．例えば「左側は丸い，右側は三角」などという回答である.

No.42（表 8）は形状による内側と外側の関係性とオブジェクトに作られる形のルールを合わせた問題である．この問題では標準課題に比べて，提示する数を 2 個にした課題（No.42(2)）のオリジナル問題と同じ回答した被験者が増加した．一方，提示する数を 1 枚にし

たところ現れなかった形状の違いのみに着目した概念バリエーションの回答が生じた．例えば「左側は，丸のみで構成されており，右側は三角と丸で構成されている」等である．

4. 考察

これらの結果から，ボンガルド問題により，枚数を減少させたとしても，回答の内容が変化しない場合(No.5,No.31)と，大幅に回答が変化し様々な概念バリエーションが登場する場合(No.19,No.29,No.31)の 2 つが存在することが明らかとなった．また概念バリエーションとして提示されなくても，新しく問題をとらえ直そうと試みている傾向も確認された．これは問題からの知覚情報によって獲得した問題概念が保持される問題と，保持されない問題が存在することを意味している．この違いが発生した理由を視覚情報からの概念形成がどのように進むかに着目して推測する．

ルールが１つであり形状や数といった単純な問題の場合，６枚で見た問題概念が保持されやすい傾向がある．これは No.31 の視覚情報に「丸と線の問題」という抽出しやすい形状ルールが存在する場合でも，認識が変化しなかったことからも示唆された．

一方，視覚情報としてわかりやすい形状に着目するルールが複数ある場合や部分的な形状に注目しなければならない場合，問題概念が保持されにくく，新しい知覚情報によって，概念を再構築する傾向がある．特に No.42 の提示パタンが１枚において,「シンプルな形状」の強い視覚情報により，概念変容されたと考えられる．また No.19 においても，部分的構成要素の位置関係よりも，形状の視覚情報やそれに伴う認識が強く作用したと考えられる．

同じく複数ルールでかつ視覚情報として直接的でない数などの要素に着目しなければならない場合 (No.29) は，そもそも視覚情報としてルールの概念形成がうまくいかないため，常に概念変容をせねばならなくなり，曖昧な回答や概念バリエーションが増加したと考えられる．

図形の知覚情報により，形成される概念の保持に差があることが示唆された．視覚情報が単純な場合，概念が保持され新しくわかりやすい要素が視覚情報として入ったとしても，形成した概念が変容しにくい状態になるが, 視覚情報が曖昧な場合, 概念が保持されず, 類似する視覚情報やよりシンプルな視覚情報により概念が再構築され別の認識として出力されると考えられる．

どのような視覚情報が概念変容に寄与するか，提示順番などの文脈の影響や個人差に関しては不明な部分が多い．また視覚情報以外のモーダルは関与するのか，過去に獲得した概念の影響は存在するなどの問題点もある．そのため，今後はこの知見を基に，様々な問題の提示手法や個人間の誤差について実験を行い，知覚情報による概念形成，変容のモデルについて検討を深める．

文献

[1] Bruner, J. S., & Austin, G. A. (1986). A study of thinking. Transaction publishers.
[2] Labov, W. (1973). The boundaries of words and their meanings. New ways of analyzing variation in English.
[3] Armstrong, S. L., Gleitman, L. R., & Gleitman, H. (1983). What some concepts might not be. Cognition, 13(3), 263-308.
[4] Roschelle, J. (1992). Learning by collaborating: Convergent conceptual change. The journal of the learning sciences, 2(3), 235-276.
[5] diSessa,A.A.(1983). Phenomenolgy and the evolution of intuition. In D.Genter & A.L.Stevens(Eds.) Mental models. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
[6] Frixione, M., & Lieto, A. (2014). Concepts, perception and the dual process theories of mind.
[7] Bongard, Mikhail M. (1970). Pattern Recognition. New York: Spartan Books
[8] Hernández-Orallo, J., Martínez-Plumed, F., Schmid, U., Siebers, M., & Dowe, D. L. (2016). Computer models solving intelligence test problems: Progress and implications. Artificial Intelligence, 230, 74-107.
[9] Harry E. Foundalis" Index of Bongard Problems" （最終閲覧日 : 2020 年 7 月 30 日）http://www.foundalis.com/res/bps/bpidx.htm

参照点の共有を通した祭りの準備活動の展開可能性
The possibility of developing festival preparation activities through sharing reference points

阿部廣二†
Koji Abe

†早稲田大学
Waseda University
k.abe8@kurenai.waseda.jp

Abstract

本稿では，祭りにおける御神体を祀る台の作成過程を，フィールドワークの知見，および参与者らの相互行為の観点から記述し，祭り準備の活動システム，あるいは準備参与者らの倫理について考察した．とりわけ，1)相互行為を通してい課題に対処することで，毎年安定的に台の作成を可能にしていること，2)それでもなお不確実性が残る場合，主観的判断による意思決定を行うこと，3)こうした意思決定が，祭りを自分たちのものにするために有意味であることが考察された．

Keywords — 祭り，準備活動，相互行為，参照点

1. はじめに：フィールドの概要および対象とする現象

本稿では，長野県野沢温泉村の道祖神祭りにおける，御神体を祀る台（以下「御神体台」）の作成過程を，フィールドワークによって得られた知見，および参与者らの相互行為の観点から記述する．

フィールドの概要を示す．本稿のフィールドは，長野県野沢温泉村によって開催される，野沢温泉道祖神祭りの準備活動である．野沢温泉村は，山に囲まれた豪雪地帯である．道祖神祭りは，その豪雪のただ中にある真冬の 1 月に開催される．祭りでは，村内に大量の雪を固めた広場を作り，そこに社殿と呼ばれる巨大な台を建てる．そして，本番では，火のついた松明を持って社殿に火をつけようとする者と，そのような攻撃から社殿を守るものの間の熾烈な攻防が行われる．ゆえに，野沢温泉道祖神祭りは，日本有数の大規模な火祭りであると言われている．本稿では，とりわけ御神体台作成過程に着目，分析した結果を報告する．

御神体台の実物を，図 1 に示す．この御神体は、祭りの礼拝対象である，道祖神が宿るものであるとされる。一つのものを毎年用いるのではなく、毎年新しく木を伐採し、作成している。男女のペアからなり，祭りの会場および周辺に 3 つ配置され，会場に近い順で，「長男・長女」「次男・次女」「三男・三女」と呼ばれている．今回検討するのは，次男・次女の御神体台作成である．

祭りの準備活動において，御神体台の作成は，重要な活動の一つとして位置づけられている．制作を中心的に担当するのは，以下で述べる三夜講の総括および副総括である．準備は祭り本番の数日前から開始されるのだが，総括および副総括には、御神体台作成作業に一定期間専念する時間が用意されている．台の作成中，OB や村民たちが期待を持って声を掛ける姿がしばしば見られる．御神体台作成の困難があれば，総括・副総括以外の仲間が助ける姿が確認できる．

2. 問題と目的

2.1 御神体台作成をめぐる不確実性とその対処

この台の作成活動が認知科学的に興味深い点を，以下 2 点挙げる．その前に，前提として，台が毎年しっかり完成し，例年相当程度の同型性を持つ点を指摘しておこう．筆者が準備活動をフィールドワークした 3 年の間，御神体台の制作が本番前日までに終わっていないことは，一度もなかった．また，毎年多少の違いはあれど，同じ形のものが制作されていた．この事実は，一見すると，当たり障りのない当たり前のことのよう

図 1 御神体台（左：長男／長女，中央：次男／次女，右：三男／三女）

に思われる．しかし，本稿では，以下の点から，このこと自体が非常に興味深い現象であると考える．

第一に，御神体台を作成するにあたり，台を作成する成員たちが，この台の作成に熟達しているわけではない点である．このことを説明するために，祭り準備を担当する三夜講について説明しておこう．

祭り準備を行うのは，村民の男性である．準備を担当する彼らは「三夜講」と呼ばれている（榎本・伝, 2015）．三夜講のメンバーになりうる村民の男性たちには，生まれた年度ごとに「○○会」という名前が割り振られている．同年度生まれの男子同窓生集団に，○○会という名前が割り振られていると考えればよい．この同窓生集団が，前厄・本厄・後厄の 3 年度分集まって，一つの三夜講を構成する．一つの三夜講が 3 年分の祭り準備を担当し，一番下の年度の集団が厄年を終えたところで，新しい三夜講に移行する．ゆえに，3 年に一度メンバーが一新する．

さらに，三夜講は，全員が等しく祭り準備にアクセスするわけではない．祭りの準備を中心的に担当するメンバーは決まっており，それは厄年の男たちである．ゆえに，3 年でメンバーが一新する上，さらに中心担当も毎年変更する．このことが，本稿が注目する点と深く関連する．毎年中心担当が変更するということは，祭りを準備する本厄の成員が，昨年度主体的に御神体台の製作をした経験を持たないことを意味する．つまり，メンバーたちは，御神体台を作成する際に，自らの経験を主要なリソースとして参照することができない．この経験リソースの不在は，御神体台制作の不確実性を高めるといえよう．

第二に興味深い点は，環境条件が毎年変更する点である．上述したように，御神体台は雪で作成されている．当然ながら，毎年の天候により，雪の量は変わる．例えば，以下の分析で示すように，2020 年の冬は記録的な雪不足であり，御神体台の作成も修正を余儀なくされた．このように，御神体台を作成するための材料リソースも，毎年不確定である．このことは，経験リソースの不在と同様，御神体台作成の不確実性を高めるといえる．

以上のことから，次の 2 点を指摘できる．1)主たる参与者が御神体台作成に関する経験リソースを十分持っておらず，2)毎年の素材リソースも変化していくという 2 つの不確実性がある状況にも関わらず，主担当たちは図 1 で示したような御神体台を毎年制作している．このことは，一体どのようにして可能になっているのだろうか．

一つのありうる説明は，これまで社会-文化的アプローチや状況論の立場に立つ研究者たちが主張してきたような，祭り準備を可能にする活動システムのなかに，御神体台を円滑に作成するための何らかの仕組みが隠されているというものだろう（cf. Hutchins, 1987）．本稿でもこうした視座に立ち，この仕組みについて，フィールドワークで得られた知見，および参与者らの相互行為の観点から実践を記述することで探求していく．

2.2 「再現すること」と「自分たちのものにすること」の間のジレンマ

上記の「再生産」に関連させて，もう一つ問題を指摘しておきたい．その問題とは，「祭りを再現すること」と，「祭りを自分たちのものにすること」をめぐるジレンマである．

三夜講の参与者らは，年度によって区別されるのみならず，以下の 2 点およびその関係からも構造化されている．第一に，担当する作業を振り分ける係による構造化である．例えば，祭り準備のリーダーである委員長／副委員長や，種々の道具を管理する道具係などの係が存在する．第二に，年度による序列化である．つまり，単純に年度で区切られているのみならず，ひとつ上の世代をリーダーとし，下の世代がフォローするという上下関係が存在する．そして，これら二つの構造の直行により，三夜講内のメンバーすべてに，上下関係を基準としたペアが割り振られている．すなわち，同一係内において，一つ上の世代の一名と，一つ下の世代の一名から形成されるペアが割り振られている．三夜講内では，このペアの間で，祭り準備活動のみならずプライベートに至るまで濃密な関係を築き上げる．この関係は，単純な親密な関係のみならず，ある種の責任を伴う関係でもある．

彼らは，一つ上の世代のペアの相方を「あんちゃん」と呼ぶ．本稿では，あんちゃんと対比させて，下の世代の相方のことを「弟」と呼ぶこととしよう[1]．そして，あんちゃんと弟のペアのことを「あんちゃん／弟関係」と呼ぼう．

[1] この「弟」という呼び名は，筆者がフィールドワークした限りにおいて，あまり使われることはない．あんちゃんは弟のことを，名前で呼ぶことが多いように思う．ゆえに，「弟」はあくまで本稿の便宜上の呼び名である点に注意されたい．

さて，三夜講内では，この「あんちゃん／弟関係」を基礎として，以下の志向性が存在する．すなわち，「あんちゃんと同じ祭りを作る」という志向である．あんちゃんが祭り準備の中心担当のとき，弟は見習いとして参加する．弟は，この見習いのときに見たあんちゃんたちの祭りが，自分たちの祭りの決定的な基準であると理解している．ゆえに，弟は，見習い参加の際に，可能な限り，実際の制作物の寸法や作り方の手続きのメモを取り，可能なものは写真の撮影を行う．このような弟の姿勢は，三夜講全体を通して見られる普遍的なものである．

しかし，その一方で，彼らは「祭りを自分たちのものにする」必要があるようにも思われる．祭り準備の中心担当は，一生のうち，厄年の 1 回しか経験することができない．この祭りの経験は，村内における三夜講経験者たちのアイデンティティの一つとなる．ゆえに，自分たち世代の祭りは，他の世代とは差別化されねばならない．仮に，弟たちがあんちゃんの祭りを完璧にコピーできたとしよう．そのとき，その祭り準備の経験は，彼らのアイデンティティの基礎にならない可能性がある．なぜなら，あんちゃんと弟の差別化ができないからだ．

以上のことから，「あんちゃんと同じ祭りを作ること」と「祭りを自分たちのものにすること」の間には，ジレンマが存在していると考えられよう．こうしたジレンマは，世代継承を行う実践において，一般的に観察されるジレンマの一つであるといえる．

本稿では，2.1 にて述べた不確実性との関連から，三夜講がこのジレンマを解消する仕組みについて，一つの仮説を提示したい．この仮説はさらなるデータによる裏付けが必要であると考えられるものの，祭り準備を支える活動システムの理解について，あるいは祭り準備を支える三夜講の倫理の理解について，ある一つの見通しを提供するように思われる．

3. 方法

対象：本研究において中心的に検討する事例は，2020 年 1 月 10 日-14 日の道祖神祭り準備における御神体台作成過程である．この過程について，フィールドワークによって得られた知見およびフィールドノート，撮影した映像を参照し記述した．分析に使用する映像は，すべて筆者が撮影したものである．また，分析をフォローアップのための資料として，2020 年 1 月 14 日の社殿作成についての映像も使用した．

分析：目的となっている二つの仕組みを分析するにあたり，まずフィールドワークによって得られた知見をもとに，参与者たちが置かれている文脈や背景情報の記述を行う．その後，御神体台作成の映像の分析においては，相互行為分析（西阪, 2008）の知見を部分的に援用しながら，参与者たちが相互行為内で、上記の課題に対し、どのような対処を行っているのか，参与者たちの理解に即して記述することを目指す．

4. 結果と考察

4.1 御神体台作成の不確実性を，参与者たちが対処するための仕組み

まず，フィールドワークによって得られた知見から，上述した不確実性に対処するために考えられうる仕組みについて検討しておきたい．

経験リソースの不在による不確実性に対処するための仕組みとして，第一に，指南者が関与した可能性が挙げられるだろう．すなわち，準備の中心担当が，経験の不在が原因で困難に直面した際，指南者が何らかの指示を与えることで対処している可能性である．この点については，こうした指南者の存在として，祭りを継続・維持するための組織である保存会の人々や，あんちゃんの存在が挙げられよう．しかしながら，指南者は，すべての実践に介入するわけではない．社殿作りなどの例外があるが，基本的には中心担当の自主性を重んじる傾向にある．よってあんちゃんはたまに顔を出す程度であり，積極的にトラブルへ指示を出すわけではない．また，筆者がフィールドに参与した限りにおいて，保存会の人々が御神体台作成についてコメントしていたのは，全体が出来上がった後のチェックのみであった．少なくとも，積極的に指示を与えているわけではない点は明確であるように思われる．したがって，指南者の指示によって不確実性に対処していた可能性は低いと考えられる．

第二のありうる仕組みとして，御神体台を作成する際に生じた困難を解消するために参照可能な情報が存在している可能性が挙げられよう．具体的には，設計図や，昨年度の写真などの情報である．この点について，少なくとも御神体台の作成については，三夜講が歴代受け継いでいるような公式のものは存在していない．しかし，上述したように，弟たちは，あんちゃんの祭り準備に見習いとして参加する中で，大量のメモと写真を撮影している．そして，1 年を通した祭り準備の過程で，彼らはその情報を入念にまとめあげ，一冊のファイルにまとめている（図 2）．このファイルは，特定の世

図 2 情報がまとめられたファイル

代が限定的に作成しているものではなく，少なくともこの 3 年は継続的に作成されている．よって，この情報を元に，不確実性に対処している可能性が十分あるといえるだろう．

しかしながら，情報があったとしても，その情報自体を不確実性に対処する仕組みであるとするのは早計であろう．なぜなら，たとえ御神体台作成に関するリッチな情報があったとしても，円滑に台を制作するためには，以下に示す課題が残されているからである．

第一の課題は，上述したように，材料リソースの不確定性に関するものである．材料となる雪の状況は毎年変化する．しかし，当然ながら，昨年度記録された情報は，昨年度の環境を前提としている．よって，自身が担当する年度の状況と昨年度の状況が大きく違った際，昨年度の情報を鵜呑みにすると，最終的に雪が足りなくなるなどのトラブルが生じる可能性がある．この材料リソースの不確定性にも対処する形で仕組みは組み立てられていなければならないといえよう．

第二の課題は，Suchman（1987）が正しく指摘したように，情報は，現在進行中の活動と関連づけられなければ意味を持たない点である．この課題は，以下の抜粋 1 によく反映されている．

1 【抜粋 1】
2 ((総括が御神体の間隔を報告している。))
3 総括 御神体、間が 115 から 135
4 (1.0)
5 友想会 B hu hhu [hhu
6 友想会 C [いやそれは良[いんだけどだからあはは
7 友想会 B [良いんだけど aha 中心を教えてくれって

この事例では，3 行目にて，総括がファイルから御神体の間隔に関する情報を報告している．だが，その情報は他の参与者に意味のあるものとして受け止められていない．これは，「御神体の間隔 115cm から 135cm」という情報が，どちらかの御神体の場所が確定するまでは，意味を持たないからであろう．しかし，活動の進行して，片方の御神体の位置が確定すれば，途端に間隔に関する情報は有意味になる．つまり参与者らは，ファイルに記された情報を，現在の活動のなかに適切に位置づけ，利用する必要がある．

第三の課題は，情報を共有しなければならない点である．上述したように，祭り準備には様々な係があり，参与者たちに担当係が割り振られている．御神体台は，総括および副総括の 2 名が中心的に担当する．しかし，必ずしもこの 2 名のみで準備を完了するわけではない．御神体台の位置決めには，他の係の者も参加する．これは 1) 御神体は非常に重く，2 名では運ぶことが困難であること，2) 御神体台作成は祭礼に関わる活動であり，祭礼に関わる係も参加する必要がある，などの事情による．しかし，他の係の者は，御神体台作成に関する情報を事前に共有していないことも多い．そのため，彼らにもわかりやすく現在の活動に有意味な情報を共有する必要がある．

4.2 御神体の位置を決める事例の検証

4.2.1 絶対参照点と位置決めの失敗

以上の課題への対処について，ここからは実際に御神体台上の位置を相互行為を通して決定していく過程に関する事例を参照しながら検証していきたい．

まず，彼らが，しばしば環境内に残された，天候等の影響を受けずに絶対参照が可能な情報（以下，「絶対参照点」と呼ぶ）についての情報のメモを残していることを指摘しておきたい．例えば，民家の端や，民家の壁に見えている柱などである（図 3）．このような絶対参照点のメモは，御神体台の作成以外にも，例えば位置を決める際に利用可能な家の位置など，他の祭り準備過程においても観察される．

図 3 絶対参照される情報

（左：民家の左端，右：民家の柱とクリーム色の壁）

さて，以下で分析する抜粋 2 では，彼らはその絶対参照点を確認することから，御神体台の端の位置決めを開始している．しかし，実は，絶対参照点が位置を決める際の情報として意味を持つためには，1 点の情報だけでは不十分であり，複数の点の情報が必要である．この複数の情報が不在であるため，抜粋 2 では，位置決めに失敗している．

抜粋 2 は，「クリーム色の壁」(図 3 の右側)という絶

対参照点を共有している場面である．抜粋中の「友想会」とは，三夜講の中でも2020年に執り行われた道祖神祭りにて中心担当を担った世代である．この作業が開始される以前は，御神体台が作られる場所に雪の山があるだけであり、現在は，この雪山を削り，御神体台を作成していこうとしている．ただし，雪の山は，おおよそ御神体台の大きさに整形されており，その横に台の化粧や整形の際に利用する余った雪（以下，「残雪」と呼ぶ）が積まれていた．

抜粋 2 では，御神体台作成の主担当である総括が，担当外の参与者 B に対して，御神体台の端を認識可能にするために，端となる位置をスコップで少し掘ってマークするように指示している．そのための情報として，背後にあるクリーム色の壁の「真ん中」が絶対参照点として言語的に参照されている．

1 【抜粋 2】
2 総括 そのクリーム色の(.)壁から
3 (0.4)
4 友想会 B こっか↑ら
5 (0.8)
6 総括 それの真ん中ぐら↓い
7 (0.2)
8 友想会 B [[まんな↑か
9 総括 [[ちょうど-
10 友想会 B まんなか:
11 (2.0)
12 友想会 A 全然[( )
13 友想会 B [全然この辺か↑い
14 (1.0)
15 総括 だけど:(.)この雪の量じゃ無理だから::っつって: 変えよう:
16 (2.0)
17 友想会 A こっち寄せちゃおうよ
18 (8.0)
19 総括 御神体、間が 115 から 135

ただし，ここでは，必ずしも絶対参照点がそのまま端の位置として利用可能になっているわけではない点に注意したい．11，12 行目にて，総括に対し，B から確認が求められている（おそらく A も同様の確認を求めていたと考えられる）．ここでの確認は，疑念を示すことで，「端はここではないこと」を確認しているように見える．14 行目で総括は「(端の位置を) 変えよう」と報告していることから，少なくとも総括は A と B の発話を疑念として聞き，だからこそ端の位置を変えることを報告したのだと考えられる．A と B の発話を，総括がこのように分析した理由の一つは，雪不足のために雪の量が足りず，クリーム色の壁の真ん中が，明らかに残雪が積まれた位置にあったためである．B は 11 行目の発話を，自らが移動し，残雪に登り始めた位置で産出し始めている．この移動と発話が組み合わせられることで，ここでの発話が疑念としてデザインされているように見えるといえよう．この疑念に合わせて，総括は，絶対参照点を端にすることを取りやめ，端の位置を変えることを報告している．すなわち，ここでは第一の課題であった，雪の状況が変化することで情報を鵜呑みにできない事態が生じているといえよう．

しかし，ここではさらに決定的な事態が生じている．それはおそらく，上述した第二の課題に関わる事態である．14 行目の端を変えることの報告のあと，端の具体的な位置に関する指示が来ても良い位置にも関わらず，総括は続けて指示を産出していない．その後，17 行目で A が端を内側へ寄せる提案をしてもなお，総括は指示を開始しない．そして，8 秒の長い沈黙のあと，抜粋 1 の冒頭の御神体間の間隔に関する情報を報告している．

なぜ，この位置で，総括は沈黙したのだろうか．沈黙の間，総括は，手元のファイルを見ている．この振る舞いは，ファイル内に記載されている，さらに利用可能な情報を探していることを示しているように見える．これは同時に、現在認識されている情報である「クリーム色の壁の真ん中」が不十分であることをも示すだろう．

論理的に考えれば，クリーム色の壁の真ん中から，A の 17 行目の提案どおり特定の長さだけを内側に寄せ，後に右側も同じ分だけ寄せれば，左右のバランスが取れた台を作ることができると考えられる．しかし，実は，この戦略を取ることは，現状の情報だけでは不可能なのである．なぜなら，クリーム色の壁の真ん中という 1 点からは，原理的に 180 度の方向全ての方向に線を引くことができるからである．すなわち，厳密に端を決めるためには，絶対参照点から引かれる線の角度を決定するもう一点の絶対参照点を必要とする．端の位置を決めるという活動のなかで，絶対参照点が有意味になるためには，少なくとも 2 点の情報が存在しければならないのである．

4.2.2 位置決めの（部分的）成功

抜粋 2 の後に参与者たちが取りうる戦略は，次の二つだろう．一つはクリーム色の壁の真ん中と関係づいたもう一つの絶対参照点を探すことであり，もう一つは，全く別の関連づいた 2 点の絶対参照点を探すことである．彼らは，後者の可能性を選択した．もう少し正確にいうならば，抜粋 1 にて示されていた，中心を探し，その中心から雪の量に合わせて左右に等しく広げることで，御神体台を作成するという戦略を取った．中心は，2 体の御神体（次男／次女）からの距離が等しく

なる地点から定義できる. ゆえに, 次に行われるのは, 御神体の位置を決める作業である.

抜粋 3 は, 総括が 2 つの絶対参照点を関連づけながら示すことで, 少なくとも部分的には御神体の位置決めが成功する事例である. ここで総括は, 他の参与者から「中心」に関する情報が求められたのち（抜粋 1 の 07 行目), 新たな指示を開始している (01 行目). まず, 総括は 01 行目にて, 男（次男）の御神体が, 図 2 の右側に示した民家の柱の位置であることを指示している. なお, 01 行目の総括の発話中に産出されている「たぐち」は, 参与者 A の名前である. 次に, 総括は, 10 行目と 12 行目にて,「>これわかる<」と確認を求める形で, 柱と反対側にある建物の左の際（図 2 左側）を絶対参照点として示している.

【抜粋 3】
((絶対参照される場所を伝えている場面。なお、01 行目「たぐち」は参与者の名前であったため、倫理的観点から違うものに変更してある。また、「男」は次男の御神体のことを示している。))

01 総括 : ちょ:::あえ- そうそう 男が↑::[:(0.4)たぐちの後ろの#柱ぐれ:↑:
Fig #fig1
02 参与者 A: [うん
03 (0.8)
04 参与者 B: 柱
05 (2.0)
06 参与者 B: あ、この黒い[柱ってこ↑と
07 総括 : [あ-あの柱ぐらい
08 (0.2)
09 参与者 B: この黒い柱[ってこと
10 総括 : [の-# に
Fig #fig2
11 (2.6)#fig3 #fig4

fig1

fig2

Fig3

Fig4

12 総括 : >これわかる<
13 (2.0)
14 参与者 A: [[じゃあ あれ
15 参与者 B: [[あじゃあじゃあやっぱここだな
16 (.)
17 参与者 A: そうだなじゃあじゃあここ男で

抜粋 3 において, 総括はいくつか特徴的なやり方を用いて, 2 点の絶対参照点を関係づけている. まず, 総括は柱という情報を, その柱の最も近くにいるたぐち（A）と関連づけながら産出することで, 参照すべき柱がどれなのかを際立たせている. そして, B によって対象となる柱の気付き（06 行目）が示された時点で, 再度指示を与えている（07 行目). ここまでは, 抜粋 2 と同様, 一つの絶対参照点を共有するやり方であるといえよう. しかし, ここから総括は, 抜粋 2 とは違う振る舞いに移行する. 総括は, 09 行目の B の発話に自らの発話をオーバーラップさせながら,「の-に」と強い調子で助詞を産出している. この助詞は, 直前の名詞である「あの柱」に戻り, 発話をやり直すことをしているように見える. さらに, ここでは助詞が「の」から「に」に自己修復されている点も興味深い.「の」の場合, その後には, 柱に関連する情報（例 : 柱の上側, 柱の横など）の産出が期待されると考えられる. 一方,「に」は, 柱に関係づけられた別の対象の存在を期待させるように思われる. 例えば,「あの柱"に"この建物の左際を合わせた位置」というように. さらに, この柱と関係する別の対象は, 代名詞「これ」(12 行目）で指示されている以外は, 明確には言及されていない. そもそも,「あの柱に」という発話は, 関連づけられる対象および述部を欠いており, 統語的には文として完成していない. しかし, この発話を違和感なく理解できるのは, 柱に関連づいた対象と発話の述部が, 身体動作および進行中の活動を通して理解できるからであろう.

A は, 総括の「に」を聞いて, 総括に視線を向けながら, 総括のほうへと歩き始める(fig2→fig3). B は, A の振る舞いを見て, 総括のほうへと視線を向ける. そして, 総括は, この A と B 両方の視線が自分に向いたことを十分確認できる位置で, 反対側を振り向き(fig4),「>これわかる<」と確認を求めている. そして, その後すぐ, A と B に振り返り, 先程視線を向けた先にある建物の左際をなぞるようなジェスチャーを産出している. すなわち,「に」によって A と B に対象の存在を期待させ, 振り返りによって対象を限定し, 確認の求めとジェスチャーの産出により対象をより限定的に指示することで, 柱と関連づけられるべき対象を際立たせているといえよう. また, ここでの活動が, 御神体の位置を決めるというものだったことを考えれば, 柱と建物の左際の関係に関する述部は,「その両者を合わせる」あるいは「その両者を合わせた位置に御神体を置く」であることが, 容易に推論できよう.

以上の抜粋 3 で記述してきた総括の発話と身体動作の組み合わせは, 第三の課題であった, A と B という本来担当ではない参与者に対し情報をわかりやすく共有することへ対処する一つのやり方だったと考えられよう. また,「御神体の位置を決める」という活動のなかに, ファイル上の情報を適切に位置づけていたという点において, 課題 2 への対処にもなっていたといえよう. そして, これら 2 つの課題への対処が遂行されれば, 中心が把握され, 雪の量が少なくとも, 当該年度において最善の御神体台を作成することが可能になる. ゆえに, 課題 1 への対処でもある.

4.2.3 残る不確定性への対処

抜粋 3 において, 参与者らは, 御神体の位置決めは

成功しているように思われる．15 行目，17 行目にて，A も B も「ここだな」「ここ男で」という発話を産出し，御神体の位置を理解したことを示している．

しかしながら，実は，これでもまだ十分に位置を決定できるわけではない．論理的にもそう考えられるし，参与者たちも，実際に解決すべき課題として，この課題に直面している．このことが明確に反映されている抜粋 4 を検討しよう．

```
1   【抜粋 4】
2   ((総括は次女の位置を決めようとする。
3   しかし、A が「前」についての情報を求める))
4   友想会 A   前は[前
5   総括          [女が-(.)え: ま↑え
6              (0.2)
7   友想会 A   まえ(.)まえ
8              (1.5)
9   友想会 A   奥行き
10             (0.4)
11  総括       え:::::::::っと 150
12             (0.5)
13  友想会 A   どっから？
14             (0.6)
15  総括       前から
16  友想会 B   duhu[hu ¥前ってどこだよ¥
17  友想会 A       [¥前って¥
18  友想会 A   ¥どこが[前だよ¥
19  友想会 B         [huwahahha¥どこが前(だよ)¥
```

抜粋 4 は，抜粋 3 の直後である．抜粋 3 にて，男の位置が決まったので（決まったように思われたので），総括が次に，女の位置を確定させ，中心を導出しようとしている．しかし，A は、「前は前」（4 行目）と，さらなる情報を要求している。この情報要求は、男の御神体の位置をマークしようとしてた A によって産出されることで、男の御神体の位置決めに関わるものとして聞かれるだろう．この情報の求めに対し，総括は適切に答えられていない．

まず，総括は，4 行目の A の情報の求めに対し，11 行目にて，「150」と奥行きの長さに関する情報を与えている．この情報を与えるまで，少し長めの間が空くが（8 行目，10 行目，12 行目，11 行目の総括のフィラー），これは総括がファイルの情報を確認していたためである．この情報と関連させて，A は，この長さの基準点の情報を求めている（13 行目）．そして，この A の情報の求めに対し，総括は「前から」と応答してしまう．「前」という基準点は，文脈によって明確なこともあれば，不明確なこともある．抜粋 4 では，1)御神体台の前から，2)御神体台前方に作られる階段の前から，3）御神体台前にある側溝の前から，と，少なくとも 4 つの候補がありうる．このような候補の多様性は，参与者たちも理解していると考えられ，だからこそ「どこが前だよ」という言わばツッコミ的な質問が産出されている．

このやりとりからわかるのは，御神体の位置を，奥行きまで確定させるには，これまで確認された 2 点の絶対参照点の他に，さらなる別の絶対参照点が必要だということである．2 点では，線分上のどの位置をも取りうるからである．それでは，この不確実性はどのように対処されたのか．抜粋 5 にて検討しよう．

4.2.4 位置決めの成功

抜粋 5 は，最終的に，御神体の位置を確定することに成功した事例である．ただし，ここでの位置期目の成功は，上述したような，新たな別の絶対参照点を文脈内に配置したことによって可能になったわけではない．ここではいわば，位置が「適当に」決められているように見える．

```
1   【抜粋 5】
2   ((抜粋 4 のあと、「前」に関する情報（3 行目の「階段
3   登ったとこ」も前に関する情報）がいくつか議論された
4   あとの場面。))
5   総括       階段登ったとこなんだよな::::
6              (1.3)
7   友想会 B   hua ha[hahahaha
8   総括             [(ギリギリ)
9              (0.5)
10  友想会 B   [[そしたら(.)そし ]たら[この[へんってことだ][な
11  友想会 A   [[わかんないけど::]          [すげ:::        ]
12  総括                                [（うん）              [そうな
13             ん[だよな:::
14  友想会 A     [じゃあここに鬼のようにつまんじゃいかんの
15  友想会 B     [このへんってことだな
16  総括       そう: だから こ n- この高さいらねんだ↓よ
17             (0.3)
18  友想会 B   うん: でもこっちにも雪あるだ[ろ
19  総括                                  [うん
20             (0.4)
21  友想会 A   じゃあ ここでここでここでここ
22  友想会 B   ここでいい?
23  友想会 A   そこでいいんじゃねん
24             (0.7)
25  友想会 A   そこにしようよ
26             (2.1)
27  総括       いっか
28  友想会 A   うん
29             (0.4)
30  総括       そこに立てて、台を合わせよう
31             (0.2)
32  友想会 A   そうしよう
```

まず，抜粋前から 5 行目にかけての総括の発話に注目する。この発話は、抜粋 4 で総括が明らかにした 150cm を計測するための起点に関する指示の求め（抜粋前に A が産出）への応答として産出されている．しかし，5 行目が完結した位置では，この指示は完結していない．むしろ，総括は 5 行目前を手元のファイルに，5 行目を階段となるべき場所に視線を向けることで，指示を行うために、今自分が考えている最中であるこ

とを，他の参与者に示している．

さらに，この総括の考えていることの内容は，5 行目の総括の発話に反映されていると考えてよいだろう。しかし、この総括の考えていることは、実は、他の参与者たちに，絶対参照点の不在を理解させてしまう．総括は，5 行目の発話の「登った」という語を過去形で産出している。さらに、その部分の発話の語気を強めることによって有標化している．この発話のデザインは，参与者たちに，御神体台に登った“後”の台の上部平面の端が，150cm を計測するための起点であることを理解させる．当然ながら，御神体台の上部平面の端とは，御神体台の端が確定した後にしか利用可能にならない参照点である．このような参照点は，絶対参照点を基礎として，活動と関連した様々な情報が配置されたり，その情報を元に対象となる環境自体が改変されたりすることによって，初めて利用可能になる参照点である．こうした参照点のことを，本稿では相対参照点と呼ぶ．

相対参照点は，位置が確定し，端の位置が確定した後の御神体台形成には有意味な情報である．しかし，ここでの参与者たちが展開している活動とは，まさにその端の位置を確定することそれ自体にほかならない．こうした活動を遂行するに際し，相対参照点を利用することは難しい．

以上のことを踏まえると，5 行目が完了した位置は，総括の持つ情報が相対参照点であることが理解可能であり，この情報が位置決めを行うためにふさわしくない情報であることが理解可能な位置であるといえよう．6 行目で少し間が空いた後，7 行目で B が笑いを産出したのは，情報がないことや，あるいは情報がふさわしくないことのシリアスさを和らげているように見える．

この後，意外にも，御神体の位置の確定は，この総括の情報の利用不可能性が理解された後の位置で，主担当ではない友想会 A および B によって開始されている（10 行目，12 行目）．B は，「そしたら」という，新たな提案を期待させる接続詞を文頭につけ，御神体の位置が，「このへん（指差しとスコップを刺すことで指し示しめされた位置）」であることを報告している．視線はカメラの位置の問題で観察できないが，B の身体全面は総括の方を向いており，B はこの報告を総括に宛てているといえるだろう．総括も，B の一度目の「そしたら」という発話とともに開始された指差しが御神体の位置を指し示したことを確認した位置，つまり B の報告内容がある程度予測できる位置で小さく「うん」と発話し，その後，B の発話が順番交替適切場（Sacks, Schegloff, Jefferson, 1974）に差し掛かったあたりで「そうなんだよな」と，B の報告を受け止めている．

この B の御神体の位置の報告は，特に何らかの根拠を持って産出されているわけではない．そもそも，B は御神体台作成の主担当ではないし，「このへん」という発話の際に，他の参照点を利用したような振る舞いは観察できない．同様に，11 行目の A も，10 行目の B の発話にオーバーラップしながら，「わかんないけど::」と発話し，自分が位置を決めるための根拠や情報を持っていないことを示している．それにも関わらず，総括含め，この場の参与者たちは，21 行目以降，ここで A および B が報告・提案した位置を御神体の位置として確定していく手続きに入っている．すなわち，最終的な位置を確定できる絶対参照点が活動のなかに位置づけられていないにも関わらず，ここでは A と B の主観を基準として，「適当に」位置の決定が行われているのである．

ただし，全くデタラメに位置が決定されているわけではない点に注意しよう．この場では，これまでの相互行為のなかで，2 点の絶対参照点は位置づけられていた．すなわち，2 点を結ぶ線分上のどこかであることは，参与者たちは理解できている状態である．この線分上という条件下で，彼らは「適当に」位置を決めているのである．

4.2.5 小括

以上，発話と身体動作の組み合わせにより，ファイル内の絶対参照点に関する情報を活動のなかに明確に関連づけ，他の参与者が参照すべき対象の理解可能性を高めること（第三の課題への対処），またこうした振る舞いを通してファイル内の情報が活動のなかで利用可能なように位置づけられること（第二の課題への対処），そして，これらの対処を通して中心が導出されることで，天候の変化により雪の量が変わっても，最善の御神体台を作成することが可能になること（第一の課題への対処）を指摘した．

しかしながら，位置を完全に確定させるためには，絶対参照点は 2 点では足りず，最終的には「適当に」御神体の位置を確定させていることが観察された．実は，これまでのフィールドワークにおいて，このように参照される情報がないにも関わらず，現場の状況に合わせて「適当に」意思決定がなされる場面をいくつか観察したことがある．例えば，阿部（2017）では，初灯籠と呼ばれる祭具を作るにあたり，灯籠の柱を短く切り

すぎてしまった事例を報告している. この際, 設計図情報という参照すべき情報が無視され,「先が細い」という主観的判断によって, 柱は短く切られていた.

これらの事例を, 怠慢や不注意などの単純な個人の能力や資質に帰属して処理するべきではない. 本稿が分析した総括たちは, 昨年度参加したときは, 見習いだったことを忘れてはならない. 総括たちは, どの情報が有意味な情報なのか, そして, 自分たちが準備で使う情報はどれなのか, 明確にはわからない状況で情報を収集していたのである. さらに, 祭り準備は場合によっては豪雪および極寒のなか行われる. このような中, これだけの昨年度の情報が残されていることは, 怠慢などでは決してなく, 彼らの誠実性の傍証であるというべきだろう.

むしろ, 本稿では次のように考えたい. 総括たちのように, 過酷な状況のなかで祭りの準備の情報を記録し, その情報を準備の際に生じる課題に対処するために限界まで活かすが, それでもなお存在してしまう不確実性に対して, 個人の主観的判断で意思決定することで, 彼らは祭り準備に対して主体性を発揮していたのである. こう考えることで, 祭り準備の活動システム全体の観点から, 主観的判断によって「適当に」意思決定することに, 一つの機能的な意味を想定することができるように思われる. 次節では, この点について考察する.

4.3 不確実性の対処を通した主体性の獲得

2.2 にて述べたように,「祭りを再現すること」と,「祭りを自分たち独自のものにすること」の間にはジレンマが存在していた. 前節での議論を踏まえ, 本稿では, このジレンマが解消される仕組みとして, 以下の仮説を提示したい. 準備の中心担当たちは, 自分たちのあんちゃんの祭りを再現するという志向を, 準備のための情報収集や, その情報を活かして準備を行うことで, 限界まで突き詰める. しかし, 限界まで突き詰めたとしても, 環境の変化や準備の盲点などで, 不確実性が生じる. このような不確実性から生じる問題に対し, 情報を参照するのではなく, 自らの主観的判断を用いて主体的に意志決定することで, 祭りに自分たちの意志を反映し, 自分たち独自のものにすることができる. したがって,「祭りを再現すること」を志向する中で生じる問題に主体的に対処することで, 祭りを自分たち独自のものにすると考えることができる. 限界まで準備した後に, 主観的判断によって「適当に」意思決定することには, 祭りを自分たち独自のものにするという機能的意味がある.

この仮説の検証を考えた際, 限界まで突き詰めていない段階での主体的意思決定がどのように扱われるのかや, 限界まで突き詰められた状況で主体的意思決定が行われていない場面を分析することは有意義であろう. 本稿では, これらの検証を詳細に行うことはできないが, フィールドで得た知見に, いくつか仮説をフォローするものがある. 例えば, 前者に関連するものとしては, 三夜講ではしばしば利用される「段取りよく」という言葉がある. これは, 事前準備をしっかり理解し, 無駄なく準備をすすめるという含意があるのだが, この段取りを理解せず作業を進めた者が, 叱責されることがあった. 後者に関連するもので言えば, 年長の指南者たちが, 三夜講に対し「自分たちで考えてやれ」と声をかけることがあった. この「自分たちで考える」とは, 当然ながらすべてを自分たち独自のものにしろという主張ではなく, 情報に頼りすぎるなという含意があるように思われる.

本稿の最後に, ここでは以上の仮説に深く関連すると思われる事例を検証しておきたい. この事例は, 御神体作成場面ではないが, 準備担当者たちが主体的に意思決定しなければならない場面において, 環境外の情報を参照することで, その問題に対処していた. 抜粋 6 を検討しよう.

【抜粋 6】
((保存会の人々が、社殿の桁材を固定する高さの位置を調整している。
その際、2 点間の高さを揃えるため、水平器が用いられている。
なお、抜粋中の「ひろや」は保存会 C のことをであり、倫理的な配慮から名前を別のものに変更している。))
保存会 A　高さ出すほうもまた難しいね::↓::
　　(1.8)
保存会 C　(長さっすね::)
保存会 A　う::::↓ん
　　(0.4)
保存会 A　そうだね:::↓::
　　(0.2)
保存会 A　合わせて水平器のせるしかないね::
((中略))
保存会 A　ひろやそっちの木じゃねえ（　[　）
保存会 B　　[横の木[だよ
保存会 D　　[ひろやそっちじゃねえぞ
　　(0.2)
顧問 E　ひろやちが[うぞ:::
保存会 D　　[huhahahahaha
保存会 A　（　　）
　　(0.9)
顧問 E -> 目見当でいい目見当で
　　(2.3)
保存会 D　俺そっち切っちゃうよ:
　　(3.4)
顧問 E　はいそこそこ

抜粋 6 は, 社殿をを支える桁材の高さを決めている場面である. この作業は, 年長者によって組織された保

図 4 社殿の桁材を固定する高さの位置決め

存会および顧問の人々が中心的に担当している．顧問の人々のほうが歳上であり，基本的に，保存会は顧問の指示に従う．この抜粋では，保存会の人々が，桁材を固定する高さを測っている．そのために，まず長い棒を 2 本の柱に対して垂直に合わせ，その棒の上に，接地面が水平であるかどうかを判別する水平器を起き，水平出しをしている．そして，水平になった位置を桁材を固定する位置を判断し，柱のその位置にペンで印をつけようとしている（図 4）．

しかし，15，16，17，19 行目で指摘されているように，C は印をつける木を間違えてしまう．そこで，再度印をつけるために，C が印の基準となる棒が水平になっているかを確認しようしたところ，顧問の E は「目見当でいい目見当で」（23 行目）と発話し，C に対して水平器で細かく確認するのではなく目見当で印をつけるように求めた．そして，慎重に印をつけようとする C に対して，顧問は「はいそこそこ」と，やはり目見当で印をつけるように求めている．

この顧問 E の振る舞いは，水平器を使って判断・意思決定するのを忌避しているように見える．実は，この抜粋の前にも，別の箇所の位置を決定するやり取りにおいて，別の顧問が全体のバランスを考えると，東がやや高くなることを指摘した上で，「そんな土方の水平なん持ってこんでいいから」と，水平器に対する忌避感を表明している．また，同じ場面にて，顧問 E が今まで目見当でやってきたことを報告していることから，水平器を使うのが今年初めてであったことがわかる．しかし，水平器に対し，なぜこのような忌避感が生じているのだろうか．

確定的なことが言えるわけではないが，これまでの分析を踏まえ，一つの可能性を示しておこう．水平器を用いるということは，高さの位置を判断するための根拠を，環境内の情報の参照や自らの主観的評価に求めるのではなく，機械というデジタルな水準に求めるということになる．デジタルな情報は，本稿が検討してきたような不確実性を消去することになるだろう．例えるならば，御神体の位置を決めるために，GPS を用いるようなものである．顧問たちは，このようなデジタルの確定性，あるいは不確定性の消去に対し，忌避感を抱いていたのではないだろうか．デジタルを基準とすることが基本になれば，不確定性はなくなる反面，おそらく祭りは毎年画一的なものとなっていくだろう．また，毎年起こる環境や状況の変化に対しても脆弱になるのかもしれない．なにより，参与者たちが，祭りを自分たちのものにしていく機会が失われる．顧問たちの忌避感は，こうした事態に対応していたように思われる．

文献

阿部廣二. (2017). 問題発見のシークエンス分析：野沢温泉道祖神祭りの準備活動の事例から. 2017 年度日本認知科学会第 34 回大会論文集. 553-562.

榎本 美香・伝 康晴. (2015). フィールドに出た言語行為論:「指令」の事前条件達成における相互行為性・同時並行性・状況依存性. 認知科学, **22**, 254-267.

Huchins, E. (1987). Learning to navigative in context. Paper presented at workshop on context, cognition and activity. Stenugsund, Sweden.

西阪仰. (2008). 分散する身体：エスノメソドロジー的相互行為分析の展開, 勁草書房.

Sacks, H., Schegloff, E. A. & Jefferson, G. (1974). A Simplest Systematics for the Organization of Turn-Taking for Conversation. *Language*, **50**, 696-735.

Suchman, L. (1987). *Plans and situated actions : the problem of human-machine communication.* Cambridge: Cambridge University Press.

Who to Blame? The Underlying Representation of Japanese Sentences with Unspecified Agents of Blamable Acts

赤嶺　奨†，大嶺　明李‡, 小波津　豪‡，新国　佳祐§，里　麻奈美‡
Sho Akamine, Akari Omine, Tsuyoshi Kohatsu, Keiyu Niikuni, Manami Sato
†カリフォルニア州立大学フレズノ校，‡沖縄国際大学，§新潟青陵大学
California State University, Fresno, Okinawa International University, Niigata Seiryo University
shoakamine1@gmail.com

Abstract
First-person pronouns elicit the agent's perspective (Brunyé, Ditman, Mahoney, Augustyn, & Taylor, 2009). In some cases, however, sentences contain no explicit agent, as in "unintentional" sentences (e.g., *Kabin-ga wareta* 'The vase broke') and null subject sentences (e.g., *ø Kabin-o watta* 'ø broke the vase'). In fact, Japanese speakers prefer non-agentive expressions, using them much more frequently than English speakers in describing events that equally allow agentive (e.g., 'I dropped the keys') and non-agentive (e.g., 'The keys dropped') descriptions (Choi, 2009; Teramura, 1976). This study examined how native Japanese speakers comprehend and construe the agents of unintentional and intentional events in sentences with unspecified agents of blamable acts. Reaction times on a sentence-picture matching task support that listeners flexibly adopt an agent's or observer's perspective given explicit grammatical pronouns ("I" or "the other") in Japanese. Moreover, the results suggest that Japanese speakers consider another person to be the agent of negative events.

Keywords — Japanese sentence comprehension, event representations, intentionality, perspective-taking

1. Introduction

Patterns in language, even in the local linguistic environment (e.g., a conversation, a paragraph), facilitate the decision of whether we construe someone as being the agent of an event and as the person to pay attention to [1]. Furthermore, linguistic and contextual framing also plays a functional role in the judgement of who is to blame and to what extent they should be blamed and punished. For instance, people attribute more blame and financial liability to the subject after comprehending agentive descriptions (e.g., *Timberlake ripped the costume*) than after comprehending non-agentive descriptions (e.g., *The costume ripped*) [1].

Understanding and producing literal as well as metaphorical language evokes perceptual simulation, which entails the reactivation of perceptual symbols extracted from experience and stored in memory [2][3][4][5][6]. A body of recent work demonstrates that these simulations incorporate an appropriate visual perspective [7][8], even when, in a language where the subject pronouns are frequently omitted when the subject is deducible from the context (e.g., Japanese), the subject pronouns are missing [9]. For example, first-person pronouns (e.g., "I") elicit the agent's perspective, showing that linguistic cues can affect a listener's perspective-taking [8]. In some cases, however, sentences contain no explicit agent, as in "unintentional" sentences (Type 4 below) and null subject sentences (Type 3 below). In fact, Japanese speakers often prefer non-agentive expressions, using them much more frequently than English speakers in describing events that equally allow agentive (e.g., 'I dropped the keys') and non-agentive (e.g., 'The keys dropped') descriptions [10] [11]. However, Japanese speakers seem to be more likely to use agentive expressions (Types 1–3) when describing intentional events [12], suggesting that Japanese speakers pay attention to whether the events are caused intentionally and mark the intentionality of events (intentional vs. accidental) using either agentive or non-agentive expressions. Thus, this study draws on simulation research that has established perspective adoption as an indicator of listeners' construals of agentivity.

2. Experimental Methodology

2.1. Participants

Twenty-nine (22 female and 7 male) right-handed native speakers of Japanese were recruited from Okinawa International University. The mean age of the participants was 20.5 (*SD* = 1.2), ranging from 18 to 23. Each participant received a ¥1000 (approximately $10) gift card for participation.

2.2. Materials

2.2.1. Auditory Materials

The auditory materials comprised four types of Japanese sentences (JS) manipulating the intentionality (intransitive vs.

transitive verbs) and the subject pronoun of sentences with transitive verbs (explicit "I" or "the other" vs. null subjects), as shown below:

Type 1: **Intentional JS with "I"**:
Watashi-ga kabin-o watta 'I broke the vase'
Type 2: **Intentional JS with "the other"**:
Aite-ga kabin-o watta 'The other broke the vase'
Type 3: **Intentional JS with null subject**:
ø Kabin-o watta 'ø broke the vase'
Type 4: **Unintentional JS**:
Kabin-ga wareta 'The vase broke'

The auditory materials were created by recording a 25-year-old female native Japanese speaker reciting each sentence. The target items used 32 pairs of intransitive and transitive verbs (e.g., *wareru* 'to get broken' vs. *waru* 'to break'; *yogoreru* 'to get dirty' vs. *yogosu* 'to dirty'; *nureru* 'to get wet' vs. *nurasu* 'to wet'); all verbs described events that negatively affected an object's status. All participants heard 32 target sentences (four sentences in each of eight conditions); the correct response for all target trials was YES. They also heard 32 filler sentences (three Type 1, three Type 2, two Type 3, and 24 Type 4); the correct response for all filler trials was NO.

Hence, participants encountered equal numbers of unintentional and intentional sentences, as well as approximately equal numbers of the three different types of intentional sentences ("I," "the other," and null subjects). Because the agent responsible for the object's resultative status is explicitly stated in Types 1 and 2, while no agent information is linguistically provided in Types 3 and 4, the experiment assesses which person (i.e., "I" or "the other") Japanese language comprehenders consider to be the most plausible candidate to blame for the described negative event.

2.2.2. Picture Materials

The pictures depicted the two people (i.e., I and the other) sitting across a table and two objects located on the right side and the left side of the screen (Figure 1). The location of the target object was counterbalanced.

Figure 1. A sample of picture materials. The target object *kabin* 'vase' is on the right.

2.3. Procedure

Each participant completed a sentence-picture matching task. They were instructed to place the index finger of their dominant hand (i.e., right hand) on the center of the keyboard (i.e., "J" key) and move the finger to press keys marked either YES (O) or NO (X). The YES was placed on the third key to the right (i.e., ";" key) from the center, and the NO was placed on the third key to the left (i.e., "F" key). In addition, they were instructed to respond as quickly and accurately as possible; we collected their responses on whether the auditory sentence correctly described the pictured event, and analyzed their accuracy and reaction times (RTs). They first saw a fixation cross for 600 ms, followed by an image of an event involving two people and two objects (Figure 1). After viewing the picture for 1000 ms, they heard a simple Japanese sentence and judged whether it correctly described the depicted event by pressing either YES or NO. The picture was presented until participants pressed one of the keys (Figure 2).

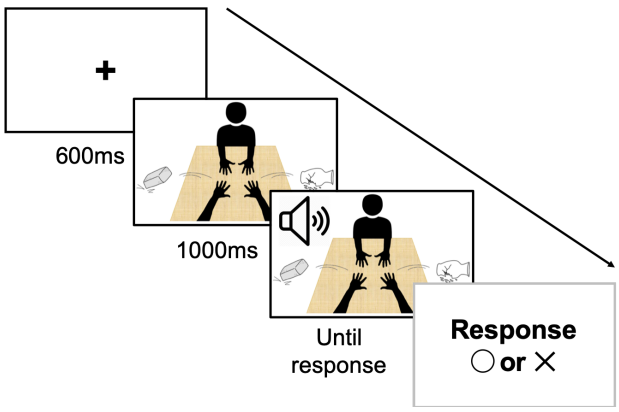


Figure 2. Sequence of events for trials.

2.4. Experimental Design

There were eight conditions: 4 (sentence type) x 2 (location of target object). Because the YES response key was on the right side while the NO key was on the left, counterbalancing the object locations created location-match and location-mismatch conditions. For example, when the agent is explicitly stated as "I" (Type 1), the right-handed participants would be expected to perceive the event by adopting the "I" perspective, and to simulate the event as occurring on the right side of the screen, as in 'I broke the vase' for Figure 1, since they would be more likely to use their dominant hand (i.e., right hand) to cause the event. This is called a location-match condition because the location of the target object and the location of the YES key are both on the right.

In the location-mismatch condition, the target object would appear on the left side with the same sentence (i.e., the location of the target object and the location of the YES key mismatch). When the agent is explicitly stated as "the other" (Type 2), participants would be expected to simulate an event in which the person across the table is the agent, and the target object would be on the left (the expected event location if "the other person" used his/her right hand); thus, Figure 1 and 'the other broke the vase' also create a location-mismatch condition.

2.5. Predictions

We predicted faster reaction times in the location-match condition than in the location-mismatch condition when the agent is clearly stated as in Types 1 and 2. The Types 1 and 2 results provided a baseline for understanding the Types 3 and 4 results, allowing us to access whom the participants construe as the agent of the event in the absence of explicit agent information. If they construe themselves as responsible, and hence simulate the event from the "I"-perspective, RTs should be faster when the target object appears on the right side than when it appears on the left side. Likewise, if they construe "the other person" as responsible for the event, RTs should be faster when the target object appears on the left side.

2.6. Analysis

No subjects or items were excluded. Exceedingly fast or slow responses (i.e., below 250 ms or above 3000 ms), incorrect responses, and responses more than 2.5 *SD* above or below the mean RT for each participant were removed. The rest of the data were modeled using linear mixed-effects model (LME), with random intercepts for participants and items. All the analyses were conducted in R [13] using the *lme4* package [14].

3. Results

No significant difference of accuracy was observed across the eight conditions (4 sentence types x 2 target object locations). Mean RTs for sentence-picture verification demonstrated: (a) a significant main effect of sentence types (Intentional–"I," Intentional–"the other," Intentional–null, and Unintentional) [χ^2 (3) = 32.0, $p = 5.37*10^{-7}$]; (b) a significant main effect of object locations (left vs. right) [χ^2 (1) = 9.3, p = .002]; and (c) a significant interaction effect between sentence types and object locations [χ^2 (3) = 36.4, $p = 6.19*10^{-8}$]. More specifically, treating the Intentional–"I" condition as the reference level, we observed (marginally) significant interactions between (a) the Intentional–"the other" condition and object location [β = 128.8, *SE* = 71.6, t = 1.80, p = .073], (b) the Intentional–null condition and object location [β = 163.1, *SE* = 67.7, t = 2.41, p = .016], and (c) the Unintentional condition and object location [β = 118.7, *SE* = 67.7, t = 1.75, p = .08] (Figure 3; Table 1).

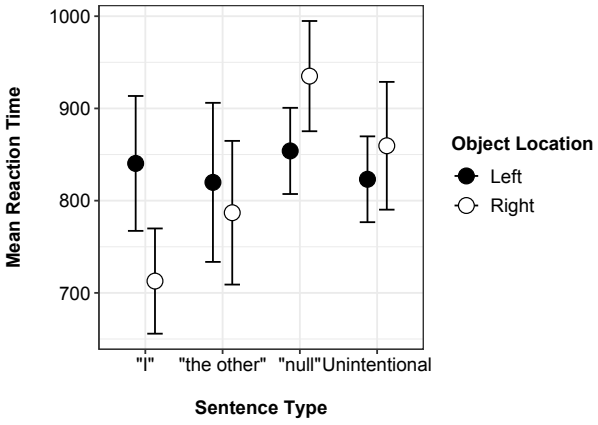


Figure 3. Mean reaction time for the sentence types and object locations. Error bars indicate standard errors.

4. Discussion

This study's findings support the conclusion of previous work [8] that listeners flexibly adopt an agent's or observer's perspective given explicit grammatical pronouns ("I" or "the other") in

Table 1. Reaction Time for Sentence Type and Object Location

Sentence Type	Example	Object Location	Mean (*SD*)	95% CI *LL*	95% CI *UL*
Type 1	*Watashi-ga kabin-o watta*	Left	840.37 (380.0)	690.04	990.70
Intentional (I)	'I broke the vase'	Right	712.81 (301.8)	595.77	829.85
Type 2	*Aite-ga kabin-o watta*	Left	819.83 (431.2)	641.84	997.82
Intentional (the other)	'The other broke the vase'	Right	786.91 (397.2)	626.48	947.35
Type 3	*ø Kabin-o watta*	Left	853.93 (247.2)	758.06	949.80
Intentional (null subject)	'ø broke the vase'	Right	935.04 (316.3)	812.41	1057.67
Type 4	*Kabin-ga wareta*	Left	823.19 (246.2)	727.72	918.66
Unintentional	'The vase broke'	Right	859.51 (366.5)	717.38	1001.64

Japanese. More interestingly, the study reports a new finding: Japanese speakers preferred the observer's perspective when the agent was not explicitly mentioned (i.e., unintentional events and intentional events with null subjects). This result suggests that Japanese speakers construe the underlying agent of events causing negative results for an object's status as another person rather than as themselves, and that they cognitively represent such described events from the observer's perspective. Although Japanese speakers seem to prefer not to express the agent of negative events, choosing non-agentive sentences [10] and showing attenuation of attention to agents in their non-agentive linguistic descriptions of events causing negative change of status to objects [15], they in fact assume that the person responsible for such events is the other person, not themselves, even when both are equally plausible candidates.

Acknowledgements

This research was supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research (B) (PI: Manami Sato, # 19H01263).

References

[1] Fausey, C. M., & Boroditsky, L., (2010) "Subtle linguistic cues influence perceived blame and financial liability", Psychonomic Bulletin & Review, Vol. 17, No. 5, pp. 644-650
[2] Barsalou, L. W., (1999) "Perceptual symbol systems", Behavioral and Brain Sciences, Vol. 22, pp. 577-660
[3] Barsalou, L. W., (2008) "Grounded cognition", Annual Review of Psychology, Vol. 59, pp. 617-645
[4] Bergen, B. K., (2015) "Embodiment", In Dabrowska, E., & Divjak, D., (Eds.) "Handbook of Cognitive Linguistics", Walter de Gruyter GmbH, pp. 10-23
[5] Wilson, N. L., & Gibbs, R. W., Jr., (2007) "Real and imagined body movement primes metaphor comprehension", Cognitive Science, Vol. 31, No. 4, pp. 721-731
[6] Sato, M., Schafer, A., & Bergen, B. K., (2015) "Metaphor priming in sentence production: Concrete pictures affect abstract language production", Acta Psychologica, Vol. 156, pp. 136-142
[7] Borghi, A. M., Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P., (2004) "Putting words in perspective", Memory and Cognition, Vol. 32, No. 6, pp. 863-873
[8] Brunyé, T. T., Ditman, T., Mahoney, C. R., Augustyn, J. S., & Taylor, H. A., (2009) "When you and I share perspectives: Pronouns modulate perspective taking during narrative comprehension", Psychological Science, Vol. 20 No. 1, pp. 27-32
[9] Sato, M., & Bergen, B. K., (2013) "The case of the missing pronouns: Does mentally simulated perspective play a functional role in the comprehension of person?", Cognition, Vol. 127, No. 3, pp. 361-374
[10] Choi, S., (2009) "Typological differences in syntactic expressions of path and causation", In Gathercole, V., (Ed.) "Routes to language: Studies in honor of Melissa Bowerman", Psychology Press , pp. 169-194
[11] Teramura, H., (1976) "The syntax and semantics of the noun modification part 2", In "Nihongo Nihonbunka, No.5", Osaka University of Foreign Studies
[12] Fausey, C. M., Long, B. L., & Boroditsky, L., (2009) "The role of language in eye-witness memory: Remembering who did it in English and Japanese" Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Vol. 31, pp. 2426-2431
[13] R Core Team., (2020) "R: A language and environment for statistical computing", R Foundation for Statistical Computing
[14] Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S., (2015) "Fitting linear mixed-effects models using lme4", Journal of Statistical Software, Vol. 67, No. 1, pp. 1-48
[15] Fausey, C. M., Long, B. L., Inamori, A., & Boroditsky, L., (2010) "Constructing agency: The role of language", Frontiers in Psychology, Vol. 1

「指サックの指錯覚」 - セルフタッチ錯覚の自己誘導における共感の動員 -
Self-Induction of Self-touch Illusion using a Fingerstall

小鷹 研理 †
Kenri Kodaka
† 名古屋市立大学芸術工学研究科
Graduate School of Design and Architecture, Nagoya City University
kenrikodaka@gmail.com

概要

This paper proposes new self-touch illusion using a fingerstall involving a self-induction process by a single participant. The experiment clarified a significant learning-period effect in an active indcution process. In addition, a fairly strong positive correlation was found between illusion sensitivity and the interpersonal reflection index during the active illusion task. The author discuss how the result conbribute to neuroplasticity's study.

キーワード：self-touch illusion, self-induction, neuroplasticity, individual differences, interpersonal reflex

1. はじめに

1998 年に Rubber hand illusion（RHI）が発表されて以降, 身体所有感の変調に関する研究は, 基礎研究の枠を飛び越え, 医療や Virtual Reality の分野の応用にまで展開されつつある. このような身体所有感に関わる錯覚は, その適用部位やモダリティーの組み合わせの違いによって様々なカテゴリーに区分されるが, それら全体を通じて, 複数感覚間の時空間的同期を基礎として誘導される点で共通している [1]. こうした同期は, 実験室環境においては, 実験者や何らかの情報機器の介在によって設計されるのが一般的であるが, 医療や関連するリハビリの現場を想定すると, 実験者の介在なしに患者（被験者）が自律的に錯覚の誘導を試行錯誤できることが望ましい. このような誘導を可能とするものとして, ミラーセラピーのような, 運動系と視覚系の統合によるアプローチがよく知られている [2][3][4][5]. 他方で, 触覚の関与する錯覚の場合, 実験者や情報機器の介在なしに錯覚を誘導することは極めて困難とされてきた. 筆者の研究室グループは, RHI の変種とされ, ときに somatic rubber hand illusion とも呼称される自己接触の錯覚 [6][7]（self-touch illusion, 以下 STI）を題材に, 特殊なトレーニングを受けた実験者の介在を必要としない錯覚の誘導法を, 論文やワークショップ等で継続的に発表している [8][9]. これらは, 基本的には, 対面する 2 人の接触行為を相互に交換することによって成立するものであり, 錯覚の誘導にあたって, 2 人の人間の関与を前提とするものであった. これに対して, 筆者は, 最近になって, 指サックをはめてもらうだけで, 被験者が単独の状態で試行することのできる, 全く新しいタイプの STI 誘導法を発見した. この誘導法は, 図 1 に示すように指サックを用いるため, 「指サックの指錯覚」と命名した.

図 1　指サックの指錯覚

「指サックの指錯覚」において, 被験者は接触する側の手の人差し指に指サックを装着する（以下では混乱を避けるため, 図 1 に合わせ, 右手を接触する側の手, 左手を接触される側の手として説明する）. この際, 人差し指の先端を, 指サックの最深部まで入れ込まずに, 数センチ程度の隙間をつくっておく. この状態で, 机に添えた左手の人差し指の第一間接付近を, 右手の人差し指を介して指サックでタップする（なお, 左手のどの部位にタップするかは, 本質的な問題ではない）. このとき, 実際には指サックの先端のみが軽く左手の表面に触れるようにし, 指サックの中の人差し指には接触のインパクトが直接伝わらないように注意する. この人差し指のタップに時間的に同期するかたちで, 同じく右手の中指の腹を, 机を接地面としてタップする. これらの動作を, 被験者の目を閉じた状態, あるいは接触部への注意を逸らした状態で行う. 以上の

空間レイアウトにおいてあらためて重要な仕掛けは, 指サックによるタッピングが, 左手に「触られる感覚」を与えるだけで, 右手の人差し指そのものには, 「触る感覚」をダイレクトに与えていない点にある. 要するに, 当事者にとって, 「触れる感覚」は右手の中指のみに単独に存在し, 「触られる感覚」が, 左手の特定の部位にやはり単独に存在することになる. この関係の中で, 接触の感覚と被接触の感覚が結びつくことで錯覚が成立する. すなわち, 錯覚状態にあっては, 実際には机の表面に触れている右手の中指が, (実際には指サックから刺激を受けている) 左手をタップしているように感覚される. 以上が, 「指サックの指錯覚」における自己誘導の概要である.

「指サックの指錯覚」の体験者は, 個々の錯覚の様態を, 自己誘導という自律的な試行錯誤の中で時間をかけて見出そうとする. この点で, 本錯覚に関わる研究は, ある限られた時間経過後の錯覚の感度分布のみならず, 錯覚を獲得するまでの時間的プロセスを追うこと, そしてその錯覚の様態の差異を検討することにこそ重要な意義が見出されるべきである. というのも, この種の時間的プロセスは, ちょうど内因性の身体機能不全のリハビリにおいて, 中長期的なスパンでクロスモーダルな神経群のネットワークを再編成・再統合していこうとする学習過程と近いと思われるからである. 以上を踏まえて, 本研究は, 「指サックの指錯覚」に対する感度の時間経過を検証する実験を行なう. この際, 対照条件として, 指サックを装着せずに直接に利き手の人差し指の先端で自己接触を行う方法を与えた. この錯覚誘導方式を以下では「Barehand-barehand touch」の略として「BB タッチ」と表記しする. この表現に相当するものとして, 「指サックの指錯覚」については, 「Fingerstall-barehand touch」の略として「FB タッチ」との表記を適用し, 以下の説明の中で, 必要に応じて用語を使い分けていくものとする.

2. 実験

2.1 実験環境

著者が担当する学部の授業の時間を使って, 受講学生 38 人 (平均年齢 20.7 歳, 男 20 人, 女 18 人) を被験者として, 一斉に実験を行なった. あらかじめ, 受講学生を半数ずつの 2 つのグループに分けることで, 後述する条件の順序に関する影響を無作為化している. この実験に先立って, 身体の錯覚に関する話題は授業の中で一度も扱っていない. 各学生の座席はコロナの感染防止の観点から, あらかじめ一定の距離 (約 1m) が確保されており, 実験中は極力私語を慎むように指示した (実際に, 38 人が集まる場所ではあるが, 極めて静寂な環境ものとで実験は勧められた). また, 実験に先立ち, 各学生には表面がエンボス加工された天然ゴム素材の指サック (KM-303K, 長さ 48mm, 直径 20mm) を配布している. なお, 実験の時間はおよそおよそ 25 分ほどであった.

2.2 実験手順

実験では, まず教室前方の大型スクリーンを通して, メトロノームに合わせて, 1 秒間に 2 回のリズムで「BB タッチ」と「FB タッチ」を行う映像を見せ, 各自の机でそれぞれ錯覚の誘導方法を学習する時間を数分程度とった.

課題は大きく前半の受動課題 (4 回) と後半の能動課題 (2 回) に分かれる。前半の受動課題では, 教室のスピーカを通して十分な音量でメトロノームの音を呈示し, 40 秒間の錯覚誘導の時間を与える. 40 秒の時間が過ぎたのち, 「自分の右手の中指で, 自分の左手の人差し指を触っているように感じた」の設問に対して, -5 から+5 までの 11 段階で評価してもらい, あらかじめ配布している実験シートに記入させた. (-5 : 全く感じない, -3 : ほとんど感じない, -1 : あまり感じない, 0 : どちらでもない, +1:やや感じた, +3 : 強く感じた, +5 : 大変強く感じた). なお, 受動課題について, 一方のグループは, FB-BF-FB-BF の順に, もう一方のグループは BF-FB-BF-FB の順ですすめた. 後半の能動課題は, 「FB タッチ」のみの条件で行なった. この課題では, メトロノームの音を与えず, 40 秒間の時間枠の中で, 自己接触の感覚を最大限に感じられるように, 各自で触り方 (タップする, 擦る, 触れたままとするなど), 触る場所 (人差し指の第二関節より上部とのみ指定) などを自由に試行錯誤するように指示した. この課題でも同様に, 各試行の終了後に自己接触の感覚に関する評価を記入させた. 以上の 6 つの課題が終了したのちに, 錯覚中に感じたことを, 評価シートに自由記述させた. 最後に, 対人共感尺度 (Interpersonal Reactivity Index: IRI) のアンケート 20 項目 [10] に回答してもらった.

2.3 結果

図 2 に, 自己接触感覚の評価について, 被験者内の平均を各条件毎に示す. 前半 4 回の受動課題に注目し, 二要因分散分析を行ったところ, 順序について主効果

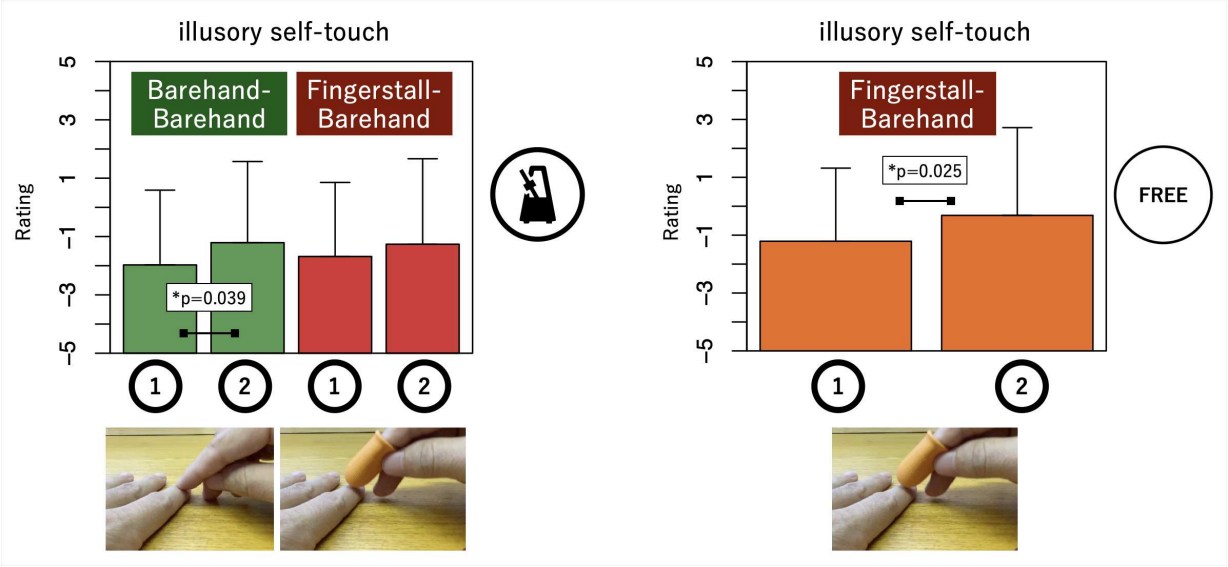


図 2　実験結果（左が受動課題, 右が能動課題に対応する自己接触錯覚の評価値）

が見られた一方で（$F(1,37)=5.48, p<0.03$）, 指サックの有無については主効果（$F(1,37)=0.07, p=0.80$, n.s.）は検出されなかった. さらに対応のある t 検定によって, 各誘導手法で, 初回と 2 回目の感度の差異を比較したところ, 「BB タッチ」では 2 回目で感度が有意に上昇している一方で（$t(37)=2.15, p<0.039$）, 「FB タッチ」では順序間で有意な差がみられなかった（$t(37)=1.46, p=0.15$, n.s.）. 次に, 後半の能動課題の「FB タッチ」に関して, 初回と 2 回目の評価値に対して, 対応のある t 検定で比較を行ったところ, 初回から 2 回目（トータルでは 5 回目から 6 回目）の試行にかけて, 錯覚感度が有意に向上していることがわかった（$t(36)=2.36$, $p<0.25$）.

最後に, 対人共感尺度の合計スコアと, 「BB タッチ」（受動課題）, 「FB タッチ」（受動課題）, 「FB タッチ」（能動課題）それぞれの錯覚感度との相関を, ピアソン相関分析によって解析した（図 3）. ここで, 各誘導手法の錯覚感度には, 2 回の評価値の平均値を採用した. 解析の結果, 「FB タッチ」（能動試行）にのみ有意な水準で正の相関が確認された（$R=0.61$, $p<0.001$）.

2.4　考察

まず, 受動課題において指サックの有無で錯覚感度に全く差が見られなかった点について考察したい. 率直に言って, これは筆者の予想を全く裏切るものであった. 当初, 課題に先立つ説明段階における不備（特に指サックの遊び部分がしっかりと確保されていたか）を疑ったが, 自由記述や学生に対する事後の確認の中で, 特別に大きな問題を確認することはできなかった. もともと指サックの役割として想定していたことは, 人差し指の側に生じる「触る感覚」をキャンセルすることであったが, 単に遊びの空間を物理的に確保するだけでは, 触る感覚が消去されるとは限らない. おそらく, この過程では, 主観的な水準で「触っていない空間イメージ」を召喚しようとする類の能動性が要求される. この実験では, 事前に「触る感覚を消去する」というコンセプトを被験者には明確には伝えていなかったため, 試行の過程でのイメージの働かせ方において, 被験者間でばらつきがあったのかもしれない. 加えて, 被験者が「触る感覚をキャンセルする」という方向性に気づいていない段階では, 指サックの異物感が, むしろ錯覚への注意を妨げる因子として働いてしまった可能性がある. 今後, 指サックの効果をより詳細に検証するためには, 実験系の設計において, 事前のインストラクションの与え方に一定の工夫が必要であると考える.

（これとは逆に）対照群として用意したはずの「BB タッチ」に一定の錯覚の効果が認められたことについてもまた, 事前の予想を裏切るものであった. 実際に 2 回目の試行では 38 人中 4 人の被験者が, 錯覚の感度を +3 以上に評価している. 加えて, 初回から 2 回目にかけて, 錯覚の感度が有意な水準で向上しているという事実は, 指サックを用いない状態でもなお, 錯覚原理に基づく多感覚統合に関わる神経系の再編成が行われていることを示唆するものである. 実際, 「BB タッチ」でも注意の向け方や圧力の調整によっては, 人差し指の触る感覚を極力キャンセルすることは可能であ

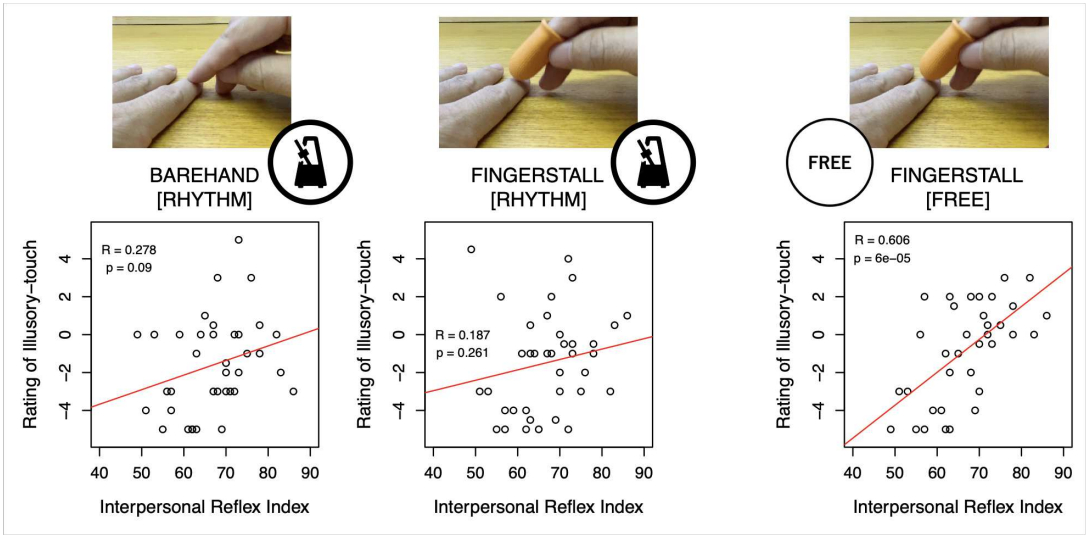


図 3　実験結果（対人共感尺度と自己接触錯覚の評価値の相関．[RHYTHM] は受動課題, [FREE] は能動課題に対応する.）

る．また, 触る感覚をキャンセルするという方向性をとらない場合でも, 人差し指と中指が一体となって一点を触っているというイメージによって自己接触の運動イメージは成立可能である．実際, 「BB タッチ」の 2 回の試行全てで+5 の評価を与えた被験者の自由解答からは, 「指のありえない変形とかを許容するイメージをもってやると錯覚しやすい」というコメントを得ている．このように一定の被験者は, 2 点の「触る感覚」と 1 点の「触られる感覚」を統合するために, 身体イメージの変形を有効的に活用しており, このことが「触る感覚」をキャンセルできない「BB タッチ」においてもなお, 一定の錯覚効果が生まれていた原因の 1 つと考えられる．

能動課題における「FB タッチ」では, 初回から 2 回目にかけて, 錯覚感度が有意な水準で向上している．とりわけ, 錯覚を強く感じている被験者が（+3 以上の評価）, 初回から 2 回目で, 3 人から 9 人に上昇しているのは注目に値する（受動課題の場合, 4 人から 4 人で変化なし）．この試行では, 錯覚誘導における接触パターンの自由度が上昇することで, 誘導プロセスにおける神経結合の再組織化がより活性化しているものと推察される．こうした結果は, 受動課題よりも能動課題で, 神経系の可塑性が上昇することを示唆するものである．他方, 個々の被験者に着目したとき, 受動課題と比して能動課題で必ずしも錯覚感度が高まるものではないことに注意が必要である．実際, 受動課題から能動課題への変化で, 錯覚感度が+3 以上に上昇した被験者が 8 人いるのに対して, +3 以上減退した被験者もまた 4 人存在する．能動課題よりも受動課題の方が錯覚を感じやすいという明確なコメントも複数得られている．能動課題では, 40 秒間の試行時間の中で受動課題と同じように振る舞うことも可能であるため, 受動課題での感度が上昇するタイプの被験者が存在することは, 一見, 直感に反するように思われる．これに関連して, 被験者からの直接のヒアリングのなかで, 受動課題では, 長時間同じリズムでタップを刻んでいく中で, 試行の後半のある時点から, 突如として明確な錯覚を覚える経過を踏むような錯覚パターンが報告されている．このように徹底的に受動的な振る舞いをすることで錯覚へと至る被験者にとって, 能動課題での感度が受動課題以上に高まるという関係は自明ではないことがわかる．

「FB タッチ」における対人共感尺度との相関分析では, 受動課題では有意な水準で相関が得られなかった一方で, 能動課題では, この種の相関分析では異例に高い水準（R=0.61）で正の相関が得られた．この結果は, 能動課題においては, 錯覚誘導における被験者側の自由度が高まる分, 自己接触の運動イメージを立ち上げる（でっちあげる）うえで, 共感性に関わる脳内ネットワークの資源が十全に活用されることを示唆している．実は, ラバーハンド錯覚と共感尺度との正の相関は既に報告されている一方で [11], STI と共感尺度との相関はこれまで全く確認されていなかった [9]. したがって, この実験結果は, 筆者の知る限り, STI が共感尺度と正の相関を示すものとしては, 最初の報告となる．よく知られているように, STI では明示的には視覚情報を動員しないものの, 錯覚誘導の段階で, 自己接触を成立させる空間的な視覚イメージを内的に

立ち上げていることが示唆されている（この機構を持たない全盲者は自己接触錯覚に関して完全不感である[12][13]）．以上を踏まえるならば, 能動課題においてのみ得られた対人共感尺度との正の相関関係は, STIの能動的な自己誘導においては, この種の「内的な視覚イメージ」が強く賦活していることを示唆するものである．この種の知見は, 神経可塑性と個人差の問題を考える上で非常に重要な視点であると考える．

文献

[1] Blanke, O. (2012). Multisensory brain mechanisms of bodily self-consciousness. Nature Reviews. Neuroscience, 13(8), 556571.

[2] Kalckert, A., & Ehrsson, H. H. (2012). Moving a Rubber Hand that Feels Like Your Own: A Dissociation of Ownership and Agency. Frontiers in Human Neuroscience, 6(March), 40.

[3] Deconinck, F. J. A., Smorenburg, A. R. P., Benham, A., Ledebt, A., Feltham, M. G., & Savelsbergh, G. J. P. (2014). Reflections on Mirror Therapy: A Systematic Review of the Effect of Mirror Visual Feedback on the Brain. Neurorehabilitation and Neural Repair, 29(4), 349361.

[4] Kodaka, K., & Kanazawa, A. (2017). Innocent Body-Shadow Mimics Physical Body. I-Perception, 8(3), 204166951770652.

[5] Ishihara, Y., & Kodaka, K. (2018). Vision-Driven Kinesthetic Illusion in Mirror Visual Feedback. I-Perception.

[6] Ehrsson, H. H., Holmes, N. P., & Passingham, R. E. (2005). Touching a rubber hand: feeling of body ownership is associated with activity in multisensory brain areas. The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience, 25(45), 1056410573.

[7] Aimola Davies, A. M., & White, R. C. (2013). A sensational illusion: vision-touch synaesthesia and the rubber hand paradigm. Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior, 49(3), 806818.

[8] Kodaka, K., & Ishihara, Y. (2014). Crossed hands strengthen and diversify proprioceptive drift in the self-touch illusion. Frontiers in Human Neuroscience, 8, 422.

[9] 小鷹研理, 石原由貴, セルフタッチ錯覚を通した個人差研究の展望, 日本認知科学会大会第 36 回大会, 2019.9

[10] 野村弘平, 赤井誠生, 森川和則, 日本語版 IRI(対人反応性指標) 作成の試み, 日本心理学会第 79 回大会発表論文集, 2015

[11] Asai, T., Mao, Z., Sugimori, E., & Tanno, Y. (2011). Rubber hand illusion, empathy, and schizotypal experiences in terms of self-other representations. Consciousness and Cognition, 20(4), 1744-1750.

[12] Petkova, V. I., Zetterberg, H.,& Ehrsson, H. H. (2012). Rubber hands feel touch, but not in blind individuals. PloS One, 7(4), e35912.

[13] Nava, E., Steiger, T., & Rder, B. (2014). Both developmental and adult vision shape body representations. Scientific Reports, 4, 6622.

協同問題解決に目的の共有は必要か？ ー問題解決における2者間の非対称な構造についての検討ー

Is shared purpose necessary for collaborative problem solving? -An examination of the asymmetrical structure between two parties in problem solving-

堀田 拓海，竹内 勇剛
Takumi HOTTA and Yugo TAKEUCHI
静岡大学大学院総合科学技術研究科
Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University
hotta.takumi.15@shizuoka.ac.jp

概要

目的を共有した複数人での問題解決は，しばしば創造的なブレイクスルーをもたらす．近年では人の代わりに人工的エージェントと協同することの有用性も示唆されている．しかし，人とエージェントが目的を共有し問題解決に取り組む上では，エージェントによる貢献が心理的負担を起こしうるという問題点が考えられる．そこで本稿では，目的を共有しない人-エージェントインタラクションにおいても問題解決の誘発が生じるかどうかについて実験による観察を行うことを検討する．

キーワード：協同問題解決，創造的思考，HAI(Human Agent Interaction)

1. はじめに

問題解決を行うとき，複数人で協同することによって行き詰まりが解消したり，個人で行うよりも優れたアイデアが生まれたり，ブレイクスルーが起きることがしばしばある．このような複数人による協同問題解決の特長は多くの研究において報告されている [1][2][3].

なぜ協同が問題解決において有効に働きうるのだろうか．石井らは，心的表象の生成とそれに対する解釈や評価の探索の繰り返しによってより洗練された産出物が生成されるという，問題解決に重要な創造的認知のプロセスに関する Geneplore モデル [4] の考えを協同場面にまで拡張し，協同問題解決場面で話し合いによりアイデアや試行の評価や再解釈が行われる頻度が上がることにより，創造性の高いアイデアが生成されるとしている [5]．林らは，協同問題解決場面において実験参加者に異なる視点を与える実験を行い，協同問題解決において他者との相互作用の中で他者の視点を獲得することの有用性を示している．これらから，視点の多様性が協同による問題解決の促進の要因の一つであると解釈できる [6]．また，会話など直接的なインタラクションのみが問題解決の誘発に寄与するというわけではない．清河らは，洞察問題において他者観察のみでも問題解決を促進することを示しており [7]，協同において会話等による直接的な情報のやり取りがなくとも，他者の環境とのインタラクションを観察することで自身の問題解決に寄与しうることが示唆される．まとめると，協同問題解決においては，図 1 のように双方が目的を共有した上で共有している目的や他者との会話を通じて他者のふるまいや考え方を理解したり，他者と環境のインタラクションの観察を相互に行ったりすることで，問題解決における新たな解釈の探索を行う構造が成り立っているといえる．

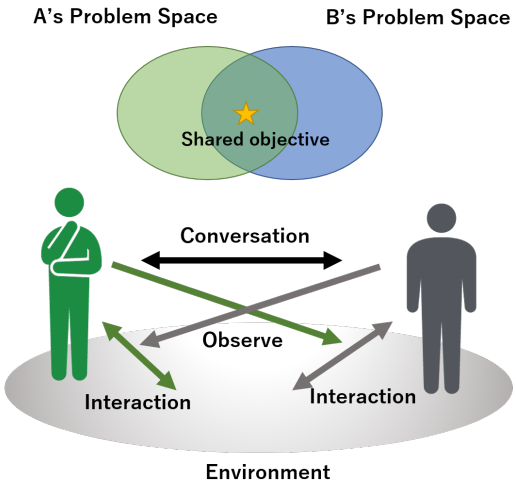


図 1　2 者による協同問題解決の構造

複数人による問題解決の構造を，人同士ではなく，人と人工的なエージェントとのインタラクションにも応用する試みもある．人工的エージェントとのインタ

ラクションを研究するHAI(Human-Agent Interacton)の分野においては，人がエージェントのような人間ほど高度な情報処理を行えない人工物に対しても，人間とコミュニケーションを行うときと同様の社会的反応をしうることを利用し，協同問題解決の構造を人-エージェントインタラクションに適用する研究が行われている．エージェントを用いた実験により他者の意見を取り入れて問題を捉えなおす視点取得のプロセスなどの協同問題解決における重要な認知活動がエージェントとの協同においても観察されており [8]，この結果は協同問題解決の構造が人間ほど高度な情報処理を行えない人工的なエージェントとの相互作用系に適用する場合においても有用となりうることを示していることから，人工的エージェントとのインタラクションによるアプローチは，人間の問題解決をサポートする有効な手段になると期待できる．

しかし，人間の問題解決を誘発させるために，人同士の協同における構造を人-エージェントインタラクションに適用する上で，実用的な視点で見ると問題が考えられる．その一つとして，ユーザに与える心理的負担がある．人とエージェントが目的を共有して協同問題解決を行うという構造を作ることで，例えばエージェントが見当違いな意見を出すなどして期待される役割を果たせない場合，エージェントとの継続的なインタラクションが行われない恐れがある．また，山本・竹内は，人がエージェントの行為により利益を得る際に返報義務感を感じ心理的負担を生むとしており，一方でエージェントが自分に対して援助をしているという意図を感じないときには返報義務感が生じにくいことを報告しており [9]，エージェントによって問題解決への貢献があった場合でも，返報義務感による心理的負担が生じ，エージェントとの継続的なインタラクションに悪影響を及ぼす可能性が考えられる．

本研究ではそのような問題に対し，協同問題解決における 2 者間の直接的なインタラクションではなく，他者と環境のインタラクションの観察による問題解決の誘発に着目し，目的を共有せず直接の情報のやり取りをしない人-エージェントインタラクションによる問題解決誘発のアプローチを提案する．

2. 背景

2.1 問題解決における固着

人は問題解決を行うとき，しばしばあるものや道具の典型的な機能や，特定の方法に縛られてそれがうまくいかないことがある．これは固着と呼ばれ，ある目的に対し，常套的，あるいは日常的な手段を用いることで生じやすくなると考えられている [4]．固着が生じることにより，問題の解決が阻害されたり，非効率的な手段・解法を採用し続けてしまう．固着が生じる課題の例として Duncker(1945) のろうそく問題が挙げられる [10]．与えられた道具を使って壁にろうそくを固定するろうそく問題においては，道具を入れる箱は画鋲で壁に固定することでろうそくを載せる台として使えるが，箱の「容器としての機能」に固執することで箱の「ろうそくを立てる台としての機能」を見出すことが阻害される．また，解が一意に決まらない創造的な問題解決場面においても同様のことが観察されることも示されている．新たな玩具のアイデアを発明するという課題において，例として「1 人が 2 つのラケットを使ってボールを打ち合い，電子カウンタによりうまくボールを打てた回数を記録する」という玩具を提示された条件では，統制条件よりも「電子装置を使う」,「ボールを使う」,「身体的活動に関連する」といった例に見られる特長を含むアイデアの生成率が上昇したことが報告されている [11].

このように固着は，答えが一つに決まった問題のみならず，創造的な問題解決においても障壁となりうる要因であり，これを解消することは新たなアイデアやブレイクスルーをもたらす人-エージェントインタラクションを考える上で重要な要素となる．本研究における問題解決場面の前提として，固着の中でも，常套的な手段を用いることに対する固着に着目し，それを解消するような人-エージェントインタラクションについて考える．

2.2 目的を共有しない２者間関係

1 章で述べたように，目的を共有し協同で問題に取り組むことで新たな発見やブレイクスルーがもたらされる場合がある一方で，そのような問題解決の構造のほかにも複数人により結果的に問題解決が導かれる場合が考えられる．例えば，ある研究者 A が別の研究者 B による実験データを参照して自らの研究に役立てるというありふれた事例を想定する．このとき，A は一方的に B による実験結果を参照しており，A と B が面識がない限りは互いに目的を共有する協同問題解決の構造とは異なるが，結果として B の環境とのインタラクションの結果が A の問題解決に貢献したといえる．このようなインタラクションにおいては，図 2 のように，目的は共有していないが，他者と環境のインタラクションを通じて他者がどのような手段をもって

環境に作用しているかを観察し，自らの問題解決に応用しようとするという関係が成り立つと考えられる．

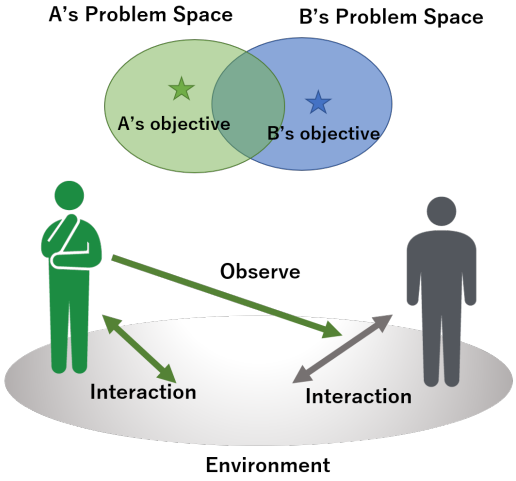


図 2　問題解決における目的を共有しない 2 者間関係の構造

また，一方が目的を持たない 2 者間の関係も想定することができる．X 線やペニシリンの発見など，偶然の出来事による新たな発見（セレンディピティ）の例は数多く存在しているが，同様に他者の偶然的（あるいは偶然を装う）行動から問題解決が誘発される場合も考えられるだろう．例えば Maier の 2 本紐問題では，実験者が部屋を歩きながら偶然を装い肩で紐に触れ揺らすことで，機能的固着が解消されやすくなることが報告されており，さらに固着が解消され問題を解決できた実験参加者の多くは，そのきっかけとして実験者による紐への接触に言及することはなかった [12]．

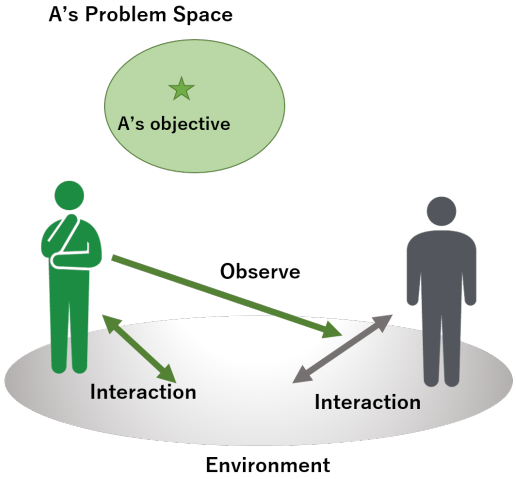


図 3　問題解決において一方のみが目的を持つ 2 者間関係の構造

このように，目的を共有しない，あるいは一方が目的を持たない 2 者間関係においても固着を解消し問題解決に導くことは可能であり，さらに，前述のような心理的負担を与えうる目的を共有する構造を用いないことから，このような 2 者間関係は問題解決を誘発する人-エージェントインタラクションとして有用性が期待できる．

3.　議論

人-エージェントインタラクションを人の問題解決の誘発に応用するためには心理的負担の軽減や持続可能なインタラクションデザインの設計（インタラクションが継続しないというリスクの軽減）など課題がある．本稿においてはそれらの問題を考慮し，問題解決における固着を解消する人-エージェントインタラクションのデザインを提案した．以下では，提案した 2 者間構造についての考察を行う．

本稿で提案した，問題解決における固着解消のための人-エージェントインタラクションはどのような課題にも適用可能だろうか．固着を引き起こすとされる様々な課題に対して協同問題解決がどう寄与するかについての先行研究を踏まえて考える．

三宅らは，複数の古典的な問題解決の研究で用いられてきた課題について，協同（ペア）で取り組むことでパフォーマンスが変化するかどうかを実験により観察した [13]．9 つの点すべてを一筆書きの 4 本の直線で結ぶ 9 点問題では，ほぼすべてのペアについてパフォーマンスが向上したことが観察されている．一方で，それまでうまくいっていた解法に固着することで，より効率的な解法に気づきにくくなることが知られている Luchins[14] の水瓶問題では，2 人がペアでこの問題に取り組み，2 人が共に固着を起こした場合，個人がその状態になったときよりも固着を解消するのに時間がかかりやすいことが示されている．

これらの結果から三宅らは，協同での問題解決により個人より高いパフォーマンスが得られる課題について，「解き方の途中のプロセスが相手に見えるかどうか」，「解法の中の一つ一つの小ステップに対して正誤を決められるかどうか」という 2 つの分類軸を提案しており，解き方のプロセスが相手に見え，小ステップに対し正誤が判断しづらい課題において協同問題解決により高いパフォーマンスが得られやすいことを示した．

小ステップの繰り返しが目標達成のための手段を構成すると考えれば，一方がある手段をもって環境に作用する一つ一つのステップを他方が観察できることが協同問題解決のパフォーマンスを引き出すために

必要であると考えられる．さらに，水瓶問題において2人ともが同じ固着に陥ることによって個人よりもパフォーマンスが低くなることから，協同が問題解決を誘発するためには，両者が同じ手段を用いないことが重要になると考えられる．

本稿で提案した人-エージェントインタラクションにおいても，他者の環境とのインタラクションを参照するという構造は協同問題解決と共通しているため，上述の結果が適用されることが予想される．

また，新たなアイデアやデザインを生み出す創造的問題解決において提案するインタラクションを適用することを考えると，問題解決がアイデアの生成と解釈を繰り返すようなプロセスで行われ，アイデアの生成段階において双方が見ることができる（人-エージェントインタラクションにおいてはエージェントの生成物を人が参照できることが主になると考えられる）ようにアイデアの外化が行われる場合に有効であると考えられる．

そこで本研究では，問題解決場面における目的を共有しない人-エージェントインタラクションの有用性を検証するため，以下に示す事前実験と本実験の2つの実験を検討している．事前実験では，図4の左側に示すように，個人で行う課題を設定し，その実験課題において目的と手段の固着が生じるかどうかを検証する．そして本実験においては事前実験の環境を拡張し，図4のように提案する人-エージェントインタラクションの構造を取り入れる．この実験により，以下の2点について検証する．

- 人とエージェントで目的を共有しない場合においてエージェントと環境のインタラクションの観察が人の問題解決の誘発に貢献しうるかどうか
- 人とエージェントで目的を共有しない場合においてエージェントの貢献による心理的負担を軽減するかどうか

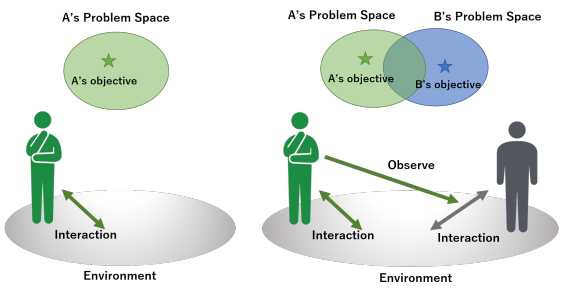


図4　事前実験 (左) と本実験 (右) において想定する問題解決の構造

実験課題

上述の通り，本稿において提案した人-エージェントインタラクションによる問題解決の誘発は，一方の一つ一つの行動ステップを他方が観察できるような場面において有効であると考えられる．よって本研究の実験では前提としてエージェントの行動のステップを人が観察できるようなタスクを用いる．

要因

本研究は，人とエージェントで目的を共有しない場合においてもエージェントと環境のインタラクションの観察が人の問題解決の誘発に貢献しうるかどうかを目的の一つとして設定している．よって本研究の実験では，人が行うタスクとエージェントが行うタスクの目的が一致しているかどうかを要因として設定する．

観察項目

本研究の実験における観察項目は，以下を想定している．これらの項目を観察して得られたデータに基づき，提案する人-エージェントインタラクションが問題解決を誘発したかどうか，そして「エージェントが問題解決を手伝ってくれた」というような実験参加者が感じる心理的負担を軽減することが可能かどうかについて議論を行う．

- 課題を達成したかどうか
- 課題達成までの時間
- 実験参加者の，エージェントに対する印象やエージェントの貢献度（アンケートによって観察）

4.　まとめ

本稿は，人-エージェントインタラクションを活用した問題解決の誘発において，協同問題解決のパラダイムを適用する上での課題について言及し，目的を共有しない2者間関係による問題解決の誘発について検討するものである．

近年の人工的エージェントを用いたサービスの発展や，1章で言及したような人工的エージェントとの協同問題解決の可能性を踏まえれば，今後さらに人工的エージェントが社会に浸透し，人-エージェントインタラクションを活用した問題解決の誘発に関する研究やサービスが増えることが期待される．その一方で，エージェントによる貢献が心理的負担を起こしうるという問題点が指摘されている．

そこで本稿では，解のある問題解決や，決まった答えのない創造的問題解決を阻害する要因の一つである固着に着目し，目的を共有しない人-エージェントインタラクションにおいても固着の解消，問題解決の誘発が生じるかどうかについて実験による観察を行うことを検討している．

本研究で問題解決を阻害する要因として着目している固着は．新たなアイデアやデザインの創出といった創造的な問題解決においてもみられることから，本研究で提案した人-エージェントの関係性に基いた人-エージェントインタラクションを発展させることにより創造的問題解決の支援という領域にも応用できることが期待される．

本稿においては，1 体のエージェントとのインタラクションを前提として議論を行ったが，今後の課題として，それを多数のエージェントとのインタラクションに拡張した場合を想定すべきかもしれない．エージェントが多数いる場合．各エージェントの持つ目的や手段の数，そしてエージェントの数など，1 体のエージェントの場合より多様な組み合わせが考えうる．たとえば n 通りの方略を持つ 1 体のエージェントが存在する場合と，1 通りの方略を持つ n 体のエージェントが存在する場合では，システム全体が環境に及ぼす変化が同じ場合でもユーザに対する影響は異なるかもしれない．このようにエージェントという認知主体をシステムの中でどのように分割するかという観点を取り入れて検討する余地もあるだろう．

文献

[1] Okada, T. Simon, H. A(1997). Collaborative discovery in a scientific domain. Cognitive science, **21**(2), 109-146

[2] Gauvain, M. Rogoff, B(1989). Collaborative problem solving and children's planning skills. Developmental psychology, **25**(1), 139

[3] Wilczenski, F. L. Bontrager, T. Ventrone, P. Correia, M(2001). Observing collaborative problem- solving processes and outcomes. Psychology in the Schools, **38**(3), 269-281

[4] Finke, R. A(1990). Creative imagery: Discoveries and inventions in visualization. Hillsdale, NJ:Erlbaum.

[5] 石井成郎・三輪和久 (2001). 創造的問題解決における協調認知プロセス. 認知科学, **8**, 151-168

[6] 林勇吾, 三輪和久, 森田純哉 (2007). 異なる視点に基づく協同問題解決に関する実験的検討. 認知科学, **14**(4), 604-619

[7] 清河幸子, 伊澤太郎, 植田一博 (2007). 洞察問題解決に試行と他者観察の交替が及ぼす影響の検討. 教育心理学研究, **55**(2), 255-265

[8] 林勇吾 (2014). 創造的思考活動の促進のためのインタフェースエージェント. 電子情報通信学会論文誌, A Vol.J97-A, No.6, pp.443-452

[9] 山本紗織, 竹内勇剛 (2015). 返報義務感を低減する Human-Agent Interaction デザイン. 知能と情報, **27**(6), 898-908

[10] Duncker, K. (1945). On problem-solving. Psychological Monographs, **58**(5) (Whole No. 270)

[11] Smith, S. M., Ward, T. B., Schumacher, J. S(1993). Constraining effects of examples in a creative generation task. Memory cognition, **21**(6), 837-845

[12] Maier, N. R(1931). Reasoning in humans. II. The solution of a problem and its appearance in consciousness. Journal of comparative Psychology, **12**(2), 181–194

[13] 三宅なほみ (2000). 建設的相互作用を引き起こすために. 植田一博・岡田 猛（編）協同の知を知る——創造的コラボレーションの認知科学——(pp.40-45). 東京：共立出版.

[14] Luchins, A. S(1942). Mechanization in problem solving: The effect of Einstellung. Psychological monographs, **54**(6) (Whole No.248)

慶應義塾大学 博士課程教育リーディングプログラム オールラウンド型 超成熟社会発展のサイエンス における「フューチャー・デザイン」ゼミ活動
Future Design Seminar in Keio Program for Leading Graduate School

高橋 萌†，水口 高翔†，柴辻 優樹†，土井 梓†，勝野 晃弘†，田中 徹†
Moe Takahashi, Takaha Mizuguchi, Yuki Shibatsuji, Azusa Doi, Akihiro Katsuno, Toru Tanaka

†慶應義塾大学 博士課程教育リーディングプログラム オールラウンド型 超成熟社会発展のサイエンス
Keio Program for Leading Graduate School
toru.tanaka@keio.jp

概要

「文理融合」が叫ばれて久しい[1]-[6]. 慶應義塾大学「博士課程教育リーディングプログラム オールラウンド型 超成熟社会発展のサイエンス[7]」には 13 研究科から博士課程人材が集まり，異なる文系・理系 2 つの修士号を取得して博士課程に進み，俯瞰力と独創的な企画力を持つ高度博士人材育成を進めている.

本報では, 本プログラムで実施している「フューチャー・デザイン」ゼミ活動を通じ抽出した，「文理融合」型人材による「フューチャー・デザイン」ワークショップ実践の課題と，対策アイデアを検討する.

キーワード: 博士課程教育リーディングプログラム, 文理融合， 超成熟社会，デュアルディグリー制度，フューチャー・デザイン，仮想将来世代，演劇的，通約不可能性, チームビルディング, Fantasy Future Design（FFD)，Empathy，Negative Capability，トランス・サイエンス

1. 博士課程教育リーディングプログラム

SDGs 達成活動や市民による政策提案活動には, 人文社会科学と自然科学の連携が必要とされる. また，「文理融合」を標榜する活動や学部の新設も数多く進められている.

そのような中, 慶應義塾大「博士課程教育リーディングプログラム オールラウンド型 超成熟社会発展のサイエンス[7]」は，本格的な「文理融合」と行政・産業の連携教育環境の中で, 来るべき「超成熟社会」の持続的発展をリードできる, 次代の高度博士人材の育成・輩出を目指している. 本プログラムの大きな特徴は, 慶應義塾大学大学院の 13 研究科（文学研究科・経済学研究科・法学研究科・社会学研究科・商学研究科・医学研究科・理工学研究科・政策メディア研究科・健康マネジメント研究科・薬学研究科・経営管理研究科・システムデザインマネジメント研究科・メディアデザイン研究科）から博士課程人材が集まり，互いに議論し切磋琢磨すること，そして 1 人の学生が異なる文系・理系の修士号を 2 つ取得して博士課程に進む点にある．後者は 3〜3.5 年の期間に文系・理系 2 つの異なる修士号取得を可能とする「デュアルディグリー制度」である．異なる文系・理系の修士号を 2 つ取得するのは，例えば，主専攻が理工学や薬学の学生は副専攻として経済学や商学等を履修することで，また主専攻が経済学や社会学の学生は副専攻として理工学や医学などを履修することで，文系・理系両方の知識と研究経験を持つ「文理融合」人材育成を狙うためである．本プログラムでの経験は主専攻博士課程で研究を深め・展開する際, 俯瞰力や独創的な企画力となって発揮されることが期待されている.

文部科学省の「博士課程教育リーディングプログラム」は,

“優秀な学生を俯瞰力と独創力を備え広く産・学・官にわたりグローバルに活躍するリーダーへと導くため, 国内外の第一級の教員・学生を結集し，産・学・官の参画を得つつ, 専門分野の枠を超えて博士課程前期・後期一貫した世界に通用する質の保証された学位プログラムを構築・展開する大学院教育の抜本的改革を支援し，最高学府に相応しい大学院の形成を推進する事業” [8] であり, 事業に関する審査・評価は学術振興会が実施, 2020 年 3 月に行われた 2013 年度採択プログラムの事後評価で全ての活動が完了している.

慶應義塾大学「博士課程教育リーディングプログラム オールラウンド型 超成熟社会発展のサイエンス」は，2011 年採択プログラムとして 2018 年 3 月に事後評価が終了し，プログラムの目的とこれまでの成果に基づき，2018 年度以降も慶應義塾大学内で運営が継続されている.

2. フューチャー・デザイン

「フューチャー・デザイン」[9][10]は，持続可能な自然と社会を将来世代に引き継ぐために，どのような社会制度をデザインすればよいかを課題とする学術研究と実践活動であり, その有力な手法の一つに「仮想将来世

代」[9][10]がある．これは政策議論の場などで将来世代になりきって将来を考える「仮想将来世代」の集団を作り，現世代を代表する者と「仮想将来世代」を代表する者が互いに議論交渉することで，将来をデザインしていく仕組みである．

この「仮想将来世代」を現世代の社会生活に取り込み持続性ある人類社会を築くため，国の行政組織の一つとして将来省[10]が提案されている．そして，将来省に必要とされる人材は，

“現世代の考え方を時間軸に沿って何世代も未来に拡張し，将来世代の考え方をイマジネーションできるだけの柔軟な超長期的視野を持ちうる人材である．さらに，他省庁や，ときには既得権益を有する現世代に対して変化を求めることを説得できるに足る，高いレベルの論理性および専門性を身につけていることが求められる．” [10]

とされている．この人材育成のため，大学院博士課程において超長期的視野を持って将来をデザインするコースの設定が提案[10]されており，既存の類似の仕組みとして「博士課程教育リーディングプログラム」が取り上げられている．

前述のように，慶應義塾大学「博士課程教育リーディングプログラム オールラウンド型 超成熟社会発展のサイエンス」では，今後の日本と世界が経験する「超成熟社会」を持続的に発展させるため，新しい社会の仕組みや新しい産業を発展させるための行動を起こすことができる，専門性と総合力を備えた高度博士人材の育成[7]を目的としており，将来省が必要とする人材像に非常に近いと考えられた．

3. フューチャー・デザイン ゼミの設計

この様な背景から，以下を狙いとする「フューチャー・デザイン」ゼミ活動を企画し，本リーディングプログラム内で提案した．

- これまでの「フューチャー・デザイン」研究実践活動はどういうものか，過去の資料を基に「文理融合」視点で理解を試みる．
- 「フューチャー・デザイン」ワークショップ（以下 FD ワークショップ）をゼミ内外で実践することを通じ，主専攻と副専攻で身につけた知識や思考に更なる磨きをかける．
- 現在を基点に時間軸に沿って過去と未来に視点を拡張し，柔軟な思考ができる人材になる．
- ゼミやワークショップでの対話を通じ，他者の共感を呼び，思考と行動を変化させられる専門性と論理性を身に付ける．
- 現世代と「仮想将来世代」の 2 つの視点で思考することができ，かつ，適切に切り替えることで FD ワークショップの進行を促すことができるファシリテーター人材を目指す（図 1 に概念図を示す）．

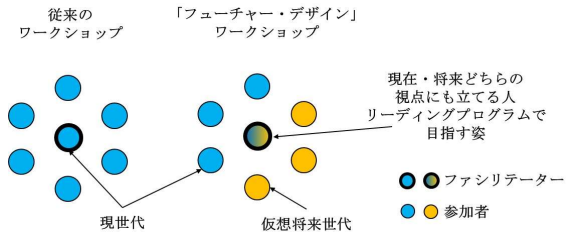


図 1 FD ワークショップ と リーディング プログラムが目指すファシリテーターの概念図

募集の結果，5 人の学生がゼミに集まった．こうして「フューチャー・デザイン」ゼミ活動は 2019 年 4 月に始まり，毎週土曜日午後に日吉に集合・一部リモート参加で議論を進め，所属メンバーや運営形式を変えながら現在に至っている．

表 1 ゼミ参加学生 （2019 年度ゼミ開始時点）

メンバー		主専攻	副専攻	性別	社会人経験	課程
学生	A	社会	理工	女性	—	博士
	B	理工	医学	男性	—	博士
	C	経済		男性	○	修士
	D	社会	政策メ	女性	○	修士
	E	理工	経済	男性	—	修士
メンター		工学	—	男性	○	教授

政策メ：政策メディア @ SFC
2019 年度修士課程学生は副専攻前に主専攻修士課程在学中．
博士課程学生は主・副専攻修士課程を修了し 2 つの修士学位を取得済み．

表 1 は「フューチャー・デザイン」ゼミ 2019 年 4 月開始時点の参加学生リストである．リストを見て分かるように，本ゼミは，少人数で相互に深く議論するにはちょうど良い規模の学生 5 人，主専攻・副専攻で計 5 つの研究科，博士課程在学中 2 人と修士課程在学中 3 人の学生，社会人経験ある学生の参加，性別の違いなど，わずか 5 人の参加学生にもかかわらず多様な構成メンバーとなった．

前述のゼミ活動の狙いを基に，ゼミ開始前にメンタ

ーが活動ステップを次のように設計した.

1. 最初に，各学生の本ゼミ活動参加理由とゼミへの期待，自分の研究のその時点での考え方をテキスト自由記述し相互に紹介し合う.（「フューチャー・デザイン」を詳しく学ぶ前の自分の姿を忘れないため，記述しておく.）
2. 次いで, 2019 年 1 月に開催された「フューチャー・デザイン」ワークショップ 2019」[11]から各ゼミ生が話題を 1 つずつ、合計 5 つ選択する．順番を決め，その日の担当者は事前に話題を読み込み，自分なりの理解解釈と参考にしたり紹介したい文献・情報源を用意し，他のメンバーに内容を話す輪講会を開催する．輪講会でゼミ生は自由に意見を述べ合い，相互に意見交換する．また，取り上げる話題に対する所感を，輪講 Before・After 自由記述形式で全員がゼミの前・ゼミの最中・ゼミの後に付箋に書き出し，模造紙に張り出し更に意見交換しながら共有する．これは，各話題において各自がどの程度・どの様に変化したのかを自覚するとともに，参加メンバー間で比較評価・共有するためである.
3. 5 つの話題の輪講会終了後，頭を整理するため少し時間を空け，5 回の輪講を通して得られた気付き・学んだ事・疑問や理解できなかった事などの振返りをゼミ生各自で実施し，テキストに自由記述する.（ステップ 1 と対比し，「フューチャー・デザイン」を学んだ後の自分の変化を洗い出すとともに，ゼミ生間で比較する.）
4. 参考文献など，記録しておきたい情報，ゼミ前後に思い付いた疑問や意見等は Slack を使い, 都度, 自発的に記録し，ゼミ外での議論や情報共有を促した．これは，ゼミの一週間の間隔の中で思いついたことの記録，ゼミ欠席の際のキャッチアップにも役立った.

なお, ゼミ生が取り上げた話題に関連する参考文献・情報源を Slack で共有することは，「フューチャー・デザイン」という共通話題のもと, 異なる研究科に所属するゼミ生にとって，以下のメリットが考えられた.

- 本人の主専攻もしくは副専攻課程研究活動ではなかなか巡り合うことができない，他研究科研究者の目で取り上げた“比較的”良質な参考文献・情報に容易にリーチできる.
- 取り上げられた参考文献・情報源を足掛かりに，読者の興味に従って他の文献や情報にもリーチしやすい.
- 参考文献・情報を取り上げた学生の解釈や意見も付加しゼミの中や Slack 上でも継続を議論するため，他の研究科の研究者がどのような思考スタイルを基にその考えに至っているのか，実感が湧きやすくなる.
- 今回のゼミ生の主専攻・副専攻には含まれず学生からも取り上げられる機会がほとんどないが,「フューチャー・デザイン」と「文理融合」視点で取り上げておきたい, AI や Web など情報科学[18]-[20], 憲法など法学[21], 科学者規範など倫理学[22]-[24], 科学技術と社会の関係[25] [26], 共感など心理学[27]- [29]に関連する参考文献・情報源などは，メンターが提供し，ゼミの中で議論していった．この点は第 7 章で詳述する．ゼミの議論の中で取り上げられた多様な参考文献[12] -[17]事例を文献リストに掲載した.

こうして，4/20, 4/27, 5/25, 6/1, 6/8 の計 5 回，5 つの話題で輪講会を実施した．表 2 は輪講開催日と取り上げた話題及び担当者の対応表である.

表 2　輪講会開催日・担当者・話題

No.	開催日	担当者	話題
1	4/20	A	仮想将来世代の声： フューチャー・デザイン機序の演劇論的検討
2	4/27	E	『私たち』を問い直す： フューチャー・デザインの哲学への一構想
3	5/25	D	2040 年の未来市長になった 中高生からの政策提言
4	6/1	B	子供たちの未来を助けろ： 公衆衛生改善のための説得的コミュニケーション・ツールの評価
5	6/8	C	個人的な行動選択と社会的な政策転換の関係： 移動手段を例として

担当者は表 1 と対応している.
話題は“フューチャー・デザイン ワークショップ 2019”[11]から選択した.

4. フューチャー・デザイン ゼミ 輪講結果と考察

図 2 は，ステップ 2 に記述した，ある 2 つの話題事例の，Before・After 所感コメント付箋紙を模造紙に貼ったものである. 黄色付箋紙が Before, ピンク付箋紙が After のもので，ゼミ生ごとに貼る位置を分けたのでメンターの付箋を含めて基本的に縦 6 行になっている.

空欄の付箋紙は，その回の輪講に参加できなかったゼミ生を表している．このようにして，毎回，模造紙 1 枚分の Before・After 付箋紙が壁に貼られ，一週間たってゼミ室に入っても，記憶がよみがえり易いよう一覧できる状態を約 9 か月間維持した．

図 2 に示されるように，一般的に，Before （黄色付箋紙） の方が記述テキスト量は少なく，After （ピンク色付箋紙） では増加する傾向が見られた．しかし，Before・After いずれの場合も分析に十分な記述テキスト量（文字数）が得られず，テキストマイニング分析をしてみたものの，Before・After で記述テキストに現れる頻出単語や単語の共起関係などに大きな違いを見いだすことはできなかった．

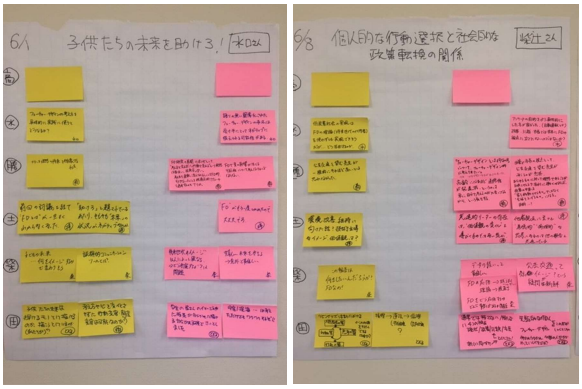


図 2 輪講時の Before・After 所感コメント付箋紙例
（黄色付箋紙は Before，ピンク色付箋紙は After）

この点をゼミ生に個別ヒアリングしたところ，輪講による話題の読み込みや解釈の違いなどを他者と共有することで感じ気付くことが多く，一般的傾向として付箋紙への After 記述テキスト量は増加する．しかし，輪講直後はその内容を的確に表現することが難しく，記述量は増加するがその内容に大きな質的変化が示せていなかったのではないか，とのことであった．

次にゼミ活動ステップ 1 と 3 で取得した，

- ゼミ活動参加理由とゼミへの期待，自分の研究の考え方の自由記述テキスト
- 5 回の輪講を通して得られた気付き・学んだ事など振返りの自由記述テキスト

（一人あたり平均約 3400 文字）をテキストマイニングし，共通して現れる動詞と，主専攻が文系の学生の記述に典型的に現れる動詞，理系の学生の記述に典型的に現れる動詞を比較抽出した．

表 3 と表 4 に結果を示す．これから推測されることは，主専攻が文系の学生では相手を理解するゼミ前の姿勢から，ゼミ後は更に進んで相手を受け入れることに意識が進展し，理系はゼミ前には相手の理解に加えて相手を変えることも考えていたが，ゼミ後は相手の利点を生かすことに意識が進展していることである．

ゼミ生のうち博士課程学生 2 人はすでに 2 つの修士号を取得済みで個人の中でも「文理融合」が少なからず進展していると考えられる一方，修士課程学生 3 人は 2019 年度は主専攻修士課程に在学中で副専攻修士課程進学前であり，個人の中の「文理融合」度合いには差があると推測された．しかし，それぞれを代表する人数が少なく（テキスト量も少なく），テキストマイニングにより明確な傾向を見出すことはできなかった．

しかし、「フューチャー・デザイン」や「仮想将来世代」を漠然とイメージする中で，主専攻文系・主専攻理系の学生間に意識の違いが生じているようで，議論が噛み合わない，相手（文系なら理系の相手、理系なら文系の相手）の意見がなかなか理解できない事態に至っているのではないかと推測された．このことは，この後ゼミ内で実践した FD ワークショップ時に参加者の間でより明確に表出された課題でもあり，その詳細は後述する．

表 3 ゼミ開始前のコメント分析

文系・理系共通の頻出動詞	
思う 考える	
文系固有の動詞	理系固有の動詞
生きる 異なる できる	作る 変える 超える

表 4 輪講終了後のコメント分析

文系・理系共通の頻出動詞	
考える	
文系固有の動詞	理系固有の動詞
分かる 捉える 感じる できる	受け入れる 用いる 生かす 使う

また，輪講会後（After）のゼミ生の代表的な振返り所感は，以下のようになる．

- 「フューチャー・デザイン」手法の理屈は分かったが実践できるかイメージが沸かない.
- 現世代と「仮想将来世代」に利益相反が起きる分野では,「フューチャー・デザイン」のような視点が望まれるのは理解しやすい.
- 「フューチャー・デザイン」手法は，ゲーム理論をはじめとする意思決定の学問に大きな影響を与えうると感じた.
- 「**演劇的**」手法という考えは非常に分かりやすい.（複数のゼミ生が指摘した）
- 「フューチャー・デザイン」手法では対話が極めて大切である.
- 大切なのは実践者のワークショップデザイン力,「フューチャー・デザイン」への理解と説得力.
- 従来思考は時間・空間的制約が多く，時間的制約を取り払うと選択肢が莫大なものになる．代わりに空間的制約を増せば,「フューチャー・デザイン」アイデアの具体性が増すかもしれない.

5. FD ワークショップ実践の結果と考察，課題の抽出

計5回の輪講会を実施し,「フューチャー・デザイン」と「仮想将来世代」に対するゼミ生の理解が進んだ．しかし，この時点では明確に主張するゼミ学生はいなかったが，議論を通じた彼ら・彼女らの発言の中に，主専攻文系・主専攻理系の間で何か本質的な差がありそうだとの意識がゼミ生の中に芽生えたように感じられた.

そこで，次に行う活動をメンターから提案するのではなく，ゼミ学生全員で協議決定することにした．その結果「フューチャー・デザイン」ゼミの中で特定の話題を設定し，現世代と「仮想将来世代」それぞれの視点で議論する FD ワークショップを実践することに決めた.

ただ，本来であれば，我々が第三者として他者のワークショップを外から見て客観的に評価分析することが望まれるが，ワークショップの手配設定が簡単ではないため，問題は残るものの自分達自身が議論参加者と評価分析者の二役を行うことにした．また，同程度の理解・知識を持つ参加者を 2 つに分け，現世代議論グループと「仮想将来世代」議論グループによる議論を同時に行い，議論内容・進み具合・結論等を比較することが望ましいが，ゼミ生が 5 名しかいないため，同じ話題に対し第 1 日目を現世代として，第 2 日目を「仮想将来世代」としてメンター含め毎回全員で議論した.

FD ワークショップ実施日を 6/22 および 6/29 に設定したこともあり，この時期ニュースで大々的に取り上げられていた“年金、老後資金 2000 万円問題” [15] [30] を話題として選択した．この話題で 6/22 に現世代 視点，6/29 に「仮想将来世代」視点で議論を行った．なお,「仮想将来世代」の設定年代として，全員に直接的な利害関係が生じにくく切りの良い，約 100 年先の西暦 2120 年と決めた.

こうしてゼミ内で“年金、老後資金 2000 万円問題” FD ワークショップを，現世代と「仮想将来世代」の 2 回 2 日間に分けて実施した.

図 3 に，その際のアイデア・コメントの付箋紙の状況を示す．また，学生たちは実施した FD ワークショップの要点を表 5 のようにまとめた.

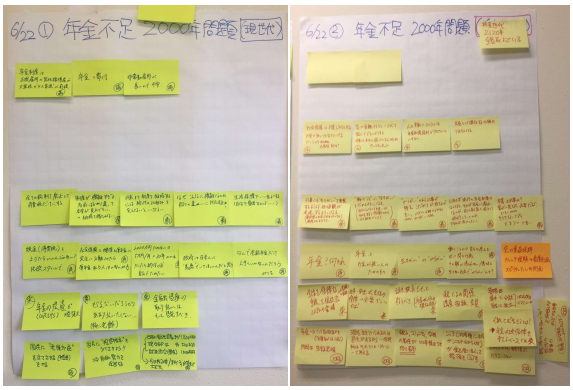


図 3 年金問題 FD ワークショップ アイデア・コメント付箋紙 **(左：現世代，右：仮想将来世代)**

表 5 年金問題 FD ワークショップ振り返り

フューチャー・デザイン思考による意識の変容
“そもそも年金は要るのか？”：現世代視点 ↓↓↓ “そもそもお金とは？ 働くとは？”：「仮想将来世代」視点
現世代としての議論の特徴
・年金制度の改良について議論する. ・金融・税制などお金の話題がほとんどである. ・問題点の指摘が多く，ネガティブになる.
「仮想将来世代」としての議論の特徴
・社会保障・衣食住・働き甲斐生き甲斐について話す. ・そもそもの意義に着目した話題になる. ・幅広い意見が出てポジティブ意見が多くなる. ・一度現世代として考えると，切り替えて「仮想将来世代」として考えるのが難しくなる. ・想像力・創造力が求められる.

図 3，表 5 からも分かるように，5 回の輪講会を経て FD ワークショップに取り組み，「仮想将来世代」をイメージしながら議論することで，

- よりポジティブに議論に取り組める
- より多くのアイデアを思いつく
  （図 3 付箋紙の数と付箋紙内文字数の違い参照）
- 特に時間軸に対してより俯瞰的になれる

ことを学生自身が実感できたと考えられ，「フューチャー・デザイン」ゼミとしてここまで一定の成果は得られたと言えよう．

しかし，この頃から輪講会終盤あたりから感じ始めていた何らかの“違和感”を明確に口にするゼミ生が出て始めた．たとえば，

- 現在や過去の人の振る舞いを分析評価する人文社会科学では，将来をイメージすることは必ずしも多くなく，将来を想像することに慣れない．
- “XX 年先には▲▲を実現しよう”，“YY 年後には●●現象を解明しよう”と研究に取り組むのが一般的な自然科学であり，日常的に将来をイメージした活動をしているので，将来を想像することはそれほど苦にならない．
- 価値観・専門性・立場の違いから，議論の衝突やすれ違いが生じていた．
- 相手の言っていることは分かるが，理解できないものもあった．同じ研究科内でも起きうることだが，これ程の違いを感じることは少ない．
- 「仮想将来世代」になり切るまでに時間がかかる．（すべての参加者が同時に「仮想将来世代」になることは難しい）
- ゴール設定がないと議論が進みにくい．
- 合意形成までたどり着くのが難しい．

などである．結局，ゼミ全体でこの課題に行きついた途端に，堰を切ったようにゼミ生からいろいろなコメントや意見が出された．これらコメントは，ゼミ生が相互に正直かつ誠実に議論したからこそ浮かび上がったものと思われるが，逆を言えば，FD ワークショップ前までは，“相手の考えへのポジティブ見解”ははっきり開示するものの，“相手の考えへのネガティブ見解”については表明することなく控えるメンバーが多かったということでもあろう．

どうして FD ワークショップ議論の中でこのようなことが起きたのだろうか？ 1 つの考え方を主専攻文系の学生が可能性として示し，ゼミの中と Slack 上で議論になった．それは，科学哲学で言われる「通約不可能性[17]」（学問体系・概念間の対応付けがうまくできない状態）である．これは，人文学（文系）と自然科学（理系）の学問の違いから来る，議論における参加者の振る舞いの違い，すなわち議論で重視する点，議論における表現方法や観点，期待される役割などの違いによるものではないかとの指摘である．例えば，“表 3，表 4 の違いも議論で重視するポイントの違いに起因する兆しかもしれない”などの議論を行った．これは，「文理融合」をうたい異なる文系・理系修士号 2 つの取得を推進する本リーディングプログラムにおいても，理解しておくべき重要なポイントの 1 つと言えるかもしれない．

しかし一方，ゼミでの議論・学習を通じ，「フューチャー・デザイン」の考え方がこの構図解消の一手段となりえるのではないか，“未来を考える文系・理系共同作業”に結びつくのではないか，「文理融合」はその見えない・不確実な未来を想像させるトリガーになりえるのではないかとの考えも出された．

実際のゼミ活動では時間的な前後が生じているが，上記課題と議論を踏まえ，「フューチャー・デザイン」手法の良さを生かしつつ，上述の「文理融合」課題を克服する方法を検討・考案し，実行してみることにした．

6. FD ワークショップ前のチームビルディングと Fantasy Future Design（FFD）手法の開発

1 つめの試みは， FD ワークショップ開催前に，ワークショップ参加者の思考や経歴などを相互理解するための「チームビルディング」（今回は NASA ゲーム[31]を選択した）をあえて実施することである．ゼミ生は各研究科在籍年数に違いはあるものの，すでにリーディングプログラムに複数年在籍し互いを知っている間柄ではあったが，相手の基本的な行動様式・考え方・好みなどをより深く共有できないかと考えたからである．

実際にゼミ内で NASA ゲームを実施したところ以下の項目を実感するに至った．

- 個々人が根拠ある意見を持っている．
- 立場や意見を明確にするため，初めに全員の意見を（他者が口を挟まず）聴くことが大事になる．

- 分からないことは質問し，説明してもらう.
- 議論の構造を分かりやすく整理する旗振り役が必要である.
- 意見は、話者ではなく聞き手が解釈してホワイトボードに表現すると良い（聞き手の解釈を経て記述される，可視化）.
- 目的が明確であれば，共通ポイント（妥協ポイント）を探ることができる.
- 相互理解には時間をかけ，客観的な視点を持つことが大切である.

すなわち，たとえ参加者が知り合い同士であったとしても「チームビルディング」をあえて実施する効果を確認することができた.

次に，ここまでの活動を通じて抽出してきた・実感した以下の課題に対応する，新たな「フューチャー・デザイン」手法の検討に着手した.

① 平易なストーリーで誰にも分かり易くする.
② 参加者の利害関係のない設定にする.
③ 現世代と「仮想将来世代」を対等併存させる.
④ 発想しにくい将来を，よりイメージしやすくする工夫を盛り込む.

この 4 つの課題に対し，主専攻理系の学生からプロトタイプとして次のような特徴を内包する「Fantasy Future Design （FFD)」手法が考案された．この手法をゼミ内で議論した上でトライアル実践を行った.

特徴１：宇宙を旅するストーリーの中で地球によく似た仮想の惑星α（現在）と惑星β（未来）が同時に幸福になる方法を議論する.
(①平易なストーリー, ②参加者の利害関係がない，③現世代と「仮想将来世代」を対等併存させる　に対応する.)

特徴２：惑星αと惑星βは時空がねじれて繋がっており，惑星αの意思決定とその影響がすぐさま惑星βに反映される設定にする.
(③現世代と「仮想将来世代」を対等併存させる，④将来をよりイメージしやすくする工夫　に対応する.)

特徴３：惑星α（現在）が惑星β（未来）の状況に至るまでに，惑星αが達成すべき目標を議論する.
(Backcast と Forecast を同時並行させる)

この発想は，宇宙スケールで考えることで利害関係をできるだけ無くし，また発想しにくい漠然とした将来という時間軸を宇宙という広大な空間軸に投影してよりイメージしやすくすると共に，既に我々が生存していない遠い将来（200 年後）を想定することで，自分と切り離した第三者視点で議論できるようにするなどの工夫を盛り込んだアイデアとなっている.

現在，「Fantasy Future Design （FFD)」手法と親和性の高い, 将来志向の Sci-Fi[32]を取り込み反映させながら，ゼミ内，他大学，民間企業（社会人向け）など対象を広げてトライアル実践中である．この FFD ワークショップ開催事務局や参加者からは, 以下のポジティブ・ネガティブ両面のコメントをいただいている.

- 利害関係のない他者として活発な議論ができた.
- 現世代と「仮想将来世代」の視点を同時に，対等に持つことができ，どちらかが犠牲になるということはなかった.
- 短時間で大量のアイデアを出すことができ，ワークショップに参加してとても満足です.
- 意識改革の研修ツールとなるのでは.
- 声が大きいかは関係なく, フラットな議論になる.
- 長年サラリーマンをやっており，未来の人にはなかなかなれなかった.
- 想像がつかず思考停止してしまいました.
- 定義などを気にし過ぎ，アイデアをたくさん出せない参加者もいた.

以上のように「Fantasy Future Design （FFD)」手法のポテンシャルを示唆するコメントも多いが，改善を要するコメントも多く上がっている．今後も本手法の更なる改善に向けた活動を継続し，詳細をまとめ別途報告する予定である．なお,「Fantasy Future Design （FFD)」手法のゼミ内実践トライアルの結果と課題については, 2020 年 1 月に東京財団政策研究所で開催された“フューチャー・デザイン・ワークショップ 2020[33]”で概要を報告している.

7. フューチャー・デザインを考える構図（フューチャー・デザイン ゼミとして）

研究の専門家である博士課程学生・修士課程学生が集まる我々の「フューチャー・デザイン」ゼミで，新たな実践研究領域である「フューチャー・デザイン」をより深く理解し，活動をリードできる人材に

成長してもらうため，現在，メンターとして図 4 の構図をゼミ生に提案している．ゼミ開始時点では十分には描き切れていなかったが，ゼミ生との輪講会と Slack 上での議論，FD ワークショップの実践，チームビルディング，「Fantasy Future Design （FFD）」ワークショップのトライアル実践などを通じ，現時点でたどり着いている“「フューチャー・デザイン」を考える”構図である．

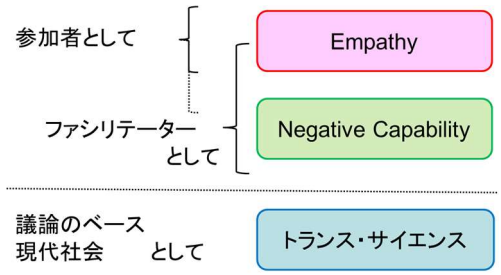


図 4 「フューチャー・デザイン」を考える構図

最初にメンターとしてゼミ生に伝えたのは，「トランス・サイエンス」[25][26]である．「トランス・サイエンス」の定義は

“科学によって問うことはできるが，科学によって答えることのできない問題群からなる領域” [26]

とされており，現代は「トランス・サイエンス」の時代である．私たちの周囲を見渡せば，科学技術だけでは解を出せず政策決定にも市民参加が必要になってくるものの，簡単には解決策を導き出せない問題が山積みである．化石燃料と温暖化の問題，経済発展と地球環境問題，最近では新型コロナ感染症対策と経済対策のバランスも似た構図である．これらに取り組むための方法の 1 つとして「フューチャー・デザイン」や「文理融合」という考え方が出されていることを，まず理解し田上でゼミ活動に取り組もうと話している．

次いで取り上げたのは「Negative Capability」[27][28]である．現代は，はやく・正確に・大量に処理できる能力（Positive Capability）を身に付けることが優先され，学校でその教育を受ける．しかし，「トランス・サイエンス」時代にはなかなか解決策を導き出せない問題も多く，

“答えの出ない事態に耐える力”

としての「Negative Capability」も大事な能力になってくる．とくに「フューチャー・デザイン」手法を具体的に使う FD ワークショップで，議論を活性化し，時間をかけて参加者の合意を得られる結論を導き出すファシリテーター（図 1 参照）に必要とされる能力となる，と位置付け，ゼミ生にはぜひ身に付け伸ばしてほしい能力であると伝えている．

3 つ目は議論への参加者としての「Empathy」[29]である．考え方・価値観・振る舞いなどが似ている他者はいるが，結局，我々は一人ひとり異なり同じ人はいない．そのような中で建設的な議論を進めるには，

“他者と自己を明確に区別したうえで，他者の状態を理解し，その感情状態に共鳴する”

認知的共感「Empathy」が重要になると話している．

「フューチャー・デザイン」ゼミでは，これら 3 つの要素を念頭に置いた図 4 の構図を思い出しながら活動を進め，必要に応じ，関連領域の参考文献や情報を調べ共有しようと考えている．

8. ゼミ生の現在のメッセージ，1 年間の活動成果と今後の展望

最後に，ゼミに参加した学生 5 名の現時点（2020 年 7 月）での「フューチャー・デザイン」ゼミ活動に対するメッセージを紹介する．その上で，ゼミ開始当初の目的に照らして今までの活動を振り返り，今後に向けた展望を描く．

2020 年 3 月でリーディングプログラムを修了したゼミ生などゼミを離れた学生が 3 名，引き続き何某かの形でゼミ活動に携わっている学生は 2 名である（新たに 1 名が加わった）．1 年でゼミを離れたか継続活動をしているかによっても，メッセージは大きく異なるであろう．

また，2020 年 1 月以降の“新型コロナ感染症”による社会活動の自制自粛，授業や仕事など対面活動のリモート化，不安やストレスの増大，医療活動と経済活動のバランスなど，当初「フューチャー・デザイン」ゼミで予想していなかった大きな影響が出ている．例えば，対面活動のリモート化は「Empathy」の在り方を，不安やストレスの増大は「Negative Capability」の育み方を，医療活動と経済活動のバランスは「トランス・サイエンス」としての考え方を私たちに問うていると言える．また，今現在をどう生き残ってゆくかが喫緊の課題になっている以上，まだ見ぬ「仮想将来世代」を今の時点でイメージすることが正しいことなのか，イメージすることがで

きるのかとの問いかけも出てくる．これら諸状況も反映されたゼミ生メッセージである点にご留意いただきたい．5 名からフィードバックされた多くのメッセージの中から，今回メンターとして取り上げたのは以下の 12 項目である．

- ゼミ活動を通じ，異分野のこと・分からないことに対して安易に批判し拒絶することを回避し，改めて情報を探る姿勢が身についた．
- オンライン授業の参加者に「Empathy」が共有されるのは，参加者相互の関係が実施以前にしっかり形成されていることが重要だと思う．
- 「トランス・サイエンス」は，生身の人間と技術とをどう共存させてゆくかという問題になるだろう．
- 人間社会で起きる複雑なことを観察し説明する人文社会科学と，自然科学の目に見える成果を結びつけ，世の中の役に立てるところまで持ってゆくことが大切である．
- 人間の思考は身体の大きさ（1.5~2m くらい）と，寿命（80 年ぐらい）の制約を受けているはず．それを飛躍させるには第三者の視点に立つことが必要である．
- 「フューチャー・デザイン」では「仮想将来世代」をイメージする“意義”をきちんと考える必要がある．
- 現在の状況のように，皆に余裕がない中で将来のことを考えるのは大変難しい．ただ，将来世代を考えて行動することが現在にとって最適であるケースは往々にしてあり，いかにして頭を切り替えるかが引き続きの課題であろう．
- ゼミ活動を通じ，異分野だから見えてくるものも多くあるが，同じ分野（しかし異なる研究領域）だからこそ見えるものも大きいことに気付かされた．
- 「仮想将来世代」との対話が不確実で揺らぎのある以上，「フューチャー・デザイン」に取り組む上で欠かすことができないキーワードが，「Negative Capability」である．
- 成果としての結論だけではなく，参加者各人の意見や途中経過についても報告し合うことで「文理融合」はより進むのではないか．
- 「Fantasy Future Design （FFD)」は，当事者ではなく第三者の視点で問題を議論することで過度の対立を抑制し，現世代から「仮想将来世代」の視点に頭を切り替える困難さを低減する手法である．
- 現在の「Fantasy Future Design （FFD)」には「演劇的」に「仮想将来世代」になりきることは組み込まれていない．

ゼミ活動から明らかになった（体感した）のは，異なる考え方・価値観を持つ他者との議論では，チームビルディングなどを通じ他者の考え方の背景を事前に知ることに意味があること，しがらみを断ち切って発想するためには「Fantasy Future Design （FFD)」のような手法を使うと効果があることであった．ゼミ生からはいくつかの新たな提案ももらっており，更に上記メッセージ全体を俯瞰すると，第 3 章で記述した「フューチャー・デザイン」ゼミ活動の狙いの初期段階は達成できたのではないかと感じている．ただ，当初想定していなかった“新型コロナ感染症”による諸々の動きや世界的な環境変化が，本ゼミ活動の意義を再認識させるきっかけとなっていることは複雑な心境である．しかし，世の中全体で直近の“After コロナ”を考える傾向が強い今だからこそ，より長期的視点で現在を見つめなおす「フューチャー・デザイン」の研究実践活動には価値があると思われる．現在はリモートによる活動を主にせざるを得ないが，継続して「Fantasy Future Design （FFD)」の改良改善活動を進めていきたい．

文献

[1] C.P.スノー，（1999）“二つの文化と科学革命”，みすず書房.
[2] 隠岐さや香，(2018）“文系と理系はなぜ分かれたのか”，星海社新書.
[3] 生方史数，“文理融合型共同研究の研究－G-COE を事例として”，KAKEN. https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-26560139/
[4] 宮原暁，“文明と文化の間で―大阪大学グローバルコラボレーションセンターの取り組み”，生産と技術，2012. vol.64，no. 2，pp. 124-126
[5] 信原幸弘，“文理の厚い壁を越えて融合を達成する道を探る”，サイエンスポータル. https://scienceportal.jst.go.jp/columns/opinion/20200123_01.html
[6] 新井紀子 他，“文系と理系がなくなる日”，中央公論，2019. vol.4，pp. 32-57

[7] 慶應義塾大学博士課程教育リーディングプログラム オールラウンド型 超成熟社会発展のサイエンス. https://plgs.keio.ac.jp/
[8] 日本学術振興会, “博士課程教育リーディングプログラム”, JSPS. https://www.jsps.go.jp/j-hakasekatei/
[9] 西條辰義, “フューチャー・デザイン ― 持続可能な自然と社会を将来世代に引き継ぐために ―”, 環境経済・政策研究, 2018. vol.11, no. 2, pp. 29-42
[10] 西條辰義, (2015) “フューチャー・デザイン : 七世代先を見据えた社会”, 勁草書房.
[11] 東京財団政策研究所, “【開催報告】「フューチャー・デザイン・ワークショップ 2019」”, TKFD. https://www.tkfd.or.jp/research/detail.php?id=3009
[12] 伊藤泰信, “エスノグラフィを実践することの可能性”, 組織科学, 2017. vol.51, no. 1, pp. 30-45
[13] 梅田夕奈, “医療者にとっての医療人類学を教える/発見する”, 民博通信, 2017. no. 156, pp. 14-15
[14] Simon Worrall, “鶏に乱用の抗生物質, 耐性菌の温床と識者が警告”, National Geographic. https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/16/c/092100055/
[15] 厚生労働省, “我が国の社会保障についての基本的考え方”, 厚生労働白書, 平成 18 年版, pp-172.
[16] 吉田一史美, “特別養子制度の成立過程 ―福祉制度の要請と特別養子制度の設計―”, 立命館人間科学研究, 2009. Vol. 19, pp. 77-90
[17] “通約不可能性”, Wikipedia, https://ja.wikipedia.org/wiki/通約不可能性
[18] Future of Life Institute, “ASILOMAR AI PRINCIPLES”, https://futureoflife.org/ai-principles/
[19] 長尾真, “AI と人間の共存・共栄を考える”, 學士會会報 No.939 2019-VI, pp. 4-11
[20] Niall McCarthy, “Two Worlds: Languages IRL and Online”, https://www.statista.com/chart/14900/two-worlds_-languages-irl-and-online/
[21] Kenneth Mori McElwain, “The Anomalous Life of the Japanese Constitution”, https://www.nippon.com/en/in-depth/a05602/
[22] 札野順, “技術者が「幸せ」になるための倫理教育”, 電気学会全国大会, 2014. 1-H1 (1) - (4)
[23] Committee on Science, Engineering, and Public Policy, National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, and Institute of Medicine, “On Being a Scientist: A Guide to Responsible Conduct in Research: Third Edition”, http://biblioteca.ucv.cl/site/colecciones/manuales_u/12192.pdf
[24] 日本学術会議, “科学者の行動規範 ―改訂版―”, http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-s168-1.pdf
[25] Alvin M. Weinberg, (1972) “Science and Trans-Science”, Minerva, vol. 10, no. 2, pp. 209-222
[26] 小林傳司, (2007) “トランス・サイエンスの時代”, NTT出版.
[27] “ネガティブ・ケイパビリティ”, Wikipedia. https://ja.wikipedia.org/wiki/ネガティブ・ケイパビリティ
[28] 帚木蓬生, (2017) “ネガティブ・ケイパビリティ 答えの出ない事態に耐える力”, 朝日選書.
[29] 長谷川眞理子, “進化心理学から見たヒトの社会性 (共感)”, 認知神経科学, 2016. Vol.18, no.3-4, pp.108-114
[30] 金融庁 金融審議会 市場ワーキング・グループ, “高齢社会における資産形成・管理”, FSA. https://www.fsa.go.jp/singi/singi_kinyu/tosin/20190603/01.pdf
[31] NASA ゲーム, https://heart-quake.com/article.php?p=519
[32] WIRED, “Sci-Fi で描かれた“未来”が、わたしたちの“現在”を変える” https://wired.jp/2019/09/15/better-business-through-sci-fi/
[33] 東京財団政策研究所, “【開催報告】「フューチャー・デザイン・ワークショップ 2020」”, TKFD. https://www.tkfd.or.jp/research/detail.php?id=3329

試行履歴の情報源に関する認識が学習に及ぼす影響
Do People Examine Their Own and Another's Learning History Differently?

石原 潤[†], 清河 幸子[†]
Jun Ishihara, Sachiko Kiyokawa
[†]名古屋大学大学院教育発達科学研究科
Graduate School of Education and Human Development, Nagoya University
ishihara.jun@c.mbox.nagoya-u.ac.jp

概要

本研究の目的は，参照する試行履歴の情報源に関する認識が変数間の関係の学習に及ぼす影響を明らかにすることである．大学生 37 名が実験に参加し，複雑なダイナミックコントロールタスク (complex dynamic control task) の 1 つである水槽課題に 2 回取り組んだ．2 回目の取り組み時には，1 回目の取り組み時に参加者自身が設定した入力変数の値とそれに対応する出力変数の値を「自己のもの」として与えられる自己履歴条件と，「他者のもの」と偽って与えられる偽他者履歴条件の 2 条件が設定され，それらの情報を参照する際に考えていたことを記入するよう求められた．学習成績に関しては，条件間に差は認められなかったが，試行履歴を「他者のもの」と認識することで，意図の推測や試行の評価が多くなることが明らかとなった．

キーワード：複雑なダイナミックコントロールタスク (complex dynamic control task), 試行履歴 (learning history), 自己／他者 (self/other)

1. はじめに

われわれは日常生活において，個人で問題解決に取り組むことに加えて，他者と協力して問題解決に取り組むことを様々な場面で行っている．他者の取り組みから自分 1 人での取り組みでは得られなかった様々な発見や気づきが得られ，問題解決につながることがある．このように，協同が問題解決を促進することはこれまで多くの研究によって明らかにされており (例えば，[1][2])，協同による促進効果がなぜ見られるかについても検討されてきている．

例えば， [2]では，科学的発見課題における協同が課題成績および解決プロセスに及ぼす影響について検討した．その結果，個人で課題に取り組む場合に比べて協同で取り組む場合に課題成績がよいことが示された．プロトコル分析の結果を踏まえて，協同によって考慮する仮説数が増加したわけではなく，対立仮説の考慮や根拠づけなどの説明活動が促進されることで協同の効果が生じたと考察している．[3]は協同問題解決時にみられる情報共有などの言語的なコミュニケーションがカテゴリ学習やカテゴリの使用に及ぼす影響について検討した．彼らは 16 種類のエイリアンを分類する課題を用いて，ペアで話し合いながら課題に取り組む協同条件，1 人で考えている内容を声に出して課題に取り組むことと自身が話したことを聞いて課題に取り組むことを半分ずつ行う発話思考条件，黙って 1 人で取り組む統制条件の 3 条件を設定し，課題成績を比較した．その結果，協同条件が他の 2 条件に比べて成績がよかった．この結果は，協同条件では課題の取り組み時に相手に課題に関する情報を伝達する必要があるために，課題に関する理解がより精緻化されたために生じたものと解釈されている．

これらの知見から，協同における他者との言語的なやりとりによって，問題解決状況の捉え直しや問題への取り組み状況の吟味などが促進されるとともに，協同の中で他者に伝えるために自分の理解が整理されると考えられる．すなわち，他者との言語的なやりとりによって協同の促進効果が生じたものと考えられる．しかし，協同で生じているプロセスのうち言語的なやりとり以外にも注目する必要性が指摘されている[4].

協同による問題解決では言語的なやりとり以外にも，他者の取り組み（以下，試行とする）を参照し，問題解決に利用することが可能である．[4]は，参照する試行が誰のものであるかという認識が問題解決に及ぼす影響について検討した．洞察課題である T パズルを用いて，個人で課題に取り組む個人条件，試行と参照を交互に行う問題状況で自己の過去の試行を参照する自己観察条件，そして，他者の試行を参照する他者観察条件の課題成績を比較した．その結果，他者観察条件では個人条件より解決率が高くなったのに対して，自己観察条件では低くなっていた．このことから，他者の試行を観察することで問題解決が促進されるのに対し，自己の試行を観察することにより問題解決が抑制されることが明らかとなった．[5]は，他者の試行を参照することおよびその頻度が問題解決に及ぼす影響について検討している．巡回セールスマン問題と呼ばれる，地図上に

示されるシンボル間の最短ルートを発見することが求められる課題で，他者の解答を参照できる頻度の異なる3つの条件を設定し課題成績を比較した. その結果，断続的に参照可能な条件では，参照不可能な条件と同等に最適解を発見することができ，常に参照可能な条件と同様に平均成績がよいことが示された.

問題解決時に他者の試行を参照することで，利用可能な情報が増加する。上述の研究で示された促進効果は，この利用可能な情報の増加によって生じたものと解釈できる。これに加えて，参照する試行が「誰のものであるか」という情報源の認識が問題解決に影響を及ぼすことも示されてきている．[6]では，参照対象である試行を「自己のもの」と捉えるか「他者のもの」と捉えるかが問題解決に及ぼす影響を検討している. [4] と同じ個人条件，自己観察条件，他者観察条件に加え，参照する試行が，実際には自己の以前の試行であるが「他者のもの」と教示された偽他者観察条件を加えて，解決成績を比較した. その結果，自己観察条件の解決率が他の条件より低くなった. この結果から，参照する試行が自己の以前の試行であっても，それを「自己のもの」と認識するか「他者のもの」と認識するかによって解決成績が異なることが明らかとなった.

また，[7]の実験 2 では，変数間の関係を学習することが求められる水槽課題に 2 回取り組み，2 回目の取り組み時に呈示される試行履歴の情報源が課題成績に及ぼす影響が検討された. 具体的には，1 回目の取り組み時に参加者自身が設定した入力変数の値とそれに対応する出力変数の値のセットである試行履歴を，「自己のもの」と教示された自己条件，「他者のもの」と偽って教示された偽他者条件，他者の 1 回目の試行履歴を「他者のもの」と教示された他者条件，「自己のもの」と偽って教示された偽自己条件の 4 条件の課題成績が比較された. その結果，実際の試行履歴が「自己のもの」であるか「他者のもの」であるかにかかわらず，「他者のもの」として参照することで課題成績が向上し，「自己のもの」として参照することで低下することが明らかとなった.

以上を踏まえると，他者の試行を参照することが協同による問題解決の促進効果をもたらす要因の一つと考えられる. また，この効果は実際の他者の試行を参照する場合だけではなく，試行を「他者のもの」と認識しただけでも生じる．このことから，この効果は，同じ情報であっても，それを「自己のもの」と捉えるのか，「他者のもの」と捉えるのかで処理が異なっていることから生じた可能性が考えられる. しかし，先行研究では，結果である課題成績の比較が行われており，試行履歴を処理する際のプロセスについては十分に検討されていない.

そこで本研究では，参照する試行履歴が「自己のもの」か「他者のもの」という情報源に関する認識が変数間の関係の学習プロセスおよび結果に与える影響を検討する．具体的には，[7]で用いられた課題および手続きを踏襲し，同じ課題に 2 回取り組むことを参加者に求め，1 回目の取り組み時の試行履歴を，2 回目の取り組み時に自己の試行履歴として教示する自己履歴条件と他者の試行履歴として偽って教示する偽他者履歴条件の 2 条件を設定する。そして，変数間の関係に関する学習成績および，試行履歴を参照する際に考えていたことを条件間で比較する．[7]で得られた結果を踏まえると，偽他者履歴条件において学習成績が高くなり，両条件で試行履歴を参照する際のプロセスが異なることが予測される。

2. 方法

2.1. 実験参加者

名古屋大学の学生 37 名が実験に参加した (M_{age} = 20.14, SD = 1.14)．実験参加の謝礼としてコースクレジットまたは，1,000 円の謝金が支払われた．参加者は，無作為に自己履歴条件 (N = 19) と偽他者履歴条件 (N = 18) のいずかに割り当てられた.

2.2. 実験計画

2（条件：自己履歴，偽他者履歴）× 2（取り組み：1 回目，2 回目）× 2（テスト：1, 2）の 3 要因混合計画を用いた. 3 つの要因のうち，条件は参加者間要因で，残りの 2 つは参加者内要因であった.

2.3. 課題

2.3.1. 水槽課題

水槽課題[7]を用いた．実験参加者には，水処理施設で 働く研究技術者の訓練生として，水槽システムを制御するように教示した．この課題では，3 つの入力変数（食塩・炭素・石灰）と 3 つの出力変数（酸素・塩素濃度・水温）の影響関係を学習することが求められた

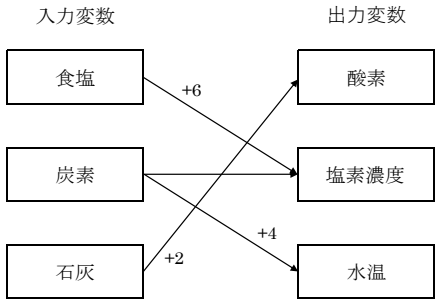


Figure 1. 水槽課題の課題構造（矢印は影響関係を示し，数値は入力誤差を表す）

(Figure 1 に変数間の関係を示す) ．この課題は，学習セッション，コントロールテスト，構造テストから構成されていた．学習セッションでは，3 つの入力変数の値を設定することで，その値に対応する出力変数の値が表示され，その情報をもとに変数間の関係を学習することが求められた．コントロールテストでは，入力変数の値を設定することで出力変数を所定の値に保つことが求められた．構造テストでは，入力変数と出力変数の関係に関する知識が問われた．

2.3.2. 数字記憶課題

水槽課題への 1 回目の取り組みと 2 回目の取り組みの間に数字記憶課題を実施した．これは，参加者が 1 回目の取り組みの際に入力変数として設定した値やそれに対応した出力変数の値を覚えているために，試行の情報源に関する操作が適切に行われない可能性を低下させるためであった．この数字記憶課題では，注視点 (+++) が 1 秒呈示された後に 15 個の数字が 1 つずつ各 3 秒呈示された．15 個の数字および呈示順は全参加者で共通であり，7, -31, -43, 100, -98, 16, 60, 56, -38, 2, 77, 41, 99, 50, 58 であった．参加者は 15 個の数字を記憶することが求められ，15 個すべての数字が呈示された後にキーボードを用いて回答することが求められた．回答の制限時間は 3 分であった．

2.4. 手続き

実験は最大 6 人の集団形式で実施した．参加者には 1 人 1 台のノート型 PC を用いて個別に課題に取り組むように求めた．すべての参加者は水槽課題に 2 回取り組み，その取り組みの間に数字記憶課題に取り組むことように求めた．

2.4.1. 学習セッション

1 回目の取り組みの学習セッションでは，参加者は 3 つの入力変数の値を-100 から 100 の範囲で設定することが求められた．この入力変数の値は，各変数の絶対値ではなく，変化量を表していた．入力変数の設定後に「確認」ボタンをクリックすることで，その入力変数に対応した出力変数の値が画面に表示された．この入力変数の値の設定と出力変数の値の確認までを 1 試行とした． 1 回の学習セッションは 6 試行から構成されていた．課題で求められていることを理解し，操作に慣れるため，本試行に先立ち，練習試行を 2 試行実施した．1 回の取り組みにつき，学習セッションは 2 回設けられていた．1 回の学習セッションが終わるごとに出力変数の値はリセットされた．出力変数の初期値は 2 回の学習セッションとも，酸素が 100，塩素濃度が 500，水温が 1000 であった．なお，[8]では，入力変数の設定はスライダーによって行われていたが，本研究ではプログラムの都合から数値をキーボードにより入力して設定するように変更した．

2 回目の取り組みにおける学習セッションでは，入力変数の値を新たに設定するのではなく，1 回目の取り組みの学習セッションで設定された入力変数の値とそれに対応する出力変数の値を確認し，その値から学習することが求められた．自己履歴条件と偽他者履歴条件の両条件とも，実際には参加者自身が 1 回目の取り組みの際に設定した入力変数の値とそれに対応する出力変数の値が呈示されたが，条件間で教示が異なっていた．具体的には，自己履歴条件の参加者には「1 回目の参加者自身の試行履歴」と教示したのに対して，偽他者履歴条件の参加者には「以前にこの実験に参加した他の参加者の 1 回目の取り組みの試行履歴」と教示した．参加者には，試行毎に，試行履歴を参照している間に考えていたことについてキーボードを用いて記述するよう求めた．

2.4.2. コントロールテスト

変数間の関係に関する学習に基づき，出力変数の値をコントロールするスキルを測定するために，コントロールテストを実施した．コントロールテストでは，3 つの出力変数それぞれに目標値が与えられ，参加者は入力変数の値を設定することで出力変数を目標値に近づけ，維持することが求められた．入力変数の設定とその入力変数に対応する出力変数の値の表示を 1 試行とする 6 試行から構成されたコントロールテストセッションを，1 回の取り組みにつき 2 回実施した（以下，テ

スト1，テスト2とする)．テストごとに，出力変数の目標値は異なっており，テスト1では，酸素が50，塩素濃度が700，水温が900であり，テスト2では，酸素が250，塩素濃度が350，水温が1100であった．出力変数の目標値およびテストの実施順はすべての参加者で共通であり，2回の取り組みにおいて出力変数の目標値は同一であった．

2.4.3. 構造テスト

変数間の関係に関する知識を測定するために，構造テストを実施した．構造テストは，1回の取り組みにおいて，各学習セッション後と，各コントロールテスト後の計4回実施した．このテストでは，3つの入力変数が食塩，炭素，石灰の順に1つずつ画面に呈示され，3つの出力変数のうちその入力変数と関連があると考えられるものをマウスのクリックにより選択することが求められた．

2.4.4. 操作チェック

水槽課題に2回取り組んだ後に，参加者は2回目の取り組みの学習セッションで呈示された試行履歴の情報源に関する教示が「自分が設定したもの」と「別の参加者が設定したもの」の2種類であったことを知らされた．そして，自身が与えられた教示がこの2つの選択肢のどちらであったか，選択することが求められた．この回答により，参照する試行履歴の情報源に関する操作が適切に行われていたかを確認した．

3. 結果

プログラムの問題から参加者のデータが保存されていなかった自己履歴条件の1名，指定の範囲外の値を学習セッションの入力変数の値として設定した偽他者履歴条件の1名のデータを分析から除外し，最終的に自己履歴条件18名，偽他者履歴条件17名のデータを分析に使用した．

3.1. 操作チェック

試行履歴の情報源に関して，自己履歴条件で77.8%，偽他者履歴条件で52.9%が条件ごとの教示と一致した回答であった．条件間で教示と一致した回答をした割合に差があるか検討するために，Pearsonのカイ二乗検定を行ったところ，条件間で有意な差は認められなかった ($\chi^2(1) = 2.39, p = .12$).

3.2. 数字記憶課題

2回の水槽課題への取り組み間に実施した数字記憶課題の再生成績は，自己履歴条件 ($M = 8.44, SD = 2.18$)，偽他者履歴条件 ($M = 8.53, SD = 2.60$) であった．条件間の数字記憶課題の再生成績を比較するために，対応のない t 検定を行ったところ，条件間に有意な差は認められなかった ($t(33) = -0.11, p = .92$).

3.3. コントロールテスト

コントロールテスト得点の算出は，[7]，[8]と同様の手続きで行った．まず，各試行の出力変数の値と目標値との差の絶対値を算出し，試行毎に3つの出力変数に対する目標値との差の絶対値を合計し，得点分布の歪度を最小化するために常用対数変換を行った．その後，1回のテストの6試行の平均値を算出し，この得点をコントロールテスト得点とした．出力変数とその目標値の差が小さいほど，変数間の関係を理解し，水槽システムをうまく管理できていることを表す．つまり，コントロールテスト得点が低いほど成績がよいことを意味している．

Figure 2は，2つの条件および取り組み別のコントロールテスト得点の平均値を示している．コントロールテスト得点を従属変数，条件と取り組み，テストを要因とする2×2×2の分散分析を実施した．その結果，すべての主効果，交互作用ともに有意ではなかった (条件 : $F(1, 33) = 0.09, p = .77, \eta_p^2 = .003$; 取り組み : $F(1, 33) = 0.47, p = .50, \eta_p^2 = .014$; テスト : $F(1, 33) = 2.02, p = .17, \eta_p^2 = .058$; 条件×取り組み : $F(1, 33) = 0.24, p = .63, \eta_p^2 = .007$; 条件×テスト : $F(1, 33) = 0.21, p = .65,$

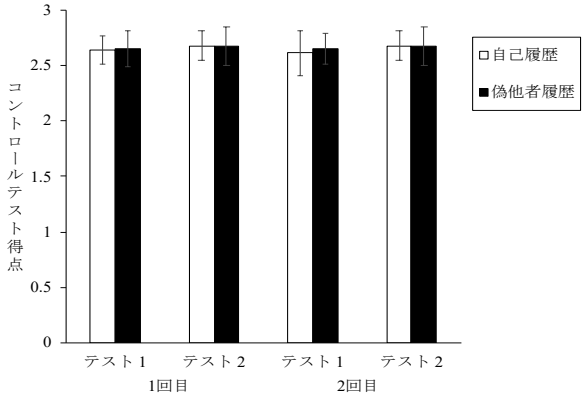


Figure 2. 各条件の取り組み，テスト別のコントロールテスト得点の平均値 (エラーバーは SE)

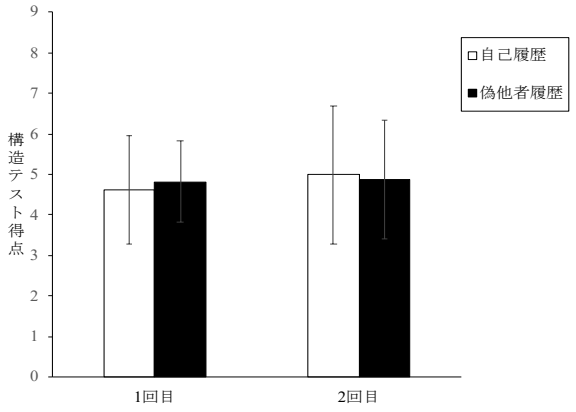


Figure 3. 各条件の取り組み，テスト別の構造テスト得点の平均値 (エラーバーは *SE*)

$\eta_p^2 = .006$; 取り組み×テスト：$F(1, 33) = 0.47, p = .50, \eta_p^2 = .014$; 条件×取り組み×テスト：$F(1, 33) = 0.24, p = .63, \eta_p^2 = .007$).

3.4. 構造テスト

構造テストの得点は，各構造テストにおいて正しく特定することができた入力変数と出力変数の関係の数として算出した．入力変数と関連がある出力変数を選択し，関連がない出力変数を選択しないことによって得点が高くなる．構造テスト得点は 0 から 9 までの値をとり，点数が高いほど成績がよいことを意味する．

条件および取り組み別の構造テスト得点の平均得点を Figure 3 に示す．構造テスト得点を従属変数，条件と取り組みを要因とする 2×2 の分散分析を実施した．その結果，すべての主効果，交互作用ともに有意ではなかった (条件：$F(1, 33) = 0.02, p = .90, \eta_p^2 = .001$; 取り組み：$F(1, 33) = 1.44, p = .24, \eta_p^2 = .042$; 条件×取り組み：$F(1, 33) = 0.77, p = .39, \eta_p^2 = .023$).

3.5. 試行履歴の参照時のプロセス

1 回目の取り組み時の試行履歴を参照している際に考えていたことについての記述を，第一著者が以下の 5 種類に分類した．分類カテゴリは，同じ課題を用いて目標設定が課題への取り組みに及ぼす影響を検討した[8]を参考にするとともに，本研究で得られた記述からボトムアップで作成した．5 種類の分類とした。なお，複数の分類にあてはめることを許容した．

1. 仮説検証：入力変数と出力変数の変数間の関係についての記述．例として，「酸素の値が大きく下がったことから，石灰が酸素と関係がある」．
2. 結果確認：入力変数または出力変数の値に関する記述．ただし，変数間の関係には言及していない記述．例として，「入力変数をすべて 100 にすると出力変数はこの値になる」．
3. 結果比較：試行間や変数間の結果の比較に関する記述．例として，「入力変数がすべて 100 のときと比較して出力変数の値が大きくなった」．
4. メタ的記述：課題への取り組み方についての振り返りや推測，評価に関する記述．呈示された入力変数の設定が何を意図して行われたものであるのかについてやその設定に対する評価などが含まれる．例として，「炭素に-を付けたことで+、-の関係性が分かるかもしれないのでいいと思う」．
5. 無記入 or 特になし：記述がなかったものや「特に考えることがない」という記述．

Table 1 に条件および学習セッション別の各分類の出現回数の平均値を示した．条件および学習セッションでそれぞれの分類の出現回数に差が見られるかを検討するために，各分類の出現回数を従属変数，条件と学習セッションを独立変数とする 2×2 の分散分析を実施した．その結果，「仮説検証」については，すべての主効果，交互作用ともに有意ではなかった (条件：$F(1, 33) = 0.33, p = .57, \eta_p^2 = .010$; 学習セッション：$F(1, 33) = 3.36, p = .08, \eta_p^2 = .093$; 条件×学習セッション：$F(1, 33) = 1.29, p = .27, \eta_p^2 = .038$).

次に，「結果確認」については，条件と学習セッションの交互作用が有意となり ($F(1, 33) = 4.92, p < .05, \eta_p^2 = .130$)，条件の主効果，学習セッションの主効果は有意ではなかった (それぞれ，$F(1, 33) = 0.40, p = .53, \eta_p^2 = .012$; $F(1, 33) = 0.54, p = .54, \eta_p^2 = .016$)．交互作用が有意となったことから，学習セッションごとに条件の単純主効果の検定を行ったものの，学習セッション 1，学習セッション 2 ともに条件の単純主効果が有意とならなかった (順に，$F(1, 33) = 3.31, p = .08, \eta_p^2 = .091$；$F(1, 33) = 0.34, p = .57, \eta_p^2 = .010$)．また，条件ごとに学習セッションの単純主効果の検定を行ったところ，自己履歴条件における学習セッションの単純主効果が有意となり (自己履歴条件：$F(1, 17) = 5.99, p = .03, \eta_p^2 = .261$)，学習セッション 1 より学習セッション 2 で記述が少なくなった． 偽他者履歴条件では学習セッションの単純主効果は有意ではなかった ($F(1, 16) = 0.84, p = .37, \eta_p^2 = .050$).

Table 1. 各分類における学習セッションと条件別の記述数の平均値 (*SD*)

	学習セッション 1		学習セッション 2	
	自己履歴	偽他者履歴	自己履歴	偽他者履歴
1. 仮説検証	2.06 (1.86)	1.35 (1.66)	2.28 (2.02)	2.29 (2.39)
2. 結果確認	3.22 (1.90)	2.06 (1.89)	2.17 (2.15)	2.59 (2.15)
3. 結果比較	1.17 (1.65)	0.29 (0.59)	0.72 (1.49)	0.65 (1.32)
4. メタ的記述	1.39 (2.00)	3.29 (2.62)	1.56 (2.04)	1.18 (1.59)
5. 無記入 or 特になし	0.00 (0.00)	0.29 (0.69)	0.17 (0.51)	0.18 (0.39)

「結果比較」に関しては，すべての主効果，交互作用ともに有意ではなかった (条件：$F(1, 33) = 1.57, p = .22, \eta_p^2 = .046$; 学習セッション：$F(1, 33) = 0.03, p = .85, \eta^p_2 = .001$; 条件×学習セッション：$F(1, 33) = 2.61, p = .12, \eta_p^2 = .073$).

「メタ的記述」については, 学習セッションの主効果と条件と学習セッションの交互作用が有意となったものの (それぞれ，$F(1, 33) = 7.12, p < .05, \eta_p^2 = .177$; $F(1, 33) = 9.76, p < .01, \eta_p^2 = .228$)，条件の主効果は有意ではなかった ($F(1, 33) = 1.59, p = .22, \eta_p^2 = .046$)．学習セッションごとに条件の単純主効果の検定を行ったところ，学習セッション 1 における条件の単純主効果が有意となり ($F(1, 33) = 5.89, p < .05, \eta_p^2 = .152$)，偽他者履歴条件で自己履歴条件よりも「メタ的記述」が多く見られた．学習セッション 2 では条件の単純主効果は有意ではなかった ($F(1,33) = 0.37, p = .55, \eta_p^2 = .011$)．また，条件ごとに学習セッションの単純主効果の検定を行ったところ, 偽他者履歴条件でのみ, 学習セッションの単純主効果が有意となり (偽他者履歴条件：$F(1,16) = 13.01, p < .01, \eta_p^2 = .448$)，偽他者履歴条件では学習セッション 2 において学習セッション 1 よりも「メタ的記述」が少なかった．自己履歴条件では学習セッションの単純主効果は有意ではなかった ($F(1, 17) = 0.14, p = .71, \eta_p^2 = .008$).

最後に，「無記入 or 特になし」については，すべての主効果, 交互作用ともに有意ではなかった (条件:$F(1, 33) = 1.42, p = .24, \eta_p^2 = .041$; 学習セッション：$F(1, 33) = 007, p = .80, \eta_p^2 = .002$; 条件×学習セッション：$F(1, 33) = 2.27, p = .14, \eta_p^2 = .064$).

4. 考察

本研究では，参照する試行履歴が「自己のもの」か「他者のもの」という情報源に関する認識が変数間の関係の学習プロセスおよび結果に与える影響を検討した．具体的には，同じ課題に 2 回取り組む状況で 1 回目の取り組み時の自己の試行履歴を「自己のもの」として教示される自己履歴条件と「他者のもの」と偽って教示される偽他者履歴条件の 2 条件を設定し，学習成績および試行履歴の参照時のプロセスについて比較した．

まず, 学習成績については, 参照する試行履歴の情報源にかかわらず，取り組み間で向上がみられなかった．これらの結果は，[6]，[7]とは異なる結果であった．同じ課題を用いた[7]と異なる結果が生じた理由として，3 つの可能性が考えられる．1 つ目は，本研究では試行履歴参照中のプロセスを検討することを目的としていたことから，課題に取り組む中で考えていることについて記述を求めたことによる影響である．[7]および本研究で用いられた水槽課題は複雑なダイナミックコントロールタスク (complex dynamic control task) と呼ばれる潜在学習課題である．潜在的学習課題において思考の言語化が妨害的に働くことが知られており[9]，このことが 2 回の課題への取り組み間で成績の向上が見られなかったことと関連している可能性がある．また，その妨害的な影響が生じたために，条件間で生じていた差が相殺されてしまった可能性もある．

2 つ目の可能性としては, 2 回の水槽課題への取り組み間に数字記憶課題を実施したことの影響である．試行履歴に関する操作が適切に行われるために数字記憶課題へ取り組むことを求めたが，水槽課題とは異なる数字を記憶するという認知負荷が大きくなったために水槽課題の学習が妨害された可能性がある．

3 つ目は, 参照した試行履歴の評価の影響である．[7]は，同じ試行履歴であっても，「他者のもの」として参照することで, 自身の過去経験との比較が生じ, 学習状況や成績の基準となるのに対して，「自己のもの」とし

て参照した場合には，外的な判断基準や他者の試行との比較ができないため，自分の課題の知識や理解に関する認識が否定的に評価され，学習を妨害することを指摘している. また, 課題成績に対して他の参加者の平均成績より優れているとフィードバックされると 1 回目の自身の試行履歴から再度学習する際に課題成績が向上するのに対して，他の参加者より劣っているとフィードバックされることで課題成績が低下することが明らかにされている[7][10]．課題成績に対するフィードバックが参照する試行履歴に対する評価に影響を与え，この評価が試行履歴からの学習に影響を及ぼした可能性が考えられる。参照する試行履歴をどのように評価したのか，およびその評価が問題への取り組みにどのように影響を及ぼすかについて検討が必要である.

試行履歴の参照時のプロセスに関しては，学習セッション 1 において偽他者履歴条件で自己履歴条件よりも「メタ的記述」が多くみられた．この結果から試行履歴を参照する際にそれが「他者のもの」である場合にはメタ認知的な処理が促されると考えられる．協同によって，メタ認知が働きやすくなることが先行研究から明らかにされている[1][11][12]．本研究では他者との言語的なやりとりがない状況でも, 試行履歴を「他者のもの」として参照することでメタ認知的な処理が促される可能性を明らかとなった. ただし, 偽他者履歴条件において学習セッション 1 から 2 にかけて,「メタ的記述」が減少し，学習セッション 2 では条件間でその差はみられなかった. この結果から, 他者情報を参照する際のメタ認知的処理の効果が一時的なものである可能性，自身の過去の試行が「他者のもの」として呈示されている実験状況から「他者のもの」として参照していても方略が自身と同じであり，課題に関する情報のみに注意が向けられた可能性が考えられる．また別の可能性として, 本研究では, 呈示された試行履歴が自己の過去の試行履歴と気づいたため「他者のもの」としての視点が薄れ，効果が一時的になった可能性も否定できない.

本研究の課題としては，以下の 2 点が挙げられる．1 点目は, 試行履歴の情報源の操作である。操作チェックの回答で偽他者履歴条件において呈示された試行履歴が実際には自己の試行であると気づく参加者が半数近くいたことである．このことは試行履歴の情報源に関する操作が不十分であることを意味しているため，課題状況や操作方法について改善をした上で再度検討を行う必要がある．2 点目として，試行履歴を参照する際に，その情報源によって処理が異なることが示されたが，その処理の違いが課題成績にどのような影響を及ぼしているかについては明らかではない．本研究では，協同による問題解決の促進効果に関わる要因の一つとして，他者の試行を参照することの効果を取り上げた．しかし，試行履歴を「他者のもの」と認識することで促された処理が課題成績を高めたという結果は得られていない. 今後は, 他者の試行履歴の参照によって促進される処理が課題成績を高めるために満たすべき条件について詳細な検討が必要である.

5. 付記

本稿は，電子情報通信学会ヒューマン情報処理 2020 年 5 月研究会にて発表したデータを再分析し，加筆修正をしたものである。

文献

[1] Miyake, N., (1986) “Constructive interaction and the iterative process of understanding.”, Cognitive Science, Vol. 10, No. 2, pp. 151-177.
[2] Okada, T., and Simon, H. A., (1997) “Collaborative discovery in a scientific domain.”, Cognitive Science, Vol. 21, No. 2, pp. 109-146.
[3] Voiklis, J., and Corter, J. E., (2012) “Conventional wisdom: negotiating conventions of reference enhances category learning.”, Cognitive Science, Vol. 36, No. 4, pp. 1-28.
[4] 清河 幸子，伊澤 太郎，植田 一博, (2007) “洞察問題解決に試行と他者観察の交替が及ぼす影響”，教育心理学研究，Vol. 55, No. 2, pp. 255-265.
[5] Bernstein, E., Shore, J., and Lazer, D., (2018) “How intermittent breaks in interaction improve collective intelligence”, Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 115, No. 35, pp. 8734-8739.
[6] 小寺 礼香, 清河 幸子, 足利 純, 植田 一博，(2011) “協同問題解決における観察の効果とその意味：観察対象の動作主体に対する認識が洞察問題解決に及ぼす影響”，認知科学，Vol. 18, No.1, pp. 114-126.
[7] Osman, M., (2008) “Positive transfer and negative transfer/antilearning of problem-solving skills”, Journal of Experimental Psychology: General, Vol. 137, No.1, pp. 97-115.
[8] Burns, B. D., and Vollmeyer, R., (2002) “Goal specificity effects on hypothesis testing in problem solving”, The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology, Vol. 55, No. 1, pp. 241-261.
[9] Schooler, J. W., Ohlsson, S., and Brooks, K., (1993) “Thoughts beyond words: When language overshadows insight”, Journal of Experimental Psychology: General, Vol. 122, No. 2, pp.166-183.
[10] Osman, M., (2012) “The effects of self set or externally set goals on learning in an uncertain environment”, Learning and Individual Differences, Vol. 22, No. 5, pp. 575-584.
[11] 清河 幸子, (2002) “表象変化を促進する相互依存構造―課題レベル―メタレベルの分業による協同の有効性の検討―”，認知科学, Vol. 9, No. 3, pp.450-458.
[12] Larkin, S., (2006) “Collaborative group work and individual development of metacognition in the early years.”, Research in Science Education, Vol. 36, pp. 7-27.

先行経験が再認判断に及ぼす抑制的効果の検討
The effect of representations with high similarity on recognition

益岡 都萌[†]，西山 めぐみ[‡]，寺澤 孝文[†]
Tomoe Masuoka, Megumi Nishiyama, Takafumi Terasawa
[†]岡山大学，[‡]人間環境大学
Okayama University, University of Human Environments
t-masuoka@okayama-u.ac.jp

概要
本研究は偶発学習における刺激の繰り返し呈示の効果が再認判断に及ぼす影響について，及び再認判断を要求された刺激と類似性の高い刺激の記憶痕跡の増加が再認判断時の Yes 反応を抑制させる可能性を検討した。実験は偶発学習課題と間接再認課題で構成された。結果，偶発学習の効果及び Yes 反応の抑制効果は確認されなかった。類似した経験の増加が再認判断時の弁別を困難にする可能性が示唆された。

キーワード : 視覚的長期記憶 (visual long-term memory), 潜在記憶 (implicit memory), 偶発学習 (incidental learning), 再認 (recognition)

1. はじめに

近年，視覚的長期記憶に関して再認課題を用いた複数の研究によって，個々のオブジェクトやシーンの具体的で詳細な情報が保持されることが報告されている（e.g., Brady, Konkle, Alvarez, & Oliva, 2008）。また，偶発学習事態において同一の視覚刺激を繰り返し呈示することで，1 回のみの呈示と比べ，その後の再認成績が向上することが報告されている（e.g., 西山・寺澤, 2013）。これらの研究は，記銘意図の生じない状況であっても，刺激とのわずかな接触のみでその情報が詳細な視覚的長期記憶として保持されること，また事前の経験量が増えることで，視覚的長期記憶に基づく記憶課題の遂行が促進されることを示している。偶発学習時のわずかな呈示回数の違いが詳細な情報として視覚的長期記憶に保持されるならば，視覚的長期記憶に基づく視覚的認知処理の仕組みを考える上で，刺激に対する経験量を考慮する必要が示唆される。一方，刺激として抽象的な視覚刺激を用いた研究では偶発学習時の繰り返し呈示の効果は明確ではないことが報告されている（e.g., Musen & Treisman, 1990）ほか，事前の偶発学習時に類似性の高い刺激と接触する量が増えることが，その後の再認判断に影響を及ぼす可能性が示唆されている（益岡・西山・寺澤，2018, 2019）。益岡他（2018a）は有意味性の低い図形を用いた一連の実験から，再認判断を要求された刺激と類似性の高い刺激の記憶痕跡が増えることが，当該刺激に対する Yes 反応を抑制させる働きを持つ可能性を示唆した。これを踏まえ，益岡他（2019）は，同一の刺激の繰り返し呈示がその後の再認判断を促進させるか検討するとともに，再認判断を要求された刺激と類似した記憶痕跡が増えることが，その刺激の Yes 反応を抑制させる可能性を検討した。その結果，事前の偶発学習課題における刺激の繰り返し呈示の効果は確認されなかったが，類似性の高い刺激の記憶痕跡に基づく再認課題時の Yes 反応の抑制の可能性が示唆された。しかしながら事前の偶発学習の効果が不確定であったため，抑制的効果が長期記憶における現象か否かは不明といえる。したがって本研究では，益岡他（2019）に類似した手続きを用いて，事前の偶発学習課題における同一の刺激の繰り返し呈示の効果及び，類似性の高い記憶痕跡が増えることが再認判断に及ぼす影響について再度検討することを目的とした。

実験には間接再認手続き（寺澤・太田，1993）が用いられた。事前の偶発学習課題において，1 回呈示条件と 2 回呈示条件が設けられた。偶発学習課題から約 3 週間後に，再度同様の偶発学習課題が実施されたのち，記憶課題として「呈示される刺激を直前の課題で見たか見ていないか」を判断する間接再認課題が実施された。間接再認課題で呈示された刺激はいずれも 3 週間前の偶発学習課題で呈示された刺激であり，これらの刺激に対する虚再認反応をもって，3 週間前の偶発学習の効果を測定した。また，益岡他（2019）と同様に，間接再認課題時の呈示位置に基づき，刺激を前半呈示条件と後半呈示条件に分け，それぞれの虚再認反応を比較した。複数の先行研究により，刺激とわずかに接触するだけで対象の情報が長期記憶として保持されることが示されているため，これに基づくと記憶課題遂行中にも呈示された刺激の学習が行われていると考えられる。したがって，前半呈示条件に比べて後半呈示条件では，再認判断に利用される情報量が増加していると考えられる。関連する情報量が増加するこ

とで再認判断が抑制されるならば，後半呈示条件の刺激についての再認判断の成績は前半呈示条件に比べ低下すると考えられる。

2. 方法

実験計画 実験は 2 つのセッションにより構成された。両セッションの間に 3 週間のインターバルが挿入された。第 1 セッション（以下，S1 とする）が偶発学習課題にあたり，S1 での学習の効果が第 2 セッション（以下，S2 とする）における間接再認課題で測定された。呈示回数（0 回 / 1 回 / 2 回）×呈示位置（前半 / 後半）の二要因被験者内計画であった。

参加者 正常な視力または矯正視力を有する大学生 36 名（男性 14 名，女性 22 名）。

刺激 Nishiyama & Kawaguchi（2014）によって作成された有意味性の低い 45 個のオブジェクトが用いられた（図 1）。45 個のオブジェクトのうち，30 個が事前の偶発学習で呈示される刺激として用いられ，これらはランダムに 10 個ずつ 3 セットに振り分けられた。これら 3 セットは偶発学習における 3 つの呈示回数の条件（D0, D1，D2）に割り当てられた。これらのセットは参加者間でカウンターバランスされた。さらに，各セットにおいて 5 個ずつの刺激が，S2 の間接再認課題における前半呈示と後半呈示の刺激に分けられ，前半呈示が a，後半呈示が b として区別された。したがって，前半呈示に該当する刺激が D0a，D1a，D2a，後半呈示に該当する刺激が D0b，D1b，D2b と定義された。また，残りの 15 個の刺激は S2 で実施された偶発学習課題において使用された。さらに，フィラー項目として 6 個の刺激が用意され，これらは各課題の最初と最後に 3 個ずつ挿入された。フィラー項目に対する反応は分析から除外された。

図 1 刺激の例

手続き 実験は全て実験室で個別に実施された。S1 では D1, D2 の各条件にあたる刺激が 1 つずつ呈示され，参加者は刺激の尖った角の数をかぞえ，その数に該当するキーを 8 秒以内に押すことが要求された（偶発学習）。D1 条件の刺激は 1 つにつき 1 回のみ呈示され，D2 条件の刺激は 1 つにつき 2 回呈示された。D2 条件について同一の刺激が連続して呈示されないよう調整された以外は，呈示順序はランダムであった。

S1 から約 3 週間後に S2 が実施された。S2 では，まず S1 と偶発学習が参加者に要求され，S2 で呈示されなかった 15 個の刺激がランダムに 1 つずつ，1 つの刺激につき 1 回のみ呈示された。その直後に間接再認課題が実施され，参加者は呈示された刺激について，直前の学習課題で「見た・見ていない」の 2 択による再認判断を要求された。ここでは D0，D1，D2 の各条件にあたる刺激が，それぞれにつき 5 個ずつ前半呈示と後半呈示に分けられ，1 つの刺激につき 1 回のみ呈示された。呈示順序は前半呈示と後半呈示が区別された以外はランダムであった。

3. 結果と考察

S2 の間接再認課題における呈示条件ごとの「見た」という反応の割合を虚再認率として算出した（図 2）。

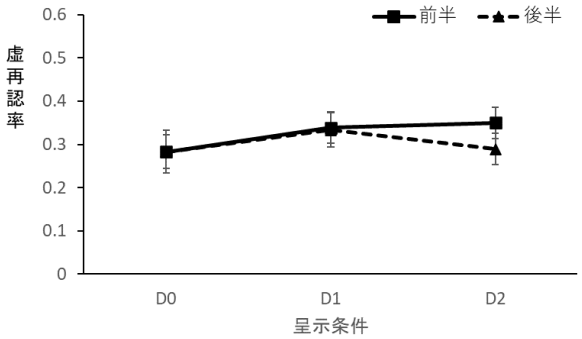


図 2 呈示条件ごとの虚再認率。
エラーバーは標準誤差を示す。

虚再認率について，S1 における呈示回数（0 回 / 1 回 / 2 回），及び S2 の間接再認課題における呈示位置（前半 / 後半）を参加者内要因とする 2 要因分散分析を行った。その結果，呈示回数の主効果は確認されなかった（$F(2, 70) = 1.02, p = 0.37$）。また，呈示位置の主効果及び交互作用も確認されなかった（順に，$F(1, 35) = 0.92, p = 0.34$; $F(2, 70) = 0.43, p = 0.65$）。

結果，本研究では事前の偶発学習の効果が確認されず，また前半呈示条件と後半呈示条件の間にも虚再認反応の差が確認されなかった。複数の視覚的長期記憶に関する先行研究において，刺激とのわずかな接触でその情報が詳細な視覚的長期記憶として保持されることが確認されていることから，本研究においても偶発学習時に呈示された刺激の情報は保持されていた可能性が考えられるが，反応に違いがみられなかった原因として以下のことが考えられる。本研究の結果及び一連の研究の結果から，事前の偶発学習における呈示回

数の条件として，学習無し・有りという 2 条件のもとでは，偶発学習の効果が長期インターバル後に検出されるが（益岡他，2017; Masuoka, Nishiyama, & Terasawa, 2018），複数の呈示回数条件が設定された場合には，偶発学習の効果が長期インターバル後に観測されないことが示されている（益岡他, 2018, 2019）。このことから，学習無し・有りという 2 条件での実験に比べ，複数の経験量の情報が獲得されている状況では，その情報が各刺激の弁別を妨げた可能性が示唆される。これについて今後，呈示回数として 2 条件のみ設定される状況と，複数の条件が設定される状況とを比較して検討するとともに，経験量の違いが具体的にどのような働きを持つかについて明らかにする必要がある。

引用文献

[1] Brady, T. F., Konkle, T., Alvarez, G. A., & Oliva, A. (2008). Visual long-term memory has a massive storage capacity for objects details. PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105(38), 14325-14329.

[2] 益岡 都萌・西山 めぐみ・寺澤 孝文 (2017). 無意味図形の長期記憶現象 日本心理学会第 81 回大会

[3] 益岡 都萌・西山 めぐみ・寺澤 孝文 (2018). 先行経験の量が再認成績に及ぼす影響 日本心理学会第 82 回大会

[4] Masuoka, T., Nishiyama, M, & Terasawa, T. (2008). Detailed visual long-term memory of meaningless objects could be retained for three weeks. Psychonomic Society 59th Annual meeting, New Orleans.

[5] 益岡 都萌・西山 めぐみ・寺澤 孝文 (2019). 先行経験の増加に伴う再認判断の抑制現象の検討 岡山心理学会第 67 回大会

[6] Musen, G., & Treisman, A. (1990). Implicit and explicit memory for visual patterns. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *16*, 127-137.

[7] Nishiyama, M., & Kawaguchi, J. (2014). Visual long-term memory and change blindness: Different effects of pre- and post-change information on one-shot change detection using meaningless geometric objects. *Consciousness and Cognition*, *30*, 105-117.

[8] 西山 めぐみ・寺澤 孝文 (2013). 未知顔の潜在記憶―間接再認手続きによる長期持続性の検討― 心理学研究, *83*, 526-535.

[9] 寺澤 孝文・太田 信夫 (1993). 単語の再認記憶に及ぼす先行経験の長期的効果 心理学研究, *64*, 343-350.

怒りを紙に記入して捨てると、怒りは抑制されるか？
Is anger inhibited by trashing a paper expressed a personal indignation?

金谷 悠太[†]，川合 伸幸[‡]
Yuta Kanaya, Nobuyuki Kawai
[†‡]名古屋大学，[‡]中部大学　創発学術院
[†]Nagoya University, Chubu University [†‡]Academy of Emerging Sciences
[†]kanaya@cog.human.nagoya-u.ac.jp, [‡]kawai@is.nagoya-u.ac.jp

概要
怒り感情を、あたかも物理的な対象のように捨てることはできるのだろうか？本研究では、侮辱によって参加者に怒りを喚起させ、参加者はその気持ちを思い出しながら紙に記入した。その後、その紙を保持、またはごみ箱に廃棄させた。紙を廃棄した条件は怒りがやや抑制され、保持した条件は抑制されなかった。これは紙に怒りを記入すると紙に感情が投射され、紙を捨てたことが、怒りそのものを捨てたかのように処理されたことが原因だと考えられた。

キーワード:怒り (anger)，怒りの抑制 (anger regulation)，思考の分離 (thought separation)，投射 (projection)

1. はじめに

怒りが家族関係や職場の人間関係など、様々な他者との関わりに多くの有害な影響を及ぼしたり[1][2]、循環器系疾患などの身体的疾病の可能性を増加させたりする[3]ことは古くから問題視されており、これまで怒りを抑制する手法が数多く研究されてきた。

たとえばパンチバックを殴る手法で怒りを抑制しようとした研究がある[4]。この手法はフロイトの提唱した古典的なカタルシス理論に基づくもので、怒りを感じた出来事を思い出しながら攻撃的な行動をとることで、怒りを発散し、抑制しようとするものである。しかし、パンチバックを殴ることは、むしろ怒りを強めることが示された。パンチバッグを殴っている間、参加者は怒りを感じた人を思い出しているため、怒りを感じた状況を再体験（反すう）してしまう。そのためかえって怒りが持続してしまったと説明されていた。

他にも、怒りを感じた出来事を思い出し、紙に怒りを記入して発散する手法も検討された[5]。しかしこちらの手法でも、怒りは抑制されず維持された。すなわち、単に怒りを思い出して紙に記入しても、怒りを反すうすることになってしまい、怒りは抑制されない。それでは、怒りが記入された紙を捨てればどうだろうか？

怒りの研究ではないが、人や物に対する態度の研究では、参加者はダイエットに対してのネガティブな評価を紙に記入し、その後ネガティブな評価が記入された紙をごみ箱に捨てるということを行った。すると紙を保持した群と比べ、紙を捨てた群は、ダイエットに対する評価がよりポジティブとなった[6]。この結果は、紙に記入された思考は、比喩的に物理的対象として理解および処理されるため、その紙を捨てることで、紙に記入されたネガティブな評価も捨てられ、よりポジティブな評価となったと説明されていた。物理的な紙とごみ箱ではなく、PC 上のメモ帳にネガティブな評価を記入し、PC 画面のごみ箱に捨てた実験でも、ごみ箱に捨てない群と比べ、捨てた群は評価がポジティブとなった。

しかしこの研究は、物事への態度に着目した研究であり、感情を喚起し、それを紙に記入し、ごみ箱に捨てて感情価の変動を見た研究はこれまでなかった。もしこの手法で、態度だけでなく怒り感情も抑制することができるのならば、怒りを抑制する新しい手法として使用できる可能性がある。

そのため本研究では、実験参加者を侮辱することで怒らせ、参加者が気持ちを紙に記入し、紙を保持しておく条件（保持条件）と、気持ちを紙に記入し、紙をごみ箱に捨てる条件（廃棄条件）を設け、怒り感情がどのように変化するか検討した。もし、怒りが記入された紙を捨てることで怒りが抑制できるのであれば、廃棄条件では、侮辱された直後の怒りよりも紙を廃棄した後の怒りが弱くなること、保持条件では侮辱された直後の怒りと紙を保持した後の怒りに違いがないことが予測された。

2. 方法

実験デザイン　独立変数は、気持ちを記入した紙の取り扱い（廃棄・保持）と時期（ベースライン・侮辱後・廃棄/保持後であった。従属変数は、主観指標と自律神

経反応であった。

主観指標　主観指標は、怒り項目と Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) 項目[7]、フィラー項目から構成されていた。怒り項目は「怒った」「敵対心のある」「むかむかした」「煩わしい」「いらだった」の５項目であり、6 件法で主観的な評価を測定するものであった（1=まったくあてはまらない、6＝非常によくあてはまる)。怒り項目の内的整合性を検討するためにクロンバックの α 係数を算出したところ、$\alpha = .80$ であった。そのため、怒り５項目の平均得点を怒り項目得点として分析に用いた。フィラー項目は、「明るい」「おおらかな」「陽気な」の 3 項目であり、怒りを測定する意図を隠すために用意された。PANAS はポジティブ感情項目 10 項目とネガティブ感情項目 10 項目を 6 件法で測定する質問紙であった。怒りはネガティブ感情と接近動機づけから構成される感情であるため[8]、これを採用した。分析では、PANAS のポジティブ感情項目・ネガティブ感情項目それぞれ、平均得点を算出して用いられた。

自律神経反応測定　自律神経反応は、マルチセンサー生理測定システム NeXus-10 Mark Ⅱ （Mind Media 社) を使用して測定された。本研究で計測した自律神経系反応は皮膚コンダクタンス水準 (SCL)，心拍数 (HR)、指尖容積脈波（BVP）であった。SCL の上昇、HR の上昇、BVP の減少は怒りによる自律神経反応の指標となるものである[9]。HR/BVP 用電極は人差し指に、SCL 用電極は薬指と中指の第二関節に、それぞれ非利き手に装着した。データの測定・ 解析にはリアルタイム解析システム BioTrace+ が使用された（サンプリングレート：128 Hz ）。

実験参加者　名古屋大学の大学生と大学院生 8 名（男性 6 名、女性 2 名、平均年齢 21.6 歳）を実験参加者とした。本実験で、実験参加者は怒りを喚起させる目的から侮辱された。しかし全員、怒りを喚起させるという目的で侮辱されたことに気づいていなかった。

手続き　本実験ではベースライン、侮辱後、廃棄/保持後の 3 時点での主観指標と自律神経反応を測定した（図 1)。実験参加者は、実験室入室前に社会的な問題（公共の場所における喫煙の合法性、研究における動物の使用の是非について、飲酒可能な年齢を引き下げるべきか）に対する意見を書き、その意見を見た評価者からのフィードバックを見た時の身体反応を測るというカバーストーリーを伝えられた。そのため、はじめに参加者はサクラの評価者を対面で紹介されたのち、

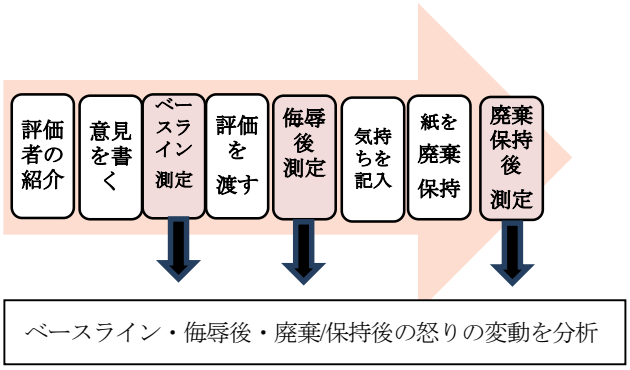
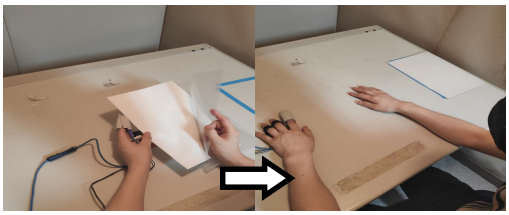


図 1. 本実験の流れ

実験室に向かった。実験室入室後、参加者は社会問題について自分の意見を 7 分かけて書くことを求められた。その後、参加者の手にセンサーが取り付けられ、ベースラインの 2 分間の自律神経反応を測定した。その次に、参加者は主観指標のアンケートに回答した。ベースライン測定後、「別室にいる評価者が参加者の書いた意見を読んで作成した」という設定の、予め用意されていた評価シートが渡された。評価シートには、9 件法での評価（たとえば、賢さの項目では、1＝全く賢くない、9＝とても賢い）と、自由記述のコメントが手書きで書かれていた。すべての参加者は、いずれの項目も一貫して低い 9 件法の評価（賢さ = 3 、興味深さ = 3 、親しみやすさ = 2 、論理性 = 3 、社会的望ましさ = 4 、合理性 = 3 ）と、「大学生が書いた文章とは思えません。この人には頑張って大学で勉強してほしいです」という、参加者を侮辱するようなコメントを受け取った。参加者はその評価を 2 分間かけて読むことが求められた。その間、侮辱後の自律神経反応が測定された。測定後、参加者は侮辱後のアンケートに回答した。侮辱後の測定が終了すると、参加者は侮辱の評価を受け取ったときに沸き起こった気持ちを思い出し、3 分間かけて紙に気持ちを記入した。参加者が正直な気持ちを記入できるように、記入した内容は実験者を含むすべての人は見ないものであることが伝えられた。記入後、実験参加者は記入された内容を 30 秒間よく見直した。見直した後、保持群では紙を裏返し、クリアファイルに綴じて、机の右端に置いた（図 2)。廃棄群では、紙をぐしゃぐしゃに丸め、立ち上がり、実験者の持つごみ箱へ紙を投げ捨てて、椅子に座りなおした。最後に、廃棄/保持後の自律神経反応が測定され、その後主観指標のアンケートに答えた。

保持



廃棄

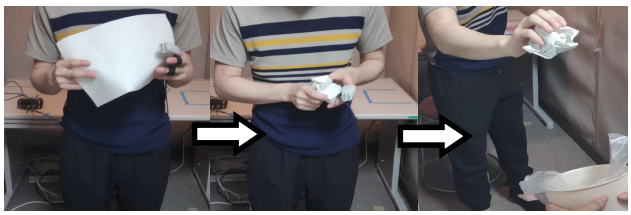


図 2. 廃棄と保持の様子

3. 結果

主観指標　怒り項目得点、ネガティブ感情、ポジティブ感情それぞれ、2 要因混合計画の分散分析を行った。その結果、時期の主効果が、怒り（$F(2,12)=14.41, p<.01$），ネガティブ感情（$F(2,12)=4.96, p<.05$）で有意であった。上述の分散分析における時期の主効果は、6 つの時期条件の間のどこかに差があることを示しているが、現段階では実験参加者が 8 名と少ないため、交互作用はどの指標においても有意ではなかった。

そこで事前に立てた仮説（仮説① 廃棄群の怒りは、侮辱後より、紙を廃棄した後のほうが弱くなる。仮説② 保持群の怒りは、侮辱後と紙を保持した後に違いがない）をもとに、直交比較を用いて分析を行った。（表 1 ）すると侮辱された直後の怒りより、紙を廃棄した後の怒り（$t(12)=2.04, p=.063$）が有意傾向で弱かった。しかし侮辱された直後の怒りと紙を保持した後の怒りに有意差は無かった（$t(12)=0.86, p=.408$）。

またネガティブ感情は接近動機づけとともに怒りを構成する要素であるため[8]、ネガティブ感情についても、仮説（仮説①’ 廃棄群のネガティブ感情は、侮辱後より、紙を廃棄した後のほうが弱くなる。仮説②’ 保持群のネガティブ感情は、侮辱後と紙を保持した後に違いがない）をもとに直交比較を用いて分析した。すると、侮辱された直後のネガティブ感情より、紙を廃棄した後のネガティブ感情（$t(12)=1.95, p=.076$）が有意傾向で弱かった。しかし侮辱された直後のネガティブ感情と紙を保持した後のネガティブ感情に有意差は無かった（$t(12)=0.60, p=.561$）。

自律神経反応　各指標に対して、2 要因混合計画の分散分析を行った。皮膚コンダクタンス水準（SCL）のみ、時期の主効果が有意（$F(2,12)=5.50, p<.05$）となった。このことは、怒りの不快感を生理反応で検出できたことを示している[8]。しかしその他に有意な差はなかった。

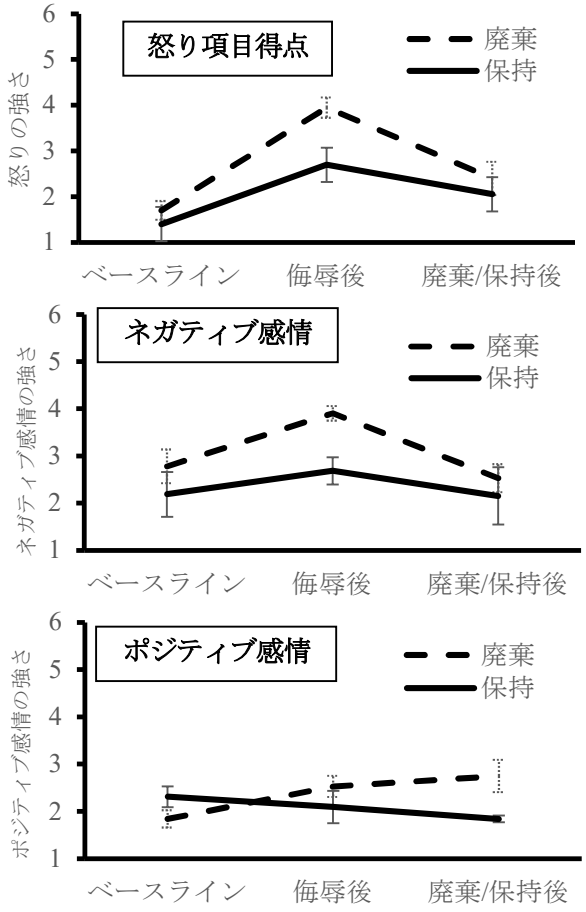


図３．各群における時期ごとの評定平均値
（エラーバーは標準誤差）

表1.
直交比較のための係数

	廃棄群/侮辱後	廃棄群/廃棄後	保持群/侮辱後	保持群/保持後
仮説①のための比較	1	-1	0	0
仮説②のための比較	0	0	1	-1
廃棄群と保持群の比較	-1	-1	1	1

4. 考察

本実験では、直交比較を用いた分析結果から、侮辱された直後の怒りより、紙を廃棄した後の怒りが弱くなる傾向が認められた。参加者が、侮辱する評価を見たときのことを思い出しながら紙に気持ちを記入すると、紙に参加者の怒りが投射され、紙が怒りそのもののように処理された。そのため紙（＝怒り）を捨てることが怒りを捨てる処理に繋がり、結果怒りが抑制されたのではないかと考えられる。またネガティブ感情も紙を廃棄することで弱くなる傾向が見られた。ネガティブ感情は怒りを構成する要素であるため、怒りと同様に抑制されたと考えられる。

しかし本研究の、侮辱された直後の怒り項目得点とネガティブ感情が、相対的に廃棄群で強く、保持群で弱かった。そのため今回廃棄群で得られた怒り項目得点とネガティブ感情の抑制結果は、侮辱後の怒りの強さが群間で異なったことに影響を受けた可能性がある。本研究の手続きは、紙を廃棄または保持するまで全く同じであるため、この差は実験参加者が 8 名と少ないことが原因であるだろうと考えられる。自律神経反応のデータも分散が大きいためであるため、引き続き実験を実施し、結果を精査していく必要がある。

また本実験の保持条件と廃棄条件は、身体動作に大きな違いがあった。椅子に座ったまま紙をファイルに綴じる保持条件に対し、廃棄条件は椅子から立ち上がってからごみ箱に紙を捨てた。そのため身体動作の違いが怒り抑制結果に何らかの影響を与えた可能性がある。また、保持条件の参加者は机の上に紙を裏返して置いていたため、視界に紙が入っている状態であったのに対し、廃棄条件の参加者は視界に紙が入っていなかった。そのため視覚刺激が一致していなかった。今後の実験では、たとえば紙を箱に入れる際、箱について「ごみ箱」と教示する条件と、「保管箱」のように教示する条件を設けることによって身体運動と視覚刺激を統制し、検討することが必要であると考えられる。

本実験は、紙に気持ちを記入するという方法をとった。しかし実際の生活の中では、外出中などなかなか紙に記入することが難しい状況が多い。そのため、スマートフォンのメモ帳を使って気持ちを記入して、そのメモ帳を廃棄することや、スマートフォンのレコーダーに声で気持ちを吹き込んでそれを廃棄することでも怒りを抑制できるのであれば、より手軽に怒りを抑制できるようになるかもしれない。

また、本実験では怒り感情を抑制することを検討したが、この手法は怒り感情だけでなく、他の種類の感情も抑制できる可能性がある。また、本研究は紙を廃棄する方法をとったが、気持ちを記入した紙を財布に保管する方法は、反対に感情を増幅させることができるかもしれない。物事への評価を紙に記入した研究[6]は、ポジティブな評価を記入し、財布に保管する方法も検討した。ポジティブな評価でも、紙に記入し捨てた条件は、紙に記入し机に置いた統制条件よりもネガティブな評価となった。反対に、ポジティブな評価を紙に記入し、財布に入れて保管した条件は、紙に記入し机に置いた統制条件よりもポジティブな評価となった。そのため、ポジティブな感情も、紙に記入し財布に保管することで、増幅させることができるかもしれない。

文献

[1] Baron, K. G., Smith, T. W., Butner, J., Nealey-Moore, J., Hawkins, M. W., & Uchino, B. N. (2007). Hostility, anger, and marital adjustment: Concurrent and prospective associations with psychosocial vulnerability. *Behavioral Medicine*, *30*, 1–10.

[2] Hershcovis, M. S., Turner, N., Barling, J., Arnold, K. A., Dupré, K. E., Inness, M., LeBlanc, M. M., & Sivanathan, N. (2007). Predicting workplace aggression: A meta-analysis. *Applied Psychology*, *92*, 228–238.

[3] Buckley, T., Hoo, S. Y., Fethney, J., Shaw, E., Hanson, P. S., & Tofler, G. H. (2015). Triggering of acute coronary occlusion by episodes of anger. *European heart journal, 4*, 493–498.

[4] Bushman, B. J. (2002). Does venting anger feed or extinguish the flame? Catharsis, rumination, distraction, anger and aggressive responding. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *28*, 724–731.

[5] Denson, T. F., Moulds, M. L., & Grisham, J. R. (2012). The effects of analytical rumination, reappraisal, and distraction on anger experience. *Behavior Therapy, 43*, 355–364.

[6] Briñol, P., Gascó, M., Petty, R. E., & Horcajo, J. (2013). Treating thoughts as material objects can increase or decrease their impact on evaluation. *Psychological science*, *24*, 41–47.

[7] Sato, A., & Yasuda, A. (2001). Development of the Japanese version of Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) scales. *The Japanese Journal of Personality*, *9*, 138-139.

[8] Kubo K, Okanoya K, & Kawai N. (2012). Apology Isn't Good Enough: An Apology Suppresses an Approach Motivation but Not the Physiological and Psychological Anger. *PLOS ONE 7*: e33006.

[9] 久保 賢太・賀 洪深・川合 伸幸 (2014). 怒り状態の心理・生理反応, 心理学評論, *57*, 27-44,

生きている石庭
-物語を想像させるマルチエージェント系の構築-
Multi-agents environment inspiring narrative imagination

高橋 英之†，伴 碧†，石黒 浩†
Hideyuki Takahashi, Midori Ban, Hiroshi Ishiguro
†大阪大学
Osaka University
takahashi@irl.sys.es.osaka-u.ac.jp

概要
マルチエージェントの振る舞いに，観察者がどのような物語を感じるのか，クラウドソーシングにより調査を行った．独立変数として，エージェントの属する社会的ネットワークのサイズを操作した．

キーワード：マルチエージェント，物語

1. はじめに

京都の龍安寺では，１５個の岩が石庭に巧妙に配置され，それを眺めた人々は，そこに様々な意味を見出すとされる．このような石庭が造られた根っこにある価値観として，「わびさび」の思想がある．「わびさび」とは，ものごとの“不完全さ”に美を見出す価値観である．このような物事の“不完全”さを，それの観察者が想像力で能動的に補うことにより，その観察者と物事の間に一回性の価値を生み出すことが可能になる．このような，間を想像力で埋める能力は，人間のコミュニケーションにおいても重要な役割を担っていることが知られている [1][2][3]．一方で，非常に限定された情報提示のみから，継続して「わびさび」の美しさを感じ取ることは決して容易ではない．

本研究は，人間が容易に「わびさび」の価値を感じられる，より物語性があるコンテンツを，マルチエージェント系を用いて生み出すことを目的とする．マルチエージェント系において，ある種の法則に従って動く構成要素が複数組み合わさることで，複雑な全体ダイナミクスが生まれることがある．本研究では，このようなエージェント系のダイナミクスを観ている人間が，その動きからどのような物語を想像するのかを検討した．

2. 研究の仮説

具体的には，複数のエージェントが壁で囲われた物理空間を自由に移動するシミュレーションを題材とした（図１）．このシミュレーションにおいて，全エージェントに固有の場所に対する選好，そして他のエージェントすべてに対する選好のパラメータをそれぞれ乱数に基づき初期値として設定し，エージェントごとに選好パラメータの累積に基づくポテンシャル場を物理空間内で計算した．そして各エージェントは，このポテンシャル場に従って物理空間内をステップ単位で移動した（正のポテンシャル値：近づく　負のポテンシャル値：遠ざかる）．他のエージェントに対する選好パラメータは，ステップ単位でランダムウォークにより変動させ，低確率（0.1%）でその符号を反転させた．これはエージェント間の社会的関係が時間経過に従って動的に変化することを表現している．

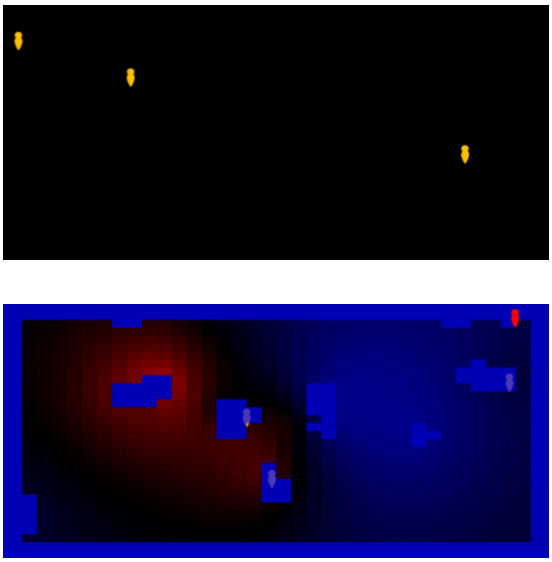


図１．研究に用いたシミュレーション場面（上）とポテンシャル場（下）

本研究では，上記の記述に従って動くマルチエージェント系の動きに，人間がどのような物語を想像するのかを検討した．特に今回の調査では，エージェントの社会的ネットワークの規模が，どのようにそれを観

察している人間の想像に影響を与えるのかに注目した．すなわち同じ個数のエージェントの動きであっても，それらのエージェントだけで振る舞いを決めている場合と，その振る舞いの背後に大きな社会的ネットワークが存在する場合で，観察者の印象が大きく異なるのではないかと仮説を立てた（図２）．

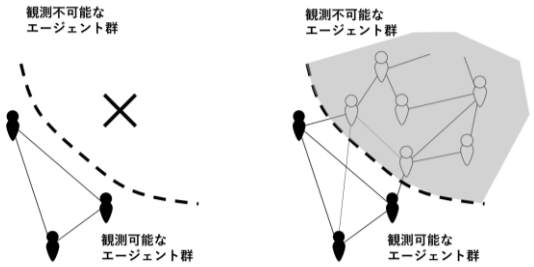


図２．三体の観測可能なエージェント群とそれ以外の非観測なエージェント群

3. 調査の概要

本研究では，サーベイモンキーとヤフークラウドソーシングを併用したオンライン調査によってエージェント群の動きの動画に対する印象を匿名の参加者に訊ねる形で研究を行った．動画上では，三体の観測可能なエージェント（画面上に表示されている）とそれ以外の観測不可能なエージェント n 体が存在している．観測の可否を問わず，すべてのエージェントは互いに影響を与えあって動いている．独立変数として，4 種類の n の値（0, 1, 3, 17），従属変数として，動画に感じる生命性，物語性（それぞれ 7 件法で評価），そして動画から感じる単語を一覧（e.g. 「愛」や「勇気」，「戦争」や「正義」）から個数無指定で選択してもらった．

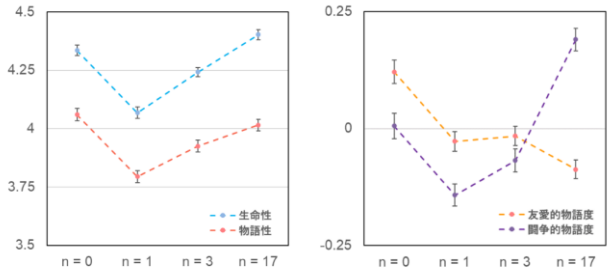


図 3．非観測エージェントの数に応じた被験者の印象の変化

本調査では，多様な年代の日本人 421 人からデータを取得した．調査では，n の値それぞれ毎に 3 種類の三体のエージェントが 20 秒の動いている動画を無作為に用意し（計 12 種類），それらの動画を被験者間でランダムの系列で提示をした．結果として，まず動画に感じる生命性や物語性は，n が 0 のとき，もしくは 17 のときに大きくなることが分かった．これは社会的ネットワークの影響が全くないエージェントの振る舞い，もしくは反対に大きな影響があるエージェントの振る舞いに，生命性や物語性を感じやすいことを示唆している．すなわち中途半端なサイズの社会的ネットワークの大きさは，観察者が想像する物語性を削ぐ可能性があることが分かった（図３左）．次に「動画から感じる単語」の解析にあたっては，参加者が選択した単語を 1，しなかった単語を 0 と量的尺度に変換し，主成分分析を行った．その結果，「愛」や「友情」，「勇気」などの単語と相関する物語の印象（友愛的物語度）と「戦争」や「正義」と相関する物語の印象（闘争的物語度）の二つの物語の印象に関連する因子構造が見出された．そしてそれぞれの度合いが各条件でどのように変化するのかを調べたところ，n=0 のときは友愛的な物語を，n=17 のときは闘争的物語が想像されやすいことが示された．以上，本研究の結果は，マルチエージェント系の振る舞いに対して我々が感じる物語性は，エージェントの社会的ネットワークの大きさによって，その強さや内容が変化することが示唆された（図３右）．

文献

[1] 高橋英之, & 岡田浩之. (2010). コミュニケーションにおける曖昧さとその機能. 知能と情報, 22(4), 450-463.

[2] 高橋英之, & 伴碧. (2015). 想像力を引き出すあいまいなインターフェース. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2015(9), 1-4.

[3] 高橋英之, 伊豆原潤星, 改田明子, 山口直孝, 境くりま, 小山虎, ... & 石黒浩. (2019). 文豪アンドロイドに感じるリアリティと事前知識・信念の関係性の検討. 知能と情報, 31(5), 852-858.

ARDJ で使用した文に対する反応時間の取得とその多変量解析
ARDJ is coupled with RT data: Preliminary MVA

黒田 航[1], 阿部 慶賀[2], 粟津 俊二[3], 寺井 あすか[4], 土屋 智行[5]
Kow Kuroda, Keiga Abe, Shunji Awazu, Asuka Terai, Tomoyuki Tsuchiya

[1]杏林大学, [2]岐阜聖徳学園大学, [3]実践女子大学, [4]公立はこだて未来大学, [5]九州大学
Kyorin Univ., Gifu Shotoku Univ., Jissen Woman's Univ., Future Univ. of Hakodate, Kyushu Univ.
kow.k@ks.kyorin-u.ac.jp, abekeiga@gifu.shotoku.ac.jp, awazu-shunji@jissen.ac.jp, aterai@fun.ac.jp, tsuchiya@flc.kyushu-u.ac.jp

概要

日本語容認度評定データ (ARDJ) 構築の第一期と第二期の調査で刺激文に使われた 466 文の読み時間データを追加収集し，評定値データと対応づけた．そのデータの多変量解析と回帰分析の結果から，容認性判断とそれに要する時間は，刺激文を分割された部分への反応時間からは予測できない事が示唆された．ただし元になった反応時間データに代表性が保証されていないため，結果の一般性には自ずから限界がある．

1 はじめに

日本語容認度評定データ (Acceptability Rating Data for Japanese: ARDJ) [11] は，大規模かつ確証バイアスの少ない日本語の文の容認度評定値のデータベースである．これは**証拠に基づく言語学** (Evidence-based Linguistics: EBL) [10] の実現を可能にする基礎データとして企画され，これまでに第一期 [3]，第二期 [4, 5] の調査を実施し，成果を公開した[1)]．構築は現在も継続している．

ARDJ の大規模性には二つの意味がある．第一に，評定された刺激文の数が多い (第 1 期と第 2 期を合わせて異なり数 466)，第二に，評定者の数が多い事 (第二期では一文について 70 名以上の評定者から評定を得ている)．ARDJ の脱確証バイアス性には二つの意味がある．第一に，刺激文の構築が特定の言語理論を確証，ないしは反証するために行なわれたものではない．理論的には刺激文の集合は，可能性空間の部分空間のランダムサンプリングの結果として得られている．詳細は §2.2 を参照．第二に，評定者を状況が許す限り無作為化している．評定者は，性別，年齢，居住地の属性値の選択でなるべく片寄りが生じないように選ばれている．

更に ARDJ は部分的に社会調査として実施されている．それは調査の際に，単に日本語の文の容認度を評定して貰っているだけでなく，評定者の社会的属性 (年齢，性別，異国語学習歴，異国での生活歴，暮らした地域，教育歴，読書量，文系理系の程度など) を一緒に収集している．これにより，容認度に影響を与える要因の層別解析が可能になる．結果は [12] で簡単に報告した．

ARDJ は無償で利用可能なデータである．申し出があれば誰でも利用できる．これは得られた結果の再現可能性と反証可能性を高める．

1.1 本研究の意義

読み時間データは，特定の統語理論の検証 (通常は確証) を目的として実施される心理言語学実験で良く利用される．ARDJ は 466 種類の文に対する容認度評定値データを公開している．これらの刺激文に評定値の他に読み時間データを対応させる事は，データの利用可能性の向上させると期待できる．

本報告には得られた結果の多変量解析を含めるが，検討範囲と精度が十分とは言えない．特に統制されていない実験条件の異なりが結果にバイアスを生じさせている可能性は大きい．だが，この難点は研究の目的から見て本質的ではない．本研究は検証型の研究ではなく探索型の研究であり，これまでに認知心理学や認知科学で探索されなかった可能性空間を探索するのが目的だからである．本研究には結論と言えるものが伴っていないが，それは特定の仮説を確証していないからである．

2 RT データ収集

2.1 課題

調査の目的は RT の取得であるが，それを self-paced reading のパラダイムで実装した．実験参加者は，刺激文が事前に指定されている区切り (表 1 の S (segmented) で "/" で示されている単位) ごとに段階的に提示される．適

[1)] ARDJ データ公開用サイト https://kow-k.github.io/Acceptability-Rating-Data-of-Japanese/

表 1: RT 実験で使った刺激文 (gr0) の見本 [S (segmented) の部分を使用]

S.ID	RT.S.ID	V.ID	Pattern	Type	S (segmented)	#seg
s1-016	474	44	p3	o	高校生が/デートの場で/しらじらしさを/恋人に/感じた。	5
s1-062	270	338	p1	s	ころっと/相手に/大事な試合で/有望選手が/負けた。	5
s1-114	240	131	p3	o	刑事が/捜査で/手がかりを/手当たり次第に/探した。	5
s1-117	66	326	p1	n	客が/そのスーパーで/店員に/文句を/言うと/黙った。	6
s1-122	354	1197	p1	p	私が/遊園地で/インフルエンザに/家族に/感染した。	5
s1-144	114	326	p4	s	不安から/妊娠を/次女が/実家で/黙った。	5
s1-186	342	22	p3	v	船が/遠回りで/海路を/安全に/来た。	5

当なキー (例えばスペースバー) を押すと，次の区切りが提示される．このように実験参加者は自分のペースで読み進め，全体の提示終了後に，文を (1) のいずれかに判定するように求められた:[2)]

(1) 1: 違和感がなく自然に理解できる文
2: 不自然で理解不能な文

この課題の結果，(rt1, rt2, …, rt5, RT, response) という数値が得られる．rt$i$ は i 番目の区画と $i+1$ 番目の区画の反応時間の差であり，次の区画に移動するまでの所要時間を意味する．RT は最後の区画を見た後に (1) の容認度判断を下すまでの時間で，response の値 (1 か 2) が判断の結果である[3)]．

2.2 刺激

ARDJ はこれまでに調査 1 (survey 1) と調査 2 (survey 2) を実施し，2 回の調査で延べ 466 種類の刺激文の評定値を得ている．その内訳は次の通り: 調査 1 では 200 種類の文を刺激に使った．調査 2 では 300 種類の文を刺激に使ったが，調査 1 から 12 種類を再利用した．そのため二つの調査で使った刺激文は 466 (=188 + 280 − 2) 種類[4)]．

表 1 に RT 取得に使われた刺激の見本を示す．刺激文の分節数は 5 か 6 である．大半を 5 の場合が占めるが少数ながら 6 個の刺激がある[5)]．表 1 の変数の簡単な説明は次の通り:[6)]

(2) a. S.ID は刺激文の ID (s1- は第 1 期のみで使われた刺激，s2- は第 2 期で使われた刺激を意味する).
b. RT.S.ID は S.ID とは別に今回の実験でデータの無作為化のために利用した ID.
c. V.ID は刺激文を作成する際に種文に使われた動詞の ID (NINJAL-LWP for BCCWJ[7)] の動詞の頻度順位に弱く対応).
d. Pattern は動詞の値に拠らずに事前に決めた 5 種類の文の雛型
e. Type は §2.3 で説明する刺激文の編集の型.
f. S (segmented) は刺激文 (分割箇所は “/” で補助的に示している).
g. #seg は分割数

2.3 刺激文の作成手順

刺激文は 65 種類の原文 (originals) に (「変異」と呼ぶ) 無作為な編集を適用して生成された．変異は i) 動詞の置換 (mutated verb)，ii) 名詞の置換 (mutated nominal)[8)]，iii) 格助詞の置換 (mutated positional)，iv) 句の入れ替え (phrase swapping) である (詳細は [3, 4] を参照)．変異の分布は表 2 の通り．評定者の属性が状況が許す限り無作為化されている事に加えて，変異が本質的に無作為である事が，確証バイアスの最小化に貢献する．

表 2: 変異の割合

code	type of mutation	count	ratio
o	original [no mutation]	65	0.139
v	mutated verb	90	0.193
n	mutated nominal	108	0.232
p	mutated postpositionl	95	0.204
s	swaped phrases	108	0.232
	sum	466	1.00

2.4 反応

合わせた 466 種類の刺激文をランダムに 6 つのグループ (gr0, gr1, …, gr5) に分割した (1 グループに含まれるのは約 80 文)．それらのグループをなるべく重複しないように被験者に割り当てた．

[2)] 調査 1, 調査 2 の容認度評定は [0: 違和感がなく自然に理解できる文; 1: 違和感を感じるが自然に理解できる文; 2: 違和感を感じ理解が困難な文; 3: 不自然で理解不能な文] の 4 件法だったが，カテゴリー判断を模するように，両端の二値を使った.

[3)] それぞれの実験で使われた数値は異なるが，ここでは {1,2} に統一した．また，回帰解析では 1 → 0，2 → 1 の数値変換を施し，逸脱の程度を [0,1] の値に正規化してある.

[4)] s2u データで得られる異なり数が 468 でなく 466 なのは，s1-010=s2-010=s2-281 と s1-127=s2-127=s2-282 が別の文として扱われているため.

[5)] これは意図した事ではなくて，どちらかと言えば刺激作成の際の不注意による.

[6)] 詳細は [3, 4] を参照されたい.

[7)] http://nlb.ninjal.ac.jp/search

[8)] nominal は形容動詞を含む.

反応の取得は，函館[9]，東京[10]，岐阜[11]の 3 ヶ所で大学生を対象に行った．函館では 10 名から (1 名当たり 90 文への反応で) 合計 900 反応を，東京では 15 名から (1 名当たり 80–83 文への反応で) 合計 1,223 反応を，岐阜では 10 名から (1 名当たり 76–79 文への反応で) 合計 778 名から反応を得た．こうして合計 2,901 反応を収集した．

実施条件の制約から被験者の属性の無作為化はできていない (そもそも，十分な数の反応を集められていない)．得られたデータの rt$i$, RT の分布を見ると，データ収集がすべての場所で同じ条件で実施されたと言いがたい[12]．これらの意味で，本調査で得た反応は代表性を持つとは言いがたく，予備実験的な位置づけを免れない．解析結果は示唆的であるとは言え，一般性に限界がある．

3 解析

3.1 前処理: はずれ値除去

はずれ値の除外では，SD 濾過と Mahalanobis 距離濾過の 2 つを検討した．結果として SD < 3 ではずれ値を除外する事にした．詳細は次の通り．

3.1.1 SD 濾過

表 3: SD を使った濾過の有効行数と含有率

#rows	inclusion rate	upper bound
1691	0.582902	sd < 1
2170	0.748018	sd < 1.5
2436	0.839710	sd < 2
2601	0.896587	sd < 2.5
2697	0.929679	sd < 3
2771	0.955188	sd < 3.5

SD ごとの事例数と含有率を参考値として表 3 に示す．

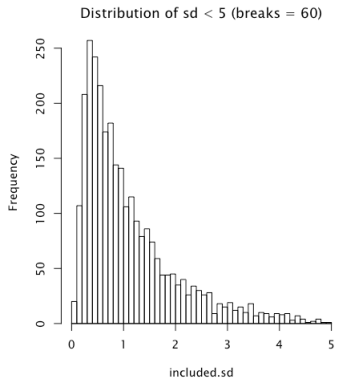


図 1: Histogram of SD's under 5

また，RT, rt1–rt5 の SD 値 (5 未満に限定) のヒストグラムは図 1 にある通り．

3.1.2 Mahalanobis 距離濾過

表 4: Mahalanobis 距離での濾過の有効行数と含有率

#rows	inclusion rate	upper bound
1266	0.436401	M.dist < 1
2403	0.828335	M.dist < 4
2599	0.895898	M.dist < 7
2689	0.926922	M.dist < 10
2749	0.947604	M.dist < 13

rt5 が NA 値を含むため，Mahalanobis 距離の算出では RT, rt1–rt4 のみを用いている．参考値を表 4 に示す．

3.1.3 効果の比較

数値の上では，SD < 3 と M-dist < 10 の外れ値除去の効果が相応するように見えるが，効果はかなり異なる．

図 2 に SD <3 の条件で濾過した反応を，図 3 に Mahalanobis 距離 < 10 の条件で濾過した反応を示す．図では，左端に函館で取得された反応が，右端に岐阜で取得された反応が，中央に東京で取得された反応が位置している．

明らかに 2 つの濾過法ははずれ値の認定法が違う．最大の違いは (Mahalanobis 距離の計算で除外された rt5 ではなく) RT への選別のかかり方である．Mahalanobis 距離では RT の極端な値が除外されていない．この事から判断して，結果的に SD < 3 の条件でのはずれ値除去を採用した[13]．これにより，2697 個 (全体の約 93%) の反応が有効と判断され，以下の解析の対象となった．

3.2 データ取得の反応バイアス

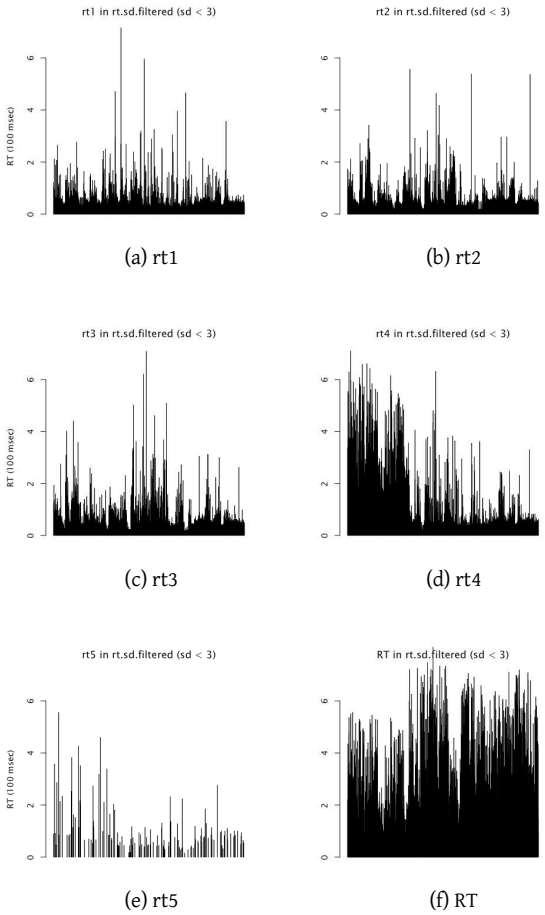
函館，東京，岐阜の 3 ヶ所で同じ条件でデータを取得したが，一部で傾向が違っている．rt4 についてのみ，函館の被験者の反応がおしなべて長い．これは実験の実施条件に違いに拠るものかも知れない．違いを生んでいる要因の検討の必要がある．

3.2.1 生反応の PCA

はずれ値を除去した反応の PCA を図 4 に示す．図 4 に表わされているのは，反応の配置と分類である．これは同一の刺激の集合に対する反応の類型化を与える．X-means 法[14]により，4 つのクラスターが認定されている．密度を考慮すると，分布の中心にあるのはクラスター 2 であり，それから PC1 の負方向にクラスター 1 が，PC2 の正方向にクラスター 3, 4 が発展している．クラスター 3 と 4 の区別は PC1, PC2 平面では表現されていない．

このように 4 つのクラスターが認定されるのは自明で

9) データは MatLab Psychotoolbox で取得.
10) データは SuperLab 4.5 で Self-Paced Reading の設定で取得.
11) データは PsychoPy3 (Windows 10) で取得.
12) 例えば，函館で実施された実験で明らかに rt4 が長く，RT が短か目である.
13) その一方で，SD による濾過では，rt1, rt2, rt3 の極端な値の濾過が十分でない可能性がある.
14) X-means 法 [7] は k-means 法の一種だが，k を自動推定する.

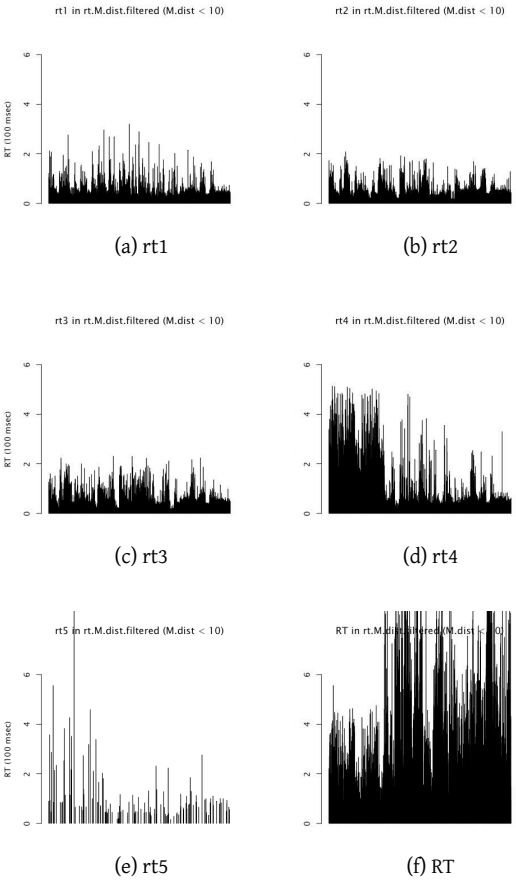


(a) rt1 (b) rt2

(c) rt3 (d) rt4

(e) rt5 (f) RT

図 2: sd-filtered rt values



(a) rt1 (b) rt2

(c) rt3 (d) rt4

(e) rt5 (f) RT

図 3: M-dist-filtered rt values

はなく，有用な解析結果である[15]が，今検討したいのは個々の反応そのものではなく，それらに分散的に表現された刺激文の潜在表現である．それを推定する手法が必要である．その方法として代表値による集約を利用する．

rt5 を持つ刺激 (31 種類) と持たない刺激 (435 種類の) は同様に扱えるか怪しいので，分離した．以下の解析では rt5 を持たない 435 種類の刺激のみを対象としている．

3.3 刺激の表現の見本

刺激文ごとに反応の集合をヴァイオリンプロット[16]をすると，図 5 のようになる．

3.4 RT の集約

刺激文への反応は (rt1, rt2, rt3, rt4, rt5, RT) というベクトルで表される．それぞれの刺激文はこれらのベクトルの集合として表現される．ベクトルの集合を一つの値で代表させるため，複数の値を集約した．集約には median を使った[17]．

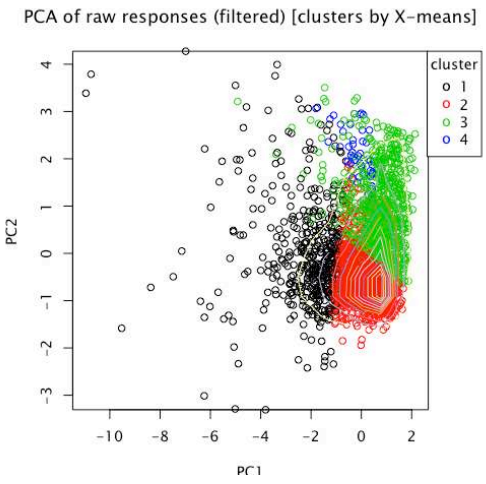


図 4: PCA of raw responses (sd filtered)

3.5 刺激文の PCA

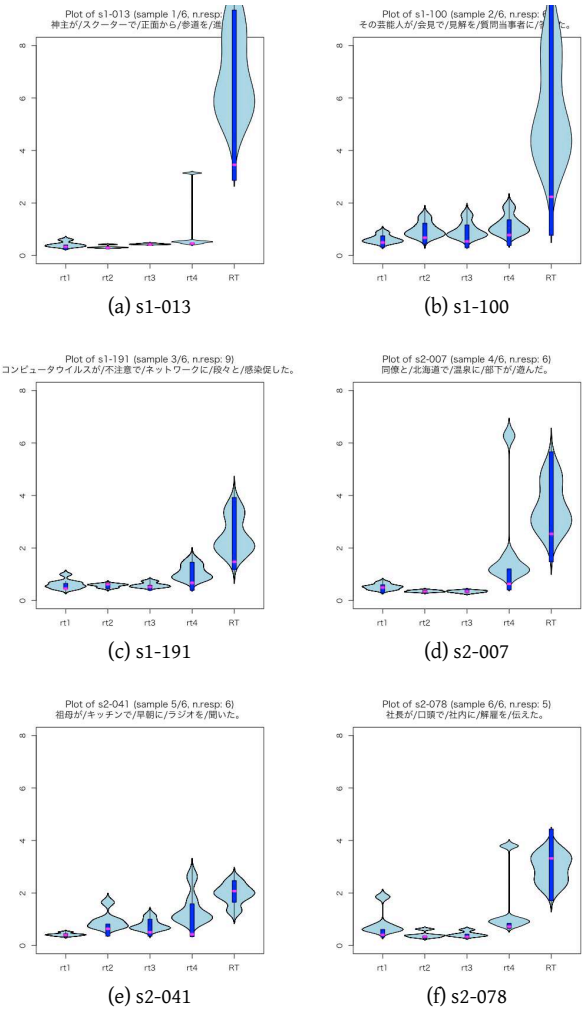
集約された RT のベクトルを PCA で処理し，その結果を X-means でクラスタリングしたところ，図 6 に示すように 4 つのクラスターが認識された[18]．この図にはデー

15) これは被験者の分類に役立つ情報である．

16) 可視化でヴァイオリンプロットを使った理由は，複数の反応に分散的に表現された反応ポテンシャルを，単純なプロットよりうまく集約するからである．

17) 集約の方法で幾何平均も試したが大きな違いがなかった．

18) ここではデータ集約に PCA を使っているが，これは唯一の選択肢ではないし，最良の選択肢でもない．Isometric Mapping [8] や t-SNE [9] を使った集約の方が洞察をもたらすと期待できる [2] が，解釈が難しいため，PCA に基づく結果を紹介している．



(a) s1-013 (b) s1-100

(c) s1-191 (d) s2-007

(e) s2-041 (f) s2-078

図 5: Plots of sample stimuli

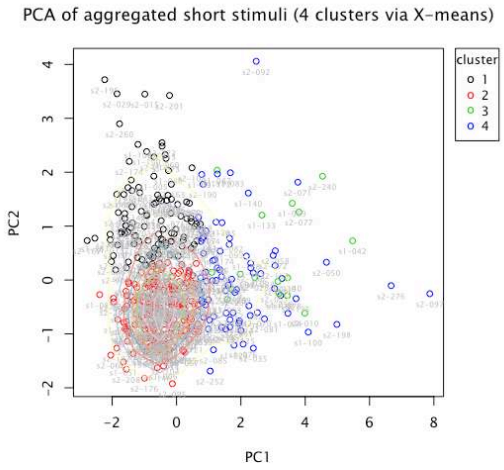
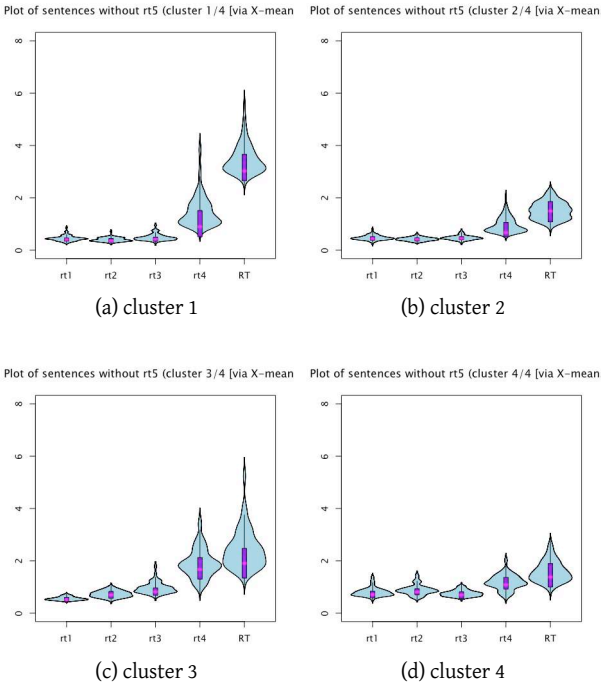


図 6: PCA of stimuli as aggregated rts



(a) cluster 1 (b) cluster 2

(c) cluster 3 (d) cluster 4

図 7: Plot of rt-based clusters

タ点の密度を表す等高線を加えてある．密度情報を手がかりにして，次のように言える:

(3) a. クラスター 2 が分布の中心にあり，
b. PC1 と相関して伸張するのがクラスター 4 (と 3)
c. PC2 と相関して伸張するのがクラスター 1 (と 3)
d. クラスター 4 はクラスター 1 と 4 の中間
にそれぞれ対応する (が，PC1–PC2 の平面ではクラスター 4 とクラスター 3 が未分離).

3.5.1 クラスターの内実

認識された 4 つのクラスターの事例をバイオリンプロットで集約して表現すると，次の図 7 のようになる．

3.6 クラスターの解釈

クラスター 2 は標準的な反応を集約的に表現している．rt1–rt3 にはほとんど時間を要さず，rt4 で少し余計に時間がかかり，RT でもう少し時間がかかっている．

クラスター 4 はクラスター 2 に似ているが，rt1–rt3 で少し余計に時間がかかっている．とは言え，クラスター 2 はクラスター 4 の差は小さい．単にグラフで見比べる限りでは区別できない程である．これは逸脱が早い段階で予見でき，RT まで持ち越されない場合だと考えられる．

クラスター 1 はクラスター 2 やクラスター 4 に比べて RT の反応が明らかに長い．RT では容認度判断を求められる．それにかかる負荷が RT に現われていると考えられる．ただ，rt1–rt4 に比べて RT が極端に長引いているとも言えない．逸脱が生じていない限り，容認度評定は負荷の高い課題ではない事が窺える．

クラスター 3 は rt4, RT が長目である点でクラスター 1 に似ているが，クラスター 4 とも共通性がある．ク

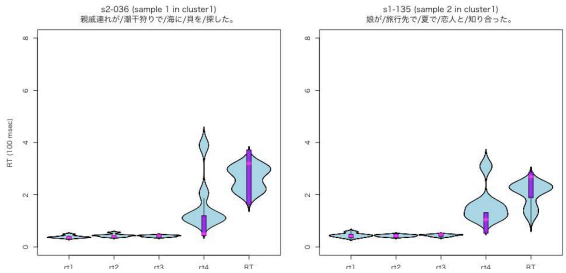
ラスター 3 はクラスター 1 に比べて RT が短い．これは rt1–rt3 の早い段階で逸脱性が予測できて，RT まで持ち越されない点で，そうである．

RT の段階で (予想外の逸脱などにより) 負荷が生じていると言えるのはクラスター 1 のみで，他の 3 つではそれが生じていないと言える (クラスター 3 はクラスター 1 に準じるが，負荷は軽減されている)．

3.7 クラスターごとの事例

3.7.1 クラスター 1 の事例見本

クラスター 1 の事例見本を図 8 に示す．

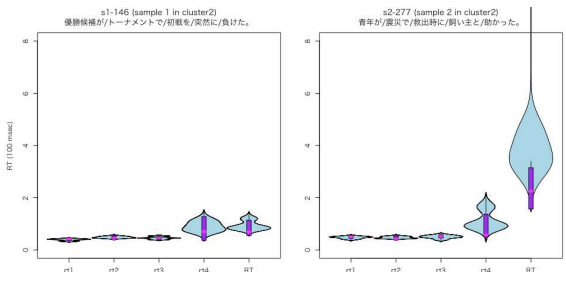


(a) sample 1 (b) sample 2

図 8: Samples of PCA cluster 1

3.7.2 クラスター 2 の事例見本

クラスター 2 の事例見本を図 9 に示す．



(a) sample 1 (b) sample 2

図 9: Samples of PCA cluster 2

3.7.3 クラスター 3 の事例見本

クラスター 3 の事例見本を図 10 に示す．

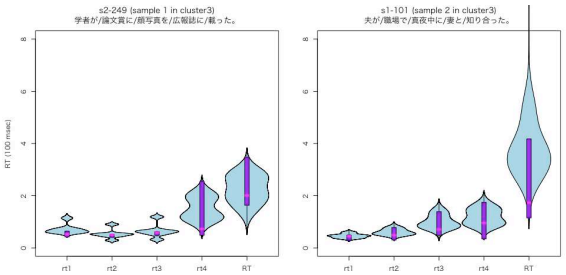
3.7.4 クラスター 4 の事例見本

クラスター 4 の事例見本を図 11 に示す．

4 反応時間と容認度評定値の関係を探索する

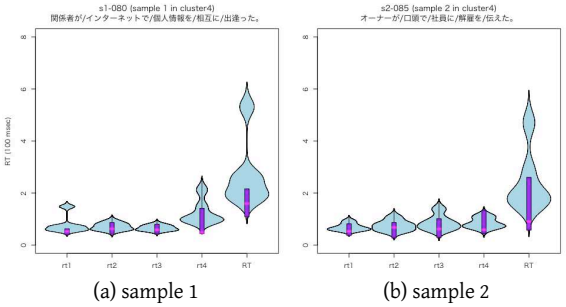
4.1 変数の回帰分析

今回の実験では，容認度の評定値である resp が調査 1，調査 2 で取得した評定値の粗い近似になっている．この関係を考え，変数 resp, rt1, …, rt4, RT と区分ごとの文字数 seg1.size, …, seg6.size の間の回帰分析を行った結果を



(a) sample 1 (b) sample 2

図 10: Samples of PCA cluster 3



(a) sample 1 (b) sample 2

図 11: Samples of PCA cluster 4

以下に示す (seg*n*.size は区間の表記文字数で，音韻的単位 (例えばモーラ) 数の粗い近似として使った)．回帰分析に用いたモデルは Generalized Linear Model [6] である (link 関数は Gaussian)．表示で用いる有意差のコードは通常通り: $p < 0.001$: “***”; $p < 0.01$: “**”; $p < 0.05$: “*”; $p < 0.1$: “.” である．

4.1.1 resp の回帰

表 5: resp の他の変数による回帰

	Estim.	Std. Err	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	0.417	0.083	5.02	7.6e-07	***
rt1	-0.039	0.096	-0.41	0.68	
rt2	0.013	0.078	0.16	0.87	
rt3	0.039	0.070	0.56	0.58	
rt4	0.042	0.028	1.52	0.13	
RT	0.004	0.010	0.38	0.70	
seg1.size	0.016	0.007	2.18	0.03	*
seg2.size	0.004	0.008	0.54	0.59	
seg3.size	0.004	0.008	0.50	0.62	
seg4.size	-0.005	0.009	-0.58	0.56	
seg5.size	0.001	0.013	0.12	0.91	

表 5 に resp の値を他の変数で回帰した結果を示す．

以下の解析結果に共通する事だが，回帰で大きな負の値は促進度が大きい=反応時間が早まる事を，大きな正の値は阻害度が大きい=反応時間が遅くなる事を意味する．

resp は解像度の粗い容認度評定である．resp 値を強く

予測する変数は切片で，弱く予測する変数が seg1.size である．これは，容認度判断の結果は実質的に反応時間からは予測できないという事を意味しており，意外と言えば意外な結果である．切片の予測力が高い事は，回帰で使われている変数で表現されていない因子の影響が有意だという事である．それがどんな因子なのかは本研究では明らかにされない．

容認度の評定に時間がかかる場合とかからない場合があるが，所要時間と判定結果の間に対応はない．

4.1.2 rt1 の回帰

表 6: rt1 の他の変数による回帰

	Estim.	Std. Err.	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	0.285	0.039	7.22	2.2e-12	***
resp	-0.009	0.023	-0.41	0.6838	
rt2	0.307	0.035	8.69	<2e-16	***
rt3	0.108	0.034	3.19	0.0015	**
rt4	-0.011	0.014	-0.81	0.4203	
RT	0.001	0.005	0.18	0.8592	
seg1.size	0.007	0.004	2.02	0.0439	*
seg2.size	-0.000	0.004	-0.04	0.9690	
seg3.size	-0.002	0.004	-0.38	0.7048	
seg4.size	-0.006	0.004	-1.34	0.1816	
seg5.size	-0.005	0.006	-0.80	0.4259	

表 6 に rt1 の値を他の変数で回帰した結果を示す．

rt1 の値を予測するのは，切片, rt2, rt3, seg1.size である．切片の予測力が高いのは resp と同じである．rt2, rt3 の順に影響が大きいのは，rt1 増大の影響が逓減的に事後に及ぶ (が rt4 には及ばない) 事を意味している．seg1.size の影響があるのは，自然な結果であるが，rt1 に特化した特徴で一般性はない．

4.1.3 rt2 の回帰

表 7: rt2 の他の変数による回帰

	Estim.	Std. Err.	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	4.09e-02	5.11e-02	0.80	0.4242	
resp	4.61e-03	2.80e-02	0.16	0.8696	
rt1	4.62e-01	5.32e-02	8.69	< 2e-16	***
rt3	3.31e-01	3.90e-02	8.47	3.4e-16	***
rt4	6.40e-02	1.63e-02	3.92	0.0001	***
RT	-7.43e-03	5.93e-03	-1.25	0.2107	
seg1.size	6.29e-03	4.31e-03	1.46	0.1446	
seg2.size	7.22e-03	4.82e-03	1.50	0.1348	
seg3.size	-1.24e-02	4.95e-03	-2.51	0.0124	*
seg4.size	8.95e-05	5.29e-03	0.02	0.9865	
seg5.size	7.94e-03	7.48e-03	1.06	0.2894	

表 7 に rt2 の値を他の変数で回帰した結果を示す．

rt2 に影響するのは，rt1, rt3, rt4, seg3.size である．このうち，rt1, rt3, rt4 の影響は大きい．これは rt2 の値が前後反応と強い相互作用をしている事を示唆している．seg3.size が rt2 を説明しているのは自然な結果であるが特筆すべき結果ではない．逆に，seg2.size が rt2 を説明していない事の方が特筆すべき結果である．

特筆すべき特徴として，他の変数を予測した場合と違って，rt2 への影響は値が非常に小さい．また resp, rt1 の場合と異なり，切片の値は rt2 の値を予測しない．

4.1.4 rt3 の回帰

表 8: rt3 の他の変数による回帰

	Estim.	Std. Err.	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	0.147	0.057	2.59	0.010	**
resp	0.017	0.031	0.56	0.577	
rt1	0.202	0.063	3.19	0.002	**
rt2	0.410	0.048	8.47	3.4e-16	***
rt4	0.072	0.018	3.98	8.0e-05	***
RT	-0.006	0.007	-0.91	0.365	
seg1.size	-0.006	0.005	-1.27	0.206	
seg2.size	0.002	0.005	0.45	0.651	
seg3.size	0.026	0.005	4.84	1.7e-06	***
seg4.size	-0.005	0.006	-0.78	0.434	
seg5.size	-0.005	0.008	-0.63	0.526	

表 8 に rt3 の値を他の変数で回帰した結果を示す．

rt3 に影響する変数は，rt2, rt4, seg3.size, 切片, rt1 である．

rt2 の場合と異なり，resp, rt1 の場合と同じで，切片の値は rt3 の値をそれなりに予測する．影響の強さの順序は rt3 の値が前後と強い相互作用をしている事を示唆している．seg3.size が rt3 を説明しているのは自然な結果であるが，特筆すべき結果ではない．

4.1.5 rt4 の回帰

表 9: rt4 の他の変数による回帰

	Estim.	Std. Err.	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	0.199	0.144	1.38	0.168	
resp	0.120	0.079	1.52	0.128	
rt1	-0.130	0.162	-0.81	0.420	
rt2	0.509	0.130	3.92	0.000	***
rt3	0.463	0.117	3.98	8.0e-05	***
RT	-0.016	0.017	-0.94	0.347	
seg1.size	-0.021	0.012	-1.69	0.091	.
seg2.size	-0.005	0.014	-0.37	0.709	
seg3.size	-0.012	0.014	-0.86	0.389	
seg4.size	0.068	0.015	4.63	4.8e-06	***
seg5.size	-0.002	0.021	-0.08	0.936	

表 9 に rt4 の値を他の変数で回帰した結果を示す．

rt4 への影響が有意な変数は，rt2, rt3, seg4.size, seg1.size である．resp, rt1, rt3 の場合と異なり，rt2 の場合と同じで，切片の値は rt4 の値を予測しない．rt2, rt3 は rt4 に強い影響を持っているのがわかるが，rt1 からの影響は有意ではない．これは rt4 の値が短い範囲で前と相互作用をしている事を示唆している．

seg4.size が rt4 を説明しているのは自然な結果であるが，seg3.size の rt2, rt3 への影響より大きい．この違いが何に起因するのかは，検討の余地がある．

4.1.6 RT の回帰

RT は最後の区間の提示が終わってから容認度評定が行なわれるまでの時間である．表 10 に RT の値を他の変数で回帰した結果を示す．

RT への影響が有意な変数は実質的に切片のみである．これは，容認度評定にかかる時間は局所的な処理時間

表 10: RT の他の変数による回帰

	Estim.	Std. Err.	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	2.041	0.391	5.22	2.7e-07	***
resp	0.084	0.221	0.38	0.704	
rt1	0.080	0.452	0.18	0.859	
rt2	-0.461	0.368	-1.25	0.211	
rt3	-0.230	0.330	-0.91	0.365	
rt4	-0.123	0.130	-0.94	0.347	
seg1.size	-0.039	0.034	-1.15	0.249	
seg2.size	-0.004	0.038	-0.16	0.876	
seg3.size	0.072	0.039	1.84	0.066	.
seg4.size	0.049	0.042	1.18	0.240	
seg5.size	0.058	0.059	0.98	0.327	

rt1–rt4 からは予測できない事を意味している．

seg3.size から弱い影響があるのは興味深い．これは §4.3.3 で触れる rt2 の特殊性を関係していると思われる．

4.1.7 単純回帰の結果のまとめ

rt1 の値を (切片の他には) rt2, rt3 が予測する．rt2 の値を rt1, rt3, rt4 が予測するが，切片の予測はない．rt3 の値を (切片の他には) rt2, rt4, rt1 が予測する．rt4 の値を rt2, rt3 が予測するが，切片の予測はない．rt1, ..., rt4 の受ける影響は基本的に隣接性の効果だと解釈できる．

これに対し，resp 値と RT 値を予測する変数は実質的に切片の他にない．これは，rt1–rt4, seg1–seg6.sizes の resp と RT への影響は独立性が高いという事である．別の言い方をすると，rt1–rt4 や seg1.size–seg6.size から resp や RT の値は単純に決まらない．

4.2 容認度評定値と反応時間データの相互回帰

先の回帰解析は今回の実験の中で閉じたものだった．ARDJ は調査 1 と調査 2 で容認度評定値を高い分解能で刺激文に対応づけている．先行調査 1, 2 で独立に取得した評定値と反応時間がどう関係しているかを調べられる．

以下の変数を拡大した回帰解析には，edit.type, r01, r12, r23, r3x を独立変数に追加した．

edit.type は刺激文の生成に使われた変異のタイプで，次の値を持つ: o(riginal): 変異なし; v(erbal): 動詞を一定の範囲の文脈類似度を持つ別の動詞に置換; p(ositional): 格助詞を粗っぽく出現頻度を反映するようにランダムに置換; n(ominal): 名詞 (形容動詞語幹を含む) を一定の範囲の文脈類似度を持つ別の名詞に置換; s(wapped): 分節の対のランダムな入れ替え．

r*ij* は逸脱度の評定値 0, 1, 2, 3 を区間 [0,1), [1,2), [2,3), [3,∞) の代表値と解釈した上で，それぞれの区間が評定者に選択される確率である (そのため，すべての刺激文で r01+r12+r23+r3x ≃ 1.0 となる)．

4.3 変数選択に関する注意

以下の解析には先の解析で独立変数に使った segN.size を含めていないないが，それは主に紙面の都合に拠る．

以下のすべての結果で r3x の影響は singularity 故に除外された．これは，r3x が他の変数 (おそらく r01, r12, r23) から予測できるためで，意外ではない．

以下のすべての結果で edit:n の影響が表われていない．これが R の glm 関数のバグなのか，他の要因 (例えば singularity) に拠るかは現時点で明らかではない．

4.3.1 resp の拡大回帰

表 11: resp の拡大変数組みによる回帰

	Estim.	Std. Err.	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	0.724	0.082	8.86	< 2e-16	***
rt1	-0.061	0.088	-0.70	0.484	
rt2	0.119	0.071	1.68	0.094	.
rt3	-0.096	0.062	-1.54	0.125	
rt4	0.026	0.024	1.06	0.290	
RT	0.002	0.010	0.16	0.871	
edit:o	0.006	0.031	0.19	0.848	
edit:p	0.077	0.028	2.76	0.006	**
edit:s	0.009	0.026	0.35	0.724	
edit:v	0.056	0.028	2.03	0.043	*
r01	-0.455	0.070	-6.53	1.7e-10	***
r12	-0.247	0.076	-3.27	0.001	**
r23	-0.063	0.146	-0.43	0.667	

表 11 に resp の値を他の変数で回帰した結果を示す．容認度評定値 resp を，切片, r01, r12, edit:p, edit:v, rt2 がこれらの順に強く予想する．

resp の場合に限らず，切片が影響する変数が多い．これらの変数には回帰で明示化されていない変数の影響が大きいという事である．

他の変数の影響について言うと，r01, r12 が負の方向に大きい (= 逸脱度が小さい) 事が容認度を高め，格助詞の変異と先行している名詞句と動詞の意味的整合性の不足が容認度を低めると解釈でき，自然な結果である．

rt2, rt4 が阻害的に働いていて，rt2 のみが有意な効果をもたらしている．この結果は日本語の文の統語構造を考えると，示唆的である．rt2 は 3 つ目の分節を見る段階 =3 つ目の格要素を見る段階であり，格要素動詞の不整合が最初に露呈する位置である．これは動詞を見る前に容認度の概要が決まる場合があるという事を意味する．

4.3.2 rt1 の拡大回帰

表 12 に rt1 の値を他の変数で回帰した結果を示す．rt1 値の予測する変数は，切片, rt2, rt3, edit:p であり，切片, rt2 の予測力が強く，rt3 と edit:p の予測力はあると言えばある程度である．rt2 の影響は隣接性を考えれば自然

表 12: rt1 の拡大変数組みによる回帰

	Estim.	Std. Err.	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	0.312	0.046	6.84	2.5e-11	***
resp	-0.018	0.025	-0.70	0.484	
rt2	0.315	0.035	8.89	< 2e-16	***
rt3	0.056	0.034	1.65	0.099	.
rt4	0.002	0.013	0.12	0.908	
RT	-0.000	0.006	-0.08	0.940	
edit:o	0.018	0.016	1.11	0.267	
edit:p	0.025	0.015	1.65	0.099	.
edit:s	0.016	0.014	1.14	0.257	
edit:v	0.018	0.015	1.19	0.237	
r01	-0.027	0.039	-0.68	0.499	
r12	-0.020	0.041	-0.50	0.620	
r23	-0.098	0.078	-1.24	0.215	

な事である．edit:p の影響は多かれ少なかれ他のすべての変数の回帰で認められるので，rt1 の回帰に特化したものではない．

4.3.3 rt2 の拡大回帰

表 13: rt2 の拡大変数組みによる回帰

	Estim.	Std. Err.	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	0.0143	0.0585	0.24	0.8074	
resp	0.0518	0.0309	1.68	0.0937	.
rt1	0.4706	0.0529	8.89	< 2e-16	***
rt3	0.3274	0.0382	8.57	< 2e-16	***
rt4	0.0548	0.0157	3.49	0.0005	***
RT	-0.0075	0.0068	-1.10	0.2711	
edit:o	-0.0379	0.0201	-1.89	0.0596	.
edit:p	-0.0463	0.0184	-2.52	0.0120	*
edit:s	-0.0312	0.0172	-1.81	0.0704	.
edit:v	-0.0295	0.0184	-1.60	0.1093	
r01	0.1117	0.0478	2.34	0.0199	*
r12	-0.0211	0.0504	-0.42	0.6756	
r23	0.1737	0.0957	1.81	0.0702	.

表 13 に rt2 の値を他の変数で回帰した結果を示す．rt2 値に影響するのは，rt1, rt3, rt4, edit:p, r01, rt1, edit:o, edit:s, r23 である．強い影響をもつのは，rt1, rt3, rt4 である．それより少し弱い影響をもつのは，edit:p, r01 である．更に弱い影響をもつのは，resp, edit:o, edit:s, r23 である．切片の影響は認められない．

rt2 に影響する変数は多い．今回検討した組み合わせの中では，もっとも多い．これは一見すると意外であるが，良く考えると妥当な結果である．先にも触れたが，rt2 は日本語の文の統語構造を考えると特殊な環境であり，それが結果に表れていると思われる．rt2 は 3 つ目の分節を見る段階 = 3 つ目の格要素を見る段階であり，格要素動詞の不整合が最初に露呈する位置であると考えられる．これが後に現れる不整合と連動しているため，このような結果が得られていると考えるのが適当だろう．

4.3.4 rt3 の拡大回帰

表 14 に rt3 の値を他の変数で回帰した結果を示す．rt3 の値に強く影響するのは，切片, rt2, rt4, r01 であり，切片, rt2 の影響が顕著である．rt2 からの影響は隣接性からすれば当然で，特筆すべきものではない．rt3 と r01 の間に連動があるという事は，刺激文の容認度は rt3 の段階，つまり rt4 か rt5 で動詞を見る前におおよそ決まっているという事である．この効果は rt2 でも弱いながら，すでに検出されている．

表 14: rt3 の拡大変数組みによる回帰

	Estim.	Std. Err.	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	0.3661	0.0644	5.69	2.3e-08	***
resp	-0.0540	0.0352	-1.54	0.1254	
rt1	0.1077	0.0651	1.65	0.0988	.
rt2	0.4249	0.0496	8.57	< 2e-16	***
rt4	0.0554	0.0180	3.08	0.0022	**
RT	-0.0042	0.0077	-0.54	0.5913	
edit:o	-0.0067	0.0230	-0.29	0.7714	
edit:p	0.0382	0.0210	1.82	0.0696	.
edit:s	-0.0014	0.0197	-0.07	0.9421	
edit:v	-0.0136	0.0210	-0.65	0.5160	
r01	-0.1594	0.0543	-2.94	0.0035	**
r12	-0.0404	0.0574	-0.70	0.4817	
r23	-0.1767	0.1091	-1.62	0.1061	

4.3.5 rt4 の拡大回帰

表 15: rt4 の拡大変数組みによる回帰

	Estim.	Std. Err.	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	0.4136	0.1708	2.42	0.0159	*
resp	0.0963	0.0909	1.06	0.2901	
rt1	0.0194	0.1686	0.12	0.9082	
rt2	0.4743	0.1361	3.49	0.0005	***
rt3	0.3694	0.1198	3.08	0.0022	**
RT	-0.0100	0.0199	-0.50	0.6177	
edit:o	-0.0637	0.0592	-1.08	0.2825	
edit:p	-0.1484	0.0539	-2.75	0.0061	**
edit:s	0.0559	0.0508	1.10	0.2709	
edit:v	-0.1175	0.0539	-2.18	0.0298	*
r01	-0.1645	0.1412	-1.16	0.2447	
r12	-0.1106	0.1482	-0.75	0.4560	
r23	-0.0668	0.2825	-0.24	0.8132	

表 15 に rt4 の値を他の変数で回帰した結果を示す．rt4 値を予想するのは，rt2, rt3, edit:p, 切片, edit:v で，強く予想するのは rt2, rt3, edit:p である．

rt4 では動詞が見えている．rt4 に RT, resp からの影響が認められないのは，意外と言えばである．

4.3.6 RT の拡大回帰

表 16: RT の拡大変数組みによる回帰

	Estim.	Std. Err.	t-value	Pr(>|t|)	Sign.
(切片)	2.1896	0.3908	5.60	3.7e-08	***
resp	0.0348	0.2139	0.16	0.87	
rt1	-0.0297	0.3962	-0.08	0.94	
rt2	-0.3566	0.3236	-1.10	0.27	
rt3	-0.1528	0.2844	-0.54	0.59	
rt4	-0.0550	0.1102	-0.50	0.62	
edit:o	-0.1257	0.1392	-0.90	0.37	
edit:p	-0.3279	0.1268	-2.59	0.01	*
edit:s	0.0466	0.1194	0.39	0.70	
edit:v	0.1726	0.1271	1.36	0.18	
r01	-0.0907	0.3323	-0.27	0.79	
r12	0.2042	0.3484	0.59	0.56	
r23	0.7647	0.6631	1.15	0.25	

表 16 に RT の値を他の変数で回帰した結果を示す．RT

値を強く予測する変数は切片のみであり，edit:p が弱く，rt2 が更に弱く予想する事が示唆されている．他の変数がほとんど影響しないのは，意外と言えば意外である．

4.3.7 拡大回帰の結果のまとめ

以上の結果からは反応時間が容認度評定値から容易に予測可能な量だという事は示されていない．とは言え，二量間に相当に複雑な相互作用がある事は予想できる．その明示化に決定木分析 (e.g., Classification and Regression Trees) [1] が有効で，すでに一定の結果を得ているが，本稿には紙面の都合で含めない事にする．

5 終わりに

日本語の容認度評定データ (ARDJ) は大規模かつ確証バイアスの少なく，無償利用可能な日本語の文の容認度評定値のデータベースである．それは将来的に**証拠に基づく言語学** (Evidence-based Linguistics) [10] を実現するために必須の参照データだと筆者らは考える．本研究は，容認度評定の対象になった 466 種類の文を刺激に使って反応時間を取得し，容認度評定値と対応させた．このデータ拡張は ARDJ の利用価値を高めると期待される．

本研究は探索型の研究であり，得られた結果から結論と言えるものを引き出すのは難しい．ただ，強いて結論らしきものを挙げるとするならば，読み時間と容認度評定の対応関係はおそらく，これまで人が想像して来たよりずっと複雑かも知れないと言う (言語学者にとっては嬉しくない) 可能性の提示だろう．得られた結果の多変量解析からは少なくとも，容認度評定と反応時間には単純な相関がない事が示唆されている．

とは言え，今回取得した反応データは提供者の属性が片寄っており，代表性が不足しているので，得られた結論が暫定的である事は付記しておく必要がある．特に実験規模の拡大と無作為化は，結果に信頼性を求めるならば不可欠である．

容認度評定値を読み時間データと結びつけたのは，何通りもある行動データとの結びつけの一つに過ぎない．同じような趣旨の拡張として，眼球運動データとの結びつけが考えられる．機会を見つけて実現したい．

Acknowledgments

すべての解析は RStudio (1.1.x) 上の R (version 3.5.3) で実行した．

参考文献

[1] L. Breiman, J. H. Friedman, R. A. Olshen, and C. J. Stone. *Classification and Regression Trees*. Wadsworth and Brooks, Monterey, CA, 1984.

[2] Kow Kuroda. Reassessing PCA of Acceptability Rating Data for Japanese (ARDJ) using kernel MVA. In *Proceedings of the 26th Annual Meeting of Association of NLP*, pp. 1523–1526, 2020.

[3] Kow Kuroda, Hikaru Yokono, Keiga Abe, Tomoyuki Tsuchiya, Yoshihiko Asao, Yuichiro Kobayashi, Toshiyuki Kanamaru, and Takumi Tagawa. Development of Acceptability Rating Data of Japanese (ARDJ): An initial report. In *Proceedings of the 24th Annual Meeting of the Association for NLP*, pp. 65–68, 2018.

[4] Kow Kuroda, Hikaru Yokono, Keiga Abe, Tomoyuki Tsuchiya, Yoshihiko Asao, Yuichiro Kobayashi, Toshiyuki Kanamaru, and Takumi Tagawa. Insights from a large scale web survey for Acceptability Rating Data for Japanese (ARDJ) project. In *Proceedings of the 25th Annual Meeting for the Association of NLP*, pp. 253–256, 2019.

[5] Kow Kuroda, Hikaru Yokono, Keiga Abe, Tomoyuki Tsuchiya, Yoshihiko Asao, Yuichiro Kobayashi, Toshiyuki Kanamaru, and Takumi Tagawa. Rudimentary modeling of acceptability judgement from a large scale, unbiased data. In *Proceedings of the 41st Annual Meeting for Cognitive Science Society*, 2019.

[6] P. McCullagh and J. A. Nelder. *Generalized Linear Models, Second Edition*. Chapman and Hall/CRC Monographs on Statistics and Applied Probability Series. Chapman & Hall, 1989.

[7] Dau Pelleg and Andrew Moore. *X*-means: Extending *k*-means with efficient estimation of the number of clusters. In *Proceedings of the 17th International Conference on Machine Learning*, pp. 727–734. Morgan Kauffmann, 2000.

[8] Joshua B. Tenenbaum, V. de Silva, and J. C. Langford. A global framework for nonlinear dimensionality reduction. *Science*, 290:2319–2323, 2000.

[9] Laurens van der Maaten and Geoffrey Hinton. Visualizing data using t-SNE. *Journal of Machine Learning Research*, 9:2579–2605, 2008.

[10] 黒田 航. 証拠に基づく医療 (EBM) との比較を通じて理論言語学の方法論を見直す. In **第 *16* 回日本認知言語学会発表論文集**, pp. 580–585, 2016.

[11] 黒田 航, 阿部 慶賀, 横野 光, 田川 拓海, 小林 雄一郎, 金丸 敏幸, 土屋 智行, and 浅尾 仁彦. (言語学者による) 容認度評定の認証システムを試作する構想: 入念に設計された日本語文の容認度評定データベースに基づいて. In **日本認知科学会第 *33* 回大会発表論文集**, pp. 557–562. 日本認知科学会, 2016.

[12] 黒田 航, 阿部 慶賀, 横野 光, 土屋 智行, 小林 雄一郎, 金丸 敏幸, 浅尾 仁彦, and 田川 拓海. 容認度評定に影響する要因の定量的評価: 日本語容認度評定データ (ARDJ) から得られた知見. In **日本認知科学会第 *36* 回大会発表論文集**, pp. 727–736, 2019.

稀少性仮定下での非独立性検出としての観察的因果帰納とその適応的意味

Computational analysis of Observational Causal Induction as Non-Independence Detection under Rarity Assumption

樋口 滉規，高橋 達二
Kohki Higuchi, Tatsuji Takahashi
東京電機大学
Tokyo Denki University
20udj01@ms.dendai.ac.jp

概要

pARIs (proportion of Assumed to be Rare instances) is one of the observational causal induction models that has been shown to be highly compatible with human causal judgment. In previous studies, correlation detection was assumed as a computational goal of the observational causal induction model including *pARIs*, and the performance and rationality were analyzed within that framework. In this paper, we consider the computational goal of the observational causal induction model to be the detection of non-independence under the rarity hypothesis, and then show the performance of *pARIs* in terms of adaptive rationality through multiple simulations.

キーワード：causal induction, conditional event, biconditionals, jaccard index;

1. 序論

人類は長い間厳しい自然環境の中で適応・生存し，現在の繁栄を迎えている．その成功の要因の 1 つは，人間が因果関係を効率的に学習（＝帰納的に構築）し，それを活用する能力を有していることである．原因と結果の因果関係を明らかにすることで，原因の観察による未来を予測や，更に原因の操作による未来の操作が可能になる．人間の因果推論はしばしば誤りを含むものの，データが少ない状況でも多くの場合で適切な因果関係を学習できるなど現状の人工知能と比べても優れた点がある．そのプロセスのモデリングは人間を理解するという科学的な価値だけではなく，有用なシステムのデザインに繋がる工学的な価値もありうる．

本研究では，人間の因果的判断と高い適合を示すことが明らかになっている観察的因果帰納モデル，”稀少と仮定される事例の比率” (*pARIs*: proportion of Assumed to be Rare instances) の計算論的な目標について，従来は相関検出と見なされていたものを，稀少性仮定の下での非独立性の検出であると見なした上で，*pARIs* が非独立性の近似として振る舞うことを説明し，加えて複数のシミュレーションを通して適応的な合理性の観点から *pARIs* の性能の分析を行った．

なお，本研究はその理論的な枠組みを Hattori & Oaksford (2007) に踏襲しており，因果関係の帰納的推論タスクにおける最も単純な枠組みである単純因果帰納，ならびに彼らが提唱した因果推論の二段階仮説を採用し，稀少性や等確率性，ワーキングメモリ容量の制限を仮定した．また，*pARIs* は彼らが提案した”二要因ヒューリスティックモデル” (*DFH*: dual-factor heuristics) と多くの点で共通点を持つため，主に両者の比較に焦点を当てる形で分析を行った．

2. 単純因果帰納

まず，本研究における因果推定の基本的な枠組みについて説明する．現在注目している事象を結果事象 E，その原因であると考えられる事象を原因候補事象 C と措く．ここで，事象 C と E の間にある関係性の強さを推論することを考える．観察に基づく因果帰納では，C と E の関係性の強さはその共起情報，すなわち，C と E が互いに生起したか否かという 4 つの組み合わせ事象の頻度情報から推論できる．事象 C と E の生起・不生起の場合を考え，各組み合わせの生起頻度を a, b, c, d とすると，C と E の共起情報は表 1 に示すような 2×2 の分割表として表すことができる．このような分割表から事象間にある因果的な関係性の強さを推論する枠組みを単純因果帰納と呼ぶ．

また，この分割表から C と E の間の因果強度を導く尺度を観察的因果帰納モデルと呼ぶ．つまり，因果帰納モデルとは，4 つの自然数 a, b, c, d から因果強度

表 1　共起情報を示す 2×2 の分割表

	Effect(E)	No effect($\neg E$)
Cause(C)	a	b
No cause($\neg C$)	c	d

への関数であると見なすことができる．これまでに多くの因果帰納モデルが提案されてきた．その内，本稿で扱うモデルについて以下に概説する．

2×2 の分割表における事象間の共変動の尺度として最も広く用いられている規範的な統計的尺度が四分点相関係数であり，心理学の分野ではしばしば ϕ 係数と呼ばれる．これはピアソンの相関係数を単純因果帰納の枠組みへと適用したものである．

$$\phi = \frac{P(C,E)P(\neg C,\neg E) - P(C,\neg E)P(\neg C,E)}{\sqrt{P(C)P(\neg C)P(E)P(\neg E)}} \quad (1)$$

$$= \frac{ad-bc}{\sqrt{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}} \quad (2)$$

因果性の尺度として最も標準的と見なされているモデルが ΔP である [2].

$$\Delta P = P(E \mid C) - P(E \mid \neg C) \quad (3)$$

$$= \frac{ad-bc}{(a+b)(c+d)} \quad (4)$$

このモデルは原因候補事象が不在から存在へ切り替わることで結果事象の生起確率がどれだけ上昇するかということを意味している．また，第一項と第二項はそれぞれ心理学研究で広く用いられている実験法における実験群と統制群に対応しており，科学実験の基本的な考えをモデル化したものと考えることができる．しかし，モデルが持つ合理性の割に，このモデルは因果帰納実験における人間の反応にうまく適合しないことが知られている [1].

原因から結果への予測可能性と結果から原因への診断可能性の幾何平均として導出されるモデルが二要因ヒューリスティックモデル (DFH: dual-factor heuristics) である．通常人間が事象間に強い関係を感じるのは原因から結果への予測可能性 $P(E \mid C)$ と結果から原因への診断可能性 $P(C \mid E)$ が両方とも高い場合であると予測され，DFH はそのような場合に高い値を取る．

$$DFH = \sqrt{P(E \mid C)P(C \mid E)} \quad (5)$$

$$= \frac{a}{\sqrt{(a+b)(a+c)}} \quad (6)$$

Hattori & Oaksford (2007) において行われたメタ分析により，多くのモデルと比較して，DFH は人間の因果的直感と最も高い相関を持つことが示された．このモデルは極端な稀少性仮定 [3] に基づき規範的指標である ϕ の，$N(\neg C, \neg E)$ すなわち 2×2 の分割表における d-セルを無限大に発散させた場合として導出される．

最後に，稀少と仮定される事例の比率 ($pARIs$: proportion of Assumed to be Rare instances) は C と E の生起が稀少であるという仮定のもとで，稀少な C または E の生起を所与として C と E が同時に生起する条件付き確率である [5].

$$pARIs = P(C \wedge E \mid C \vee E) \quad (7)$$

$$= \frac{a}{a+b+c} \quad (8)$$

これは DFH と同様に式中に d-セルを含まず，膨大かつ曖昧な d-セルからの影響を受けない．また，高橋らは，Hattori & Oaksford (2007) で行われたメタ分析に $pARIs$ を追加した上で改めて分析を行い，$pARIs$ は DFH よりも更に良く人間の因果帰納傾向を記述するを示した [6]．また，$pARIs$ は変形すると以下のように表すことができる．

$$pARIs = P((E \mid C) \wedge (C \mid E)) \quad (9)$$

ここから，$pARIs$ は DFH と同様に因果的な双条件文，すなわち「C ならば E，かつ，E ならば C」という条件文と密接に関係することがわかる．ただし，両モデルと双条件文との関係の違いとして，DFH は両条件の確率の幾何平均であるが，$pARIs$ は直接双条件文の確率となっている．

3. 合理分析のための仮定

3.1 稀少性仮定

2×2 の分割表に基づく人間の因果推論における d-セルの影響力は他のセルよりも小さいということが知られている [1]．DFH および $pARIs$ はともに分割表における d-セルの値を膨大かつ曖昧なものとして無視するが，ここではその妥当性について稀少性仮定 [3] の観点から説明する．

d-セルが膨大であることは稀少性仮定 [3] に基づいて説明される．ここで，稀少性仮定とは事象の生起確率は通常小さいとする仮定である．具体例として「リンゴであれば赤い」という因果条件文を考える．現実

世界において,「リンゴであるもの」よりも「リンゴでないもの」が，また「赤いもの」よりも「赤くないもの」の方が圧倒的に多く存在することは明らかである．このことは「リンゴ」および「赤い」ことの生起確率が小さい (＝稀少である) こと，並びに d-セルが膨大に存在することを意味している．

また，d-セルが曖昧であるということの説明として，ある照明器具について「スイッチを押す (C) と明かりが点く (E)」という因果条件文を考える．このときスイッチを押して明かりが点いた回数 ($N(C,E)$)，また $N(\neg C,E), N(C,\neg E)$ をカウントすることには何ら問題がなく，その回数は一意に定まる．一方でスイッチを押さず，明かりが点かなかった回数 $N(\neg C,\neg E)$ をカウントすることを考えると，そのようなカウントを実行することは容易では無いことがわかる．先の場合では，C あるいは E の何方かが生起した瞬間の両事象の組み合わせをカウントすればよかったが，いずれの事象の生起しない場合ではカウントのタイミングは恣意的なものとなる．ひとつの方法として，単位時間ごとに事象の生起不生起を観測しカウントするという方法が考えられるが，その単位時間の設定は恣意的であり，そのような状況で得られた回数はやはり曖昧である．

ここで，稀少性仮定に基づく極限操作 $d = N(\neg C,\neg E) \to \infty$ を各モデルに対して行ったとき，DFH，$pARIs$ はその影響を受けないが，一方で ΔP はその第二項が 0 に発散し，より単純な $P(E \mid C)$ になる．また，ϕ は DFH に等しくなる．$P(E \mid C)$ の実験データに対する適合が他モデルとの比較において劣っていることは Hattori & Oaksford (2007) のメタ分析によって示されており，このことは稀少性仮定のもとでの ΔP の妥当性を大きく損なうものである．

3.2 等確率性仮定

人間は「C ならば E」が成り立つときその逆「E ならば C」も成り立っていると仮定する傾向にあることが明らかになっており，これを確率的に拡張したものを等確率性仮定と呼ぶ [1]．Hattori & Oaksford (2007) で行われたシミュレーションにおいて，この現実的な仮定は，合理分析のために，C と E の生起確率が殆ど等しいという母集団に対する制約として環境に組み込まれた．本研究における合理分析においても，彼らと同様にこれを仮定する．

3.3 ワーキングメモリ容量の制限

人間の因果推論について考える上で，ワーキングメモリ容量の制限を考慮する必要がある．人間の記憶力には限りがあるため，推論に際して，これまでに観測した全ての情報を用いることはできない．膨大に存在するという d-セルを考慮すると，それによって貴重な容量が圧迫されてしまうことが懸念される．Hattori & Oaksford (2007) で行われたシミュレーションについて，彼らは分割表をサンプリングする際に二つの手法を用いることでその問題への対処法を示した．1 つ目は，従来通り，観測した事象の総数を $N = a+b+c+d$ とみなすサンプリングを行う方法であり，これを N-サンプリングという．二つ目は，膨大にあり曖昧であると考えられる d-セルを無視し，観測した事象の総数を $N_W = a+b+c$ とみなす N_W-サンプリングである．

4. モデルの定義可能性

コンピュータ・シミュレーションによる合理分析を複数のモデルに対して行うとき，モデルの定義可能性を考慮する必要がある．モデルが定義される (モデルが特定の値を取る) 場合には，表 2 に示すような違いがある．表は a, b, c, d がそれぞれゼロか 1 以上 (0 or +) であるかを考慮したときに可能な 16 通りの組み合わせに対して，各モデルが定義できるか否か (D or -) を示している．

例えば，$(a,b,c,d) = (0,0,1,10)$ のとき，DFH は値を導出する際にゼロ除算が生じるために定義されないが，このとき $pARIs$ は値に 0 をとるため定義される．このように，指標が定義される場合には包含関係が存在する．表 2 より，$pARIs$ の定義可能性は他の全てのモデルを包含しており，他のモデルよりも多くの場合に定義されることがわかる．このような定義可能性の問題は小サンプルからの推論を行う上で特に重要であり，また稀少性を仮定する場合は更に重要となる．表 2 から分かるように，非ゼロのセルが多いほど多くのモデルが定義され，中でも $N(C,E)$ の観測が重要であることが分かる．稀少性仮定が成り立つとき各事象の生起確率 $P(C)$, $P(E)$ は小さく，これは $P(\neg C,\neg E)$ 以外の事象が生起する確率が小さいことを意味する．実際に $P(C) = P(E) = .1$ のとき，$P(a) = P(C,E)$ は $[.01, .1]$ の範囲のいずれかの値を取り，$P(b) = P(C) - P(C,E), P(c) = P(E) - P(C,E)$ は $[0, .09]$ の範囲のいずれかの値を取るが，これは非常に低い確率であることがわかる．

現実世界における作動記憶容量の制限ならびに事象を観測することの困難さを考慮すると，モデルはより

表 2　モデルの定義可能性

Case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$N(C,E)$	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+
$N(C,\neg E)$	0	0	0	0	+	+	+	+	0	0	0	0	+	+	+	+
$N(\neg C,E)$	0	0	+	+	0	0	+	+	0	0	+	+	0	0	+	+
$N(\neg C,\neg E)$	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+
ϕ	-	-	-	-	-	-	D	D	-	D	-	D	-	D	D	D
ΔP	-	-	-	-	-	D	D	D	-	D	D	D	-	D	D	D
DFH	-	-	-	-	-	-	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
$pARIs$	-	-	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

小さいサンプルから定義される方が好ましい．また，あるモデルが定義可能性の観点で優れているということは，事象間の非独立性を推定する上でモデルがエージェントに対してより多くの情報をもたらすことを意味する．

5.　非独立性検出としての観察的因果帰納

5.1　観察的因果帰納モデルの計算論的目標

注目する結果事象に対応する原因を見つけ出すという理論的枠組みにおいて，Hattori & Oaksford (2007) は人間の因果推論のプロセスが 2 つの段階から成るという因果推論の二段階理論を提唱した．2 つの段階とは，専ら生起した事象の観察によって無数の事象の中から結果事象の原因でありそうな事象を抽出するヒューリスティック段階と，第一段階で抽出された原因候補事象についてそれが真に原因事象であるかを介入（すなわち，事象の生起を操作すること）によって検証する介入段階である．現実世界における人間の因果的な推論には，記憶能力や処理能力の制限，また時空間的な制限などが課されているのにも関わらず，考慮しなければならない事象の数は無数に存在する．そのため，人間の因果推論の第一段階が因果関係がありそうな少数の候補事象を絞り込むことからはじまるとするこの仮定は現実的な環境を考慮した上で妥当なものであるといえる．

ここで，ヒューリスティック段階における目標とは観察に基づいて結果事象の原因でありそうな事象を抽出することであり，これに対応する計算論的な目的として例えば共変動 (相関) の検出がある．これは，ある 2 事象について因果関係があればそれらは相関しているということが殆どの場合に成り立つため，相関関係にあるものを抽出すれば基本的に因果関係がある事象を見逃すことはないだろうという論理に基づくものである．Hattori & Oaksford (2007) はヒューリスティック段階の計算論的目標を共変動の検出と見なし，因果帰納モデル DFH がこれを行うとした．しかし，事象の絞り込みに適した計算論的な目標は相関検出だけに限らない．相関検出の場合と同様の論理に基づき，非独立性の検出も事象の絞り込みに適していると言える．

相関と非独立の関係性について考えると，2 事象が相関しているならばそれらは非独立であるという関係が成り立つ．これは相関があることは非独立であることよりも限定的な概念であることを意味する．例えば，2 つの事象について，因果関係があるのに相関が見られない場合には原因事象の見逃しが発生してしまう．非独立の場合も同様の場合は存在しうるが，非独立であることは相関関係であることよりも包括的であるためにより見逃しが発生しづらい．この意味で非独立性の検出に基づくフィルタリングの方がより堅牢性において優れていると考えられる．

本研究は，人間の因果推論の第一段階における計算論的な目標が非独立性の検出にあると仮定した上で，これを行う観察的因果帰納モデルの合理性について分析を行う．

5.2　稀少性仮定下での非独立性の尺度

因果推論の二段階理論によると，人間は因果推論の最初の段階において無数の原因候補事象と結果事象の中から最も関係がありそうな事象の対を抽出する．本研究では，この段階における事象の抽出が共変動検出ではなく稀少性仮定の下での非独立性の検出によって行われると仮定した上で，各モデルの振る舞いと合理性を分析する．

稀少性仮定の下での非独立性の尺度は以下の手順にしたがって定義される [4]．まず，原因候補事象 C と結果事象 E が統計的に独立しているとき，次の等式が成り立つ．

$$P(C,E) = P(C)P(E) = P(C \mid E)P(E \mid C) \quad (10)$$

これを頻度で表すと，

$$\frac{N(C,E)}{N(\Omega)} = \frac{N(C)}{N(\Omega)}\frac{N(E)}{N(\Omega)} = \frac{N(C,E)}{N(E)}\frac{N(C,E)}{N(C)} \quad (11)$$

となる．ここで，$N(\Omega) = a+b+c+d$ である．上の式に極稀少性仮定に基づいた極限操作 $(d = N(\neg C, \neg E) \to \infty)$ を行うと，$N(\Omega)$ に含まれる $d = N(\neg C, \neg E)$ が無限大に発散するために第一項と第二項が 0 に収束するが，第三項は内部に $N(\Omega)$ あるいは $N(\neg C, \neg E)$ を含まないため，極限操作による影響を受けない．式 (10) から，その第三項は稀少性仮定のもとで両事象が独立している場合に 0 の値を取ることがわかる．また，$P(C \mid E)P(E \mid C) = 1$ となるとき $P(C \mid E) = P(E \mid C) = 1$ であるが，このとき C と E は等価，つまり C と E は最も非独立の関係にあることを意味する．したがって，$P(C \mid E)P(E \mid C)$ は統計的な独立性の定義から導かれる極稀少性仮定下での非独立性の尺度であり，本論文において以降はこれを便宜上 DR (dependence under rarity) と呼ぶ．

$$DR = P(C \mid E)P(E \mid C) \quad (12)$$
$$= \frac{a}{a+c} \cdot \frac{a}{a+b} \quad (13)$$

ここで式 (5) および式 (12) より，DFH は DR の平方根と等価である．また，式 (9) も合わせて考えると，DR, DFH, $pARIs$ はいずれも 2 つの条件文「C ならば E」と「E ならば C」がともに成り立つときに高い値を取るということが分かる．これらの違いは，DR は 2 つの条件文の確率表現の積，DFH はその幾何平均，$pARIs$ は 2 つの条件文が同時に成り立つ確率として表現されることである．

6. シミュレーション

6.1 シミュレーション 1: モデルの定義可能性

このシミュレーションでは，母集団の非独立性尺度 DR_0 を変動させた上で，分割表における事象の数が 1 つずつ増加してゆく連続的なサンプリングにおいて，各モデルが定義される割合がどのように遷移するかを示した．

6.1.1 方法

まずはサンプルを生成するための母集団を設定した．母集団の非独立性の尺度 DR_0 を $[.0, 1.0]$ の範囲で .1 刻みで変動させ，事象の生起確率については稀少性仮定を反映させ $P(C) = P(C) = .2$ とした．これにより，分割表のセルの多項分布がそれぞれ $P(a) = P(C,E)$, $P(b) = P(C) - P(C,E)$, $P(c) = P(E) - P(C,E)$, $P(d) = 1 - P(C) - P(E) + P(C,E)$ と決定された．次に，各 DR_0 に対して，設定した多項分布について $N(orN_W) = 15$ に達するまで試行を繰り返し，一連の頻度情報を 1 つの分割表にまとめた．これを繰り返し，1000 個の分割表を生成した．生成した各分割表に対して，N または N_W が 15 に達するまでの間，各モデルが定義できるどうかを判定し，最後にその割合を求めた．また，安定した見積もりを得るために上記の手続きを 100 回繰り返し，平均を求めた．

6.1.2 結果と考察

シミュレーションの結果を図 1 に示した．

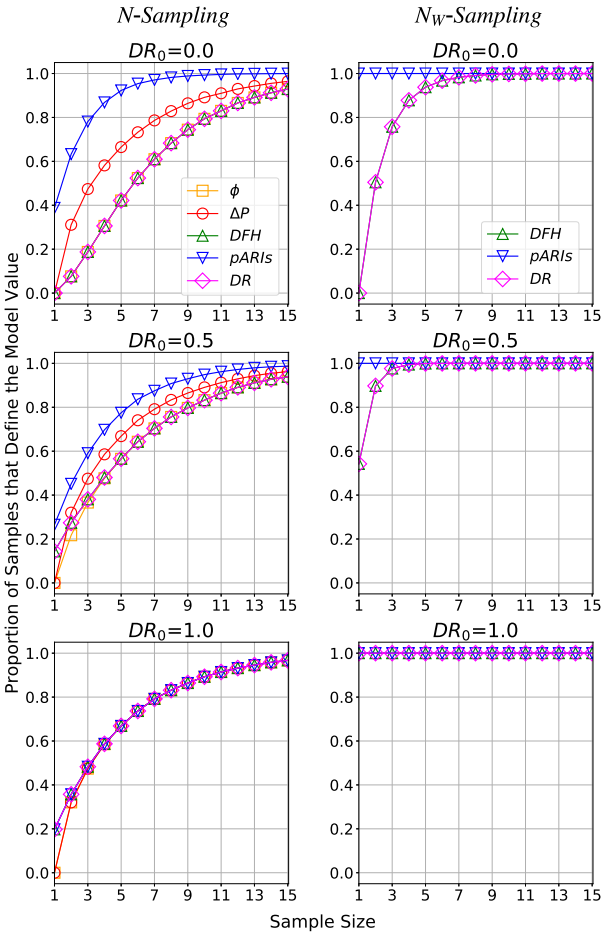


図 1 モデルが定義される割合の推移

図 1 から，全ての DR_0 について，$pARIs$ はその他のモデルと比べての定義される割合が大きいことが分かる．定義される割合の大小関係は，$pARIs > \Delta P >$

$DFH = DR \fallingdotseq \phi$ のようになっており，これは表 2 に示した包含関係と概ね一致している．なお，DR は DFH の 2 乗であるため，これらが定義される場合は等しい．DR_0 の割合に対する影響として，定義される割合の差は DR_0 が小さいほど大きくなる傾向にある．

シミュレーションの結果から，$pARIs$ は稀少性仮定の下で他のモデルと比較して，より広範な場合に母集団の非独立性を推定可能であり，その差は DR_0 が小さいほど大きくなることが示された．

6.2 シミュレーション 2: モデルとサンプル DR または母集団 DR との適合

各モデルが稀少性仮定のもとでの非独立性の尺度 DR とどの程度同様に振る舞うかを示した．また，各モデルが母集団パラメータ DR_0 をどの程度良く推定するかをシミュレーションにより求めた．

6.2.1 方法

分割表を生成するために 3 つの母集団パラメータである $P(C) = P(E)$，$P(C, E)$ を設定した．$P(C) = P(E)$ は稀少性仮定の下での効果を確認するために，$[.0, 1.0]$ の範囲で .1 刻みで変動させた．$P(C, E)$ は一様分布 $Unif(P(C)P(E), min(P(C), P(E)))$ から求めた．これにより，各分割表のセルの分布が決定された．この確率分布に基づいて各分割表の母集団の非独立性の尺度 DR_0 を計算した．なお，ワーキングメモリ容量の制限がもたらす影響を確認するために，分割表に含まれる事象の数は以下のように決定された．$N(orN_W) \sim Norm(\mu, (\mu/7)^2), \mu = (7, 14, 56)$．上記のように設定された母集団パラメータ $(P(C)$，$P(E)$，$N(orN_W))$ の各組み合わせに対して 500 個の分割表を生成した．ここで，用いる分割表の集合を比較するモデル間で統一するために，生成される分割表には比較するモデル全てが定義されるという条件を課し，条件を満たさないものは破棄した．また，$P(C, E)$ と N(または N_W) は各分割表に対して独立にサンプリングした．生成された分割表について各モデルの値を求め，それぞれの値について DR または DR_0 との決定係数 r^2 を計算した．安定した見積もりを得るためこの過程を 100 回繰り返し，平均を取った．

6.2.2 結果と考察

シミュレーションの結果について，各モデルと DR との適合を図 2 に，DR_0 との適合を図 3 に示した．各図について，左側が N-サンプリング，右側が N_W-サンプリングに対する結果である．N_W-サンプリングについては，d-セルを無視する $pARIs$ と DFH, DR のみ結果に含めた．

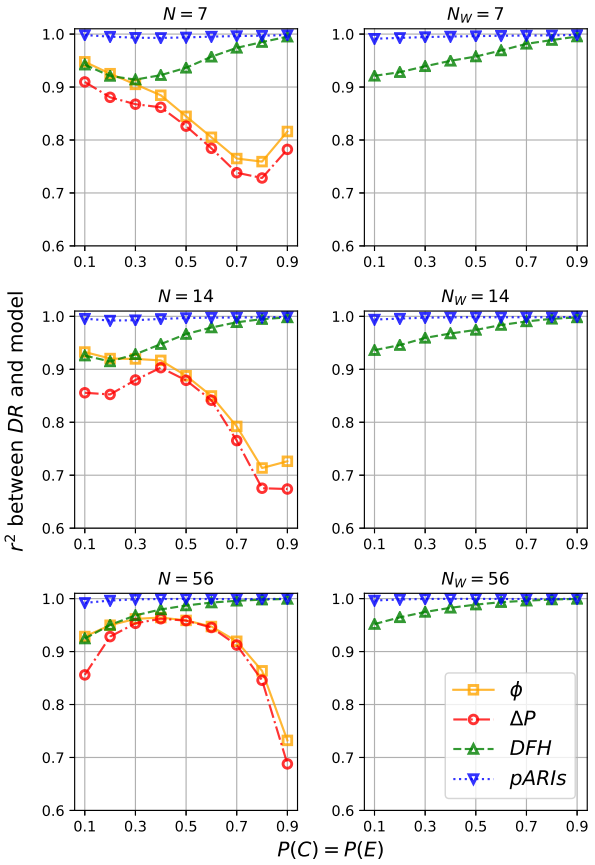


図 2 DR とモデル値の決定係数

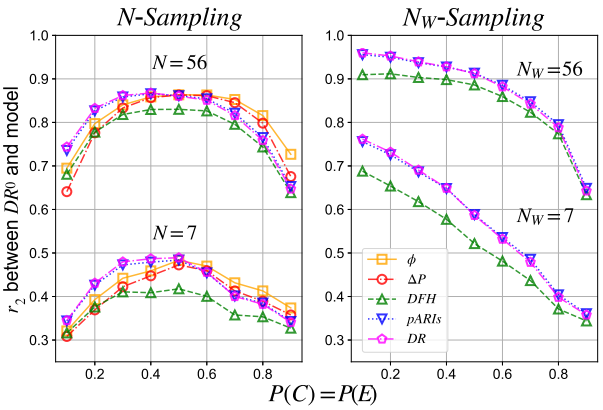


図 3 DR_0 とモデル値の決定係数

図 2 から，生成された分割表に対して $pARIs$ は DR と極めて高い適合を示し，同じように振る舞うことが分かった．

また，図 3 から，特に $P(C) = P(E)$ の値が小さい (稀少性仮定が成り立つ) とき，設定した全てのサンプルサイズにおいて $pARIs$ モデルが DR と同程度に，またその他のモデルと比べてよく DR_0 を推定することが示された．DR_0 との適合について，稀少性仮定下での傾向として，$DR \fallingdotseq pARIs > \phi > DFH \fallingdotseq \Delta P$ のような関係にあることが分かる．

6.3 シミュレーション 3: モデルの平均と標準偏差の推移

このシミュレーションでは，母集団の非独立性尺度 DR_0 を変動させた上で，分割表における事象の数が 1 つずつ増加してゆく連続的なサンプリングにおいて，各モデルによる推定値の平均値と標準偏差がどのように推移するかを示した．

6.3.1 方法

母集団パラメータの設定について，非独立性の尺度 $DR(DR_0)$ を .2, .5, .8 の三段階で変動させ，稀少性仮定に基づき $P(C) = P(C) = .2$ とした．シミュレーション 1 と同様に，設定した母集団パラメータに基づき定まった多項分布について試行を繰り返し，各 DR_0 について 5000 個の分割表を作成した．この際，各モデル値の収束を見るため，N または N_W が 30 に達するまで試行を行った．試行の度に分割表からモデルの値を算出し，最後にその平均と標準偏差を求めた．また，安定した見積もりを得るために上記の操作を 200 回繰り返し，それぞれの平均を求めた．

6.3.2 結果と考察

シミュレーションの結果を図 4 に示した．左の 2 列が N-サンプリング，右が N_W-サンプリングの結果である．また，それらのうち左がモデル値の平均の推移，右が標準偏差の推移である．

平均値の推移に着目すると，ΔP と $pARIs$ は最初から安定した値を取るのに対し，ϕ と DFH，DR は最初に高めの値を取り，次第に収束してゆくことが分かる．DFH や DR のこのような挙動は，サンプルサイズが 1 つのみの場合，DFH や DR は $(a, b, c, d) = (1, 0, 0, 0)$ のときのみ定義され，その値は 1 であることから説明できる．また，DR に次いで $pARIs$ の収束先が DR_0 に最も近く，より母集団に忠実な値を取る傾向にあることが示された．

続いて標準偏差の推移に着目すると，モデル間の相対的な比較として，まず DFH の標準偏差が安定して小さいということが分かる．ただし，特に初期段階の小ささについては，必ずしもモデルの優位性を示すものではないことに留意したい．先程言及したように，DFH は平均値の推移においてサンプルサイズが 1 つの場合に必ず 1 を値に取るために，標準偏差の推移は必ず 0 から始まるからである．また，ΔP と ϕ は中間的で，$pARIs$ と DR は DR_0 に比例することが読み取れる．

上記の比較はあくまでもモデル間の標準偏差の相対的な比較であり，絶対的な観点から分析を行うと，$pARIs$ の標準偏差は DR_0 に比例して増加している訳ではなく，むしろ全ての DR_0 に対して一定の推移を見せていることが分かる．これは，その他のモデルの標準偏差が DR_0 に反比例して減少しているということを意味する．この性質が何に帰属するものかを考察すると，それは各モデルが取る値の偏りの度合であると考えられる．平均値の推移に着目すると，全てのモデルが実際の DR_0 よりも上に偏った値に収束することが分かる．DFH は最もその傾向が高く，$pARIs$ は DR に次いで最も DR_0 に忠実である．各モデルの値域の上限が 1 であることを考慮すると，特に DR_0 が高いときに，より上に偏ったモデルほど標準偏差が小さくなることが予想される．実際にモデル値の偏りと標準偏差の順序関係を見比べると，そのような対応関係が存在していることが読み取れる．

6.4 シミュレーション 4: 非独立性判断の精度

因果帰納の二段階理論における因果帰納モデルの役割は第一段階にあり，それは無数に存在する原因候補事象と結果事象の中から最も関係がありそうな組み合わせを抽出することである．そして，ここで抽出された原因候補に対してのみ，第二段階において介入の操作が行われ，それが真の原因であるかどうかが検証される．すなわち，因果推論の二段階理論における各モデルの役割は原因候補事象と結果事象の間に関係性があるか否かの二値分類 (構造の推定) であるとみなすことができる．このシミュレーションでは DR_0 とモデルの両方に閾値を設定し，母集団とモデルの判断の一致率を求める．例えば，DR_0 の閾値が .5 だとする

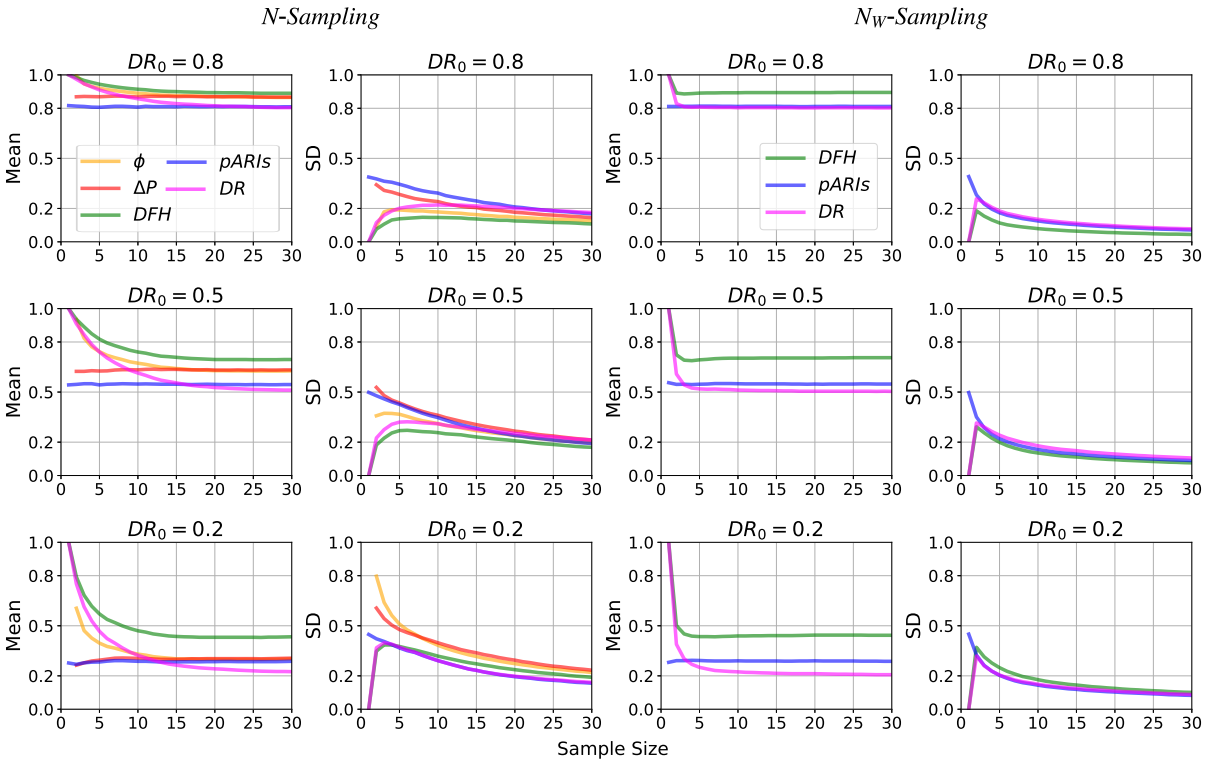


図 4　モデル値の平均と標準偏差の推移

と，実際の DR_0 がこれよりも大きいとき C, E の間に関係があり，そうでなければ C, E は無関係となる．同様に，モデルの閾値が .5 だとすると，モデルの値がそれよりも大きい時にモデルは C, E の間に関係があると判断し，そうでないときに C, E は無関係だと判断することになる．

6.4.1　方法

母集団パラメータの設定として，稀少性仮定に基づいて $P(C) = P(E) = .2$ とし，DR_0 を $[.0, 1.0]$ の範囲で .1 刻みで変動させた．シミュレーション 1 と同様に，設定した各 DR_0 に対して，$N(or N_W) = 7, 56$ となる分割表をそれぞれ 500 個生成した．続いて，DR_0 の閾値とモデルの閾値を $[.0, 1.0]$ の範囲で .1 刻みで設定し，生成した全ての分割表に対してモデルの値を算出した．モデル値とモデルの閾値，DR_0 と DR_0 の閾値に基づいて母集団の設定とモデルの判断が一致するかを確認した．なお，モデルが定義されない場合は関係の有無を無作為に判断させた．最後に，DR_0 の各閾値に対して最も判断の一致率が高くなるモデル値の閾値と，そのときの一致率を求めた．また，一致率について，安定した見積もりを得るためこの過程を 20 回繰り返し，平均を取った．

6.4.2　結果と考察

シミュレーションの結果を図 5 に示した．

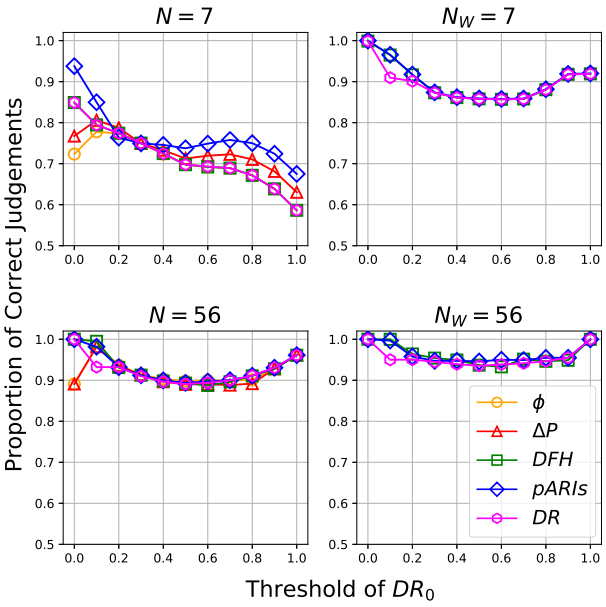


図 5　非独立性判断の精度

結果から，$N = 7$ のとき，$pARIs$ が他のモデルよりも高い精度を示し，サンプルの内容が充実するにつれモデル間の差は小さくなることが読み取れる．一方

で $N_W = 7$ の場合には pARIs と DFH の差は殆ど見られないことから，$pARIs$ は特にサンプルサイズが 7 よりも小さいような場合に DFH や他のモデルよりも高い一致率を示すことが分かる．

7. 総合議論

本論文において，4 つのシミュレーションを行うことで，稀少性の下での非独立性の近似として各モデルの合理分析を行った．この章では，示された結果について総合的な議論を行う．

7.1 $pARIs$ による DR の近似性能

シミュレーション 1 の結果は，特に DR_0 とサンプルサイズが小さいときに，$pARIs$ が DR を含む他のモデルよりも定義可能性の観点で優れていることを示している．定義可能性において優れているということはスモールサンプルからの推論により対処可能であることを意味する．現実において十分な大きさのサンプルが得られるとは限らず，事象の生起を待つのに十分な時間的猶予が存在するとも限らないため，定義可能性において優れているということは，より現実の環境に適している．

シミュレーション 2 の結果より，まず，$pARIs$ が DR と極めて高い適合を有することが明らかになった．続いて，サンプル DR よりも更に重要な母集団パラメータ DR_0 との適合においても，$pARIs$ は DR と同程度の適合を示すことが明らかになった．この結果は，$pARIs$ が，DR よりも定義可能性が高く，計算コストが小さく，更に DR の近似として十分に振る舞うことを示唆する．また，これらの結果は，シミュレーションに用いた分割表を全てのモデルが定義されるものに制限するという，$pARIs$ の定義可能性に関する利点が考慮されない条件下で得られたものであることに注意したい．

シミュレーション 3 の結果は，標準偏差の推移では特に初期段階において $pARIs$ が DR よりも劣るものの，平均値の推移において $pARIs$ が DR よりも早く収束することを示した．また，N_W-サンプリングの結果に注目した場合には，初期段階を除いて平均値，標準偏差ともに DR と $pARIs$ の間に殆ど差は見られない．また，シミュレーション 4 の結果は，N_W が 7 未満であるような極めて初期の段階において，$pARIs$ が DR をはじめとするその他のモデルよりも母集団の設定との高い一致率を示すことを明らかにした．

これらの結果から，$pARIs$ は，より定義可能性が高く計算コストが小さい DR 近似として振る舞うことが明らかになった．人間の因果的直感と高い適合を示す $pARIs$ が稀少性仮定下での非独立性の尺度の優れた近似として振る舞う事実は，人間の因果的直感が事象間の相関検出というよりは，非独立性検出に基づいている可能性を示唆する．

7.2 モデル値のデフォルト

シミュレーション 1 ではモデルの定義可能性についての分析を行い，$pARIs$ がより多くの場合に定義されることを示した．シミュレーション 1,2 では，分析に用いるサンプルを統一するために，定義されないモデルが存在するような分割表がサンプリングされた場合にはそれを除外して再サンプリングを行っているが，モデル間の比較という観点においてこれは公正ではない．例えば $pARIs$ は定義されているのにも関わらず，ϕ が定義されないという理由である分割表が棄却されるということが起こりうるが，これは定義可能性の小さいモデルにとって有利な条件である．

これを解決する方法の 1 つは，モデルが定義されない場合のデフォルトの値を考慮することである．例えばモデルのデフォルト値を 1 とするならば，モデルが定義されない場合にそれが非独立であると推定することになり，0 とするならば独立であると推定することになる．どちらのデフォルト値が妥当であるかという判断は，原因候補の抽出が行われる方法によって異なる．例えばデフォルト値が 1 であるということは予め全ての事象対に関係性を認め，その後の観察によって関係性がないと判断されたものから除外していくという方法を想定しており，これは DR_0 が小さいときに優れた性能を示すモデルは無関係な事象の除外に適している．一方，デフォルト値が 0 であるということは，その逆で，予めすべての事象は無関係であると考え，その後の観察によって関係性があると判断された 2 事象を抽出していく方法を想定しており，これは DR_0 が大きいときに優れた性能を示すモデルは無関係な事象の除外に適している．DR_0 が小さいときに定義可能性の観点で優れており（図 1）, モデル値の標準偏差が小さくなる（図 4）という $pARIs$ の特性を考慮すると，$pARIs$ は特に前者の方法に適していると考えられる．

前者はいわば判断の保留であり，実際は関係があるのに無関係だと判断される第一種過誤 (False positive) を最小化することが期待される．後者はその逆で，実

際は関係がないのに関係があると判断される第二種過誤 (False negative) を最小化することが期待される．計算コストという観点においては後者の方が優れているものの，真の原因の検出という目的をより確実に達成するためには，より見逃しの少ない前者の方が優れていると考えられる．

7.3 ベイジアンネットワークへの応用

人間が行動する環境の因果的構造は，無数の変数を持つ複雑な因果ネットワークであると想定されるが，本研究で用いた単純因果帰納の枠組みは，心理学的な研究のしやすさのために極度に単純化されている．人間が因果関係の知識を獲得してそれを活用して扱う実際のタスクにおいては，リソースの制約や即応性の要求など，より現実的な合理性が求められる．

複数の事象の間の因果的な関係の強さと構造をグラフ構造と条件付き確率表を用いて表現したベイジアンネットワークという確率推論モデルが存在する．そのグラフの構造学習の 1 つに厳密解探索手法と呼ばれる手法が存在するが，この手法による構造学習は NP 困難であり，ノード数の増加に伴い計算コストが膨大になる問題がある．そこで，より実用的な手法として条件付き独立検定を用いた構造学習が用いられる．

この手法の最も代表的な PC アルゴリズムは，まず完全グラフを仮定し，その後無関係な辺を除外していく．これは前節で言及したデフォルト値を 1 とすることに相当していると考えられる．完全グラフを仮定した後，PC アルゴリズムは，条件付き独立性検定のフェーズにおいて無向グラフを作成したのち，オリエンテーションフェーズにおいて辺の方向を決定づける．各フェーズは二段階理論におけるヒューリスティック段階と介入段階と意味するところが似ているようであり，正確な対応関係については更なる考察が必要である．

ここで，シミュレーション 4 で行われたモデルの二値判断 (すなわち，2 事象が独立しているか否か) が，ベイジアンネットワークの構造学習におけるノードの有無（2 事象が条件付き独立か否か）の判断に対応していると考える．実際に，シミュレーション 4 の結果は，独立か否かの二値判断において，特にサンプルが小さいときに $pARIs$ が他のモデルよりも優れた振る舞いを見せることを示している．PC アルゴリズムにおける条件付き独立性の検定の代わりに，人間の因果的直感と高い適合を示し，稀少性仮定の下での非独立性の尺度の優れた近似でもある $pARIs$ を用いることで，より倹約的かつ人間的な構造学習が実現できる可能性がある．

8. 結論

本研究では，人間の因果帰納の二段階理論における第一段階の計算論的な目標として，従来は相関検出と見なされていたものを稀少性仮定の下での非独立性の検出であると見なした上で，観察的因果帰納モデル $pARIs$ について適応的合理性の観点から分析を行った．結果から，$pARIs$ が従来のモデルよりも多様なサンプルに対して，稀少性仮定の下での非独立性の優れた近似として振る舞うことを示した．人間の因果的判断と高い適合を示すことが明らかになっている $pARIs$ がこのように振る舞う事実は，人間の因果推論の最初のプロセスが共変動の検出よりも非独立性の検出に基づいている可能性を示唆する．

文献

[1] Masasi Hattori and Mike Oaksford. Adaptive non-interventional heuristics for covariation detection in causal induction: Model comparison and rational analysis. *Cognitive Science*, Vol. 31, No. 5, pp. 765–814, 2007.

[2] H. M. Jenkins and W. C. Ward. Judgment of contingency between responses and outcomes. *Psychological Monographs: General and Applied*, Vol. 79, No. 1, pp. 1–17, 1965.

[3] Mike Oaksford and Nick Chater. A Rational Analysis of the Selection Task as Optimal Data Selection. *Psychological Review*, Vol. 101, No. 4, pp. 608–631, 1994.

[4] T. Takahashi, K. Oyo, A. Tamatsukuri, and K. Higuchi. Correlation detection with and without the theories of conditionals. In *Logic and Uncertainty in the Human Mind*, pp. 207–226. 2020.

[5] Tatsuji Takahashi, Yu Kohno, and Kuratomo Oyo. Causal induction heuristics as proportion of assumed-to-be rare Instances (pARIs). *Proceedings of the 7th International Conference on Cognitive Science (ICCS2010)*, pp. 361–362, 2010.

[6] Tatsuji Takahashi, Junki Yokokawa, and Kuratomo Oyo. 少数サンプルからの帰納推論と双条件付確率. *The 28th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, pp. 2–5, 2014.

プロンプト提示による協同プロセスの促進：ICAPに着目した実験的検討

Facilitating collaborative learning process by prompting: Focusing on ICAP

下條　志厳†，林　勇吾‡
Shigen Shimojo, Yugo Hayashi
† 立命館大学大学院人間科学研究科，‡ 立命館大学総合心理学部
† Graduate School of Human Science, Ritsumeikan university, ‡ College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University
cp0013kr@ed.ritsumei.ac.jp

概要

本研究の目的は，学習者の状態に基づかないプロンプトの提示によってInteractive，Constructive，Activeが促進されるのか実験的に検討することである．そこで，それぞれの会話活動に関するコーディング基準に基づいてプロンプトを作成し，ランダムにプロンプトを提示した．その結果，プロンプトを提示された学習者は提示されなかった学習者よりもInteractive，Constructiveに関する発話をより多く行うことが分かった．ただし，プロンプトを提示された条件におけるInteractive，Constructive，Activeに関する発話数に差は確認されなかった．

キーワード：ICAP framework，ファシリテーション，協同学習，発話分析

1. はじめに

協同学習プロセスにはさまざまな活動があり，学習支援を行うためには，そうした活動の分類を行わなければならない．そのため，ICAP (Interactive-Constructive-Active-Passive) フレームワーク [1, 2] では，協同において重要な活動である建設的なインタラクション [3, 4, 5] をはじめとした協同学習プロセスを分類している．しかし，どのような支援が有効であるのかは明らかになっていない．近年，協同学習では，学習者の状態に基づいた適応的な支援が検討されているが，ランダムにプロンプトを提示することによる効果も同様に明らかにされている [6, 7]．プロンプトとは，ある特定の学習活動を生じさせることを目的とし，質問といったことを行うことで誘発することである [8]．そこで，本研究では，プロンプトを提示することによって，ICAPフレームワークのInteractive，Constructive，Activeをそれぞれ促進できるのか検討を行う．以下，1.1節では協同学習プロセスの分類と協同学習を支援する際の問題点を述べ，1.2節では協同学習の支援を紹介し，プロンプトの有効性を説明した後に，それらを踏まえて1.3節において本研究の目的と仮説を述べる．

1.1 協同学習プロセスの分類とその支援方法の問題点

協同学習における重要な活動には，個人レベルや協同レベルでさまざまな活動がある．まず，個人レベルで生じる活動では，繰り返し読んだり [9, 10]，言い換えたり単純に要約すること [11] が学習にとって有効な活動であることが分かっている．次に，協同では，自分に対して説明を行う自己説明活動 [12, 13, 14, 15] や自分の考えを外化し，お互いの異なる考えに基づいて自分の理解を再構築する建設的なインタラクション [3, 4, 5] の有効性が知られている．つまり，協同では，個人において生じる活動だけではなく，協同に特有の活動を行うことが可能であるということである．ただし，異なる視点を錯視の原理を用いて作り出した [16, 17] では，建設的なインタラクションを行うことが難しいことが分かっている．したがって，個人で行うことが可能な活動に加えて，協同ではお互いの貢献に基づいて，掘り下げていく深いインタラクションを行うことによって，より学習効果が得られると考えられるが，そうしたインタラクションを行うことは容易ではない．そのため，協同学習において学習支援を行うためには，こうしたインタラクションを理論的に整理することが重要である．

協同学習では，会話活動を分類し，分析するといった試みが多く行われている．たとえば，[18] では，協同学習プロセスを大きく5つに分類し，9つの側面から捉えた．具体的には，(1)Communicationは，

共通理解を構築し，ターンテイキングを行う会話活動，(2)Joint information processing は，知識を外化し批判的に意見を交換し，合意形成を行う会話活動，(3)Coordination は，時間の調整や分業を行う会話活動，(4)Interpersonal relationship は，同等に貢献するための会話活動，(5)Motivation は，課題への取り組みに関する会話活動である．こうした協同学習プロセスは，CSCL(Computer-Supported Collaborative Learning) 状況におけるコミュニケーションを成功に導く協調的なプロセスを捉えていた．また，[19] では，協同学習プロセスを大きく 2 つに分類し，11 の側面から捉えた．具体的には，(1)Nonargumentative moves は，葛藤を引きおこさず，情報の提供や要求精緻化などの会話活動，(2)Argumentative moves は，葛藤を引き起こしたり，自分の認識的地位を高めたりする会話活動である．こうした協同学習プロセスは，考えの精緻化や賛成も含めた批判的な検討を行う論争的プロセスを捉えていた．その中で協同における学習活動を分類した ICAP (Interactive-Constructive-Active-Passive) フレームワーク [1, 2] がある．このフレームワークでは，協同学習プロセスを Interactive，Constructive，Active，Passive に分類している．Passive から Interactive にいくにつれて深いインタラクションになり，階層構造になっている．つまり，Interactive は，その他の下位の活動を含み，より学習教材の内容を深めた活動を行い，知識変容をもたらす．以下でそれぞれ具体的にみていく．Passive は，学習教材の内容を受動的に受け取るだけの活動である．Active は，学習教材に対する観察可能である明らかな活動であり，明らかな活動でなければ Passive になる．明らかな活動とは，言い換えといった発話活動や下線を引くといった運動的な活動を伴うものである．Constructive は，学習教材の内容を深め，その内容を外化する活動であり，学習教材の内容をそのまま繰り返すだけのものは Active になる．Interactive は，学習教材の内容を深め，その内容を外化し，その内容に基づいて意見を構築したり，質問したり，お互いに意見を交換し，実質的な貢献をする活動である．また，一方の学習者が貢献していたとしても，もう一方の学習者が単純に同意したりする発言である場合は，Interactive ではない．したがって，上記の 2 つと同様に，協同学習において重要な活動を分類することが可能であり，どのような活動をファシリテーションする必要があるのか提供することができるフレームワークであるといえる．

上記の内容を踏まえると，協同学習における活動を Interactive，Constructive，Active，Passive に分類することができ，認知科学において重要とされる建設的なインタラクションを捉えているといえる．また，協同学習において支援するには，Interactive だけではなく，Interactive な活動を行うのに不可欠な活動である Constructive，Active を含めた 3 つに関して支援を行う必要がある．ただし，どのような支援が有効であるのかは分かっていないといえる．そして，協同学習において支援がない場合は，階層構造であるため，Interactive に関する発話が少なく，続いて Constructive，Active になると考えられる．Interactive，Constructive，Active に関する会話活動を行うことは容易なことではなく，教師をはじめとするファシリテーターが学習者をファシリテートすることが重要になる．たとえば，Interactive では，相手の視点を理解しなければならないが，他者視点の理解が難しいことが分かっている [16]．さらに，Interactive に関する発話である反論を行うこと自体が難しいことも分かっている [20]．実際にメタ分析を行った研究では，コンピューターを用いた協同学習において学習パフォーマンスの促進が必ずしも生じないことが分かっている [21]．つまり，協同学習を単純に行えばいいわけではない．以下では，協同学習における支援を紹介し，どのような支援を行うべきであるのか検討する．

1.2 協同学習におけるファシリテーション：プロンプト提示の有効性

CSCL の分野では，コミュニケーションを行う環境や知識を共有するツールを提供し，協同学習の支援を行ってきた．たとえば，[22] では，Reflective Collaboration Note(ReCoNote) を用いて自分の知識や考えを外化し，より容易にお互いの考えが共有できる場を提供している．たとえば，個人用のノートを設け自分の考えを好きなように書きことができ，自分の知識や考えを外化することができる．また，他者のノートにリンクを作成することができ，よりお互いの外化した内容を吟味することが可能である．[23] では，ReCoNote と異なる知識を学習しそれを持ち寄り統合する活動を行うジグソー法，そして，初期理解を助ける Question-Answer Tool が用いられている．これらの支援ツールを用いることによって，建設的なインタラクションが促進されることが明らかにされている．そうした中で，1.1 節で述べたように，協同学習では教師をはじめとするファシリテーションの必要性が明らかにされている．たとえば，CSCL 環境下では，予めどのような手順で学習し，プロンプトを提示するの

か決め構造化するスクリプトと呼ばれる学習支援が取られている．たとえば，[24] では，認識的スクリプトと社会的スクリプトを用いて検討を行った．その結果社会的スクリプトは学習に有効なことが分かった．前者は，どのように知識を再構築するのかという活動であり，後者は，どのようにインタラクションを協同相手と行うのかという活動である．しかし，こうしたスクリプトには構造化しすぎることによって，モチベーションの低下が生じるという Over-scripting という問題があることが分かっている [25]．そのため，完全に構造化せず，学習者の状態に基づいて適切な支援を提供する試みが行われている．

近年では，Intelligent Tutoring System (ITS) の分野において協同学習における学習者の状態に基づいた支援の検討が行われている．これまで ITS の分野では，ACT-R モデルを搭載し，学習者の状態に基づいた支援を行った Cognitive Tutor[26] をはじめとしてさまざまな支援が個人学習において研究されてきた．協同学習の支援の 1 つには Pedagogical Conversational Agent (PCA) を用いた支援の検討がある．[27] では，協同において，事前知識に基づいて意見を構築することを促進させる PCA が推論を引き出し，学習パフォーマンスが向上するのか検討している．その結果，PCA の介入による効果がみられた．また，[28] では，PCA を用いて効果的なインタラクションのデザインを実験的に検討している．そこでは，説明活動とコミュニケーションをうまくいかせるファシリテーションプロンプトが用いられている．PCA は用いていないが，学習者の状態に基づいた支援を行う研究もでてきている．[6] では，適応的なプロンプト提示条件，ランダム条件，偽の適応的なプロンプト提示条件を比較することによって適応的な支援の有効性を検討している．その結果，適応的なプロンプト提示の効果がみられた．また，ランダムにプロンプトを提示することにおいても条件内のプレ・ポストの差分であるが，差はみられることが分かった．そこでのプロンプトは，説明活動を主に促進させるプロンプトであった．ただし，説明活動は ICAP の一部であり，1.1 節でみたように全ての活動（Passive を除いて）を促進させる必要がある．具体的には，注意を向け，テキストの内容を深め，お互いの考えに基づいて自分の考えを再構築することを行わせることが重要である．以上より，学習者の状態に基づいてフィードバックを行う適応的な支援は有効であるが，適応的な支援でなくても効果はみられると考えられる．また，現状では，特定の活動を促進させている支援が多いといえる．つまり，ある程度学習者の状態，特定の活動でだけではなく，協同プロセスを考慮する必要があると考えられる．

これまでの研究を概観すると協同学習の支援では，このようにプロンプトの提示効果の有用性が検討されてきた．そこで，[7] では，協同学習において重要な性質の異なるプロセスである協調的プロセスと論争的プロセスを促進させるプロンプトの提示効果を実験的に検討した．その結果，2 つのプロセスは文脈を考慮していない (ランダムな) 提示によっても効果があることが示唆された．以上のことから，協同プロセスを考慮し，ランダムにプロンプトを提示する効果がみられたといえる．このランダムに提示したプロンプトは，学習者の状態に基づいていないため，進行の妨げや学習者に無視されるケースがあった可能性があるが，プロンプト提示の有効性には影響していなかった．ただし，上記の研究 [6] の通り，学習者に状態に基づいた支援を行うことによってよりプロンプトの提示効果があると考えられる．また，この [7] においても協調的プロセスと論争的プロセスは ICAP と関連するものはあるが一部であるため，Interactive，Constructive，Active を捉えることができないでいない．

以上より，本研究では，まず ICAP に着目して，協同学習においてランダムにプロンプトを提示することの有効性を検討する．ただし強い効果はないと考えられる．そして，今後はその知見をもとに学習者の状態に基づいた適応的な支援を行う．

1.3 目的と仮説

本研究では，協同学習プロセスを分類した ICAP フレームワークに着目し，Interactive だけではなく，Interactive な活動を行うのに不可欠な活動である Constructive，Active を含めた 3 つを促進させる方法としてプロンプトの提示が有効であるのか検討する．また，先行研究からも明らかになっている通り，簡易なプロンプトによっても促進効果がみられている．これを踏まえて，本研究の目的は，ランダムにプロンプトを提示することによって協同学習プロセスである Interactive，Constructive，Active を促進させることができるのか検討することとする．それに加えて，ICAP の階層性を確かめるために，条件内の Interactive，Constructive，Active の関係を見ていく．従属変数として ICAP フレームワークの Interactive，Constructive，Active を用いて次の仮説を実験的に検証していく．

H1: プロンプトを提示した条件では，提示しない条件に比べて Interactive，Constructive，Active に関する発話数が多くなる．
H2-1: プロンプトを提示しない条件では，発話数がそれぞれ Interactive，Constructive，Active の順に多くなる．
H2-2: プロンプトを提示した条件では，統制条件と同様に Interactive，Constructive，Active の順に多くなる．

2. 方法

2.1 実験参加者と実験環境

実験に参加した大学生は，計 20 人 (男性 11 名，女性 9 名) であり，平均年齢は，19.20(SD = 1.21) であった．それぞれの参加者は，ペアに分けられ参加した．実験には，パソコンとモニターをそれぞれ用意し，会話を記録するために，ビデオカメラ (Sony, HDR-CX680) を用意した．また，本研究の課題で用いられるコンセプトマップは，CmapTools(https://cmap.ihmc.us/) を用いて参加者は作成した．このツールを用いることによってお互いのコンセプトマップを可視化でき，より他者の知識を吟味できる状況を作り出した．

2.2 実験手続きとシステム

本実験では，[29] において用いられている心理学の専門用語である帰属理論を使って，原因を推論するという課題を用いている．具体的には,「あなたは，教育実習生としてマイケル・ピーターという子と一緒に学校カウンセリングに参加しています.」ということを想定して，その人が抱える心的な現象を推論することを実験参加者は求められた．先行研究と異なる点は，そうした推論は，コンセプトマップを用いて行われたことであった．まず，個別にコンセプトマップを作成した後，お互いのコンセプトマップを参照しながら，協同でコンセプトマップを作成した．詳しくは，[30, 31] を参照されたい．

本研究では仮説を検証するために，2 つの条件を設けた，具体的には，プロンプトを提示しない統制条件とプロンプトを提示するプロンプト条件である．プロンプト提示システムの構築方法は，[7] を踏襲し，その実験における統制条件のデータは ICAP を用いて再分析した．手順としては，ICAP 観点でコーディングを行い，最も発話が生じていたペアを基準とし，プロンプトの提示回数を定めた．次に，コーディングスキーマをもとにプロンプトのフレーズを作成した．

2.3 従属変数

本研究では，協同でコンセプトマップを作成している時の発話を収集し，書き起こしを行い，コーディングを行った．そのコーディング基準は，[1, 2, 32] を参考に本研究の課題にあうように共著者と話し合い作成した．表 1 は，Active，Constructive，Interactive に関する発話を分類するためのコーディング基準の一部を抜粋したものである．それぞれ Active は 3 項目，Constructive は 4 項目，Interactive は 8 項目であった．Passive は，発話を伴わない活動であるため，本研究では扱わなかった．また，表 1 に示したコーディング基準に基づき，発話のコーディングを行った．ただし，第 2 コーダーを立てて，検討していなかったため，それは今後の課題である．

3. 結果

ここでは，本課題において Interactive，Constructive，Active の観点から，どのような発話が生じていたのか，プロンプト提示によってそれらの発話が促進されていたのか検討した．図 1 は，統制条件とプロンプト提示条件におけるその 3 つに関する発話数を記したものである．まず，プロンプトの提示効果があったのか確かめるために 2 要因の混合分散分析を行った．その結果，交互作用がみられた ($F(2,36) = 3.63, p < .05, \eta_p^2 = 0.17$)．続いて，単純主効果の検定を行った結果，Constructive と Interactive においてプロンプト条件が統制条件と比較して多いことが確認された ($F(1,18) = 8.5, p < .01, \eta_p^2 = 0.32; F(1,18) = 6.22, p < .05, \eta_p^2 = 0.26$)．したがって，H1 は Constructive と Interactive に関する発話が促進されていたため，H1 を概ね支持したといえる．

次に，それぞれの条件において Active，Constructive，Interactive の発話数に差異があるのか確かめるために，単純主効果の検定を行い，統制条件において有意な差が確認されたが，プロンプト条件においては確認されなかった ($F(2,18) = 21.01, p < .001, \eta_p^2 = 0.70; F(2,18) = 1.40, p = 0.27, \eta_p^2 = 0.13$)．そこで，統制条件において多重比較を行ったところ，Active が一番多く，続いて Constructive，Interactive であることが分かった ($p < .01, p < .05$)．以上のことから，統制条件においては Interactive になるにつれて発話数が減ったため，H2-1 を支持し，プロンプト提示条件においてはそれぞれに関する発話数に差はなかったため，H2-2 は支持されなかったといえる．

表 1　Active，Constructive，Interactive におけるコーディング基準と発話例 (一部抜粋)．※は注釈である．

項目と定義	発話例
Active A-1:繰り返し/言い換え 学習者が単純に学習テキストの内容を繰り返すまたは言い換える発言	A:「安定・不安定は，時間間隔が短いと安定，長いと不安定になると書いていました.」 ※ A は，テキストの内容を自分の言葉で言い換えて述べている．
Constructive C-1:根拠の提示を含めた独自の意見や考え 学習者が自分自身の考えや仮説を提案する発言	A:「努力は，自己の要因なので内的であり自分で変えることができるので統制可能のカテゴリーに入ると思います.」 ※拠を含めた自分の考えを提示している．
Interactive I-6:協同相手の縮約や貢献に基づいた意見の構築 学習者が協同相手の考えに基づいて自分自身の考えを述べる発言	A:「統制不可能にした理由としては，たとえば，他者によって努力したら報酬がもらえたら少しでも努力は行えるようになると思います.」 B:「確かにあなたの言う通り，他者によって報酬が与えられたら変えられると思います．その考えに基づくとやる気など内的要因はほとんど変えられるのかなと思いました.」 ※ A の発言に基づいて自分の意見を構築している

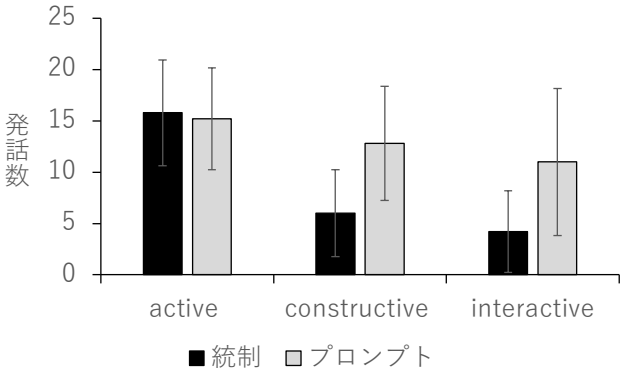


図 1　統制条件とプロンプト提示条件における Active，Constructive，Interactive に関する発話数．エラーバーは標準偏差である．

4. 考察

H1 はプロンプトを提示することによって Active，Constructive，Interactive に関する発話が多くなる，H2-1 は統制条件において Interactive になるにつれて発話数が少なくなる，H2-2 はプロンプト提示条件では，統制条件と同様に Interactive になるにつれて発話数が少なくなる．プロンプト提示条件は，統制条件に比べて Active に関する発話は向上しなかったが，Constructive と Interactive に関する発話は向上していた．また，統制条件においては，Active に関する発話数が一番多く，続いて Constructive，Interactive の順に発話数が少なく，プロンプト提示条件では，3 つのプロセスに関する発話数に差はなかった．以上の結果から，H1 は概ね支持され，H2-1 は支持され，H2-2 は支持されなかったということが分かった．

本研究においてランダムに提示するプロンプトの効果が見られたことから，本研究において作成したプロンプトが有用であることが分かった．こうしたランダムにプロンプトを提示する効果に関する知見は [7] においても明らかにされた．しかし，本研究では先行研究においてあまり考慮されていなかった Interactive な活動に相当すると考えられる建設的な相互作用を考慮していた点が異なっていた．また，Active は，繰り返したりする発言であるため，本課題では理解の難しい学習テキストではないため，支援する必要がなかった可能性が考えられる．次に，実験の結果から，ICAP フレームワーク [1, 2] が示した通り，Interactive となるほど深いインタラクションであるため，プロンプトが提示されていない状況下では，Interactive になるにつれて発話数が少なくなることを示唆したといえる．ただし，プロンプト提示条件では，Interactive，Constructive，Active に関する発話が同程度であった．これは，プロンプトの提示によって，学習者にとって難しい発話になるにつれて促進された可能性が考えられる．また，ランダムにプロンプトを提示することによって相対的には増加し，一定のプロンプト提示の効果がみられた．しかし，今後はより Interactive の発話数を促進させる支援の検討やより詳細な分析を行う必要がある．

今後は，ITS の分野において検討されているように適応的なフィードバックが求められる．たとえば，[6] では，学習者の入力情報に基づいて適応的にプロンプトを提示し，[28] では，学習者の入力したキーワードに基づいて適応的にプロンプトを提示している．そのため，学習者の会話情報，本研究では口頭における発

話に基づいた支援を行うことによって，さらにプロンプトの提示効果があるのか検討することが今後の課題である．また，他にも ITS では，センシング技術を用いて表情から学習者の状態を推定する取り組みがなされている [33] ため，今後センシング技術と発話に基づいた適応的な支援を行うことが求められる．

5. まとめ

本研究の目的は，学習者の状態に基づかないプロンプトの提示によって Interactive，Constructive，Active が促進されるのか実験的に検討することであった．そのため，それぞれに関するコーディング基準に基づいてプロンプトを作成し，ランダムにプロンプトを提示した．その結果，プロンプトを提示された学習者は提示されなかった学習者よりも Interactive，Constructive に関する発話をより多く行うことが分かった．ただし，プロンプトを提示された学習者は 3 つのプロセスにおいて差は見られなかった．仮説として次の 3 つの点を検討した．(1) プロンプトを提示することによって Interactive，Constructive，Active に関する発話が促進される，(2) プロンプトが提示されていない条件では，Active に関する発話が一番多く，続いて Constructive，Interactive である，(3) プロンプトが提示された条件においても (2) と同様に Active に関する発話が一番多く，続いて Constructive，Interactive である．結果は，プロンプトを提示することによって Interactive，Constructive が促進され，プロンプトが提示されなかった条件では，Active に関する発話が一番多く，続いて Constructive，Interactive であった．また，プロンプトが提示された条件では，Interactive，Constructive，Active に差はみられかなった．学習者の状態に基づいた適応的なプロンプトではなく，ランダムなプロンプトの提示によっても Constructive，Interactive に関する発話が促進されることが分かった．今後は，適応的なプロンプトによってさらに本研究で検討したプロンプトの提示効果が向上するのか検討する．

文献

[1] Chi, M. T. H., (2009) “Active-Constructive-Interactive: A Conceptual Framework for Differentiating Learning Activities”, Topics in Cognitive Science, Vol. 1, No. 1, pp. 73-105.

[2] Chi, M. T. H. & Wylie, R., (2014) “The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes”, Educational Psychologist, Vol. 49, No. 4, pp. 219-243.

[3] Miyake, N., (1986) “Constructive lnteraction and the Iterative Process of Understanding”, Cognitive Science, Vol. 10, No. 2, pp. 151-177.

[4] Okada, T., & Simon, H. A., (1997) “Collaborative discovery in a scientific domain”, Cognitive Science, Vol. 21, No. 2, pp. 109-146.

[5] Shirouzu, H., Miyake, N., & Masukawa, H. (2002) “Cognitively active externalization for situated reflection”, Cognitive Science, Vol. 26, No. 4, pp. 469-501.

[6] Walker, E., Rummel, N., & Koedinger, K. R., (2014) “Adaptive intelligent support to improve peer tutoring in algebra”, International Journal of Artificial Intelligence in Education, Vol. 24, No.1, pp. 33-61.

[7] 下條 志厳・林 勇吾, （投稿中）.

[8] Schworm, S. & Renkl, A., (2007) “Learning Argumentation Skills Through the Use of Prompts for Self-Explaining Examples Silke”, Journal of Educational Psychology, Vol. 99, No. 2, pp. 285–296.

[9] Griffin, T. D., Wiley, J., & Thiede, K. W., (2008) “Individual differences, rereading, and self-explanation: Concurrent processing and cue validity as constraints on metacomprehension accuracy”, Memory & Cognition, Vol. 36, No. 1, pp. 93-103.

[10] VanLehn, K., Graesser, A. C., Jackson, G. T., Jordan, P., Olney, A., & Rose, C. P., (2007) “When Are Tutorial Dialogues More Effective Than Reading?”, Cognitive Science, Vol. 31, No. 1, pp. 3-62.

[11] Brown, A. L. & Day, J. D., (1983) “Macrorules for Summarizing Texts: The Development of Expertise”, Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, Vol. 22, No. 1, pp. 1-14.

[12] Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R., (1989) “Self-Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems”, Cognitive Science, Vol. 13, No. 2, pp. 145-182.

[13] Chi, M. T. H., Leeuw, N., Chiu, M., & Lavancher, C., (1994) “Eliciting self-explanations improves understanding”, Cognitive Science, Vol. 18, No. 3, pp. 439-477.

[14] Haussmann, R. G. M. & Chi, M. T. H., (2002) “Can a computer interface support self-explaining”, Cognitive Technology, Vol. 7, No. 1, pp. 4-14.

[15] Renkl, A., (1997) “Learning from worked-out examples: A study on individual differences”, Cognitive Science, Vol. 21, No. 1, pp. 1-29.

[16] 林 勇吾・三輪 和久・森田 純哉, （2007）“異なる視点に基づく協同問題解決に関する実験的検討”, 認知科学, Vol. 14, No4, pp. 604-619.

[17] 林 勇吾・三輪 和久, （2011）”コミュニケーション齟齬における他者視点の理解”, 認知科学, Vol. 18, No. 4, pp. 569-584.

[18] Meier, A., Spada, H., & Rummel, N., (2007) “A rating scheme for assessing the quality of computer-supported collaboration processes”, International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, Vol. 2, No. 1, pp. 63-86.

[19] Asterhan, C. S. C. & Schwarz, B. B. (2009) “Argumentation and Explanation in Conceptual Change: Indications From Protocol Analyses of Peer-to-Peer Dialog”, Cognitive Science, Vol. 33, No. 3, pp. 374-400.

[20] Rourke, L. & Kanuka, H., (2007) “Barriers to online critical discourse”, International Journal of Computer-

Supported Collaborative Learning, Vol. 2, No. 1, pp. 105-126.
[21] Lou, Y., Abrami, P. C., & d'Appollonia, S., (2001) "Small group and individual learning with technology: A meta-analysis", Review of Educational Research, Vol. 71, No. 3, pp. 449-521.
[22] 益川弘如, (1999). "協調学習支援ノートシステム 「ReCoNote」 が持つ相互リンク機能の効果" 日本教育工学雑誌, Vol. 23, No. 2, pp. 89-98.
[23] 遠山 紗矢香, (2013) "初期理解の構築支援による建設的相互作用の促進" 認知科学, Vol. 20, No. 2, pp. 177-203.
[24] Weinberger, A., Ertl, B., Fischer, F., & Mandl, H. (2005) "Epistemic and social scripts in computer-supported collaborative learning", Instructional Science, Vol. 33, No. 1, pp. 1-30.
[25] Dillenbourg, P., (2002) "Over-scripting CSCL: The risks of blending collaborative learning with instructional design", In P. A. Kirschner (Ed.), Three worlds of CSCL. Can we support CSCL? (pp. 61–91), Open Universiteit Nederland.
[26] Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., & Pelletier, R., (1995) "Cognitive tutors: Lessons learned", Journal of the Learning Science, Vol. 4, No. 2, pp. 167-207.
[27] Tegos, S. & Demetriadis, S., (2017) "Conversational Agents Improve Peer Learning through Building on Prior Knowledge", Educational Technology & Society, Vol. 20, No. 1, pp. 99-111.
[28] Hayashi, Y., (2019) "Multiple pedagogical conversational agents to support learner-learner collaborative learning: Effects of splitting suggestion types", Cognitive Systems Research, Vol. 54, pp. 246-257.
[29] Weinberger, A. & Fischer, F. (2006). "A framework to analyze argumentative knowledge construction in computer-supported collaborative learning", Computers and Education, Vol. 46, No. 1, pp. 71-95.
[30] 下條 志厳・林 勇吾, (2019)"他者の知識を可視化した協同学習における会話活動と学習パフォーマンスの関係性：ターンテイキングと知識の収束に着目して", 日本認知科学会第 36 回大会発表論文集, pp. 748-752.
[31] Shimojo, S. & Hayashi, Y. (2019) "How shared concept mapping facilitates explanation activities in collaborative learning: An experimental investigation into learning performance in the context of different perspectives", Proceedings of the 27th International Conference on Computers in Education(ICCE2019), pp. 172-177.
[32] Wang, X., Yang, D., Wen, M., Koedinger, K., & Rosé, C. P., (2015) "Investigating How Student's Cognitive Behavior in MOOC Discussion Forums Affect Learning Gains", Proceeding of the 8th International Conference on Educational Data Mining, pp. 226-133.
[33] Woolf, B. P., (2010) "Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning", Morgan Kaufmann.

非対称な学習からのリスク態度の反射効果
Reflection Effect in Risk Attitudes from Asymmetric Learning

佐鳥 玖仁朗 †, 太田 宏之 ‡, 宝田 悠 †, 荒毛 将史 ‡, 守本 祐司 ‡, 石塚 俊晶 ‡, 高橋 達二 †
Kuniaki Satori, Hiroyuki Ohta, Yu Takarada, Masashi Arake, Yuji Morimoto, Toshiaki Ishizuka, Tatsuji Takahashi
† 東京電機大学, ‡ 防衛医科大学校
Tokyo Denki University, National Defense Medical College
kuniaki.satori@gmail.com

概要

ヒトは不確実状況下ではどのように意思決定を行い，その意思決定を形作る過程である学習はどのように行われるのだろうか．本研究では，不確実状況下における意思決定モデルであるプロスペクト理論の確率加重関数に焦点を当て，確率加重関数の過大評価，過小評価は，良い結果と悪い結果に対する非対称な学習から起きるリスク態度の反射効果により形成される可能性があることを示す．

キーワード : 意思決定, プロスペクト理論, 確率加重関数, 強化学習, モデルベース分析, マウス, 動物実験

1. 背景と目的

意思決定とは，生物が行動を選択するプロセスのことであり，数学，経済学，心理学，神経科学など多様な分野で研究されてきた．特にリスク状況下でヒトはどのように意思決定を行うべきか，あるいはどのように意思決定を行っているかは古くから多くの関心を呼んできた問題である．

その意思決定に関わる心理学的研究の中で重要な理論として期待効用理論とプロスペクト理論が存在する．期待効用理論とは不確実状況下における意思決定として，ある選択肢の望ましさを選択肢の効用とその選択肢の確率による，期待効用の大きさにより選考が決定されると定義する意思決定理論である [1]．しかし，期待効用理論は理想化された文脈での選択を扱っており，実際のヒトの意思決定が期待効用理論から逸脱することが様々な形で示されている [2, 3]．特にヒトは確率的な事象を直線的に評価しないことが知られており，低確率を過大評価，高確率を過小評価する傾向がある．この傾向はプロスペクト理論で確率加重関数としてモデル化されており真の確率からの歪みを表現している．

Kahneman と Tversky は，期待効用理論からの経験的な逸脱を説明するために，ヒトの確率に対する主観的評価を表現する以下の確率加重関数を提示した [4, 5]．

$$w(p) = \frac{p^{\gamma}}{(p^{\gamma} + (1-p)^{\gamma})^{\frac{1}{\gamma}}} \quad (1)$$

この確率加重関数の具体的な形状を図 1 に示した．パラメータ γ は歪みの強さ表し，1 に近いほど直線に近く，0 に近いほど極端に変化する確率加重関数となる．確率加重関数は，低確率で凹，高確率で凸となり，確率の変化は端の 0，1 付近に近づくほど劇的に現れている．これにより逆 S 字曲線となり低確率を過大評価，高確率を過小評価するヒトの主観的な確率の歪みを表現している．

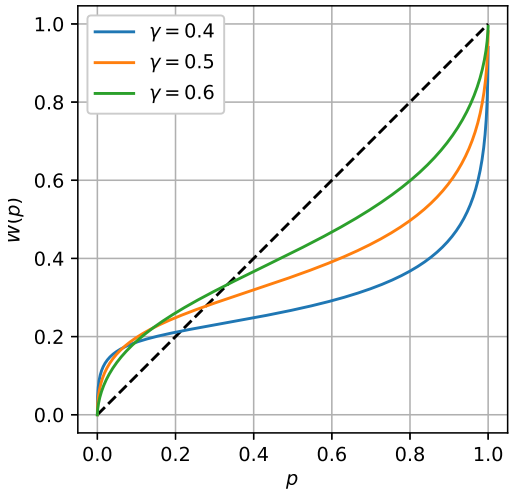


図 1 Kahneman & Tversky (1992) の確率加重関数

これらの理論的枠組みは，意思決定研究に不可欠である．しかし，プロスペクト理論において，その意思決定が形成されるまでの経験的な学習の果たす役割が考慮されていない．ヒトはどのようにして学習を行

い，意思決定をするのだろうか．

Cazé によるとヒトの学習は，良い結果，悪い結果に対して非対称な正と負の学習率を用いて学習しており，特に Cazé の行った 2 本腕バンディットタスクの理論的解析によると， 低確率環境で正の学習率に対して負の学習率を低め，高確率環境で正の学習率に対して負の学習率を高めるという，環境の報酬確率の分布に応じて正と負の学習率のバランスを調整するという仮説を立てている [7]．この非対称な学習を環境の確率に応じて調節するという仮説に従うと，低確率環境で過大評価，高確率環境で過小評価，という環境の確率に応じたリスク態度の反射が起きる．

我々は，低確率環境で過大評価，高確率環境で過小評価という性質はプロスペクト理論の確率荷重関数と同じ傾向を示しており，主観的確率は非対称な学習の調整によって形成されるのではないかと仮説を立てた．

しかし，この Cazé の仮説はヒトや動物の実験では確認されていない．Gershman はヒトを対象とした 2 本腕バンディットタスクの実験を行い，その行動データから強化学習を用いたモデルベース分析を行い，正と負の学習率のパラメータ推定を行った [8]．しかし，負の学習率の方が正の学習率よりも常に高いという結果となり，このヒトの研究はこの仮説を支持するものではなかった．

本研究ではプロスペクト理論を学習という側面から解析することによって，プロスペクト理論の確率加重関数は学習によって形成される可能性があることを示す．そのために，動物であるマウスを用いたモデルベース分析実験から Cazé の仮説を検証する．その後，非対称な学習の調整によって生じる過大評価，過小評価がプロスペクト理論の確率加重関数と同じ傾向であることを示し，学習と確率加重関数の関係を考察する．

2. 強化学習

ヒトや動物は，良い経験と悪い経験の両方から学ぶ．成功した行動は強化され，失敗した行動は抑制されることでより適切な判断ができるようになる [9]．

代表的な強化学習モデルの一つである Q 学習では，期待された報酬と得られた報酬の差分である報酬予測誤差を用いて行動の価値 Q を更新する．期待された報酬よりも多くの報酬を受け取ったときに正の報酬予測誤差が発生し，報酬に起因する行動が強化される．逆に，期待された報酬よりも少ない報酬を受け取ったときに負の報酬予測誤差が発生し，起因する行動選択の減少をもたらす [10, 11]．

先行研究によると，中脳のドーパミン神経細胞は，正の報酬予測誤差と負の報酬予測誤差と似た発火パターンを示すことが明らかにされている [12, 13]．また，ドーパミン神経細胞は行動価値を出力すると推定される大脳基底核の線条体に投射を行う [10, 11, 14]．大脳基底核は，行動の促進と切り替えのための直接的な経路と間接的な経路から構成されており [15, 16]，Frank らは複数の研究を通じて，パーキンソン病患者におけるドーパミ受容体伝達経路に関する遺伝子の多型やドーパミン補充薬の投与によって，ヒトの学習率が異なることを報告している [17, 18, 19]．その学習率が異なることから Differential Learning Rate (DLR) という学習モデルが提唱されている．行動 a_t が選択され，報酬 r_t が与えられた各試行 t ごとに，i 番目の穴の行動価値 Q を以下の式 (2) ように更新される．

$$Q_{t+1}(i) = \begin{cases} Q_t(a_t) + \alpha^+(r_t - Q_t(a_t)) & (a_t = i, r_t = 1) \\ Q_t(a_t) + \alpha^-(r_t - Q_t(a_t)) & (a_t = i, r_t = 0) \end{cases} \tag{2}$$

パラメータ α^+ と α^- は，それぞれ選択された行動に対する正と負の学習率を表し，行動選択によって報酬が得られた際には α^+ で更新され，報酬が得られなかった際には α^- で更新される．本論文では非対称な学習率 $(\alpha^+ \neq \alpha^-)$ を持つモデルを DLR-Q モデルと呼ぶ．また，対象な学習率 $(\alpha^+ = \alpha^-)$ を持つモデルは標準の Q 学習と一致し，標準 Q モデルと呼ぶ．

生物学的考察に基づき提案された DLR に対して Cazé は，2 本腕バンディット問題を用いて DLR の非対称な学習率に関しての理論的解析を行った．その結果，正と負の学習率の比率 $x(= \alpha^+/\alpha^-)$ は，環境の報酬確率の分布によって適切に設定されると選択間の弁別性を上げ，獲得報酬の増加につながることを示した．特に，2 選択において選択間の価値の差分を最大化するような正と負の学習率の比率 x^* が以下の式 () から求められ，この式から生物は環境の報酬確率に対して低報酬環境で x を高め，高報酬環境で x を低めると仮説を立てている．

$$x^* = \frac{\sqrt{(1-p_0)(1-p_1)}}{\sqrt{p_0 p_1}} \tag{3}$$

3. 環境に応じた非対称な学習率の確認実験

Cazé 仮説を検証するために，Gershman はヒトを対象とした 2 本腕バンディットタスクの実験を行い，その行動データから強化学習を用いたモデルベース分析により DLR のパラメータ推定を行った．しかし，負の学習率の方が正の学習率よりも常に高いという結果となり，このヒトの研究はこの仮説を支持するものではなかった．

この Gershman の実験ではタスクの選択肢の数を 2 選択に制限するような実験条件が用いられており，この検証環境には問題があると考える．動物は前回の試行で報酬が得られた場合，その選択肢を続けて選択する一方，報酬が得られなかった場合，同じ選択肢を選ぶことを止め他の選択肢を選ぶ Win-Stay Lose-Shift (WSLS) と呼ばれる傾向があるため [20, 21, 22]，2 選択の場合は一方の選択肢から報酬が得られなかったことによる探索範囲はもう一方の選択肢に限定される．そのため，WSLS の報酬が得られなかったことによる切り替えと強化学習による選択肢の価値に基づいた探索を独立して調査することは困難である．さらに，動物には，不確定な 2 つの選択肢が提示されたときに交互に選択する交代性の応答を示すことが知られており [23, 24]，タスクの初期段階の学習時に行動選択確率の変動がマスクされる可能性がある．また，行動選択主体にヒトが用いられたが，意思決定にタスク構造の把握などの高次元の推論などが含まれる可能性があり，強化学習を用いた行動データ解析では推論をモデル化できず解析は困難である．

そこで本研究では，5 本腕バンディットタスクを用いて，マウスの行動選択の変化を強化学習を用いたモデルベース分析実験を行った．2 選択の実験により正確な解析ができていないという問題に対して，実験の選択肢の数を 5 選択に増やすことで選択肢間の干渉を減らし，正確な解析を可能とする．

3.1 設定

本研究では Gershman の実験と同様に強化学習を用いたモデルベース分析によりマウスの行動解析を行い，Cazé 仮説を検証する．モデルベース分析とは，データからは直接観測できない内的な計算過程を推定する分析手法であり，先行研究ではヒトや動物の各選択に対応した行動価値が割り当てられると仮定して行動データの解析に使用されている [25, 26]． 行動価値の学習は，DLR-Q モデルと標準 Q モデルに基づいて行われ，以下の softmax 方策に従うことで試行 t での選択確率の予測を与えた．

$$P(a_t) = \frac{\exp(Q_t(a_t)\beta)}{\sum_{k=0}^{n}\exp(Q_t(k)\beta)} \tag{4}$$

ここで n は穴の数，β は逆温度パラメータであり，逆温度パラメータは行動価値と行動選択の関係を決定する，標準 Q モデルは α，β の 2 つ，DLR-Q モデルは α^+，α^-，β の 3 つの自由パラメータを持つ．パラメータの最適化は python の scikit-learn[27] のベイズ最適化を用いて，各マウスの実際の行動データと強化学習モデルから計算された行動選択確率の対数尤度を最大化した．

環境の報酬分布によって正と負の学習率のバランスが変化するかを確かめるために低報酬環境と高報酬環境を用意した．実験は，以下の 2 つの報酬確率条件で行った．

表 1 低報酬環境でのサブタスク設定 (%)

	1	2	3	4	5
ALL	30	30	30	30	30
BIT	0	0	50	0	0
REV	30	30	0	30	30

表 2 高報酬環境でのサブタスク設定 (%)

	1	2	3	4	5
ALL	60	60	60	60	60
BIT	0	0	80	0	0
REV	60	60	0	60	60

実験は ALL，BIT，REV の 3 つのサブタスクで構成されており，それぞれのサブタスクは，決まった回数の報酬を得ると次のサブタスクに移行する．学習率の推定を行うためにサブタスクの環境を遷移させることで再学習を行わせている．

3.2 結果と考察

低報酬環境，高報酬環境それぞれで 10 匹のマウスを用いて実験を行い，標準 Q モデルと DLR-Q モデルの強化学習を用いたモデルベース分析の結果を平均した．低報酬環境と高報酬環境における標準 Q モデルの赤池情報基準 (AIC) の全体平均は 3095.4 であり，DLR-Q モデルの AIC は 3023.5 であった．DLR-Q モデルにおける正負の学習率は，低報酬環境では $\alpha^+ = 0.0332(\pm 0.0203(SD)$,$\alpha^- = 0.0043(\pm 0.0019(SD))$，高報酬環境では $\alpha^+ = 0.0188(\pm 0.0109(SD))$,$\alpha^- = 0.0131(\pm 0.0112(SD))$ と推定された．推定された α^+,α^- から計算される x は，低報酬環境 (±9.99(SD): 8.08, n=10) と高報酬環境 (±1.97(SD): 1.23, n=10; Welch の t-test, p=0.0119) では有意差があったが，β は低報酬環境 (±6.06(SD): 1.80) と高報酬環境 (±5.85(SD): 3.65; p=0.0112) では有意差は見られなかった．以上のことから，低報酬環

境では x を高く，高報酬環境ではほぼ同じ値にすることで，行動データの再現性が向上した．

このモデルベース分析実験の結果である低報酬環境で x を高め，高報酬環境で x を低めるという傾向は Cazé の仮説と一致している．この結果より，動物であるマウスは学習に非対称性を持ち，環境の報酬確率に応じてその非対称な学習率のバランスを調整し獲得報酬を高める学習を行っていることが推察される．

4. 学習と確率加重関数の考察

マウスが非対称的な学習率のバランスを環境の報酬確率によって適応的に変化させていることが実験で示された．この非対称な学習を報酬確率によって適用的に変化させることによりプロスペクト理論の確率加重関数と同様の傾向が形成されることを示す．

4.1 非対称な学習による主観的確率

真の報酬確率を p とし無限回の試行を行うとすると，以下の式のようになる．

$$Q_\infty = Q_\infty + p\alpha^+(1-Q_\infty) + (1-p)\alpha^-(-Q_\infty) \quad (5)$$

この式を正と負の学習率の比である $x = \alpha^+/\alpha^-$ を用いて変換すると，以下の式が得られる．

$$Q_\infty = \frac{px}{px - p + 1} \quad (6)$$

図 2 は，x を 1/5, 1, 5 とした場合の p と Q_∞ の関係を示している．α^- が α^+ に対して小さい $(x = 5)$ とき Q_∞ は過大に見積もられ，α^- が α^+ に対して大きい $(x = 1/5)$ とき Q_∞ は過少に見積もられている．

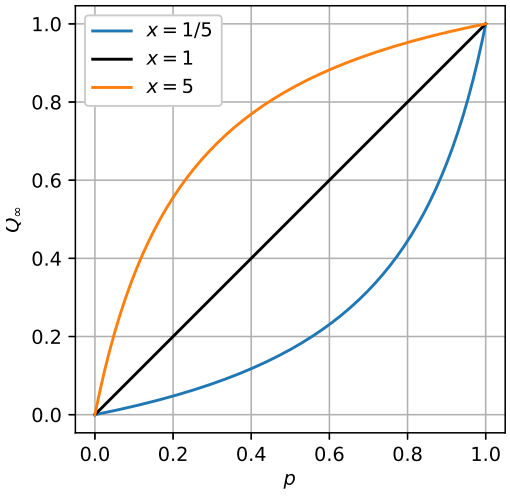


図 2 x に対応する Q_∞

次に真の報酬確率 p_0 と p_1 の 2 択課題における最適な正と負の学習率の比率 x^* について，真の報酬確率と Q 値の関係を分析した．x^* は 2 選択であるとき報酬確率 p_0, p_1 により式 (3) で求められ，図 3 に 2 選択における最適な正と負の学習率の比率 x^* を示す．また，図 4 に x^* を元にした p_1 と Q_1 の関係を示す．

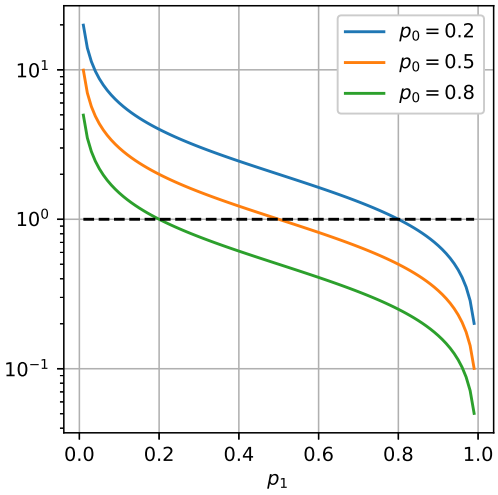


図 3 2 選択における最適な正と負の学習率の比率 x^*

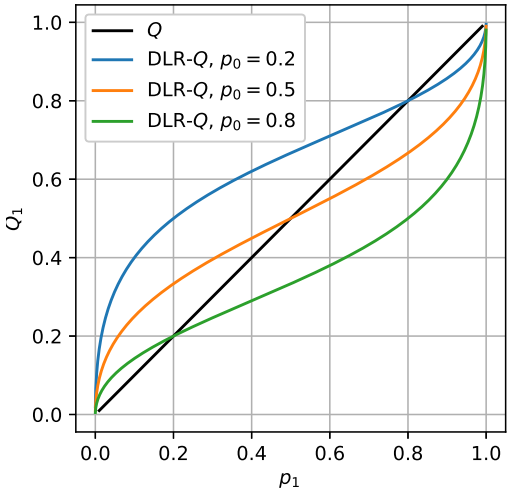


図 4 報酬確率が低いときに過大評価し，高いときに過小評価する逆 S 字曲線

標準 Q モデル $(x = 1)$ では，試行回数が無限と仮定した場合，行動価値 Q は真の報酬確率と同じになる．一方，学習率比 x を最適化すると，逆 S 字型の関係が導出される．なぜこのような逆 S 字型の関係になるかというと，環境の報酬確率の分布が低い時 x^* は高く

なり過大評価が起きる，環境の報酬確率の分布が高い時 x^* は低くなり過小評価が起きるという，環境の報酬確率の分布に応じたリスク態度の反射を行っているからである．

この逆 S 字はプロスペクト理論の確率加重関数と，主観的に小さな確率で起こる出来事を過大評価し，大きな確率で起こる出来事を過小評価するという点で一致している．このことから，ヒトの小さな確率を過大評価，大きな確率を過小評価する歪んだ主観的な確率は DLR による非対称な学習から形成されたと考察できる．

また，ヒトはプロスペクト理論の確率加重関数で説明されるように不確実性を伴う意思決定をするリスクを正確に把握することができず，誤った意思決定を促してしまうため非合理的に感じるが，2 選択の学習という側面から見てみると選択の弁別性を高めるために生じる合理的な主観的な評価と言える．

4.2 サンプルに基づく決定

本研究では 2 選択バンディットタスクで考えたが，実際の確率の過大・過小評価の起こる場面を想定すると，ある選択をするかしないかの選択をする場合が存在する．例えば，宝くじを買うか買わないかの選択が上げられる．この場合は宝くじを買ってアタリが出る時だけの確率だけを経験的に知っており，宝くじを買わなかった際のアタリはない．そのためこの場合は 2 本腕で想定すると片方の確率だけが存在する状況となる．この場合は x^* は計算できず，DLR による主観的な評価が発生しないと考えられるが，Stewart らの確率加重関数の起源に対するアプローチの考えであるサンプルに基づく決定 [28] を元にすると説明がつく．サンプルに基づく決定とは，ヒトのある刺激に対する主観的評価は，刺激間の順序の比較と，記憶頻度の累積から構成されるとする．. つまり，評価対象となる刺激が評価者の記憶の中で関連する刺激と比較して何回より大きいと判断されたかによって，その刺激の主観的評価が決まる．

この比較のアイデアを参考にすると，ヒトはある刺激に対する複数の評価の仮説のようなものを持ち，その中で比較を行っている．そのため，宝くじの例のような 1 選択であろうとも，複数選択のバンディットが発生し，過大評価・過小評価された主観的評価が構成されていると考えることができる．

4.3 魅力度

図 4 の結果は他方 p_0 の選択肢の報酬確率の推定に応じて，過大評価と過小評価の反転点がずれた．この p_1 の反転点は，他方 p_0 の確率が高い際は下へスライドし過小評価の傾向が強まり，他方 p_0 の確率が低い際は上へスライドし過大評価の傾向が強まる．Gonzalez らにおいて提案されている確率加重関数の式 (7) では魅力度 δ というパラメータによりこの反転点が制御されている [29]．

$$w(p) = \frac{\delta p^{\gamma})}{\delta p^{\gamma} + (1-p)^{\gamma}} \tag{7}$$

この魅力度は個人ごとによっての設問への魅力の高さを表しており，高い時は反転点が上へスライド，低い時は下へスライドしている．

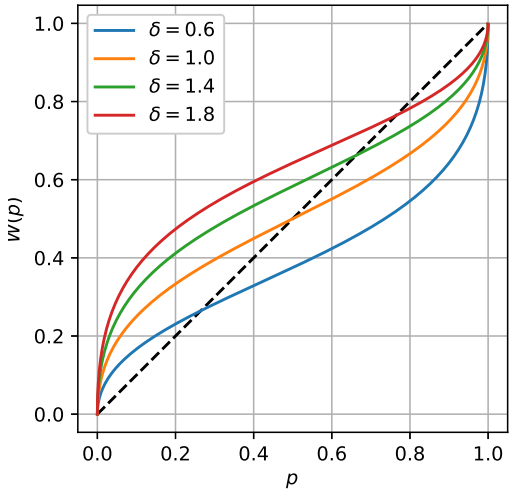


図 5 Gonzalez らの提案した確率加重関数における δ の変化

非対称な学習によって形成される逆 S 字曲線も魅力度と同様の傾向を持つ．図 4 において他方 p_0 の確率が高い時，p_1 の魅力度は低く，他方 p_0 の確率が高い時，p_1 の魅力度が高い．非対称な学習によって形成される逆 S 字曲線の交点のスライドは魅力度パラメータと同様の傾向を示し，このことからヒトの選択への魅力度とは他の選択との比較により変動するのではないかと推察できる．プロスペクト理論研究の心理的表現を非対称な学習によって説明ができる可能性があることを示した．

5. まとめ

本研究では，不確実性下における意思決定モデルであるプロスペクト理論では一般的に扱われていない学習に役割に焦点を当てた．マウスの実験から動物が環境の報酬確率の分布から非対称な学習率のバランスを調整するというリスク態度の反射効果を行っていることを示した．また，リスク態度の反射効果からプロスペクト理論の確率加重関数と同様の逆 S 字曲線が形成されることを示した．

今後，非対称な学習からの逆 S 字曲線は魅力度のような説明づけられる可能性があると考えているため解析を進める．また，本研究では動物であるマウスに対しての非対称な学習を行っているかの検証実験を行ったが，ヒトでは確認していない．そのため今後はヒトも非対称な学習を行っているかの検証実験が必要であると考えているため今後実験を行う予定である．

文献

[1] Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). "Theory of games and economic behavior", Princeton University Press.

[2] Allais, M. (1953). "Le Comportement de 1'Homme Rationnel devant le Risque, Critique des Postulats et Axiomes de 1'Ecole Americaine", Econometrica, 21 503-546.

[3] Ellsberg, D. (1961). "Risk, Ambiguity, andthe Savage Axioms", Quarterly Journal of Economics, 75, 643-669.

[4] Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). "Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk", Econornetrica, 47, 263-291.

[5] Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). "Advances in prospect theory: Cumulative representations of uncertainty", Journal of Risk and Uncertainty, 5, 297–323.

[6] Hartinger, A. (1998). "Do subjective weighting functions of generalized expected value theories capture persisting properties of individual decision makers", Universitat Regensburg, Germany, working paper.

[7] Cazé, R. D., & Van Der Meer, M. A. (2013). "Adaptive Properties Of Differential Learning Rates For Positive And Negative Outcomes", Meer,Biological Cybernetics107, 711.

[8] Gershman, S. J. (2015). "Do learning rates adapt to the distribution of rewards?" Psychonomic Bulletin and Review, 22, 1320–1327.

[9] Thorndike, E. L. (1911). "The animal behavior series. Animal intelligence: Experimental studies" Macmillan Press.

[10] R. S. Sutton, A. G. Barto (2018). "Reinforcement Learning: An Introduction (MIT press, Cam-bridge, MA, USA), second edn".

[11] Neftci, E. O., & Averbeck, B. B. (2019). "Reinforcement learning in artificial and biological systems", Nature Machine Intelligence, 1, 133–143.

[12] Schultz, W. (2015). "Neuronal Reward and Decision Signals: From Theories to Data", Physiological reviews, 95(3), 853-951.

[13] Dabney, W. et al., (2020). "A distributional code for value in dopamine-based reinforcement learning", Nature577, 671.

[14] Samejima K, Ueda Y, Doya K, & Kimura M. (2005). "Representation of action-specific reward values in the striatum", Science 310: 1337-1340.

[15] Ueda, Y. et al., (2017). "Distinct Functions of the Primate Putamen Direct and Indirect Pathways in Adaptive Outcome-Based Action Selection", Frontiers in Neuroanatomy, 11, 0.

[16] Nonomura, S. et al., (2018). "Monitoring and Updating of Action Selection for Goal-Directed Behavior through the Striatal Direct and Indirect Pathways", Neuron, 99, 1302.

[17] Frank, M. J. & Seeberger, L. C. & O'Reilly, R. C. (2004). "By carrot or by stick: cognitive reinforcement learning in parkinsonism", Science, 306, 1940.

[18] Frank, M. J., Moustafa, A. A., Haughey, H. M. & Curran, T. Hutchison, K. E. 2007. "Genetic triple dissociation reveals multiple roles for dopamine in reinforcement learning", PNAS, 104, 16311.

[19] Frank, M. J., Doll, B. B., Oas-Terpstra, J. & Moreno, F. (2019). "Prefrontal and striatal dopaminergic genes predict individual differences in exploration and exploitation", Nat Neurosci 12: 1062-1068

[20] Lee, D., Conroy, M. L., McGreevy, B. P., & Barraclough, D. J. (2004). "Reinforcement learning and decision making in monkeys during a competitive game.", Cognitive Brain Research, 22,45.

[21] Skelin, I. et al., (2014). "The Memory Trace Supporting Lose-Shift Responding Decays Rapidly after Reward Omission and Is Distinct from Other Learning Mechanisms in Rats.", European Journal of Neuroscience, 39, 1655.

[22] Amodeo, D. A., Jones, J. H., Sweeney, J. A. & Ragozzino, M. E. (2012). "mice on probabilistic reversal learning and stereotyped behaviors", Behavioural Brain Research, 227, 64.

[23] Vecera, S. P., Rothbart, M. K. & Posner, M. I. (1991). "Development of spontaneous alternation in infancy", Journal of Cognitive Neuroscience, Vol. 3, No. 4, pp. 351–354.

[24] Kraeuter, A. K., Guest, P. C. & Sarnyai, Z. (2019). "The Y-Maze for Assessment of Spatial Working and Reference Memory in Mice", Methods in Molecular Biology, Vol. 1916, pp. 105–111.

[25] Ito, M. $ Doya, K. (2009) "Validation of Decision-Making Models and Analysis of Decision Variables in the Rat Basal Ganglia" ,The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neu-roscience, 29, 9861.

[26] Cinotti, F. et al. (2019). "Dopamine blockade impairs the exploration-exploitation trade-off in rats", Scientific Reports 9, 1–14.

[27] Scikit-learn: Machine Learning in Python, Pedregosa et al., JMLR 12, pp. 2825-2830, 2011.

[28] Stewart, N., Chater, N. & Brown, G. D., (2006). "Decision by sampling". Cognitive Psychology, 53, 1-26.

[29] Wu, G., & Gonzalez, R. (1996). "Curvature of the probability weighting function", Management Science, 42, 1676–1690.

行動選択が道徳的評価を変えるのか：道徳的ジレンマ課題における不確実性の影響
Does choice of action change moral evaluation?: Uncertainty in moral dilemmas

服部 郁子
Ikuko Hattori
立命館大学
Ritsumeikan University
iht23083@pl.ritsumeikan.ac.jp

概要

判断や意思決定を行なう際，人は意識的あるいは無意識的に状況の不確実性を考慮に入れる．不確実性の考慮には，何らかの確率計算を必要とする．本研究では，道徳的ジレンマ課題を使って，他からの援助的介入の可能性という不確実性情報が，行動選択とその行動の道徳的評価に対してどのように影響するのかを調べた．実験の結果は，多数のためには少数の犠牲を道徳的に容認できると評価することと，実際にその行動を実行すると判断することの間には乖離がみられた．他からの援助的介入の可能性という不確実性情報は人の行動選択だけでなく，容認性評価にも影響した．この結果を道徳判断の二重過程理論の観点から議論する．

キーワード：二重思考過程 (dual thinking process)，道徳判断 (moral judgement)，不確実性 (uncertainty)

1. はじめに

2020 年 2 月クルーズ船ダイヤモンドプリンセス号内で起きた新型コロナウィルス感染症（COVID-19）の集団発生は，船内隔離という措置を取ることによって，乗船者 3711 人中 712 人が感染するという結果[1]をもたらした．隔離期間が長引いた背景には，乗船者を早期に下船させることはウィルスの国内への急速な拡散につながり，より多くの感染者を生じさせることになるかもしれないという懸念があった．この措置が妥当であったかどうかは船内環境や現場の医療体制など様々な状況を含めて検証される必要がある．しかし，多人数に及ぶ潜在的危険性を放置するか，それとも，それを避けるために相対的に少ない人数を犠牲にするのか，これは誰から見ても「正しい」答えがある問題ではなく，判断を下すのは容易ではない．隔離措置を実施した担当者たち，それを報道で見ていた人の中には，原因も治療方法も不明のウィルスでは隔離措置は「仕方がない」と判断する一方で，それが「いいこと」だとは感じられないと思った人もいたのではないだろうか．

2. 道徳判断の二重過程理論

このような道徳的ジレンマ問題に直面したとき，取りうる行動の選択肢の中から何を選択し実行すべきだと判断することと，その行動が道徳的に容認できると感じることの間には乖離が生じる場合がある [1, 2]．つまり，少数の人を犠牲にすれば，それよりもっと多くの人々が助かるというような状況がある場合，少人数を犠牲にしてでも多数を救うという行動をすべきだと考える人がいるとする．しかし，この人がその行動を道徳的に容認できるものだと感じるかどうかどうかは，行動の選択とは必ずしも一致するとは限らない．Greene らの分類にしたがって，大多数を救うには少数の犠牲は仕方がないとする見方を功利主義的判断 (utilitarian judgment)，たとえ少数であっても人の命を恣意的に犠牲にすることは許されないという見方を義務論的判断 (deontological judgments) と呼ぶ[1, 2]．

思考の二重過程理論では，人の認知は，素早く，認知的負荷が低い，直感的思考（タイプ 1／システム 1）と，遅く，認知的負荷の高い，熟考的思考（タイプ 2／システム 2）の相互作用によって成り立つと説明する[3, 4]．道徳判断の二重過程理論によると，義務論的判断は直感的思考と，功利主義的判断は熟考的思考と結びついているという[1, 2]．つまり，行動の選択が分析的な熟考的思考に基づくのに対して，その行動が道徳規範に即した容認可能なものと感じるかどうかは直感的思考に基づく．人の思考の二重性が上述の乖離を生み出す要因であり[5]，それらは異なる神経基盤に依存する可能性が指摘されている[6]．

また，私たちは様々な判断や意思決定を行なう際，意識的あるいは無意識的に状況の不確実性を考慮に入れ

1 国立感染症研究所. ダイヤモンドプリンセス号環境検査に関する報告（要旨）, https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus/2019-ncov/2484-idsc/9597-covid19-19.html (掲載: 2020/5/3, 修正: 2020/5/20).

る. 不確実性を考慮するということは, 何らかの確率計算を伴うことを意味する. もし義務論的判断が直感的思考と, 功利主義的判断が熟考的思考と, ダイレクトに結びついているのであれば, 不確実性に関する情報は分析的な熟考的思考に基づく功利主義的判断には影響するが, 直感的思考に基づく義務論的判断にはあまり影響しないと考えられる. さらに, 不確実性情報によって, 行動選択は変わりうるが, 道徳的な容認性の評価はあまり影響を受けにくいと予測される. 本研究では, 道徳的ジレンマ課題を使って, 他からの援助的介入の可能性という不確実性情報が, 行動選択とその道徳的評価に対してどのように影響するのかを調べた.

3. 方法

1. 実験参加者

193 名の学生が認知心理学の講義の中で実験課題に回答した. そのうち, 19 名を除く（課題文の状況理解に関する質問によく理解できなかったと回答した10名, 母語が日本語ではないと回答した 9 名）, 174 名を分析対象とした（女性 114 名, 平均 19.4 歳 (SD=0.8)）.

2. 実験条件

確率情報５条件（UNK／70／50／10／5 %）（参加者間要因） と, 行為の**道徳的判断**２条件（容認性評価／実行性判断）（参加者間）を要因とする課題を作成し, 参加者は任意の確率条件に割り当てられた.

3. 課題と手続き

Tassy らの研究 [7] で用いられた課題を元に, 次のような道徳ジレンマ課題を作成した. 確率情報不明条件 (unknown) では下線なし部分の文章のみ, 確率情報あり条件ではそれに下線部を加えた文章が Web 上で提示された ([ ]は, どれか一つの確率と%のみ提示された).

あなたは, 海上保安庁の沿岸警備隊であると想像してください. ある船が難破して沈没しつつあるという連絡を受け, あなたは他の船員たちとともに沿岸警備隊の船で救助に向かっています. １人の船員が, あなたがキャプテンである沿岸警備隊の船から海に落ちました。 彼を救うために引き返すと, 沈没船に乗っている10 人の船員を救うことができなくなります。救助には, あなたの船の他に, もう一つ別の船も向かっています. しかしその船は離れたところにいるため, その船が沈没船の救助に間に合う可能性は [70 / 50 / 10 / 5 %] です.

上の文章を読んだ後, 参加者は, 以下の質問に Web 上で回答した. （ ）は回答の選択肢を表している.

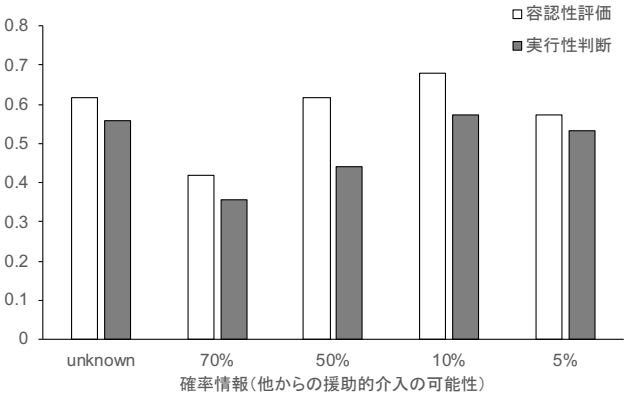
1. 10 人の船員を救うために, 1 人の船員を見捨てることは, 倫理的に容認できることだと思いますか？（いいえ／はい）
2. 実際にこのような状況になった場合, 10 名の船員を救うために, 1 人の船員を見捨てますか？（いいえ／はい）

上記の質問の他, 参加者は, 課題状況の理解, 年齢, 性別, 母語, 類似問題の経験についても回答した.

4. 結果

確率情報が不明な場合 (unknown) と極めて低い場合(5%) を除き, 他からの援助的介入の可能性が低くなるほど, 実行性判断の割合が高くなる傾向がみられた. また, その行動の容認性評価の割合も, 同じ二条件を除いて, 高くなる傾向がみられた. ただし, 確率情報による主効果には有意な差はみられなかった. 一方, 行動を実際に実行するかどうかと, それを容認できると評価するかどうかの間には有意な差がみられた[$F(1,169)=4.33, p<.05, MSE=0.68$] . 交互作用はみられなかった.

図１ 肯定の回答をした参加者の割合



5. 考察

実験の結果から, 多数を救うためには少数を犠牲にすることは道徳的に容認できると感じることと, 実際にその行動を取ることができると思うこととの間には, 明白な乖離がみられた. この結果は, Tassy らの先行研究の知見に一致する[7]. また, 確率情報が不明な場合と極めて低い場合を除いた他の条件では, 他の援助の可能性が下がるにつれて, 行動の実行性判断とその容

認性評価がどちらも上がることから，不確実性情報の考慮は人の行動選択だけでなく，容認性評価にも影響しうると考えられる．

不確実性の考慮には，何らかの確率計算を必要とする．今回の結果を見る限り，（少なくともいくつかの条件では）不確実性が高くなるほど，多数を救うためには少数を犠牲にすることはやむを得ないという功利主義的判断が，行為の実行性だけでなく道徳的評価においても増加した．このことは，道徳的評価，つまり，どのような行為が倫理的に許され，どのような行為は倫理的に許されないと感じるかは，単純に直感的思考に基づく反応ではないということを示唆する．

一つの可能性として，行動の選択が，その行動に対する評価を後から変えているというメカニズムが考えられるだろう．つまり，他からの援助的介入の可能性がある場合は少数を犠牲にするという行為を自分あるいは他者が取る必要性が低くなるため，その行動に対する道徳的評価を変える必要性も生じない．しかし，他の援助的介入の可能性が低い場合には，自分あるいは他者が少数を犠牲にする行動を取らざるを得ないと判断することによって，「倫理的に許されない」という直感的思考による評価を「大義のためには許される」という功利主義的評価によって上書きするという認知的制御[1, 2]が，行動の選択だけでなく，行動の道徳的評価においても生じているのかもしれない．

もう一つの可能性として，直感的思考にはある程度の論理的計算が可能であり[8, 9]，それによって状況の不確実性を考慮するというメカニズムが考えられる．つまり，道徳的評価は直感的思考に，行動の選択判断は熟考的思考にそれぞれ基づくが，どちらの思考にも（少なくとも何らかのレベルでの）確率計算が可能であり，そのためどちらの評価においても不確実性の影響がみられたという解釈である．

しかし，直感的思考にはどのような論理的計算が可能であるのかという点には注意が必要である．De Neysらのいう「簡単な」論理的計算の定義はあまり明確ではないように思われる[10]．直感的思考は，経験に培われた規則の集合であり，直感的規則の生み出す反応は，現実の推論や意思決定では分析的な熟考的思考の反応と同程度かあるいはそれ以上に効率的で正確な判断ができる[11, 12]．直感的規則による反応が，結果的に非常に複雑な計算式による解に近似していても別におかしくはない．見た目に簡単な規則であるかどうかと，それが直感的規則であるという議論は意味がない．

また，今回の結果では，確率情報が不明な場合と極めて低い場合が他の条件と異なる結果を示した．両条件はよく似た傾向を示しており，確率情報がない場合，他の援助の可能性をほとんどないものとみなすということを示唆する．しかし，この二つの条件がなぜ他と異なった傾向を示したのかについてはわからない．この点も含め，さらにデータを集めて検討する必要がある．

文献

1. Greene, J.D., et al., *The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment.* Neuron, 2004. **44**(2): p. 389-400.
2. Greene, J.D., et al., *An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment.* Science, 2001. **293**(5537): p. 2105-2108.
3. Evans, J. St. B. T. and K.E. Stanovich, *Dual-process theories of higher cognition: Advancing the debate.* Perspectives on Psychological Science, 2013. **8**(3): p. 223-241.
4. Evans, J. St. B. T. and D.E. Over, *Rationality and reasoning*. 1996, Hove, UK: Psychology Press.
5. McDonald, M.M., A.M. Defever, and C.D. Navarrete, *Killing for the greater good: Action aversion and the emotional inhibition of harm in moral dilemmas.* Evolution and Human Behavior, 2017. **38**(6): p. 770-778.
6. Schaich Borg, J., et al., *Consequences, action, and intention as factors in moral judgments: An fMRI investigation.* Journal of cognitive neuroscience, 2006. **18**(5): p. 803-817.
7. Tassy, S., et al., *Discrepancies between Judgment and Choice of Action in Moral Dilemmas.* Front Psychol, 2013. **4**: p. 250.
8. De Neys, W., *Conflict detection, dual processes, and logical intuitions: Some clarifications.* Thinking & Reasoning, 2014. **20**(2): p. 169-187.
9. De Neys, W., *Bias and conflict: A case for logical intuitions.* Perspectives on Psychological Science, 2012. **7**(1): p. 28-38.
10. Bago, B. and W. De Neys, *The Smart System 1: evidence for the intuitive nature of correct responding on the bat-and-ball problem.* Thinking & Reasoning, 2019. **25**(3): p. 257-299.
11. Kruglanski, A.W. and G. Gigerenzer, *Intuitive and deliberate judgments are based on common principles.* Psychological review, 2011. **118**(1): p. 97-109.
12. Hattori, M., et al., *Dual frames in causal reasoning and other types of thinking*, in *The thinking mind: A festschrift for Ken Manktelow*, N. Galbraith, E. Lucas, and D.E. Over, Editors. 2016, Routledge: New York, NY. p. 98-114.

視覚情景の類似度判断において手がかりとなる要素の情報
Information for similarity judgment of visual scenes

星野 英一†，皆川 泰代†
Eiichi Hoshino, Yasuyo Minagawa

†慶應義塾大学 文学部
Keio University
eiichi.hoshino@keio.jp

概要

視覚情景の類似度判断において要素自体と要素の並びのどちらが手がかりになりやすいかを 1-gram 類似度と 3-gram 類似度を調整した階段法で調べた．刺要素と要素の並びの頻度に注目するために作成した無意味刺激を用いた．本研究は一度しか見ていない情景の記憶は，情景同士がよく似ているとき，時間的に近接している情景の要素の並びが近接していないときと比べて類似度判断の手がかりとなりやすいことを示した．

キーワード：情景, 視覚短期記憶, 類似度, 潜在学習

1. 背景

初めて遭遇した物の性質を見た目から類推するには，過去に遭遇したものの見た目との類似度が役に立つと考えられるが，類似度が高いとはどういうことであろうか．ここに複数の要素で構成される物が，二つあるとする．例えば文字という要素で構成される単語である．Larkey & Markman はこの二つの物同士の類似度判断は，二つが同じ要素配列になるために必要な入れ替え操作の回数でなされることを提案している[1]．彼らのモデルではどの要素も同程度に処理されると仮定される．しかし，私達が行っている視覚情報処理は，いつでも全ての要素を同程度に処理しているわけではない．私達がときどき「見落とし」をしてしまうことでも分かる．また，視覚情景は短期記憶において，まばらにしか記憶されていないことが分かっている(e.g. [2])．本研究では視覚情景とは複数の物体で構成されている二次元情報のこととする．さらに，視覚情景の学習を繰り返すと，出現頻度の高い要素の並びがよく記憶されるが，その並びの一部分だけ取り出したものは記憶されないということが分かっている[3]．以上のことから，情景の視覚的な類似度判断は個々の要素と要素の並びが関わっていることが考えられる．

そこで本研究では，視覚短期記憶における初めて見る情景の類似度判断が要素の何に依るものか調べた．特に個々の要素の頻度と要素の並びの頻度のどちらが類似度判断に貢献するのか調べることを目的とした．顔認知や単語認知という既存の知識や見た目以外の属性が類似度判断へ影響することをできるだけ排除するため，要素自体や要素の並びが意味を持たない刺激を用いた．また，要素自体の頻度と要素の並びの頻度に焦点を当てるため，要素は学習しやすい馴染みのある図形を用いた．

2. 方法

被験者は，成人 32 名(女 27, 男 5, 平均年齢 20.9±2.9 s.d.)であった．

刺激は，5 種の基本的な図形（丸，三角，四角，星型，プラス）を格子状に配置した情景であった．情景は単位タイルを継ぎ目なく並べて作成した．単位タイルは，要素である図形の種類が最低 3 種で長さが 3 から 8 要素の無作為に並べた種配列を作成し，それを Hoshino & Mogi 同様に斜め方向へ拡張して作成した[4](図 1)．このように作成した情景は単位タイルの境界が不明瞭になり情景の縁が曖昧になるが，このことは要素の並びに注目させる本研究では重要である．なぜならタイルの境界や情景の縁は，視覚的配列認識において要素の並びより強い手がかりになり得るからである[5].

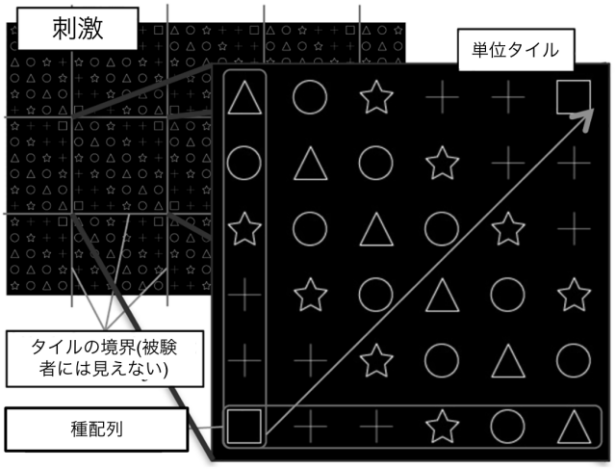


図 1　実験刺激

情景の類似度，すなわち，ある情景に対する別の情景の類似度は n-gram 類似度 *Sim* [4]を用いて数量的に定義した．n-gram 類似度とは例えば二つの情景を比較しときに，n=1 ならば個々の要素の出現頻度がどれだけ似通っているかを平均的に定量化した値である．n>1 のときは n 個の要素の並びがどれだけ似通って出現しているかに相当する．

n-gram 類似度 *Sim* ($0 \le Sim \le 1$) の定義

n-gram(n>1): $Sim_{A|B} =$

$$\sum P_A(x_i, x_{i-1}, \ldots, x_{i-(n-1)}) \times P_B(x_i \mid x_{i-(n-1)}, \ldots, x_{i-1})$$

1-gram: $Sim_{A|B} = \sum P_A(x_i) \times P_B(x_i)$

ただし，$(x \in A, B)$

$Sim_{A|B}$: 情景 B から見た情景 A の n-gram 類似度

$P_A(x_i, x_{i-1}, \ldots, x_{i-(n-1)})$：要素配列 $x_i, x_{i-1}, \ldots, x_{i-(n-1)}$が情景 A に表れる頻度

$P_B(x_i \mid x_{i-(n-1)}, \ldots, x_{i-1})$：要素配列 $x_{i-(n-1)}, \ldots, x_{i-1}$ の隣に要素 x_i が表れる確率

注意：n-gram (n>1)のとき一般に $Sim_{A|B} \neq Sim_{B|A}$

本実験では，個々の要素と要素の並びのどちらが類似度判断に貢献するのか調べるために，1-gram 類似度と 3-gram 類似度に注目した．1-gram 類似度は個々の要素の頻度の類似度を表す指標である．一方，n-gram (n>1)類似度は要素の並びの頻度の類似度を表す指標であり，n=2 のとき最も局所的な並びの類似度を表し，n が大きくなればなるほどより大局的な並びの類似度を表す．しかし本実験は刺激作成の制約上，n が大きくなるほど 2 つの情景の間に同じ n-gram の並びが現れにくくなり，n-gram 類似度が 0 になる組み合わせが増える．そのため適度に様々な類似度が得られるに n=3 に注目した．この 3-gram 類似度を要素の並びの頻度の類似度を表す指標として採用した．

手順は次の通りであった．二つのキュー情景と一つのプローブ情景を順に一つずつ呈示し，被験者に二者強制選択で二つのキュー情景どちらがプローブ情景により似ているかをボタン押しで判断させた(図 2)．呈示は刺激をコンピュータの画面全体に描画した．被験者は画面から約 60 cm 離れた位置で刺激を見た．実験中同じ情景が二度呈示されることはなかった．

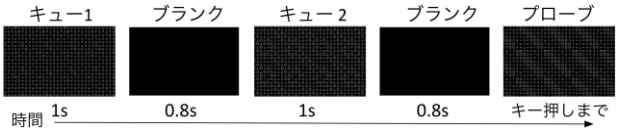


図 2　実験手順

1-gram 類似度と 3-gram 類似度のどちらが類似度判断の手がかりになりやすいか調べるために，1-gram 類似度と 3-gram 類似度のどちらか一方を段階的に増減させ調整する 1-up-2-down の階段法を用いて主観的等価点(PSE)を求めた．1-gram と 3-gram 類似度の関係を予め計算により求めた(図 3)．1-gram 類似度と 3-gram 類似度が相関する値であるため，1-gram 類似度が小さくて 3-gram 類似度が大きい情景の組み合わせ（もしくはその逆）はほとんど存在しない(図 3)．実験では *Sim* を 20 段階に分けたうち，段階 4 から段階 12 の間で類似度を調整できる情景の組み合わせを用いた．階段法の初期値（二つのキュー情景の 1-gram 類似度と 3-gram 類似度）に応じて 8 条件を設定した(図 4)．実験に用いた調整域は，1 つのプローブ情景に対し 1-gram と 3-gram が段階的に調整可能なキュー情景を 2 つ持つという制約から決定した．階段法は通常一次元の値を操作するが，本実験では操作できる類似度が 1-gram と 3-gram の 2 つあるため，2 つのキューのうち片方のキューは 3-gram を固定し 1-gram が調整可能とし，もう一方のキューは 1-gram を固定し 3-gram が調整可能とした．例えば図 4 の条件 1 では，キュー1 が 1-gram が調整可能（青矢印），キュー2 が 3-gram が調整可能（赤矢印）とする．被験者がキュー1 の方がプローブと似ている判断した場合，階段法の条件を満たせばキュー1 の 1-gram を 1 段階下げた．キュー2 の方が似ていると判断した場合は，キュー2 の 3-gram を 1 段階下げるという規則であった．

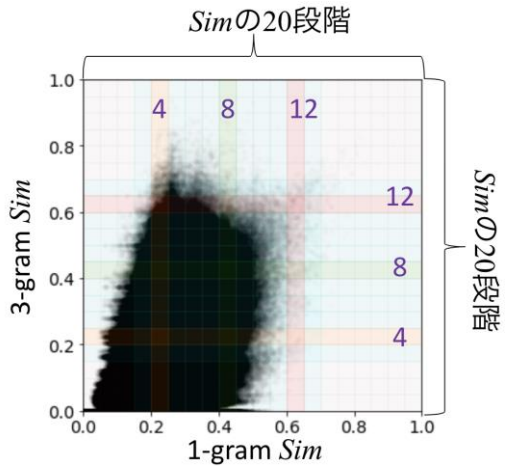


図 3 プローブに対する類似度

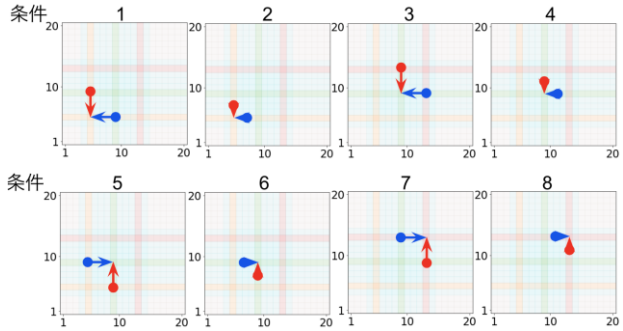


図 4 条件ごとの初期値と調整区間

矢印の丸部が初期値，先が最大調整値．2 つのキューは 1-gram か 3-gram のうちどちらか一方の *Sim* を固定し他方を調整した．青矢印は 3-gram を固定し 1-gram が調整可能なキューの調整可能域．赤矢印は 1-gram を固定し 3-gram が調整可能なキューの調整可能域．

3. 結果

PSE が初期値から何段階移動したかに応じて 1-gram と 3-gram のどちらが類似度判断に貢献したかを得点化した．すなわち，1-gram 増加もしくは 3-gram 減少ならば負，初期値のままならば 0，1-gram を減少もしくは 3-gram を増加ならば正とした．得点が高いほど 1-gram 類似度が 3-gram 類似度より類似度判断の手がかりとなっていたことを表す．この得点に対し，8 条件を一つ目の要因として，呈示順（二つのキューのうち，どちらに 1-gram を調整するキューを呈示したか）の 2 水準を二つ目の要因として，8 × 2 の分散分析を行った．

結果として，条件と呈示順で統計的に有意な交互作用があった($F(7, 217) = 3.87$, $p < .001$)．ボンフェローニ補正を使ったポストホックテストの結果，プローブに対する 1-gram 類似度と 3-gram 類似度がともに低い条件 2 と，1-gram 類似度と 3-gram 類似度がともに高い条件 8 でのみ，呈示順に有意な効果が見られた(図 5).

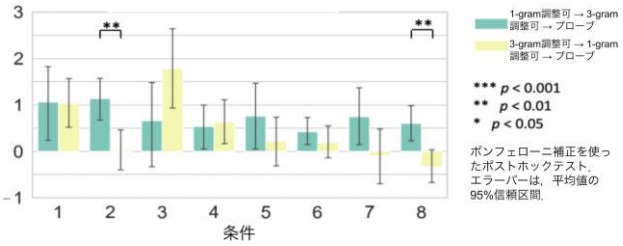


図 5 類似度判断における得点

4. 考察

2 つのキューとプローブとの 1-gram 類似度と 3-gram 類似度がともに低い，つまりプローブと似ていない情景は，時間的に近接している情景の要素自体の頻度が，時間的に近接していないときと比べて，類似度判断の手がかりになりやすく，逆に，2 つのキュートプローブがよく似ているときは，時間的に近接している情景の要素の並びの頻度が手がかりになりやすいと考える．プローブと二つのキューがよく似ているかほとんど似ていない条件は，被験者にとって判断が難しかった可能性がある．しかし，それらの条件下では，呈示順という時間的近接性の違いによって手がかりになる情報が異なる可能性が示された．先行研究[3]では刺激を何度も学習させる統計学習のパラダイムにおいて要素の並びが記憶されやすいことが示されているが，本研究は一度しか見ていない情景の記憶は，情景同士がよく似ているとき，時間的に近接している情景の要素の並びが近接していないときと比べて類似度判断の手がかりとなりやすいことを示した．

類似度判断における得点では条件によって平均値の信頼区間にばらつきが見られた(図 5)．主な原因に条件によって類似度の調整域が異なることが考えられる．調整域の範囲を統一することで精緻なデータを得る余地があった．

謝辞

本研究は日本学術振興会科研費若手研究によった．

文献

[1] Larkey, L. B., & Markman, A. B., (2005) “Processes of similarity judgment”, Cognitive Science, Vol. 29, No. 6, pp. 1061-1076.

[2] Rensink, R. A., O'Regan, J. K., & Clark, J. J., (1997) “To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes”, Psychological science, Vol. 8, No. 5, pp. 368-373.

[3] Fiser, J., & Aslin, R. N, (2005) “Encoding multielement scenes: statistical learning of visual feature hierarchies”, Journal of Experimental Psychology: General, Vol. 134, No. 4, pp. 521.

[4] Hoshino, E., & Mogi, K, (2017) “Multiple processes in two-dimensional visual statistical learning”, PloS one, Vol. 12, No. 2.

[5] Rawlinson, Graham, (2007) “The Significance of Letter Position in Word Recognition”, Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE. Vol. 22, No. 1, pp. 26 - 27.

過剰な意味づけへの理論的アプローチ：ホモ・クオリタスとしての人間理解へ向けて
A theoretical approach to meaningfulness: Toward understanding of human nature as homo qualitas

高橋 康介 †，日高 昇平 ‡
Kohske Takahashi, Shohei Hidaka
† 中京大学，‡ 北陸先端科学技術大学院大学
Chukyo University, Japan Advanced Institute of Science and Technology
takahashi.kohske@gmail.com

概要

本 OS ではこれまで 3 度に渡り開催してきたホモ・クオリタス OS で取り上げてきた過剰な意味づけを示す知覚、認知現象の理論的アプローチを探る。諸現象の説明原理として未知領域最小化原理や高次構造を利用した効率的符号化原理について紹介し、更にこれらを統合、発展させて高次認知を含む過剰な意味づけの理論的基盤について議論する。同時に認知科学における理論の意義や位置づけを再確認する。

キーワード：ホモ・クオリタス (Homo Qualitas), 圏論 (Category theory), 理論 (Theory)

1. ねらい

2017 年度から継続して「ホモ・クオリタスとしての人間理解へ向けて」と称する OS[1, 2, 3] を開催し、好評を博してきた。これまで様々な認知現象、例えばパレイドリアやアニマシー、幻視、Virtual Reality などについての議論を重ね、「過剰に意味を創り出す認知」の理解を試みてきた。さらに 2019 年度には数学の理論である圏論との接続を試みた [3]。これらの議論を発展させ、今回の OS ではホモ・クオリタスに関わる知覚の数理モデルの精緻化を目指し、同時に認知科学における理論の意義や位置づけを再確認する。

人が認識しようとする世界は、人に与えられる情報に比べて遥かに巨大で濃密である。空間的には視野外や遮蔽された事象を、時間的には過去および未来の事象を、メタなレベルでは事象を生み出す力やオブジェクトやイベント同士の関係を支配する法則を、限られた所与の情報から認識しようとする。一連のホモ・クオリタス OS で議論してきたように、この過程において「過剰に意味を創り出す」という認知の性質が生じると考えることができる。

このように現象を言葉で記述すれば漠然と納得してしまう部分もあるが、これを人間の認知過程に関する科学的な理論とするためには、定量的予測を生み出す精緻な数理モデルを構築し、実験的検証を重ねる必要がある。ここで特に重視することは、そのような数理モデルを現象を説明するために後付け的に用いるのではなく、現象に先立ち現象を定量的に予測する理論的基盤を構築することである（理論物理学と実験物理学の関係に相当する）。

この試みの一事例として、日高は自身が提唱する未知領域最小化原理 [5] および高次構造を利用した効率的符号化原理を紹介し、錯視を含む知覚現象を理解するための理論的基盤について議論する。高橋はこれらの理論をベースにパレイドリアなどこれまでのホモ・クオリタス OS で扱ってきた知覚・認知現象の枠組みへの適用について議論する。

2. 議論するトピック

圏論的な立場からは、「未知領域最小化原理」は、認知系の内部モデルとそれに与えられた断片的なデータとの間とを効率的かつ自然につなぐ随伴関手を構成することに他ならない。これは、一見すると Marr (1982)[4] 以来主流の考えである正則化（制約付き最適化）による知覚モデルと類似の考えである。実際、多くの最適化は数学的に (前順序の圏の間に成り立つ) 随伴の一種とみなせる。しかし、一般には最適化とは陽には考えづらい情報処理 (例えば、符号化など) もその範疇に捉える点で、Marr(1982) の考え方をさらに一歩進めた考え方とも言えるかもしれない [6]。また随伴による最適化の捉えなおしは数学的な抽象化・一般化にとどまらず、質的に異なる新たな枠組みを与える可能性がある。なぜなら、観察によって得られる感覚データへの適合だけではなく、観察不可能な未知なる領域までを含んだ内部モデルの整合性を問う理論であるからだ。この「(原理的に) 見えないが、あるべきと想定されるもの」を含む理論の定式化は、「過剰

な意味づけ」の基礎理論としてのみならず、統合的な情報を求める認知過程一般に潜在する基礎数理の解明につながると期待される。この理論については、バーバーポール錯視を用いて議論する。

観測可能な領域のデータだけでは決まらないモデル(不良設定問題) に対し、観察不可能な未知領域の構造まで含めた構造を、対象の解釈とするというアプローチを採ることで、「バイアス」「制約」「事前知識」などと了解してそれ以上踏み込めなかった情報処理の数理を追究することが可能になる。

例えば人間の知覚系に与えられる情報は 2 次元であるが、人間は 3 次元空間の下で対象の構造を知覚する。3 次元空間とその中の構造は直接観察することは不可能であり、2 次元の情報から 3 次元空間の構造を推定する必要がある。2 次元情報を生み出す 3 次元構造の「良さ」が与えられることで、2 次元情報は 3 次元の構造として解釈されることもあれば、2 次元のままに解釈されることもある。知覚心理学、認知心理学ではこの「良さ」は自然制約条件としてアドホックに表現されてきた。しかし、単にそうした制約を「良し」として受け入れるだけではなく、高次構造を利用した効率的符号化原理は、この「良さ」の理論的な根拠を与えうるものである。このような理論について、ネッカーキューブの立体的知覚を用いて解説する。

このような議論は、知覚現象から認知現象へと展開できる。パレイドリア現象では、∵というたった 3 点から顔が認識される。この際、見えている 3 点を生み出している観察不可能な未知領域を、可能なオブジェクトの集合空間と考えれば、この空間内での「良さ」が与えられ、この空間内でのオブジェクトの構造に対応するように見えている対象を構造化することで、効率的な認識が可能になると予想できる。アニマシー知覚やエージェンシー知覚では、2 次元の動き情報と、その動きを生み出す規則や力という対応として、因果関係の（誤）認識では、複数の事象とそれらをつなぐ規則や力という対応として、やはり未知領域の高次構造を利用した認識を背景に想定できる。

これら一見バラバラに見える、しかしこれまでのホモ・クオリタス OS[1, 2, 3] でとりあえげてきたさまざまな現象に対して、一つの理論的基盤からアプローチすることが本 OS の目的である。

3. 現象と理論

心理学や認知科学における理論の重要性に異を唱えるものはいないだろう [7]。しかし実際に理論を構築し、実証していくプロセスを実践することは容易ではない。本 OS で紹介する研究事例は、日高と高橋の間でダイナミックに展開されている理論構築と実証のプロセスから生まれたものである。理論構築の意義を大所高所から語るだけではなく、その一事例として精緻な数理モデルである「未知領域最小化原理」を錯視現象に適用して検証する試み、そしてその射程をホモ・クオリタスに関する知覚・認知へと向けようとする試みを紹介することで、認知科学に関わる多くの研究者に直接的に役立つ議論が可能であると考えられる。

認知科学は人間の認知や行動を説明・予測し得る理論構築を目指す学問だったはずである。このためには、現象を記述するだけでは全く不十分であるし、得られた現象を説明するモデルをアドホックに組み立てるのではやはり不十分である。一方で現状の認知科学研究を眺めると（自省を込めて）現象の記述や現象説明のためのモデルで満足しているものが多いようにも思える。

本 OS で議論する理論は、圏論的な見方に立脚して構想された認知過程に関する理論であり、認知科学における圏論の有用性を示唆する一例とも言える。この原理を他の認知過程の説明に応用する際には、骨格としての随伴関手の構造を維持しながら、その応用先におけるデータ構造を反映する適当な圏の選択を考えることになる。こうした系統的な一般化・転用可能性を持つ理論は、従来の実験や現象に固有のモデルと一線を画し、成熟した理論研究の道を切り拓くと期待される。本 OS を通して、開かれた部品的理論群 [8] を構築し、実証を通して修正していくことの重要性について、再確認されることを期待する。

文献

[1] 高橋康介 & 日高昇平 (2017) 過剰に意味を創り出す認知 : ホモ・クオリタスとしての人間理解へ向けて (OS05) 日本認知科学会第 34 会大会.
[2] 日高昇平 & 高橋康介 (2018) 意味理解とオブジェクト認知 : ホモ・クオリタスとしての人間理解へ向けて (OS09) 日本認知科学会第 35 会大会.
[3] 日高昇平 & 高橋康介 (2019) 圏論による認知モデリングの可能性 : ホモ・クオリタスとしての人間理解へ向けて (OS01) 日本認知科学会第 36 会大会.
[4] Marr, D. (1982). Vision. W. H. Freeman and Company.
[5] 日高昇平 & 高橋康介 (2019). “未知領域を含むオブジェクト同定による窓問題知覚の説明” 日本認知科学会第 36 回大会論文集, O2-1, pp. 16-18.
[6] 日高昇平 (2017). 最適化を超えた認知科学の新たなパラダイムに向けて : Marr の情報処理の三水準の再考. 認知科学., 24(1), 67-78.
[7] 高橋康介 (2019) “新しくて古い心理学のかたち” 心理学評論, 62(3), pp. 304-310.
[8] 戸田正直 (1971) “心理学の将来”, 日本児童研究所編「児童心理学の進歩」, pp. 336–356.

非流暢でぎこちないくせにうまくいく行動者の資格とは？

定延利之[1]・舩橋瑞貴[2]・林良子[3]・岡田美智男[4]

1. 企画の趣旨

「ニュース原稿を読み上げるアナウンサーとはちがって，日常的なコミュニケーションにおける多くの話者は，流暢ではない．だが，非流暢なりに，相手の助け舟を呼び起こすなどして，コミュニケーションはなんとかうまくいっている」という認識は，研究分野によって程度の差こそあれ，今では広く浸透している．だが，誰が，どのように「うまくいく」のだろうか？――以上の問いは，発話だけでなく運動全般に当てはめることができる．運動がぎこちないにもかかわらずコミュニケーションの中で「うまくいく」とは，どのようなことなのか？　このOSは，言語学・医学～音声科学・言語教育学・関係論的ロボティクスの研究者らの共働により，「うまくいくこと」そして「うまくいく者」に光を当てようとするものである．

発話の非流暢性は医学，言語学，言語教育学で研究されてきたが，その研究形態は多分に相互排他的である(Lickley, Robin J. 2015. “Fluency and disfluency.” In Melissa A. Redford (ed.), *The Handbook of Speech Production*, pp. 445-474. Malden, Mass.: Wiley-Blackwell)．他分野からの刺激が乏しいために，研究が沈滞している場合もある．たとえば言語学では，発話の非流暢性の研究は，コーパス言語学と一部の文法研究を除けば，活性化しているとは言い難い状況にある．このOSは，さまざまな非流暢な話し手がどのように「うまくいく」のか（あるいはいかないのか）という問題意識から出発することによって，これらの諸分

---

[1] 京都大学．専門は言語学．著書『文節の文法』(2019，大修館書店)で日本語母語話者の非流暢発話に見られる規則性を論じている．日本認知科学会会員．

[2] 群馬大学．専門は日本語教育学．流暢な話し方を学習者に目指させる現行の「流暢性教育」ではなく，学習者の非流暢性を母語話者の自然な非流暢性に転換させる「非流暢性教育」を構想している．

[3] 神戸大学．専門は音声科学．病理的な言語障害と，MRI等を用いたその調音動態ならびに音響的特徴に知悉している．

[4] 豊橋技術科学大学．専門は関係論的ロボティクス．著書『口ごもるコンピュータ』(1995，共立出版)・『弱いロボット』(2012，医学書院)で，社会化された非流暢性・ぎこちなさ研究の先陣を切っている．

野を結び付け，次に発話を運動全般に一般化することで，関係論的ロボティクスとの交流を果たした上で，認知科学全般の研究者との学際的な交流を目論むものである．より短期的には，（フロアの一部も巻き込んだ形で）論文集の出版を目指したい．

2. スケジュール

趣旨説明の後，4 件の発表をおこない，フロアも含めたディスカッションで締める．4 件の発表は，直前になされた発表の射程を包含する形で配置されている（図 1）．各発表に対する質疑応答の時間は，フロアからの質疑がない場合は次の発表者とのクロストークに当てる．

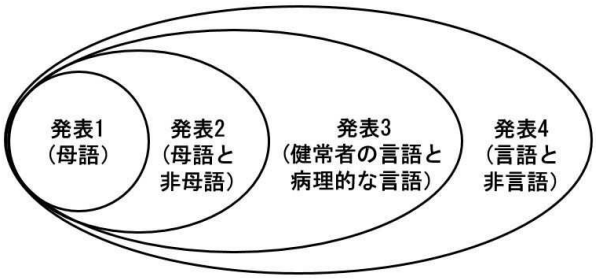


図 1：4 つの発表の関係

9 月 19 日（土）

13:30-13:35 趣旨説明（定延）

13:35-13:55 発表 1「母語話者の非流暢性」（定延）＋質疑応答

日本語母語話者の非流暢な発話について，話し手像・態度・出現環境の 3 点から規則性を示すと共に，それがコミュニケーションの中で生む効果を論じる．

13:55-14:20 発表 2「母語話者の非流暢性と学習者の非流暢性の比較」（船橋）＋質疑応答

日本語学習者の非流暢性を母語話者の非流暢性と比較対照し，コミュニケーションに貢献する非流暢性を日本語教育に取り入れる方策について論じる．

14:20-14:45 発表 3「健常者の非流暢性と言語障害者の非流暢性の比較」（林）＋質疑応答

日本語母語話者・学習者の発話の非流暢性と，言語障害者の発話の非流暢性の特徴や共通点について，各種検査法の比較や，音声生理学的観察などの応用可能性の観点から論じる．

14:45-15:10 発表 4「発話の非流暢性と行動のぎこちなさ」（岡田）＋質疑応答

特にコミュニケーション内で生まれる効果に焦点を当て，発話の非流暢性と行動のぎこちなさについて，ロボットを用いた実験を通して論じる．

15:10-15:30 ディスカッション

OS「知の生成をささえるものは何か？−コモディティとしての領域知識とその流通をめぐって−」について

OS ”What supports the generation of knowledge? -On domain knowledge as commodity and its distribution”

田中 吉史[1]、荷方 邦夫[2]、青山征彦[3]、髙木紀久子[4]、松本一樹[4]
Yoshifumi Tanaka[1], Kunio Nikata[2], Masahiko Aoyama[3], Kikuko Takagi[4], Kazuki Matsumoto[4]

[1]金沢工業大学，[2]金沢美術工芸大学，[3]成城大学，[4]東京大学
[1]Kanazawa Institute of Technology，[2] Kanazawa College of Art，[3] Seijo University，[4] University of Tokyo
tanakay@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

これまでデザイン、アートなど創造的活動に関する認知科学的研究は、熟達者の高度な領域知識や技能に着目することが多かった。一方、創造活動を支える様々な一般向けツールの開発や、STEAM 教育など創造性育成を狙った教育への注目に伴って、創造的活動における領域知識の普及・一般化（コモディティ化）は今後重要な研究テーマとなると考えられる。本 OS では、こうした問題について、アート・デザインに関する 6 件の研究発表とともに議論したい。

キーワード：創造性(creativity)、デザイン (design)、アート(art)、熟達(expertise)、日常知(daily knowledge)

1. 本企画の背景・目的

認知科学はこれまで、人間の知的な振る舞いを支える様々な仕組みを、内的なプロセスのみならず、社会文化的な基盤まで、様々な観点から明らかにすることに取り組んできた。また、こうした研究は、思考、熟達化、創造性、デザインや芸術など、高度な認知的活動の支援手法の検討など、実践的な問題とも結びつく形で進められてきた。

これまで一般に、デザインやイノベーション、アートなど、知の生成的な活動は、特別な素養や専門家としての長期にわたるトレーニングによって獲得される専門知識（領域知識）が必須とみなされてきたと思われる。しかし近年、そうした専門的で高度な知識・技能が、テクノロジーの進展や様々なツールの開発とも相俟って、パーソナルファブリケーションなどの形で、より多くの人々にもそれほどのコストを伴わずに利用可能なものになってきた。また、いわゆる STEAM 教育の重視により、アートを用いた教育が一般大学でも展開されつつあり、創造的な活動に関する領域知識の普及・一般化（コモディティ化）は今後実社会においてもさらに重要となると考えられる。

このことは、高度な領域知識や技術が、一部の専門家から開放され、いわば「民主化」されてきている、と見なすこともできるだろう。そして、「民主化」された知識や技能、それらを支えるプラットフォームは、広く流通するごくありふれたものだが私達の生活を支える上で欠かすことのできない日用品のような存在、つまりコモディティとしてますます重要なものとなっていくと予想される。

一方、こうした専門的な領域知識のコモディティ化によって、古くからある課題の深化や、新たに生じてくる問題の検討が、今後の認知科学にとって重要な研究テーマとなってくるであろう。

本 OS では、このような知の生成的な活動を支える知識やその普及・コモディティ化をめぐる研究を取り上げ、議論する場を持ちたいと考えている。

2. 本 OS のプログラム

本 OS では以下の 6 件の公募による発表と、フロアを交えた討論で構成する。発表では、文学、美術、演劇など芸術の諸ジャンルから、デザイン、さらには手芸と、創造性に関わる様々なテーマが取り上げられる。これらの研究はいずれも熟達者でない普通の人々に焦点を当てているという点で共通しているが、一方その切り口は、感情的体験、スキルや視点の獲得、活動を支える動機づけやプラットフォームなど、さまざまである。本 OS ではこうした多様な研究発表と討論を通して、創造性、デザイン・アート、熟達、日常知をめぐる新たな研究の可能性を探っていきたい。

＜プログラム＞

・企画主旨説明（5 分）
・研究発表（各 15 分）
　1）Jingyan SUN・岡田 猛（東京大学）『演技訓練場面において注意が俳優の感情体験に与える影響の検討』

2）櫃割 仁平・野村 理朗（京都大学）『俳句と認知科学：感情との関わりから』
3）岩井 優介・岡田 猛（東京大学）『他者作品の推敲による小説創作の促進』
4）松本 一樹・岡田 猛（東京大学）『「深い作品鑑賞」はいかに可能になるか？ －初心者による熟達者視点の取得の支援に向けた研究枠組み構築の試みー』
5）青山 征彦（成城大学）『日常のなかの創造的行為：ハンドクラフトを中心に』
6）荷方邦夫（金沢美術工芸大学）『デザイナーの知を民主化する ―一般ユーザ向けデザイン支援ツールの開発―』

・総合討論（25 分）

演技訓練場面において注意が俳優の感情体験に与える影響の検討
How Emotional Expression Changes by Focusing on the Partner in Acting Training

スン ジンエン[†], 岡田 猛[‡]
Jingyan Sun, Takeshi Okada

[†]東京大学学際情報学府, [‡]東京大学教育学研究科
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, Graduate School of Education, University of Tokyo
sun-jingyan-49@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

俳優が想像上の人物をどのようにリアルに表現できるかという問いに対して、本研究は、実演的な演技訓練を対象とし、構成主義感情論を用いた検討を行うことで、訓練法が重要視している相手への注意が俳優の感情体験に与える影響を解明する。訓練中の言葉の時期的変化、個人間差異及び表現粒度の特徴を分析することは、リアルな演技のメカニズムの解明につながり、より有効な練習を促進できると考えられる。

キーワード: 役作り、構成主義感情論、発話分析、演技訓練

1. はじめに

演劇は、紀元前 5 世紀半ばに芸術領域のひとつとして確立されて以来、世界中の多くの地域において様々な形で発展してきた。その中で、俳優は演劇にとって不可欠な要素であると主張され、想像上の人物を生身で具現化し、物語を観客に共有することが俳優の仕事と認識されている[1]。そこで、すべての俳優が直面しているのは、「良い演技とは何か」という問題である。演技実践においては、潜在意識のレベルまで役を身体に落とし込み、本番でそこに実在する人としてリアルな感情を体験するというスタニスラフスキーの提唱した演じ方が、20 世紀初頭以来広く受容されてきた[2]。それに基づいて、役作りの方法に関する多くの演技論が展開されてきた[3][4][5]。

一方、認知科学の観点から俳優の役作りのプロセスを解明しようとする試みも続いている。まず、Nemiro [6]は、俳優へのインタビューから、全般的準備、リハーサル、パフォーマンスという三段階の創造的プロセスを提唱した。なお、セリフの記憶に注目して、Noice & Noice [7]が行った一連の研究では、俳優が「分析的段階」と「積極的経験」の二つのプロセスを経てセリフを覚えることが示されている。それと関連して、安藤[8]は、台本を読んでから演技をするまでを、「脚本読み取り」、「演技計画」、「演技遂行」という三つの段階に分けている。

これらの研究では、主に準備段階における認知過程に焦点を当てた検討が行われており、俳優の創作プロセスの全容が十分に解明されたとは言えない。特に、演技をするときに、実際に演技中に役としての感情がどのように生じるのか、またそれに対して俳優がどのように対応しつつ演じていくのかについてはまだ十分に検討がなされていない。よって、本研究は、演技訓練の中の実演的な練習の中での俳優の行動を観察し、演技における感情表現のメカニズムを検討する。

2. 感情発生のメカニズムと言葉の役割

人間の感情発生メカニズムについては、近年構成主義的感情論が注目を集めるようになっている[9]。構成主義的な考え方によると、過去の経験により構築された感情の概念が、その時々の感情予測を導いている。また、それぞれの感情予測に応じて脳がシミュレーションを行い、各結果を眼前の情報と比較した上、差の一番小さい結果に対応する感情予測がその場の感情体験になると仮定されている。つまり、感情は単なる環境に対する反応ではなく、能動的なシミュレーションに基づいて主体に認識されるものであると考えられる。

さらに、感情の発生及び表現と関わる重要な要素として挙げられたのは、言葉である。前述のモデルによると、一つの感情予測は感情概念の事例の一つであり、ある概念を代表する言葉を知ってから、その概念の包含する感情予測ができることになる。そして、選択された感情予測がその場の感情体験になり、新しい事例として概念・言葉を強化することができる。そのような考えによると、感情の状態及び粒度は、その時の言葉で表すことが可能である。そのため、演技訓練の場面では、俳優が役として自由に発した言葉を分析することで、その時々の感情状態を推測できると考えられる。

3. 感情表現に対する演技テクニック

俳優には、人間の心理的活動と特定場面での感情を吟味し、物語の一部として役を成立させる能力が求められる。そのため、様々な演技訓練が利用されてきた。その中でも、能動的な行動から始め、行動しているうちに自然に生じた衝動に従うことを強調してきたのが、サンフォード・マイズナー[10]である。マイズナーによって開発されてきた訓練法はマイズナーテクニックと呼ばれている。

マイズナーは、能動的な行動から自然な感情表現ができるようになるには、相手に注意を向けることが重要であると考えた。つまり、演技の場で積極的に行動する中で、相手に注意を向け、相手の反応を受け止めることで、俳優の中にリアルな感情が生まれてくるということである。そこで本研究は、マイズナーの開発した訓練の中で、相手に注意を向けることがどのようにリアルな感情体験を導くのかを解明することを目的とする。

4. フィールドワーク

実際のマイズナーテクニックを用いて教授するボビー中西氏の演技クラスを対象とし、2019 年の 4 月下旬から 8 月上旬までの約 4 ヶ月間（1 ターム）、フィールドワークを行った。ボビー中西氏は、ニューヨークのアクターズ・スタジオで 15 年に渡って俳優として活躍した後に日本に帰国して、俳優のための演技指導の私塾を開いている。クラスの参加者は、俳優や俳優になるための修行中の人達である。講師及び受講者の了承を得た上で、クラスでの練習の様子をビデオカメラ 1 台と IC レコーダー1 台により記録した。クラスは週に 1 回開催され、1 回の時間は 4 時間であった。

観察対象となった内容は、「アクティビティ」という二人ペアで行う訓練である。4 ヶ月間で、計 83 セッションが行われた。ペアの一方の受講者（イグゼキュターもしくは実行者）は、事前に具体的な状況を設定し、その状況の中で 10 分間内にやらなくてはいけない作業を考える。そして、作業を実行しながら、もう一方の受講者（オブザーバーもしくは観察者）と互いに相手のことを観察する。その中で、どちらかが相手の様子を言葉にし、二人で順番にその言葉を繰り返す。このような繰り返しをしばらく続け、どちらかが相手に変化があったと気づいた時にだけ言葉を変える。

分析にあたっては、まずビデオ記録から、アクティビティ訓練における二人の発話内容、及び対応する発話者名を書き起こした。ただし、アクティビティ訓練の中で、繰り返されていた部分は省略し、発話内容自体が変えられた最初の単文のみを書き起こしの対象とした。その理由は、言葉の変化した部分に注目し、その背後にある内面的状態の変化を捉えようとするからである。

訓練中の心理状態と感情を推測するために、すべての発話について、全体を詳細に把握した上で、ボトムアップに下記の五つのカテゴリーを作成した。

- 行為：実行に関する基本的な動詞を指し、相手の表面上の状態を説明する言葉（例えば、笑う、しゃがむなど）。
- 所感：相手の外面の状態に対して自分がどのように感じるかを表す言葉。つまり、相手の行動や行動の傾向に対する、自分の捉え方を入れた発話（例えば、鋭く見た、泣きそうなど）。
- 推測：相手の内面の状態について判断した発話（例えば、悲しい）。
- 評価：作業の出来具合や一定の時間内に相手の状態などを評価する発話（例えば、うまくいかない）。
- 感嘆：相手のことしか言わないというルールがあるにもかかわらず、訓練中に思わず出てきた言葉。

これらのカテゴリーは、発話者が相手の様子をどのように読み取っているのかを表している。

5. 結果と考察

上記のカテゴリーに基づき、訓練中の言葉の特徴を三つの側面から分析した。結果の概要は、以下の通りである。まず、訓練の進行につれ言葉の時期的変化を把握し、相手に注意を向けることで発話カテゴリーの転移が生じたことを示した。決まり表現ではなく、能動的な行動と状況への対応がリアルな感情を導いたと考えられる。また、イグゼキュターとオブザーバーの役割によって二人の注意配分が異なり、発話の特徴にも差異が見られた。異なる設定あるいは経験に基づき、状況に対する予測とその結果としての表現も違ってくるプロセスが推測できる。なお、相手に視線を向けた回数と発話のカテゴリー数との関係を分析し、正の相関が認められた。注意を向けることでより多様な情報を受け取るようになり、予測と感情表現が循環的に精緻化していくため、リアルな演技ができると考えられる。

5.1. 訓練の三つのフェイズでの表現の変化

セッション内の時間経過による俳優の注意や感情体

表１　各フェイズにおける各カテゴリーの発話数の平均値と標準偏差（N＝82）

発話者	発話カテゴリー	第一フェイズ		第二フェイズ		第三フェイズ	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
イグゼキュター	行為	3.29	2.19	2.29	2.04	1.85	1.75
	所感	0.39	0.75	0.37	0.73	0.68	1.04
	推測	0.88	1.00	1.12	1.20	1.02	1.29
	評価	0.26	0.49	0.57	0.98	0.59	0.90
	感嘆	0.60	0.93	0.89	1.22	1.12	1.36
オブザーバー	行為	3.84	2.52	2.74	1.96	2.74	2.05
	所感	0.68	0.90	0.94	1.23	0.89	1.22
	推測	1.30	1.39	1.40	1.46	1.48	1.43
	評価	0.82	1.23	0.51	1.11	0.76	1.18
	感嘆	0.24	0.58	0.50	1.02	0.45	0.97

験の変化を捉えるため、各セッションを 3 つのフェイズに分けた上で、各フェイズの発話パターンを比較した。各フェイズにおける各カテゴリーの発話数の平均値と標準偏差を表 1 にまとめた。

各カテゴリーの発話数の時期のフェイズ毎の変化を調べるために、ノンパラメトリック検定を行った。さらに、三フェイズのペアごとの比較を行うために、ウィルコクソンの符号付順位検定を用いた。多重比較補正として、ボンフェローニの方法を利用した。有意水準は 0.05 に設定した。

結果として、行為の発話でイグゼキュター（$\chi^2(2)=21.436$, $p<0.001$）とオブザーバー（$\chi^2(2)=16.684$, $p<0.001$）共に、フェイズ間に差異が見られた。さらにペアごとに比較した結果、行為の発話は減少する傾向にあった。それに対して、感嘆の発話もイグゼキュター（$\chi^2(2)=10.841$, $p=0.004$）とオブザーバー（$\chi^2(2)=6.541$, $p=0.038$）共にフェイズ間に差異が見られ、フェイズの進展に伴い増加の傾向にあった。また、イグゼキュターの場合は、所感（第三フェイズと第一フェイズ $p=0.046$, 第三フェイズと第二フェイズ $p=0.008$）と評価（第一フェイズと第二フェイズ $p=0.007$, 第一フェイズと第三フェイズ $p=0.003$）の発話が増加したことが見られた。なお、両方の発話で三つのフェイズの間に差異が見られなかったのは、推測の発話であった（イグゼキュター $p=0.133$，オブザーバー $p=0.506$）。

訓練の時間の経過に伴って、相手に注意を向け、その行動を言葉にすることを繰り返すうちに、行為の発話が他のカテゴリーの発話に移り変わったことがわかった。俳優がアクティビティ訓練を通じて、互いに相手の表面だけではなく、その行動に対し自分の観点から感情を取り入れた表現をするようになることがうかがえる。なお、推測に含まれる発話は、演技における常套表現が多く見られ（例えば、笑顔から「嬉しい」という発話）、相手との積極的な関わりに導かれたリアルな感情表現と考えづらい。

5.2. 注意配分による感情表現の差異

上記のように、イグゼキュターとオブザーバーにそれぞれ発話のフェイズに異なる変化が見られた。一方、各カテゴリーの発話数の差にフリードマン検定をかけた結果、感嘆の発話以外では、三フェイズを通して変化がなくオブザーバーの方がイグゼキュターより発話が多かったことがわかった。このような差異が表れた原因として、作業の存在が二人の注意配分に影響を与えたと考えられる。イグゼキュターには作業に一定の注意を払うことが求められるため、相手の行為への観察と感受に余裕を持つことが相対的に難しくなることに対し、作業を見る側であるオブザーバーが発話をする可能性は、イグゼキュターより高いと考えられる。

一方、このような作業を実行する側であるか見る側であるかという役割の違いによる発話数の差異が練習

の終盤まで維持できたことから、イグゼキュターが作業に注意し続けることができたことがわかった。これは、イグゼキュターが本人としてではなく、何らかの目的に向けて作業をするという設定のもとで役としてコミュニケーションをとることができたことを意味している。想像上の設定に基づき、役としての経験を手がかりにし予測を行い、実際のインタラクションから情報と反応を受け取った上で、リアルな感情表現ができたと考えられる。

5.3. 注意の向け方と感情表現の粒度

相手に注意を向けることがどのように役としての発話パターンを影響するかをより短い時間単位で捉えるために、訓練を 1 分ごとに区切り、各 1 分間にイグゼキュターが相手に視線を向けた回数と、発話の該当したカテゴリーの数を集計した。2つの指標に関して、ケンドールの相関分析を行った結果、正の相関が認められた(Kendall's tau-b=0.283, p<0.001)。また、隣接時間間隔における注意を向けた回数の差とカテゴリーの種類数の差に関しても、正の相関が認められた(Kendall's tau-b=0.313, p<0.001)。

視線を向けた頻度とカテゴリーの種類数との正の相関関係が示唆されたことから、俳優は相手に注意を向けることで、相手に関するより多様な情報を受け取ることが可能であったことが考えられる。それらの情報が、また新しい事例として関連概念を活性化し、より細かい予測を起こさせ、さらに行動及び発話に影響を与えることが可能であったと考えられる。視線を向けた回数とカテゴリーの種類数の変化量の間に相関が見られたことがら、俳優は状況に対応しつつ感情表現を精緻化させていくプロセスがあると推測できる。

6. 総合考察

上記の結果は、演技訓練において相手に注意を向けることによって俳優の表現に見られた変化を示唆したものと考えられる。演技訓練の中での注意という要素に焦点を当て、その重要性が具体的にどのような演技表現に現れるかを検討することは、これまで現場で繰り返し語られてきたリアルな演技のメカニズムの科学的解明につながると思われる。それによって、講師からの指導を頼りにすることに加え、俳優自身が原理を明確に理解した上で、より効率的に自らの練習を行うことが可能になる。

また、構成主義的感情論の枠組みを用い、俳優の役としての感情表現を明らかにしようとする試みは、俳優の創造性の研究に新しい観点をもたらすことが可能になる。設定と台本に基づいて演じる俳優は、創造性が低いとみなされてしまうこともある[11]が、俳優の役作りと実演によって、舞台上の表現が変化するため、台本演劇の俳優にとっても創造性は欠かせない要素であると指摘されている[12]。その創造性の一側面として、感情表現の仕組みを解明する重要性が明らかになることが期待できる。

本研究では、演技訓練中の発話を個人ごとに切り出し独立した対象として扱い、分析を行った。このことによって、発話の中に見られる個人間の連鎖構造は分析の中では消えてしまうため、注意を向ける対象としての相手の役割を明らかにすることができなかった。今後の課題として、俳優間のインタラクションに焦点を当てた分析を加え、注意配分と感情表現のダイナミクスを捉えることが考えられる。なお、長期の訓練にわたって、クラス全体かつ個人に感情表現について何かの変化が生じたかを検討する予定である。

文献

[1] Carlson, M. (2014). *Theatre: A very short introduction.* Oxford University Press.
[2] Stanislavski, C. (1924). *My Life in Art.* trans. JJ Robbins, London: Geoffrey Bles.
[3] Adler, S. (2000). *The Art of Acting.* Hal Leonard Corporation.
[4] Cohen, L., & Strasberg, L. (2010). *The Lee Strasberg notes.* London: Routledge.
[5] Stilson, K. L., Clark, L. D., & McGaw, C. (2011). *Acting is believing.* Cengage Learning.
[6] Nemiro, J. (1997). "Interpretive Artists: A Qualitative Exploration of the Creative Process of Actors", Creativity Research Journal, 10(2-3), 229-239.
[7] Noice, T., & Noice, H. (2002). "The Expertise of Professional Actors: A review of recent research", High Ability Studies, 13(1), 7-19.
[8] 安藤花恵, (2002). "演劇の熟達化", 心理学研究, 73(4), 373-379.
[9] Barrett, L. F. (2017). *How emotions are made: The secret life of the brain.* Houghton Mifflin Harcourt.
[10] Longwell, D., & Meisner, S. (1987). *Sanford Meisner on acting.* New York: Vintage Books.
[11] Sawyer, R. K. (2012). *Explaining creativity: The science of human innovation.* Oxford University Press.
[12] Goldstein, T. R., & Levy, A. G. (2017). "The Constricted Muse: Acting", In J. C. Kaufman, V. P. Glaveanu & J. Baer (Eds.), *The Cambridge Handbook of Creativity Across Domains* (145-160). Cambridge University Press.

俳句と認知科学：感情との関わりから
Cognitive Science regarding Haiku Poetry: Emotional Perspectives

櫃割 仁平[†]，野村 理朗[†]
Jimpei Hitsuwari, Michio Nomura

[†]京都大学
Kyoto University
hitsuwari.jimpei.74x@st.kyoto-u.ac.jp

概要

美的感情は，認知科学において，神経科学や哲学の議論を巻き込みつつ注目されている重要テーマである。従来，絵画，音楽，映画等を刺激として，美的感情の生じる過程が明らかとなりつつある一方で，詩歌，とりわけ俳句に関わる実証研究はわずかにとどまる。こうした動向を背景に，本論は，美的感情との関わりの深い複合感情，共感ならびにプロジェクションの各々の観点から，俳句にかかわる研究の現状と課題を述べる。
キーワード：俳句，美的感情，複合感情，共感，プロジェクション

1. はじめに

美的感情 (aesthetic emotions) は，認知科学における重要テーマである．従来，絵画，音楽，映画等を刺激として，美的感情の生じる過程が明らかとなりつつある一方で，詩歌，とりわけ俳句に関わる心理学的研究は萌芽的段階にある．こうした動向を背景に, 本論では, 美的感情との関わりの深い複合感情，共感ならびにプロジェクションの各々の観点から，俳句にかかわる研究の現状と課題を述べる．はじめに，美的感情に関わる研究知見を，複合感情の関連において概観し，新たに俳句を題材として取り上げることの意義について述べ，筆者らの最新のデータを紹介する。続いて，美的感情は共感を基盤とし，その対象は人間から動植物，人工物にまで及ぶことをふまえ，共感のプロセスが曖昧性を孕む俳句の鑑賞に如何に関わるかを解説する。最後に，認知科学におけるプロジェクション (投射) の発想とリンクすることにより，俳句の鑑賞から創作にまで視野を広げ，17 文字でという限られた空間に諸々の表象を投射するという営為のなかに，自己と他者，具体と抽象，あるいは過去と現在という円環があることを指摘し，俳句に着眼することの認知科学上の意義について述べる。

2. 俳句と複合感情

美的感情に関わる研究知見を, 複合感情 (畏敬, ノスタルジア等)の関連において概観する．近年，美的感情に関する体系的なレビューが発表され (Menninghaus et al., 2019, *Psychological Review*)，その研究は，絵画や音楽等を中心に蓄積されつつある一方，詩歌に関する知見は限られ萌芽的段階にある (Jacobs, 2015)(図 1)．しかしながら，詩歌，とりわけ本邦の芸術である俳句は 17 文字という制限から心理学実験に有用なだけでなく，他の芸術よりもミクロレベルの分析，さらには対象への直接的な感情反応を捉えるのにも適している．

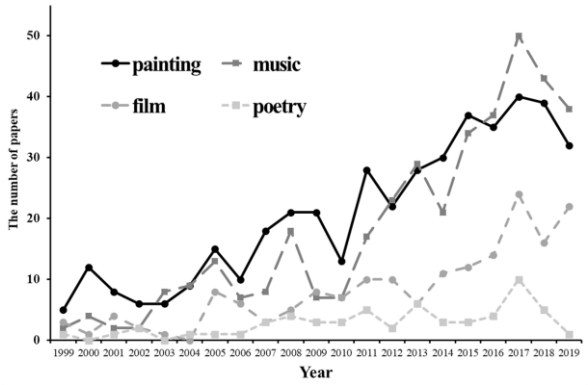


図 1 審美性と芸術学に関わる論文数の推移

筆者らは，美的体験における畏敬の念やノスタルジア等の複合感情の重要性を考慮しながら (Menninghaus et al., 2017)，俳句を刺激として，畏敬の念を感じやすい個人やノスタルジアの回想傾向が強い個人ほど俳句の美的魅力を高く評価するという美的体験の個人差を見出した (Hitsuwari & Nomura, under review)(図 2).

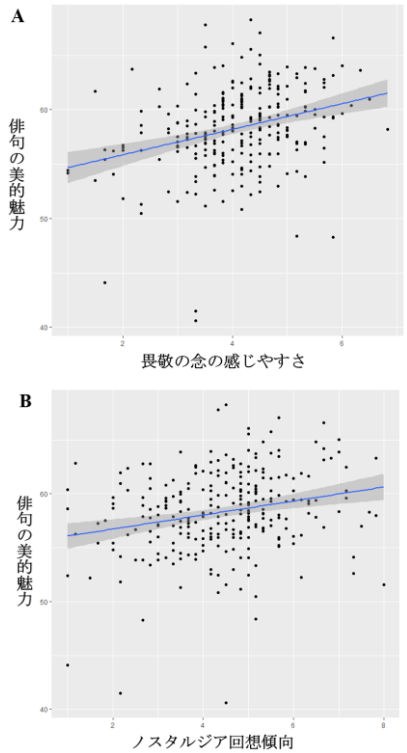


図 2 複合感情の傾向性と俳句の美的魅力の関係

また，続く研究では，俳句鑑賞中に感じた畏敬の念やノスタルジアと俳句の美的魅力の関係を検討し，畏敬の念やノスタルジアを強く感じる時，俳句の美的魅力も上がることが明らかになった (Hitsuwari & Nomura, in preparation)(図 3)．畏敬の念やノスタルジアは，自己概念との強い繋がりがある複合感情であり，畏敬の念は自己の縮小を喚起するという特徴を持ち (Piff et al., 2015)，ノスタルジアは自己連続性を喚起するという特徴を持つ (Sedikides et al., 2015).

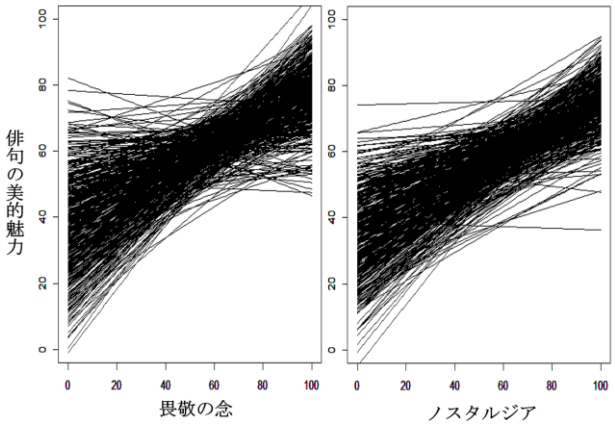


図 3 畏敬の念・ノスタルジアの感じ方と俳句の美的魅力の関係

もとより，芸術を評価する際，自己参照をするプロセスが知られており，図形の審美性判断をする時，対称性判断をする時と比して，自己参照と関連するデフォルトモードネットワーク (DMN)，とりわけ，内側前頭皮質のより強い賦活が示されている (Jacobsen et al., 2006)．俳句は，文字数が制限されているために省略や飛躍が多く，そこにある「意味の隙間」を読み手が埋める (植坂・光嶋, 2013) ことが知られており，他の芸術と比較しても手掛かりが少ない俳句の鑑賞には自己参照が大きな役割を果たしていると考えられる．著者らの研究で明らかとなった畏敬の念とノスタルジアという自己概念と密接に関わりながらも，その関わり方に相違がある 2 つの複合感情が俳句の美的魅力にどのように影響を与えるかをこれから詳しく検討していく必要がある．例えば，鏡像操作や自分の名前のプライミング等で自己意識を強調させる実験を行うことで，それら自己に関わる感情の生起の度合いに差が生まれ，伴って美的な魅力を変化させるという心理プロセスが考えられる．

3. 俳句と共感性

続いて，美的感情は共感を基盤とし，その対象は人間から動植物，人工物にまで及ぶことをふまえ，俳句の大きな特徴である曖昧性とともに共感と俳句の関係性を論じる．共感は美的体験や芸術体験を支える重要な要因であるが (Lanzoni, 2009)，共感の 1 因子である「想像性」が俳句の美的魅力への個人の感受性を予測する知見 (Belfi et al., 2018) は俳句においても，共感性の関与を予測させるものである．たしかに著者らの研究でも，俳句から想起されるイメージの鮮明性が，俳句の美的魅力を高めることが確認された (図 4)．もとより，俳句は余計なことは書かない，言わないという「不言の美」を持つ．その特徴を極限まで適用して文芸的高みに到達した詩文が俳句である (新田, 2013)．そのため，想像力を含む共感や感情移入といったプロセスが大きく関わる．そうして詠む対象は，具体物でありつつも，そこには曖昧性を孕みつつ，ときには果てしなく抽象的な芸術として昇華されるのだろう．

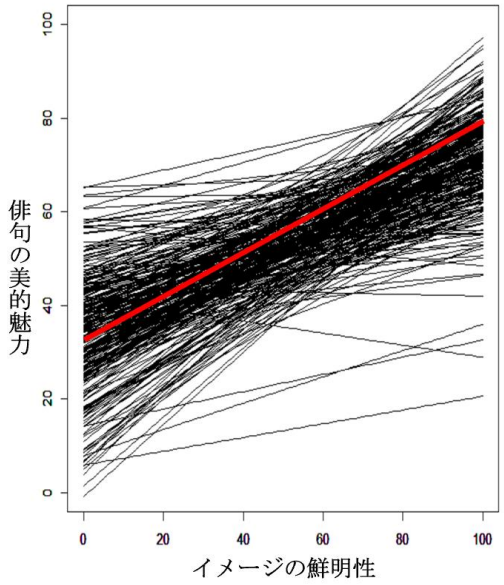


図 4 イメージの鮮明性と俳句の美的魅力の関係

従来，曖昧な状況でもその状況に居座り続ける力は芸術の中心をなすとされるが (e.g., Jakesch & Leder, 2009)，芸術の評価となると，曖昧性との関わりは多様である (Muth et al., 2015)．希少な曖昧性と詩歌との関わりを扱った実験は，曖昧な音楽に対してはより幸せを感じる一方で，曖昧な詩歌に対してはより悲しく感じるという，芸術領域によって曖昧性と美的評価の関連性が変化することを示唆している (Margulis et al., 2017)．筆者らはそれら曖昧性と美的評価の先行知見を考慮した上で，俳句の曖昧性と美的評価，また曖昧性耐性の個人特性の関係についても前述の研究において検討した (Hitsuwari & Nomura, in preparation)．その結果，曖昧性が上がると俳句の美的魅力は下がったが，曖昧性が低い時の傾きが 0 に近く，その関係は単調減少ではない可能性が示唆された (図 5)．曖昧性は，曖昧性が取り除かれた時に芸術の評価が上がる (Millis. 2001; Swami, 2013) という知見がある一方，中程度の曖昧性がより好まれるという知見もあり(Jakesch & Leder, 2009)，今回の結果のみでは，曖昧性と審美性の関係に結論づけることは困難である．しかしながら，イメージの鮮明性の議論も踏まえ，曖昧な芸術である俳句の美しさに共感のプロセスが関与していることは示唆された．

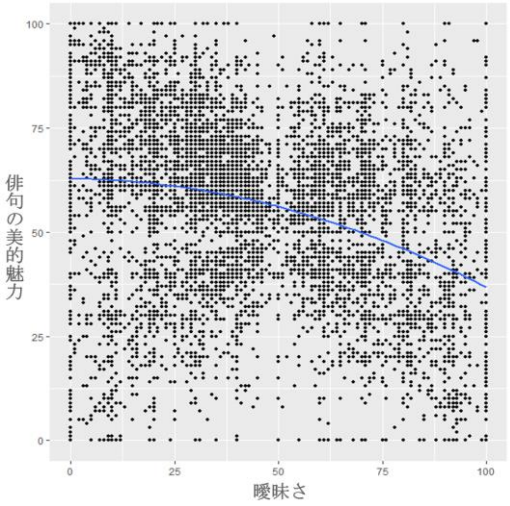


図 5 曖昧さと俳句の美的魅力の関係

4. 俳句とプロジェクション

プロジェクションは，主体の内部で構成された表象を世界に定位することを可能にする心の働きである (鈴木, 2019)．上述した共感が，人間を含めたあらゆる対象物に自分の感情状態を入れ込むことを意味するならば，プロジェクションと類似の概念だといえるだろう．同時に，プロジェクションは認識のサイクルに一歩踏み込んだ発想であり (詳しくは，鈴木ら, 2019)，それは鑑賞にとどまらず俳句の創作までを射程に入れることを可能とする概念である．そこで本節はプロジェクションの観点より，俳句の鑑賞にかかわるこれまでの議論も踏まえつつ，俳句の創作にまで視野を広げて考察する．

嶋田 (2019) によると，プロジェクションには身体的プロジェクションと物語的プロジェクションの少なくとも 2 つから成る．身体的プロジェクションは，ラバーハンド錯覚やミラーシステムにみられるような対象 (人物，物体) の身体性に基づいた対象の覚知をなす．一方，物語的プロジェクションは，物体を擬人的に捉えることも含め，「他者」に物語的自己 (Gallagher, 2000) を投射することを指す．重要なことは，これらのプロジェクションがリンクしつつ, 俳句の美的評価に関わっているだろう点である．例えば，身体的プロジェクションは俳句を，味わう者の「今，ここ」を，対し，物語的プロジェクションは, 過去を強く反映したプロジェクションであり，今と過去の関わりのもと，その両者が，後述するバックプロジェクションと合わせ，対象物，俳句，自

己を絶えず変容させていくサイクルを内包する営みを成すと考えられる (図 6).

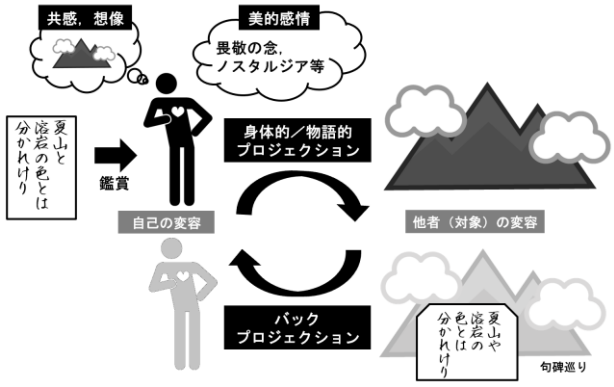


図 6 俳句鑑賞に関わるプロジェクションの円環

俳句を鑑賞する際，読んだ俳句から形作られた表象を再度，生体外へと投射する楽しみがある．いわゆる「句碑巡り」である．それは俳人が，俳句を詠んだ土地に設けられている俳句が彫られた記念碑を巡る行為であるが，そこには俳人が詠んだ場所で俳句を読み，そこから得たありありとした感覚を目の前の情景に投射するという，まさにプロジェクションの生じるプロセスであろう．例えば，身体的プロジェクションは，俳句を読むときに鳥肌や涙といった身体反応と関わるだろうし，物語的プロジェクションは，俳句に関わる背景知識，あるいは自身のエピソードを想起するような句と出会った時の一層深い味わいの基盤となることだろう

そうしたサイクルにおいて，主体は客体 (環境)に投射するのみならず，環境から主体へのフィードバック，すなわちバックプロジェクション (逆投射)も生じている (嶋田, 2019). 例えば，山を題材とする俳句を鑑賞すると，その過程で生じた山へのプロジェクションにより, 読んだのちにみえる山の様相は, それ以前のものと異なる．特定の対象として捉えていた対象が解体され，ふたたび捉えたとき，そこで感覚入力される像は同様であるにもかかわらず，それ以前のものとは異なる様相へと至る (井筒俊彦, 1991). こうして身体と物語にかかるプロジェクションが相互に関連しつつ，そこにさらにバックプロジェクションによる円環のもと (図 6)，自己と対象がリンクし，新しい意味が創出されるのだろう．

以上の考察を踏まえつつ，俳句の創作過程について触れておきたい．まず，俳句を詠むとき，様々なモダリティを通じた表象が形づくられるとともに，その表象は再び外部の対象物へ投射される．俳句を詠むという行為は，まさにプロジェクションそのものを基礎とし，それは詠み手が対象と一体化する過程，まさに “feel into (共感)” する過程である．その大きな特徴の 1 つが, 自然をモチーフとする「季語」である．松尾芭蕉が奥の細道を編纂した時，実際に東北，北陸を旅して俳句を詠んだように，あるいは現代の俳人夏井いつきが,「季語の現場」に出向くことを強く推奨しているように，いずれも自然との対峙が基本を成す．俳句は感覚統合型の芸術であり，自然対象を視覚で捉えるだけではなく，風を肌で感じたり，鳥のさえずりを耳で聴きとったり，独特のにおいを感じ取ったりすることで生まれていく．そこには，すでに述べたような身体／物語の両プロジェクションを巻き込んだプロセスが介在する．そうした俳句の創作過程に着眼することは, 自己と対象, あるいは種々のクロスモダリティの相互関係を解き明かしてゆく上での有益なアプローチとなるだろう.

5. おわりに

本論は，俳句について，美的感情との関わりの深い複合感情，共感ならびにプロジェクションの各々の観点から，関わる最新の研究データと課題を論じた．そこで明らかになったことは，認知科学の概念は，俳句に関わる心的過程 (複合感情)を深く理解する上で有効であるということ，そして俳句には，具体と抽象 (共感，曖昧性)，自己と他者，過去と未来 (プロジェクション)を架橋する特徴が備わっていることである．そうした俳句を題材とし，今後，新たな認知科学研究の展開が待ち望まれる.

文献

[1] Belfi, A. M., Vessel, E. A., & Starr, G. G. (2018). Individual ratings of vividness predict aesthetic appeal in poetry. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 12*(3), 341-350.
[2] Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science, *Trends in Cognitive Sciences, 4*(1), 14-21,
[3] Hitsuwari, J., & Nomura, M. (under review). How Individual States and Traits Predict Aesthetic Appreciation of Haiku Poetry.
[4] Hitsuwari, J., & Nomura, M. (in preparation). The Influence of Mixed Emotions on Aesthetic Appreciation of Haiku Poetry: From the Perspective of Awe and Nostalgia.
[5] 井筒 俊彦 (1991). 意識と本質 岩波文庫
[6] Jacobs, A.M. (2015). Neurocognitive poetics: methods and models for investigating the neuronal and cognitive-affective bases of literature reception. *Frontiers in Psychology, 9*, 186.
[7] Jacobsen, T., Schubotz, R., Höfel, L., & Cramon, Y. (2006).

Brain correlates of aesthetic judgment of beauty, *NeuroImage, 29*(1), 276-285.
[8] Jakesch, M., & Leder, H. (2009). Finding meaning in art: Preferred levels of ambiguity in art appreciation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 62*(11), 2105-2112.
[9] Lanzoni, S. (2009). Practicing psychology in the art gallery: vernon Lee's aesthetics of empathy. *Journal of the History of the Behavioral Sciences, 45*(4), 330–354.
[10] Margulis, E. H., Levine, W. H., Simchy-Gross, R., & Kroger, C. (2017). Expressive intent, ambiguity, and aesthetic experiences of music and poetry. *PloS one, 12*(7), e0179145.
[11] Menninghaus, W., Wagner, V., Hanich, J., Wassiliwizky, E., Jacobsen, T., & Koelsch, S. (2017). The Distancing-Embracing model of the enjoyment of negative emotions in art reception. *Behavioral and Brain Sciences, 40*, E347.
[12] Menninghaus, W., Wagner, V., Wassiliwizky, E., Schindler, I., Hanich, J., Jacobsen, T., & Koelsch, S. (2019). What are aesthetic emotions? *Psychological Review, 126,* 171–195.
[13] Millis, K. (2001). Making meaning brings pleasure: The influence of titles on aesthetic experiences, *Emotion*, *1*(3), 320-329.
[14] Muth, C., Hesslinger, V.M., & Carbon, C. The appeal of challenge in the perception of art: How ambiguity, solvability of ambiguity, and the opportunity for insight affect appreciation. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 9*(3), 206-216.
[15] 新田 義彦 (2013). 不言の美文について : 俳句における省略の機序 (思考と言語).『電子情報通信学会技術研究報告』, *112*, 73-78.
[16] Piff, P. K., Dietze, P., Feinberg, M., Stancato, D. M., & Keltner, D. (2015). Awe, the small self, and prosocial behavior. *Journal of Personality and Social Psychology, 108*(6), 883–899.
[17] Sedikides, C., Wildschut, T., Routledge, C., & Arndt, J. (2015). Nostalgia counteracts self‐discontinuity and restores self‐continuity. *European Journal of Social Psychology, 45*(1), 52–61
[18] 嶋田 総太郎 (2019). 脳の中の自己と他者―身体性・社会性の認知脳科学と哲学 共立出版
[19] 鈴木 宏昭 (2019). プロジェクション科学の目指すもの.『認知科学』, 26(1), 52-71.
[20] 鈴木 宏昭・小野 哲雄・米田 英嗣 (2019). 特集「プロジェクション科学」の編集にあたって.『認知科学』, *26*(1), 6-13.
[21] Swami, V., Stieger, S., Pietschnig, J., & Voracek, M. (2010). The disinterested play of thought: Individual differences and preference for surrealist motion pictures. *Personality and Individual Differences*, *48*, 855–859.
[22] 植阪 友理・光嶋 昭善 (2013). 創作と鑑賞の一体化を取り入れた俳句指導―国語における新たな単元構成の提案―.『教育心理学研究』, *61*(4), 398-411.

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

この論文は大会ホームページ上での公開が許可されていません。

日常のなかの創造的行為：ハンドクラフトを中心に
Creations in Everyday Life: On Hobby Handcraft

青山 征彦†
Masahiko AOYAMA†

†成城大学社会イノベーション学部
Faculty of Social Innovation, Seijo University
aoyama@seijo.ac.jp

概要

本報告では、日常のなかの創造的行為として、ハンドクラフト、なかでもアクセサリー制作という趣味に注目した。アクセサリーの制作は、既製品が高価であるために、模倣して制作しようとすることがきっかけになりやすいが、その容易さが趣味の長期にわたる継続につながっているとも考えられる。本報告では、こうした観点から、日常のなかの創造的行為に注目する意義について論じる。

キーワード：創造的行為（Creations），趣味（Hobby），アクセサリー制作（Accessory Making）

1. 問題と目的

本報告では、若い女性が趣味で制作しているハンドクラフト作品、とりわけアクセサリー制作に注目する。趣味の実践は、誰にも頼まれていないのにもかかわらず自発的になされること、長期間にわたって継続されること、といった点が特徴的である。趣味は、教室でも仕事場でもない生活文脈での学びとして、学習研究の文脈からも興味深いが、例えば、他人のつけていないアクセサリーを制作したいという動機が見られることを考えれば、日常における創造性という観点からも興味深い行為である。

そこで、本報告では、アクセサリー制作という実践についてのインタヴュー調査の結果をもとに、日常における創造性について検討してみたい。

2. 方法

本報告におけるインタヴュー調査の内容は、青山（2017,2018,2019）で、すでに公表されたものである。本報告のうち、インフォマントH、Nの発言がそうである。いずれも大学生の女性である。

本報告では、さらに１件の新たなインタヴューを追加している。このインフォマントTは、アクセサリー制作を趣味とする大学生の女性で、少量ではあるが販売も行っている。

3. 結果と考察

（１）アクセサリー制作を支える社会－技術的アレンジメント

青山（2017,2018,2019）を踏まえて考えると、アクセサリー制作という趣味は、参入と継続を支える豊富なリソースに支えられている。

まず、参入のしやすさという点について考えてみると、YouTube や Instagram の動画で制作のプロセスが紹介されていること、そこで必要なレジンやハンドクラフト用のパーツなどが、100 円均一ショップで入手できることが挙げられる。

B：レジン液百均でも売ってるよって教えてもらって。で、それで、あ、ほんとかって思って作りました（略）フレームはやっぱり百均なんですけど。売ってます。百均で。（略）いや、百均大好きなんで通ってましたね。

また、参入してから実践を継続していく上でのリソースも、豊富にある。例えば、100 円均一ショップにはないようなパーツは、貴和製作所などの手芸専門店で入手できるし、ハンドクラフトに特化した販売サイトであるミンネでは、パーツだけでなく他の作家の作品も購入できる。ハンドクラフトの委託販売店や、コミックマーケット、デザインフェスタのような催しでも、他の作家の作品を見ることができる。作家の SNS のアカウントをフォローしているケースも見られた。

（２）アクセサリー制作における創造性

アクセサリーを制作するきっかけとして、青山（2018）では、「友人に頼まれる」「イベントのため」「気に入ったデザイン」を挙げている。青山（2019）では、「既製品の価格の高さ」「母親の影響」といった要因を指摘している。

このうち、制作を支える重要な要素として指摘でき

るのが、「高い既成品を買うより作る方が安い」という考えかたである。このことは、ほとんどのインフォマントが述べている。一例を示す。

H：（ハンドメイドのショップの作品は）高い。めっちゃ高い。めっちゃ高いし、なんかこういうのでも、本当になんか3000円4000円とかするじゃないですか。（略）作れるんじゃないって思い始めて、やっぱそこから。

―やっぱりあの、作り始めてから、作れるんじゃない？という感じになりました？

H：そうです、そうです。はい。これ全然頑張れば作れるよね？って思い始めて。

また、すでにある作品を模倣して作る、というのは、やはり趣味でアクセサリーを制作している人に共通してみられる傾向である。以下の例では、クリスマス用のアクセサリーにほしいと思ったデザインを保存しておき、それに似せて制作したという経験が語られている。

N：なんか、いろんなヘアアレンジ見ててー

―うん。

N：その中で、あなんかこれクリスマスのときいいなーって思って、ずっとマークしといて、みたいな。…感じです。

また、同じインフォマントからは、自分が推しているタレントのイベントのたびに新しいアクセサリーを作ると語っている。

N：わりとなんかライブの度に作ろうって思ってて、そのX（ネットで活動するタレント）のイベントがある度に新しいアクセサリーは今でも作ってます。

このように見ていくと、趣味のアクセサリー制作という実践では、まったく新しいデザインのアクセサリーが考えられることよりも、すでにあるデザインをそのまま模倣したり、イニシャルを追加したりするなどして若干のアレンジを加えたものが作られていることがわかる。

3）アクセサリー制作と他の実践との関係

アクセサリー制作という趣味が継続されやすいのは、アクセサリーの制作そのものが目的というよりも、他の実践のためになされていることが多いからであるように思われる。基本的に、アクセサリーは自分で使用するために作られている。

例えば、少量ながら販売も行っている場合には、販売するために制作しているアクセサリーは「可愛らしい」ものであり、自分のつけたいアクセサリーとは必ずしも一致しないようである。

T：こういう可愛らしいのとかがあんまり好きじゃなくて、自分でつけるとなると。なんかちょっと個性的なのとか、あとは普通にリングとか…。

―あ、シンプルな？

T：金属のだけのほうが、自分がつけるとなると、好きなので。

趣味で制作されるアクセサリーは、芸術的な作品とは異なり、アクセサリーを制作すること自体が目的ではない。もちろん、アクセサリーを制作するのも楽しみのようだが、制作したアクセサリーを使用することも重要であるように思われる。

4. まとめにかえて

このようなアクセサリー制作から垣間見える日常の創造性とは、模倣をベースにして、ちょっと一工夫、アレンジを加えるといった、ささやかな創造性であるように思う。このように模倣をベースにして制作することで、趣味が続けやすくなっているのかもしれない。同時に、アクセサリーは、自分のおしゃれやイベントのため、といった制作とは別の文脈が支えになっている。このことも、趣味を継続しやすくしている。

近年、認知科学の分野では、アーティストの創造性についての研究が見られるようになってきたが、本報告のような創造性は、こうしたアーティストの創造性とは、やや異なっているように思われる。芸術作品は、実用性を志向しないことが多く、基本的に模倣には否定的であるが、アクセサリーは実用的で、模倣をもとに制作されているからである。

このように考えると、日常における創造性は、芸術的な創作活動とはだいぶ異なるものである。しかし、そうした活動が、日常を豊かにする。こうしたささやかな創造的行為は、生活文脈であるために光が当たり

にくいが、創造性について考える上で示唆に富むものがあるように思う。

文献

[1] 青山征彦（2017）．趣味への参入をめぐって－レジンアクセサリー制作における野火的活動の実際．日本認知科学会第 34 回大会.
[2] 青山征彦（2018）．継続的な実践を支える文脈 : 趣味のアクセサリー制作を例に．日本認知科学会第 35 回大会.
[3] 青山征彦（2019）趣味の継続を支える社会―技術的アレンジメントをめぐって．日本認知科学会第 36 回大会.

デザインの知を民主化する
一般ユーザ向けデザイン支援ツールの開発
Democratizing the Designer's Knowledge

荷方 邦夫†
Kunio Nikata

†金沢美術工芸大学
Kanazawa College of Art
k-nikata@kanazawa-bidai.ac.jp

概要

IoT とよばれる社会変化の中で, われわれ一人一人が自分の感性を反映させたものづくり，あるいはデザインによる人工物の創出活動を積極的に行う時代となった. その中で, 一般の人々がデザインの当事者になり，価値を体験できるようになるためのデザイン支援とはどのようなものか，そして課題となるものは何かについて，これまでの研究活動を紹介しながら論じるものとする.

キーワード：デザイン支援, 感性価値インデックス, デザイン行為インデックス

1. 研究の背景と目的

近年のマスプロダクションの特徴の一つとして，多品種少量生産に代表されるように, マス・カスタマイゼーションとよばれる顧客一人一人に最適化された商品（人工物）の提供へのシフトを指摘することができる. また，高付加価値化の手段として，機能や価格ではなく, プロダクトが有する感性的側面, すなわち美しさのような審美的性質や UX とよばれる経験価値が重視されるところにある．これらの変化への対応を担う中心が, いわゆるデザインと呼ばれる活動であり, イノベーション自体がデザインによって左右されるデザイン・ドリブン・イノベーション（Verganti, 2009[1]）の段階まで発展したと指摘されるようになった.

マス・カスタマイゼーションは企業による人工物（プロダクト）の提供に限ったものではなく, 人工物の受け手であるユーザによって自発的に実現することも少なくない． これまで，人工物のデザインは人工物の制作者，特にデザイナーと呼ばれる専門家によって構成され, 社会的に広く送り出されてきた. しかし近年になって, ユーザー自身がデザインに関与し, ユーザの考える価値や意味が実際にデザインに反映されて人工物が作成される，近年 IoT の発展に伴ってパーソナル・ファブリケーションとよばれる活動が広がりつつある．デザインの専門家であるデザイナーではなく，一般のユーザが直接デザインを行うことは，ユーザに対するデザインのスキルや感性価値の実現の支援のニーズも高まることとなる.

これらの流れは，これまで専門家の領域となりがちであったデザインがコモディティ化しつつあることを意味し，デザインの民主化ともいえる転換が図られつつあるということもできよう. また, この流れの中で, すべての人々が大なり小なりデザインの当事者として活動し，「創造的生活者」として生きるということも，今後の社会を端的に示すものになると思われる.

一方, パーソナル・ファブリケーションの進展を契機としたデザインの民主化の中で，ユーザが実際自分の求めるものを実際に手にすることが実現したかについては, まだまだ途上の段階にあると評価されよう. 現在はデザイン活動に必要なスキルや知識が十分に提供される利用されるという段階ではなく，そして実践の中で達成される制作物のクオリティも決して十分とは言えない. 産業革命・市民革命期における知の民主化が，印刷物の普及と市民層のリテラシーの向上であったのと同様，デザインの民主化はツールの普及だけでなく，人工物に対するユーザの創出活動に必要となる知識やスキルと言ったリテラシーの普及も同時に求められることとなる．単に人工物を物理的に作成するためのツールが創出されるだけでなく，人工物のデザインを支援する知的なツールも創出されなければならない.

本研究では一般ユーザに向けたデザイン支援ツールを開発するために，必要な要素とはなにかについて検討し，得られた知見から実際にツールの開発を行うものである. 本研究では, デザインを支援するための要素として, ユーザがデザインされた人工物を評価・選択する際の動機となる人工物の価値についての印象を測定し, そこで抽出されたデザインニーズについて, その実現のためにはどのようなデザイン行為が必要かというインデックスを作成した. これを利用しながら, デザインの非専門家むけの支援ツールを開発し，実際の使用において支援が可能となるかについて検討を行ったも

のである.

2. デザイン支援ツールの開発

Table 1
研究で使用されたデザインニーズインデックス

デザイン評価因子	下位項目
基本的好感	やさしい
	柔らかい
	明るい
	なめらかな
剛健	地味な
	硬い
	粗い
	複雑な
スタイル感	大人っぽい
	クールな
	高級感がある
示差性	個性的な
	斬新な
	目を引く
ユーザビリティ	使いやすそうな
	コンパクトな
	シンプルな
社会性	かわいい
	羨ましがられる
	華やかな
上質	深みのある
	繊細な
	一体感がある
進歩性	モダンな
	未来的な
	シャープな

本研究で作成された支援ツールは３つのユニットからなる．まずユーザがデザインされた人工物について，望ましい人工物にはどのような特性が備わっているかについて調査し，そこから抽出されたデザインの感性価値カテゴリ，そして感性価値で示された特性である（Inomata,et. al, 2017[2]）．研究では，デザインされた人工物に対する感性的ニーズとして，８カテゴリのデザイン評価因子，そして下位項目として60種の項目が収集された.

それぞれのデザインニーズの実現のためには実際のデザインの中で，適切な改善方法，すなわちデザインのために行われる行為が選択されなければならない．そこで，デザイナーが選択するデザイン行為を収集し整理したデザイン行為インデックスを作成することとした．（Nikata,et.al，2017[3]）．デザイン行為インデックスの作成のため，デザインニーズインデックスで抽出された項目の中から26項目を選択し（Table 1），これらの項目の印象を実現するために行うデザイン行為が収集された（Figure 1）.

このデザインニーズのインデックスに対応するデザイン行為インデックスのセットを作成することによって，ユーザがデザイン上実現したいと感じた価値について，提案できるデザイン行為が表示されるという，ザイン支援ツールが作成された.

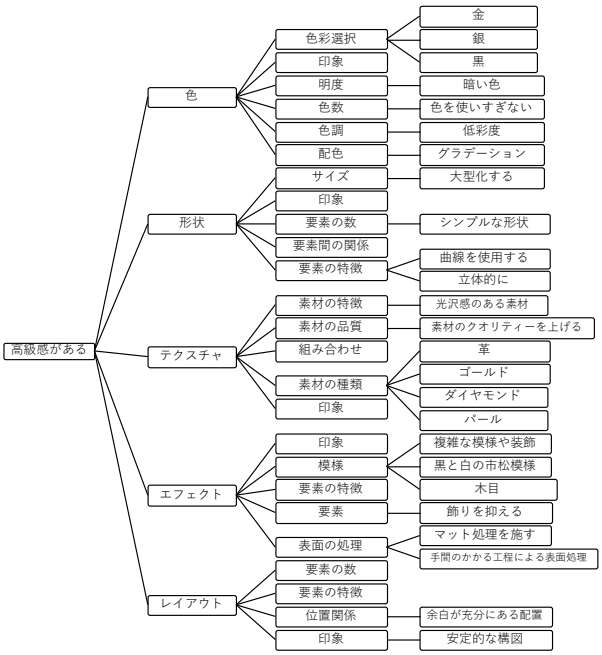


Figure 1
「高級感がある」に対するデザイン行為インデックス

3. 評価実験

評価実験ではデザインツールを実際に使用し，デザインの非専門家がツールの使用によって、よりよいデザインを作り出すことができるかについて検討することにした。

実験ではカップのデザイン活動を題材に、実現したい印象として「やさしい」「未来的な」「大人っぽい」をとりあげ，デザインニーズを実現するようにデザイン行為インデックスを利用するように実験参加者に求め，実際にインデックスを利用しながらカップのデザインを行うように依頼した。

この作成されたデザイン画について，実際にニーズが満たされているかどうかの評価を求める実験も行った(猪股ら,2017). デザインの非専門家 15 名によって，それぞれの印象がどの程度実現しているか 7 件法尺度で評定させた結果，デザイン支援ツールの利用がポジティブな効果をもたらすものもあったものの，かえってニーズの実現が抑制的にはたらく結果をもたらしたものも存在した（Figure 2)。

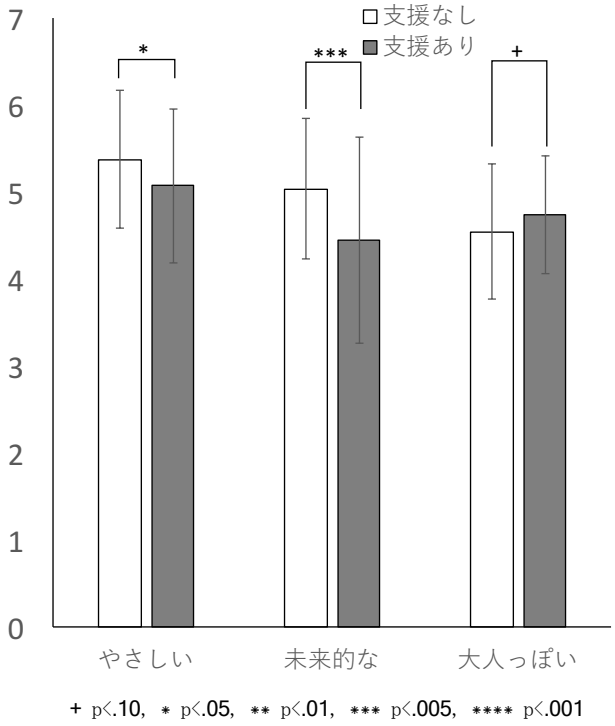


Figure 2
検証実験で作成されたデザインの評価
（佐藤 ・猪股・荷方・長田,2018[4] より引用）

これまでの研究では，デザインのプロに解決のリソースを提供する（Yilmaz & Seifert, 2011[5]）あるいは特定のプロダクトに固有の知見を提供する（霍崎・山岡, 2006[6]）などの研究で支援の効果が報告されてきたが，非専門家に対してデザインの比較的一般的な支援を行う上では，更に検討が必要であることが示された. 特にこれは，非専門家に対する支援の問題であるのか，あるいは支援ツール自体に改善課題があるのかなどについても検討が必要であると思われる.

4. まとめと議論

IoT の発展に伴うマス・カスタマイゼーションの中で，すべての人がデザインによって人工物を創出する当事者となる「デザインの民主化」というべき今後の展望の考えるとき，これまでデザインなどの創造的活動に参加してこなかった一般の人々が，自らの感性を発揮し，自らのニーズを満足させるためのデザイン支援とはどのようなものか，またハードルとなる認知的な側面はどこにあるのかといった問題について検討を行うのが今回の OS におけるそもそもの目的であった.

デザインの非専門家に対する支援は，今のところ必ずしも容易でないというのが現状である．どのような場合に支援の効果が見られるかというものだけではなく，実際に一般のユーザがこのような支援ツールを使う時のユーザビリティの問題，また支援ツールによって拡張が期待される問題空間を，一般のユーザがどのように探索するのかといった創造性の支援についての問題など，いくつかの観点から議論できよう。

現在は, デザイン支援ツールは改良が行われ, ブラウザの画面上にデザインニーズが提示され，それぞれのニーズを選択するとデザイン行為のインデックスが表示されるという，インタラクティブに利用できるデザイン支援ツールが作成され，現在プロトタイプとして部分的に運用を開始している．今後の展望と可能性については，更に議論を行いたい.

文献

[1] Verganti, R., (2009) *Design-Driven Innovation,* Boston: Harvard Business School Publishing Corporation..
[2] Inomata, K., Lee, N., Nikata K., & Nagata, N., (2016), Comprehensive value evaluation structure for artifact design. International Journal of Psychology **51,** 190 – 190.
[3] Nikata, K,. Inomata, K., Sato, N, Kawasaki, K., & Nagata, N., (2017), Construction of design activity index based on the value of artifact. Proceedings of the 39th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, CogSci 2017, London, UK, 16-29 July 2017.
[4] 佐藤 暢・猪股健太郎・荷方邦夫・長田典子(2018) 印象を実現するデザイン行為インデックスを用いたオンラインパーソナライゼーションの支援 映像情報メディア学会技術報告 vol. 42, no. 6, ME2018-44, pp. 1-4,
[5] Yilmaz & Seifert, (2011), Creativity through design heuristics: A case study of expert product design. *Design Studies,* **32**, 384-415.
[6] 霍崎健太郎・山岡俊樹. (2006). 電化製品を対象としたデザインイメージと造形表現方法の体系化. 日本感性工学会論文誌, **6(3)**, 47-52.

謝辞

本研究は国立研究開発法人科学技術振興機構の 研究成果展開事業 COI プログラム「感性とデジタル製造を直結し、生活者の創造性を拡張するファブ地球社会創造拠点」の助成を一部受けた.

家族の日常生活でなされる遊戯的相互行為の分析
A playing interaction between a family at their daily lives

牧野 遼作[†‡]
Ryosaku Makino
[†]広島工業大学, [‡]早稲田大学 人間総合研究センター
[†]Hiroshima Institute of Technology [‡]Advanced Research Center for Human Sciences, Waseda university
rmakino19@gmail.com

概要

本発表では，身体知的重複障害者(息子)とその家族（母）での日常生活で織りなされる相互行為，特に「ハイタッチ」と呼びうる相互行為について紹介を行う．床に座った息子が片手を肩の高さまであげ．同時に呼びかけを行う．対して母は呼びかけに応じて接近し，息子の上げられた片手に手を合わせ，ハイタッチする．複数の事例の分析を通して，彼らの「ハイタッチ」は，機械的になされる振る舞いの連なりではなく，遊戯的な相互行為として行われていることを示す．

キーワード：相互行為分析，遊戯

1. はじめに

我々の日常生活の多くは，他者との様々な相互行為（会話だけではなく，他者と一緒に物を運ぶこと，さらにはじゃんけんなどの手遊びまで）によって構成されている．そして，相互行為となる相手は，自身とは多かれ少なかれ異なる特性（身長，視力，聴力などの差異など）を持った他者である．自身とは異なるにも関わらず，我々はそのような他者と様々な相互行為を遂行し，日常生活を営んでいる．そのような相互行為の中で，本稿は身体知的重複障害者とその家族での相互行為を対象として分析を行う．

本稿の分析は，障害がコミュニケーション能力に与える影響の検証や，彼らが相互行為を可能とする能力が何なのかを検討することを目的とするわけではない．むしろ，日常生活の中で実際に彼らは相互行為を展開しながら日常生活を営んでいることを踏まえ，そのやり方を検討することを目的とする．近年，多様な障害を持った人々が日常生活の中で他者と織りなす会話や相互行為を収録し，そのやり方を検討する研究が盛んに行われている[1][2]．特に，Goodwin[3][4][5]は，失語症者と彼の家族間の日常会話場面の詳細な分析を行った．Goodwin の検討した会話に参与していた失語症者は Yes,No,but の３単語のみしか使えることができない．しかしながら，彼は単語の prosody を変化させることで，多様な応答を産出したり[3],身振りを用いることで過去の記憶についての語りを行ったり[4]，他者の理解の訂正[5]といったコミュニケーションを行っていることを明らかにした．

また Goodwin[3]は，人々の相互行為とは，参与者自身が産出する振る舞いや周囲の環境を相互行為の資源として利用しながら，文脈的配置を構築し，さらに振る舞いを重ねていくことで，その配置を再構築する営みであると主張した．そして，ある人が専門家となるとき，専門集団での専門的知識や技術を獲得するのと同様に，障害者とその家族は生活を共にすることによって，互いの振る舞いを理解し，独自の相互行為のやり方を身につけていると主張している[5]．このことは専門家という集団において独自の文化実践がなされているのと，同様に家族という小集団においても，独自文化実践がなされている可能性を示唆しているといえるだろう．本稿では，身体知的重複障害者とその家族が日常生活で織りなす相互行為を対象に分析し，その相互行為の独自のやり方を明らかにすることで，彼らの独自の文化実践の一端を示すことを目的とする．

2. データ

分析の前に，本稿が対象とするビデオデータの詳細について示しておく．相互行為の参与者は，障害を持った息子とその母親である．息子は先天性の疾患により身体知的重複障害を持つ．彼は，他者とのコミュニケーションにおいて主に単語のみを用い，二語文以上はほとんど用いない．また彼が用いる単語は凡そ 20 語程度である．障害によって自力で立つことや歩行がやや不安定であるため，なるべく周囲による介助があったほうがよい．また，手による操作については，物を持つ，投げるなどの動作は可能だが，リモコンなどの細かい操作は困難である．具体的な測定を行っているわけではないが，普段の行動から視力が低下していると考えられる．聴力については生活に支障がある困難を抱えているわけではない．以上の記述は医学的なテ

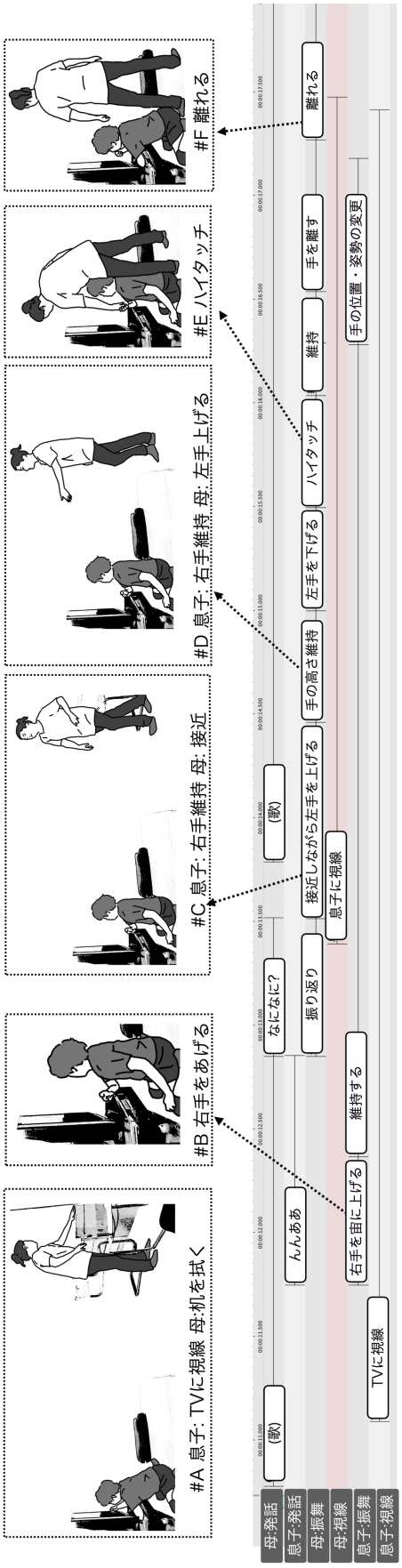

#A 息子: TVに視線 母:机を拭く
#B 右手をあげる
#C 息子: 右手維持 母: 接近
#D 息子: 右手維持 母: 左手上げる
#E ハイタッチ
#F 離れる
母:発話
息子:発話
母:振舞
母:視線
息子:振舞
息子:視線
(歌)
TVに視線
んんあぁ
右手を宙に上げる
維持する
なになに?
振り返り
息子に視線
(歌)
接近しながら左手を上げる
手の高さ維持
左手を下げる
ハイタッチ
維持
手を離す
離れる
手の位置・姿勢の変更

図 1 事例 1

ストに基づいたものではなく，家族からの聞き取り調査に基づくものである．

対象となるデータの収録は息子と母親が自宅で過ごす休日に行った．特に昼食場面を中心に 3 時間程度の収録を実施した．昼食などを除くと，息子は彼の好むビデオソフトを視聴し，母は家事や在宅での仕事を行っていた．このように彼らは自宅に共在(co-presence)しているが，常に何か一つの活動に共に従事しているわけではない．母が息子に呼びかけることによって，昼食という活動が開始されることもある(彼らの食事における相互行為については牧野[6]にて分析を行った)．また息子が母に呼びかけて，視聴しているビデオソフトの交換や巻き戻しといった依頼を行い，母は呼びかけに応じて，息子の依頼に従ったビデオソフトの操作を行うという相互行為が生じることもある．彼らの休日の日常生活の中には，様々な種類の相互行為が生起している．本稿，その中でも「ハイタッチ」と呼びうる彼らの相互行為について報告を行う．その典型的な例として，断片 1 を提示する．断片 1 では，彼らの「ハイタッチ」が単に参与者たちが独立し機械的に振る舞うことで展開されるものではなく，両者が互いの振る舞いを理解し，その上で自身の振る舞いを産出し，調整する相互行為であることを示す．その後，「ハイタッチ」がうまくなされなかったと見なしうる断片を 2 つ報告する．上記 3 つの事例の記述を通して，「ハイタッチ」と呼びうる彼らの振る舞いが，独自のやり方でなされ，そして”遊戯的”なものであることを示す．

以下，図 1 から図 3 は断片 1 から 3 における参与者たちの発話や振る舞いを示したものである．これらの図はELAN(https://archive.mpi.nl/tla/elan)[7]を基に作成されたものであり，可読性を高めるための編集を行っている．母と息子の発話，振る舞い，視線をモダリティごとに縦に並べたものである．そして個別の発話や振る舞いの生起視線の変化や維持について，時系列（横向きに並べた）．また本稿で参与者たちの振る舞いの記述の補助として，適宜線画を追記してある．線画の状態が起こった箇所については，矢印で示した．

3.1 事例 1

断片 1(図 1)の冒頭では，母は机の家に料理を並べながら，昼食の準備を行っていた(図 1-#A)．そのとき母は後ろを向いているため，視界には息子の様子が入ってはいなかった（ただし，この断片直前に息子が開始する歌に母が続けるというまた別種の遊戯的相互行為が展開されており，息子は母がこの部屋にいて，同じ相互行為に参与していることは理解可能な状態である）．この状況において息子は「んんああ」と発話し，同時に右手を宙に上げて，そのまま右手を維持した(図 1-#B)．このとき彼は右手の位置を維持しながらも，テレビから視線を移すことや姿勢を変化させることはなかった．彼の発話に対して，母は歌うのを止め，振り向き，「なになに?」と反応した．そして，彼女は再び歌いながら，左手を上げながら，息子の方へと接近していく(図 1-#C)．このとき彼女は左手を，一定の高さで維持し, 前方に伸ばした状態, 息子へ近づき(図 1-#D), 息子の背後まで近づききると，母は姿勢を前傾にしながら，前方に伸ばしていた自身の左手を息子の右手に合わせた(図 1-#E)．そして，息子が上げていた右手を下げ，続いて母も左手を上げることで，彼らが手をあわせている状態をやめ，母は息子の背後から去り(図 1-#F)，再び食事の準備へと戻っていった．

以上のような息子と母が手をあわせる「ハイタッチ」と呼びうる彼らの振る舞いは，たびたび起こるものであった．彼らの「ハイタッチ」は，息子が片手を上げるという振る舞いと同時に発話することから開始される．息子の振る舞いと発話に対して，母はまず発話によって応答しつつ，彼のほうを振り返る．息子の右手は，自身の頭上を超えた高さまであげられているわけではない(図 1-#B)．そのため，キッチンで作業をしていた母が，その場で振り返ったときには，彼が手を上げているか否か，またはどれくらいの高さまで上げているのかを正確に把握できているわけではないと考えられる．振り返った直後から母は振り向いた直後に息子のほうへと近づきつつ，徐々に自身の左手を上げていた．母は息子に近づくにつれて，彼がどのような姿勢を取っているかを，より精確に把握できるようになると考えられる．つまり，接近することによって，彼女は息子が右手を上げていることを把握し，かつ彼の呼びかけに対して自分がどのような振る舞いをすべきかを理解したからこそ，自身の左手を徐々に上げていったと考えることができるだろう．最終的に母は息子の背後まで近づききると，体を前傾にしながら，左手前方に伸びし一定の高さで維持していた左手を息子の右手に合わせるという振る舞いを遂行することができたといえる．

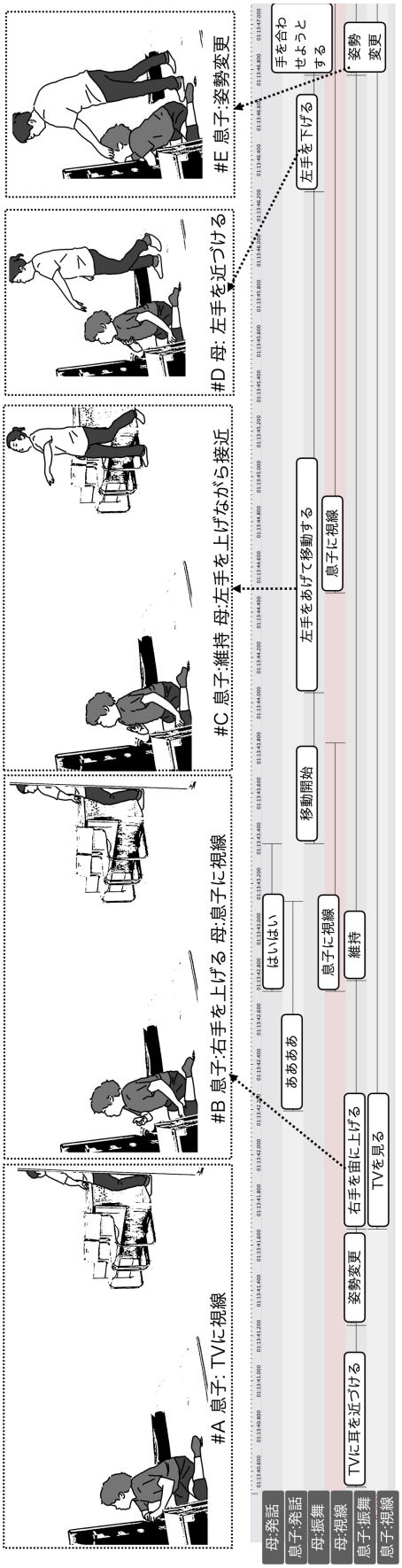

#A 息子: TVに視線
#B 息子:右手を上げる 母:息子に視線
#C 息子:維持 母:左手を上げながら接近
#D 母: 左手を近づける
#E 息子:姿勢変更
母:発話
息子:発話
母:振舞
母:視線
息子:振舞
息子:視線
TVに耳を近づける
姿勢変更
右手を宙に上げる
TVを見る
ああああ
はいはい
息子に視線
維持
移動開始
左手をあげて移動する
息子に視線
左手を下げる
手を合わせようとする
姿勢変更

図 2 事例 2

事例 1 で観察された彼らの「ハイタッチ」と呼びうる振る舞いは，母が息子の振る舞いを理解し，その理解に基づき自身の振る舞いで応答することによって遂行されるものであるといえるだろう．息子の振る舞いの理解を，母はその場で可能な応接した行為(e.g. 振り返りや発話での反応)をしつつ，同時に接近するという行為によって，その理解を徐々に精緻化されていく様子が観察された．このように相手の振る舞いに対して，応接した振る舞いを産出し，かつ徐々に調整することによって遂行される彼らの「手合わせ」は，機械的に遂行されるものではなく，参与者たちの振る舞いの積み重ねによる相互行為として扱いうるものだろう．

3.2 事例 2

事例 1 では母による他者の振る舞いの理解と，それに基づく応接した振る舞いの産出や調整が見られた．ただし，事例 1 では呼びかけを行った息子は，呼びかけを行った後，右手を上げた姿勢を維持していただけであった. 勿論, 姿勢を維持し続けるという振る舞い，特に彼の手を宙に上げたままにする姿勢は自然な姿勢ではなく，何かを待っていることの示しとなっていると考えることができる．つまり，息子は（何かを）待つことをしているという記述は可能であるが，それ以上に，彼らの「ハイタッチ」を遂行するための振る舞いの産出や調整は観察されなかった. 次の事例 2 では，「ハイタッチ」の遂行を“敢えて”しない息子による振る舞いが観察されたものである．

事例 2 において，息子は当初 TV に耳を近づける姿勢を取っていたが，背を正しながら(図 2-#A)，正座する姿勢となり，そして右手を宙に上げた(図 2-#B)．右手を上げた後に，彼は「あああああ」と声を上げた．ここまで事例 1 と同様に，彼は手を上げることという振る舞いと発話によって，呼びかけを行っていた．

この息子からの呼びかけに対して母も「はいはい」と発話で，まず応答しながら同時に視線を息子に向けた．そして，彼女がそれまでキッチンで行っていた作業を中断し，事例 1 と同様に左手をあげながら息子へと接近していった(図 2-#C)．そして息子の背後の近くまで維持されていた息子の右手に自身の左手をあわせるように，接近すると前傾になりながら，伸ばしていた自身の左手を下げていった(図 2-#D)．しかしながら，母が手をあわせようという振る舞いを行うのと同時に，息子は上げていた右手を下げて姿勢を前傾に変更した(図 2-#E).

事例 2 では，息子が右手を上げながら呼びかけるという振る舞いをし，母はそれに応接する振る舞いを事例 1 とほぼ同様に行い，「ハイタッチ」を遂行しようとした．しかし，最後の息子の姿勢変更によって彼らの「ハイタッチ」が遂行されなかったものであった．事例 2 での息子は“敢えて”姿勢変更し，母による「ハイタッチ」 が遂行されないようにしていたと考えられる．母が背後まで接近し，彼女の左手を下げたところで，息子は，それまで宙にあげていた右手を下げ，姿勢を変更していた．このことは，それまで維持していた右手を宙にあげ，(何か)を待つ姿勢を，偶然取りやめたのではなく，むしろ母が自身の姿勢による示し（「ハイタッチ」の要求）を理解し，それに適切な振る舞い（手を下げ，息子の手に自身の手を合わせる）をしようとしていることを理解しているからこそ，このタイミングで“敢えて”手を下げているといえるだろう．以上のことから，彼らの「ハイタッチ」が母からの調整だけではなく，息子の示しや母の振る舞いの理解に基づいてなされている相互行為であるといえるだろう．

3.3 事例 3

事例 2 では，息子が“敢えて”手の位置を宙から戻す，ある種の「フェイント」のような振る舞いが観察された．このあと母は，その場で息子が右手を再び宙に上げることを待つことや，自身の左手をさらに接近させ“無理やり”手を合わせるということはしていなかった．つまり，彼らの間で「ハイタッチ」は必ず遂行されなければならない相互行為として位置づけられているわけではないと考えられる．このことは，「ハイタッチ」という相互行為を開始しようとする息子の振る舞いがなされたにも関わらず，母の接近が観察されなかった事例 3 からも考察可能なものである．

事例 3(図 3)においても息子はテレビを視聴し，同室の机で母はパソコン作業を行っていた．息子はテレビを視聴しながら，両手をあげつつ，両手の各々の指を接触させていた(図 3-#A)．この状態から，左手を移動尾させ, 右手を下げた姿勢へと移行した. この姿勢は，これまでの事例と同様に右手を宙に上げる姿勢であった(図 3-#B)．この姿勢となりつつ，彼は「おおお」と発話した．この発話に対して母は「はーい」と応答した．この後，息子は右手を宙に上げる状態を維持していたが，母が作業を中断して接近することはしなかった．最終的に，息子は右手を降ろし姿勢を変更した(図 3-#C).

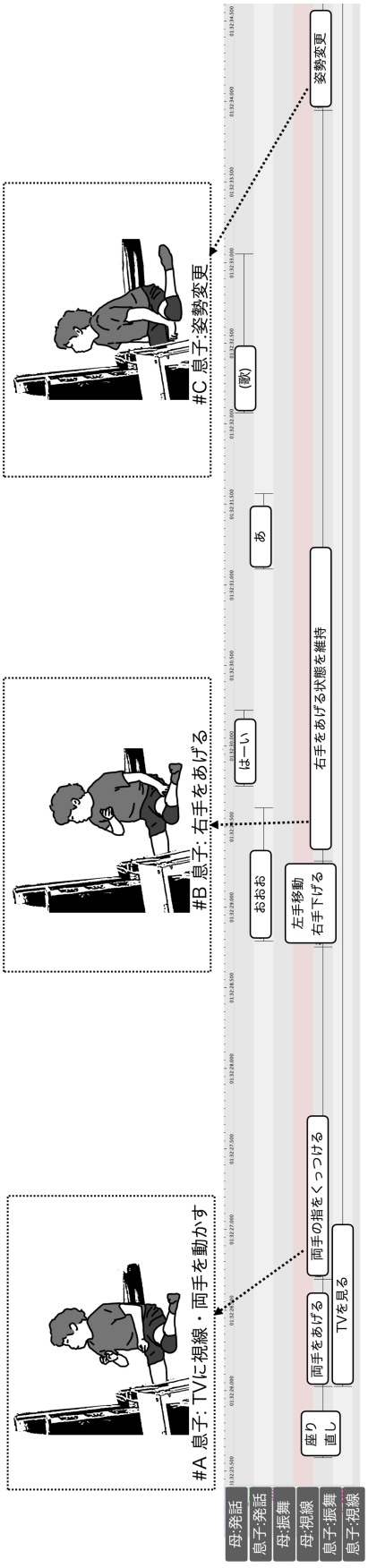

#A 息子: TVに視線・両手を動かす
#B 息子: 右手をあげる
#C 息子:姿勢変更
座り直し
両手をあげる
TVを見る
両手の指をくっつける
左手移動
右手下げる
おおお
はーい
右手をあげる状態を維持
あ
(歌)
姿勢変更
母:発話
息子:発話
母:振舞
母:視線
息子:振舞
息子:視線

図 3 事例 3

先の事例 2 では，母が手を近づけてくるタイミングで，息子が姿勢と手の位置を変更する「フェイント」を行ったため，彼らのハイタッチは遂行されなかった．一方で，事例 3 では母は息子の発話による呼びかけに応じてはいるものの，パソコン作業を中断して接近することは行っていなかった(なおカメラの映像から母の顔の向きは確認できなかった)．このことは，息子の呼びかけに対して，母は常にすべて応じるわけではないことを示している．加えて，息子側も母が接近し，「ハイタッチ」を遂行しないことに対して，さらなる要求などを行うことなく，ただ維持していた姿勢を変更し，また TV を視聴に戻っていた．このことから，「ハイタッチ」と呼びうる相互行為は，彼らの間において，彼らの日常生活において必要な相互行為であったり，その相互行為の開始が投射されたならば，参与者たちはしなければならない（しないならば，その理由を明確に示す必要がある）相互行為ではないといえるだろう．つまり彼らの相互行為はある意味で冗長な「遊戯的」なものであると考えられる．

3. 議論

本稿では，ある家族内でなされる「ハイタッチ」と呼びうる相互行為について３つの事例の検討を行った．事例の検討を通して，彼らが互いの振る舞いを理解し，その上で振る舞い，調整することによって「ハイタッチ」は遂行されていることが示された．この「ハイタッチ」と呼びうる相互行為を，彼らは“遊戯的”なものとして位置づけていた．

人々の相互行為には，普遍的な組織があることが示唆されている[8]．しかし，本稿で示したように，また人々の日常経験からも，我々は様々な固有集団の中の相互行為は独自のやり方をもつことは事実であろう．この逆説は，どのような“組織”と“やり方”という記述しようとする階層の違いに基づくと考えられる．一方で，集団内の相互行為のやり方の独自性は，冗長で“遊戯的”な相互行為において，より際立ってみなすことができるのではないだろうか．2 人以上の人々が一つの目的に沿って行う共同的な活動において，参与者たちの振る舞いを理解するときには，その目的を参照することが可能である（勿論，振る舞いの組み立てや周囲の環境との結びつきにおいても理解される可能性はある）．一方で，“遊戯的”な相互行為では，達成されるべき目的を参照し，参与者たちの振る舞いを理解することは，その活動における目的は顕在化されているわけではないため，困難である(本稿における事例 3 だけをみて，息子の振る舞いを理解することは困難であろう)．“遊戯的”な相互行為における目的は，集団の中で繰り返されることによって内在化しているものであり，その繰り返しを観察することを通してのみ，参与者たちの振る舞いを理解・記述することが可能になると考えられる．そして，このような取り組みは，ある集団における特有な文化実践の一端を明らかにするものとなるといえるだろう．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17K18330，JP20H04588，及び早稲田大学 人総研研究プロジェクト「多様な特性を持つ人々による日常的／専門的相互行為場面の検討」，特定課題研究助成費「様々な身体特性をもつ人々の相互行為の研究」の助成を受けたものである．

文献

[1] Wikinson,Ray., Rae, John P., & Rasmussen, Gitte(eds), (2020). Atypical Interaction: The Impact of Communicative Impairments within Everyday Talk Palgrave Macmillan
[2] 高木智世, (2018) “相互行為現象としての「コミュニケーション障害」―自閉スペクトラム症児の相互行為上の困難をめぐって―”, 社会言語科学, Vol.21, No.1, pp.348-363.
[3] Charles Goodwin, (2013), "The co-operative, transformative organization of human action and knowledge", Journal of Pragmatics, Vol. 46, Vo. 1, pp. 8–23.
[4] Charles Goodwin, (1995), "Co-constructing Meaning in Conversations with an Aphasic Man", Research on Language and Social Interaction, Vol. 28, No. 3, pp. 233–260.
[5] Charles Goodwin, (2003), "Conversational Frameworks for the Accomplishment of Meaning in Aphasia", Conversation and Brain Damage (Charles Goodwin, ed.), New York, Oxford University Press, pp. 90–116.
[6] 牧野遼作, (2019) “環境を利用した協働的活動達成における時間的構造の分析: 個別具体・日常的な相互行為場面に着目して”, 人工知能学会研究会資料, SIG-SLUD-B803-14, pp.80-85.
[7] 細間宏通・菊地浩平(編), (2019) ELAN 入門 ひつじ書房
[8] Michael Moerman, (1977), The preference for self-correction in a Thai conversational corpus. Language, Vol.53, No.4, pp.872–882.

プロジェクション科学の基盤拡充を目指して：関連諸科学との対話
Expanding the foundation of projection science: Dialogue with related research fields

鈴木 宏昭[1]，田中 彰吾[2]，入來 篤史[3]，尾形哲也[4,5]
Hiroaki SUZUKI, Shogo TANAKA, Atsushi IRIKI, Tetsuya OGATA
[1] 青山学院大学，[2] 東海大学，[3] 理化学研究所，[4] 早稲田大学，[5] 産業技術総合研究所
Aoyama Gakuin University, Tokai University, RIKEN, Waseda University, AIST
hsuzuki@ephs.aoyama.ac.jp, shogot@tokai-u.jp, atsushi.iriki@riken.jp, ogata@waseda.jp

概要

我々人間は物理世界の中に存在している一方，心の働きにより独特の意味世界を作り出している．プロジェクション科学は，この 2 つの世界がどのように結びついているのかを探求することをその目的としている．本 OS では，現象学，神経科学，ロボット科学の研究者との対話により，その先端的知見を取り込み，プロジェクション科学の基盤の拡充を目指す．

キーワード：プロジェクション (projection), 現象学 (phenomenology), 脳科学 (brain science), 進化 (evolution), ロボット科学 (robotics)

はじめに：プロジェクション科学のこれまで，そして今回

鈴木宏昭

生物は物理的，客観的な世界に存在するとともに，認知の働きにより意味世界を作り出し，その中で活動を行なっている．意味世界の構築は動物にも見られるであろうが，それは主に生存，生殖をベースにしたものであろう．一方，人は社会，文化をベースにした意味世界をも作り出す．

これらの世界はどのようにして混じり合い，結びつくのだろうか．それはプロジェクションという心の働きにあると考える．プロジェクションは，内的に構成された意味世界（表象の世界）と実在する世界とをつなぐ認知メカニズムを指す．知覚（視覚的，聴覚的定位，ラバーハンド錯覚等），道具使用，ゲームや VR 環境への没入，ブランド信仰，宗教，幻覚などは内的に構成された表象が物理世界へとプロジェクションされることに基づいている [1].

プロジェクション科学は，内的に構成された意味＝表象世界と実在する世界とをつなぐ認知メカニズムの構造と発生を研究し，その成果を社会に還元することを目指している．これを通して第三世代の認知科学のフレームワークを創出したいと考えている（図 1）.

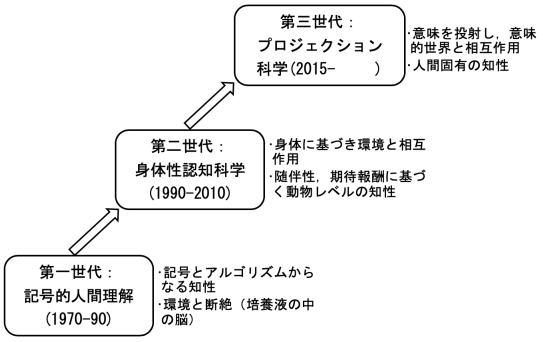


図 1　認知科学の展開とプロジェクション科学

プロジェクション科学はこれまでに 4 回の OS を開催し，その関心は年々高まってきている（ここ 2 回は 100 名以上の参加者）．発表者のバックグラウンドも実験心理学などの基礎的な研究から，臨床，社会，VR，メディアアートまで広がってきている．また 2019 年には『認知科学』においてプロジェクション科学の特集号が組まれ，12 本の論文が掲載された．さらに特集号をベースにして『プロジェクション・サイエンス：心と身体を世界につなぐ第三世代の認知科学』（近代科学社）の刊行に至った [2].

今回の OS では，哲学，神経科学，ロボット科学との対話を通して，プロジェクションの基盤面の再検討を行い，この拡がりを加速させることを目的としている．現象学，神経科学，ロボティクスの分野からの研究者を招待し，プロジェクションとの関係性についての議論を行う．

現象学と認知科学は初期には対立する部分も多かったが，身体性認知科学を経ることにより，その結びつきは強いものとなった．さらにメルロ＝ポンティらの哲学には，プロジェクションについての考察も存在するという．これらの知見との対話により，身体，運動を超えた高次の意味世界の構築，そしてそこでのプロジェクションの役割についての考察を進めることが可

能になるだろう．これらの課題について，現象学の立場から身体，自己，世界についての研究を行なってきた田中氏が報告を行う．

一方，プロジェクションが単なる妄想ではないとすれば，そこには確固とした神経基盤があるはずである．この点についての検討はこれまで全く行われてこなかった．しかし近年頭頂弁蓋部にある二次体性感覚野 (S2) の研究が進み，この部位とプロジェクションとの関係が論じられている．これらについての知見を共有し，議論をすることはプロジェクション科学の今後の展開にとってきわめて重要である．これについて，神経科学，進化の立場から研究を行なってきた入來氏が報告を行う．

現在の AI プログラム，ロボットはプロジェクション無き知性を実現しているように思える．しかしながら，一部の深層学習研究，ロボット研究では，これらのプログラム，ロボットが独自の意味世界を構築し，知覚，運動を行なっている可能性も示唆されている．こうした人工物によるプロジェクションは，人の行うプロジェクションを理解する上で重要と思われる．加えて，今後のロボットの発展において，プロジェクションは鍵を握るメカニズムと考えられるので，この実現可能性を検討することは工学系の研究者にとっても意味あるものとなる．この可能性について，ロボット科学を専門とする尾形氏が報告を行う．

現象学の立場から：ポスト身体性認知としてのプロジェクション

田中彰吾

発表者は，現象学に依拠して，身体性認知科学の哲学的基盤について研究してきた。そのような立場から，今回のセッションでは「ポスト身体性認知」という観点で話題提供を行いたい。1990 年代以降に展開した身体性認知科学は，概念や情動のような高次認知が身体的過程によって支えられていることをさまざまな仕方で示してきた．ただし，これらの研究の多くは，環境から入力された情報がエージェント内部で処理される過程の身体依存性を示すものであり，処理結果がどのように環境に向かって投射されるかを明らかにするものではない．「プロジェクション」という発想を欠いている点では，身体性を強調しない他の認知科学の学派と共通である [4].

しかし，身体性認知科学の歴史的源流である現象学の議論まで遡ると，身体性はスキルや習慣に沿って論じられており，「プロジェクション」という発想を豊かに備えていたことがわかる．スキルは，特定の状況において適切な行為を可能にする方法知（ノウハウ）であり，その学習以前と学習以後とでは，状況についての認知や知覚が変化する．つまり，スキルの学習は，たんにエージェントの行為に変化をもたらすだけでなく，環境に向かって行為可能性を投射する能力にも変化をもたらすのである（図 2）．これは，飛び込むスキルを身につけると水面が以前とは違って見えるようになる，シュートが上達するとゴールポストがより正確に知覚できるようになる，といった例を考えればわかるだろう．

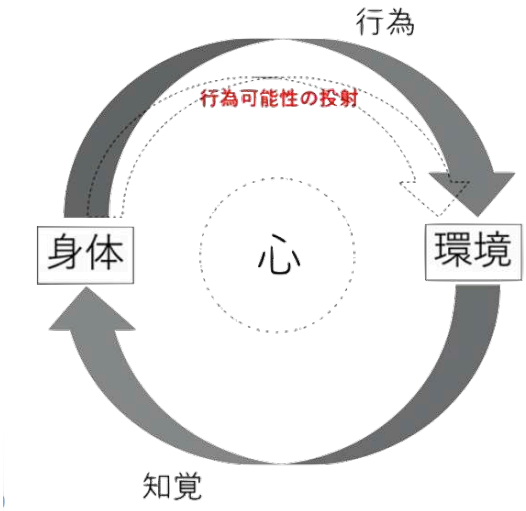


図 2　行為可能性の投射

現象学者メルロ＝ポンティの身体論では，「身体図式」の概念に沿って，ひとの知覚と行為が循環的に作動し，スキルの学習とともに環境へ投射される行為可能性が更新される様子が記述されている [5]．また，行為可能性が環境に向かって投射されることを「志向弓の投射」という概念で論じている。この発表では，メルロ＝ポンティが論じた「投射」が，たんに運動スキルにもとづく行為可能性にとどまらず，より高次な意味の認知にまで広がっていることを指摘したい。プロジェクションは身体性に依拠するものでありながら，身体性と連続しつつ言語的・社会的な意味の次元にまで広がっている。これにより，次世代の身体性認知科学の一案として，「プロジェクション・サイエンス」を位置づけたい。

進化，神経科学の立場から：三元ニッチ構築と第 2 体性感覚野 (SII)

入來篤史

生物は，種の棲息地の環境に「適応」して進化してきたので，地球環境が変化すれば元の環境条件の地域

的な拡大や縮小に対応して，棲息地が「移動」することがある．しかし，元と異なる環境の地に「移住」することはない．別の環境に適応して変化すれば，もはや別の種になってしまう．この底流にあるのは，環境から生物への一方的な作用と，それへの生物内部に閉じた反応（受動適応）である．しかし人類は，原棲息地のアフリカ熱帯地方を出て，異なる環境の地へと「移住」を繰り返し，今や地上のほぼ全域を制覇した．人間が，環境を構想してそれに働きかける，何らかの外に向かう積極的な能動作用を獲得したためではなかろうか．

人間に特異的な「知性」がこの異常な「移住」を可能にした，と考えられて来た．しかし，知性の諸要素の萌芽は他の多くの動物種にも見出され，周く用意されているかにみえる．なのに，人間にしかそれが発現されなかったということは，人間型の「知性」は種の棲息には適応的でないので，その発現が抑えられてきたと考えられる．環境からの情報を受けてそれに応答するという受動的な「適応」メカニズムに反するからだろう．ところが，人間は何らかの理由で逆向きの作用を獲得し,「知性」はそれに好都合だったということかもしれない．

本シンポジウムでは，知性が移住を可能にした，という一方向的な因果関係ではなく，移住する棲息様式（異環境への能動適応）と知性の発現が相補的に適応共進化したという視点から，そのメカニズムとしての『三元ニッチ構築』が，人類の大移住に果たした役割について考察する（それは，環境—認知—脳神経の三つの要素が相互作用しながら拡大する，という筆者が提案する人間進化の生物学的メカニズムである）[6]．そして，私達は，この結果獲得した，膨大した第二体性感覚野という未探索の脳領域で,「Body in the world map」を構成する新たな認知機能を実現した，という仮説に到達した [7]．この新たな脳地図形成に関わる情報処理の逆関数をとれば,「World around the body map」が立ち現れる．この脳内情報処理過程こそが『プロジェクション』の実体ではなかろうか．

したがって，プロジェクションの萌芽は，知性の他の様々な要素の萌芽とともに，人間以外の動物種の脳内にも芽生えているだろう．しかし，それを明示的に自在に操る能力を獲得したのは，人間のみである．そしてそれが，人間の生息域の大拡散と文明環境の構築を導いたのであろう．

ロボット科学の視点から：身体に基づく知能の拡張としてのプロジェクション

尾形哲也

深層学習の手法では，画像，音声，テキストなどの大量のデータから優れた認識器，生成器を構築する（データ・ベースド）．しかしこれは，環境から受動的に得られるデータを，人間が構築した認識ラベルや環境モデルに一方的にマッピングするプロセスであり，能動的に環境に適応する，という視点はない．

我々は，主体がその身体を介して，感覚から生まれる行為可能性だけでなく，行為からの感覚可能性の生成という，双方向のループが不可欠との考えから，実ロボットシステムを開発してきた．現在は，この思想を深層学習のフレームワークにより拡張することで，柔軟物，粉体の操作，ドア開けなど，従来のロボティクスでは困難であった複数タスクを実行するロボットを複数企業と共同開発している（図 3）[8]．我々は，このアプローチを，ラベル付されたデータではなく，感覚と行為のダイナミクス（経験）を学習し独自の世界モデル（内観）を構築する，という意味で「エクスペリエンス・ベースド・ロボティクス」と呼んでいる [9]．

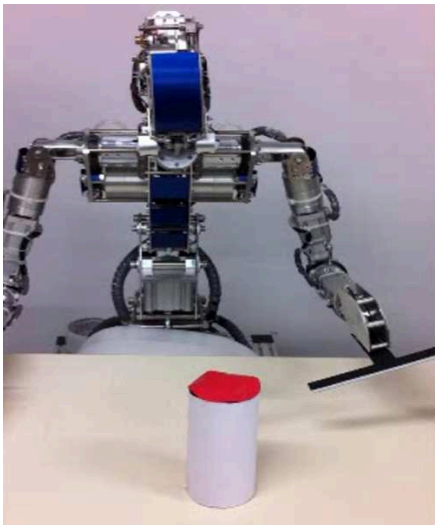


図 3　身体モデルの拡張による道具使用の学習

このエクスペリエンス・ベースド・ロボティクスの思想は，身体性認知科学の視点からは至極当然のアプローチと思われるかもしれない．しかしこれまでの深層学習，ロボットの応用研究では完全に欠落していた視点であり，今後，これらの手法を大きく発展させると期待できるものである．

しかしこの考えには「プロジェクション」という概念は今のところ直接含まれていない．ここでプロジェクションを「主体行為の可能性の環境への投射」と捉

えるときに，認知発達ロボティクスと呼ばれる学術領域で議論されているいくつかの概念との関係を認めることができると考える．認知発達ロボティクスは，ロボットのような環境と身体を介してインタラクションするシステムを構築し，そのハードウェアや神経系（人工神経回路モデル）の発達，学習により創発される行動知能を，人間の乳幼児の発達過程と比較し説明仮説を構築する，構成論的立場の学術研究領域である．そこには，自己身体の行為可能性に基づく環境の認知（アフォーダンス），自己身体の拡張としての道具使用，自己モデルの変換としての他者モデル，他者と共有される記号表現の獲得，といった一連の研究が含まれる．「プロジェクション」の概念はこれらの身体に基づく知能研究に一つの枠組みを与えると同時に，今後の拡張の方向性を示すものではないかと期待している．

謝辞

本 OS は，青山学院大学総合研究所プロジェクト「プロジェクション科学の基盤確立と社会的展開」からの援助を受けている．

文献

[1] 鈴木宏昭 (2019). プロジェクション科学の目指すもの. 認知科学, 29, 52 - 71.
[2] 鈴木宏昭（編著）(2020).『プロジェクション・サイエンス：心と身体を世界につなぐ第三世代の認知科学』近代科学社.
[3] 寺田和憲 (2017). プロジェクションによるサル認識. 2017年人工知能学会全国大会.
[4] 田中彰吾 (2020). ポスト身体性認知としてのプロジェクション概念. 鈴木宏昭編『プロジェクション・サイエンス』(pp. 39-57), 近代科学社.
[5] メルロ＝ポンティ. (2015).『知覚の現象学』（中島盛夫訳），法政大学出版局.
[6] Iriki, A. and Taoka, M. (2012). Triadic (ecological, neural, cognitive) niche construction: a scenario of human brain evolution extrapolating tool use and language from the control of reaching actions. *Philosophical Transaction of the Royal Society B: Biological Science*, 367, 10 - 23.
[7] Bretas, R., Taoka, M., Suzuki, H. and Iriki, A. (2020). Secondary somatosensory cortex of primates: beyond body maps, toward conscious self-in-the-world maps. *Experimental Brain Research*, 238, 259 - 272.
[8] 尾形哲也・西出俊 (2009). 神経回路モデルの感覚・行為予測に基づく空間認知モデル, 計測と制御, 48, 852 - 857.
[9] 尾形哲也 (2020). 深層予測学習によるロボット動作学習：エクスペリエンス・ベースド・ロボティクス. 日本ロボット学会誌，38, 516 - 520.

Theory of Cooperation: Exploring Human and Machine Capabilities

Naoto Iwahashi
Okayama Prefectural Univ

Hiroyuki Okada
Tamagawa Univ

Kotaro Funakoshi
Tokyo Tech

Abstract

Cooperation is one of the most fundamental human characteristics, and several interdisciplinary studies have been conducted to understand this aspect. However, despite the numerous studies conducted on the subject, a comprehensive theory regarding cooperation remains elusive. In this study, the theoretical and practical aspects of human–human, human–machine, and machine–machine cooperation are explored. Cooperation is theoretically analyzed from behavioral, mathematical, and cognitive viewpoints. The theoretical principles were applied to certain unsolved problems. Furthermore, it is demonstrated that such cooperative machines can be used to investigate the human capabilities of cooperation. The developed versatile interactive software *RoCoCo*, which can be used as a research tool, is presented. Finally, the possibilities and prospects of this research framework, which is termed the *theory of cooperation*, are discussed.

Keywords: cooperation, theory, practice, human, machine, RoCoCo

1 Introduction

Cooperation is a fundamental and crucial human characteristic, regarding which numerous interdisciplinary studies (including philosophy, science, and technology) have been conducted. Despite the recent rapid research progress, a comprehensive theory regarding cooperation has not been established yet. In this study, we introduce a framework, termed as the *theory of cooperation*, which we proposed to explore human–human, human–machine, and machine–machine cooperation, both via theoretical research and development of practical machines.

The *theory of cooperation* aims to answer the following questions:

- What is cooperation?
- How does cooperation work?
- What is human cooperation ability?
- How do we apply cooperation to artificial intelligence systems?

2 Principles of cooperation

We analyze cooperation from behavioral, mathematical, and cognitive viewpoints to explore the principles that establish cooperation.

2.1 Behavioral

From a behavioral viewpoint, cooperation generally comprises the following three interdependent and hierarchical behavioral functions:

Action This function enables each agent to act according to the given dynamics and constraints.

Interaction This function enables agents to mutually predict each other's behaviors and act under a given role assignment.

Role coordination This function enables agents to mutually find and select their own role assignments online.

Among these three functions, *role coordination* is particularly important and has been investigated in several studies. However, this function is not yet completely understood with regard to both cognitive and mathematical aspects.

2.2 Mathematical

We propose hierarchical equilibrium dynamics (HED) as a mathematical formulation of general cooperation. It is based on control, game theory, and physics, and characterized by the structure of dynamics and equilibrium of coupled dynamics.

The structure comprises the following three-layered dynamics according to the behavioral hierarchies (Fig. 1):

Action and task dynamics Modeling of the actions and tasks executed by the agents.

Interaction equilibrium dynamics Modeling of the interactions among agents, which are described via the occurrence of an equilibrium in the coupling of dynamical systems.

Role equilibrium dynamics Modeling of role coordination, which controls the action equilibrium dynamics.

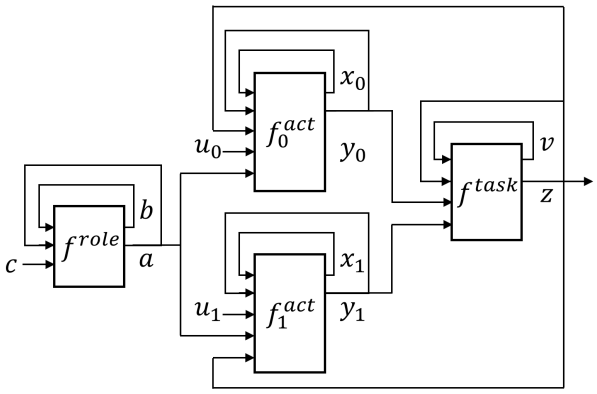


Figure 1: Structure of dynamics that establish cooperation

The dynamics of the role coordination for two agents, f^{role}, and the dynamics of the action of the ith agent, f_i^{act}, can be expressed as follows:

$$\begin{aligned} a_{t+1}, b_{t+1} &= f^{role}\left(a_t, b_t, c_t\right) \\ y_{i,t+1}, x_{i,t+1} &= f_i^{act}\left(y_{i,t}, x_{i,t}, u_{i,t}, a_t, z_t\right) \end{aligned}$$

The task dynamics, f^{task}, can be expressed as follows:

$$z_{t+1}, v_{t+1} = f^{task}\left(z_t, v_t, y_{0,t}, y_{1,t}\right)$$

For optimization, the objective for the control of the ith agent is expressed as follows:

$$\begin{aligned} &J_i^{overall} \\ &= J^{role}\left(A, B, C\right) + J_i^{act}\left(Y_i, X_i, U_i\right) + J^{task}\left(Z\right) \end{aligned}$$

where J^{role}, J_i^{act}, and J^{task} denote the objectives for the control of the dynamics f^{role}, f_i^{act}, and f^{task}, respectively.

HED specializes or generalizes a wide range of formulas for synchronization, such as non-cooperative game [1], differential game [2], decentralized control [3], pulse-coupled biological oscillators [4], chaotic synchronization [5], coupling of recurrent neural networks [6, 7], coupling of statistical dynamical models [8], and recursive reasoning [9].

Previous studies on cooperative dynamics have addressed the action and interaction functions but not the role coordination function. In particular, studies on the interaction function focused on convergence to an equilibrium point. However, owing to the existence of multiple or infinite equilibrium points in typical problems, emphasis should be placed on the selection of an appropriate equilibrium point among the available points; this selection is defined as role coordination.

2.3 Cognitive

Similar to the equilibrium in game theory that is based on mutual belief, the equilibrium in HED is also based on mutual belief. Moreover, because the equilibrium in HED is hierarchical, a hierarchical structure of mutual beliefs is required. To meet this requirement, we propose a mutual belief hierarchy with three layers, each of which is represented by the corresponding dynamics as follows:

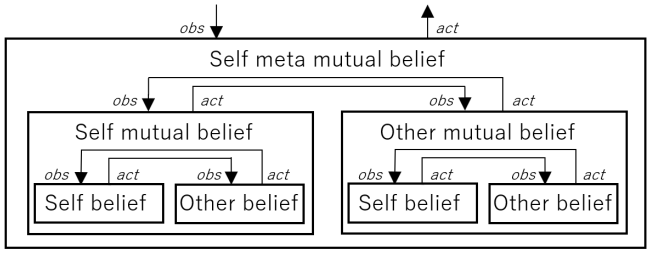


Figure 2: Belief configuration of an agent for cooperation

Belief The dynamics used by an agent to make decisions.

Mutual belief The dynamics of the coupling between the belief of an agent and those of others; not mutual beliefs themselves.

Meta mutual belief The dynamics of the coupling between the mutual beliefs of an agent and those of others; not meta mutual beliefs themselves.

The belief configuration of an agent with this belief hierarchy system is depicted in Fig. 2.

The proposed hierarchical mutual belief system differs from the traditional mutual belief system [10] in two ways. First, the coordinating agents' different mutual beliefs are emphasized. As our mutual beliefs never become same, the most important problem to be solved should be the achievement of cooperation even under different mutual beliefs. However, traditional theories of joint activities do not solve this problem. The cognition of an agent should allows the agent to coordinate her/his mutual belief with the mutual beliefs of others. Meta mutual belief is set at the top of the hierarchy of the proposed system and provides the important ability to coordinate roles. Second, mental self-recursive reflection is represented by the equilibrium of dynamics. The traditional mutual belief system is represented by the metaphor of self-recursive reflection by mirrors. However, it seems impossible to construct the mechanism of self-recursive reflection in the brain from the viewpoints of information and control theories, and physics. Therefore, we use the concept of equilibrium between dynamics instead, which seems feasible in the brain.

3 Machine study

We applied the above-mentioned principles to the following unsolved problems: autonomous driving [11], human–robot physical interaction, multi-modal language acquisition [12, 13], generation [14], and understanding[15], and robot-directed utterance detection [16]. From these applications, the validity of the principles was confirmed.

	Cooperation	Control
Human	feasible	infeasible
s-r machine	infeasible	feasible
Cooperative machine	feasible	feasible

Table 1: Comparison of the characteristics of three different experimental frameworks in which subjects interact with humans, s-r (stimulus-responsive) machines, and cooperative machines, respectively.

4 Human study with cooperative machines

The above-mentioned cooperative machines can be used to investigate the human capabilities of cooperation. In conventional experiments, human subjects interact with human or stimulus-responsive (s-r) machines. However, there are some limitations to achieving coordinated operation and reproducible conditional control of the experiments (Table 1). By using cooperative machines, we can reduce such limitations, and explore human capabilities more accurately and deeply.

5 Research tool

We developed the interactive software, RoCoCo, as a research tool for exploring human and machine capabilities. RoCoCo has the following features:

- Real time interactive
- Versatile and expandable
- Multi-purpose (human and machine studies)
- Flexible configuration (number of agents, human-machine, human-human, and machine-machine)
- Flexible task setting (autonomous driving and physical interaction)
- Various quantitative evaluations

The RoCoCo is now expanding in its versatality and flexibility.

6 Conclusions

On the basis of the fundamental analysis of cooperation, cognitive and mathematical principles were proposed. The validity of the principles was verified by applying them to certain unsolved tasks. The potential of cooperative machines for exploring the human capabilities of cooperation was discussed. A human study using the interactive software RoCoCo is underway.

References

[1] J. Nash, "Non-cooperative games," *Annals of mathematics*, pp. 286–295, 1951.

[2] D. Wishart, "Differential games. a mathematical theory with applications to warfare and pursuit, control and optimization," *Physics Bulletin*, 1966.

[3] N. Sandell, *et al.*, "Survey of decentralized control methods for large scale systems," *Automatic Control*, 1978.

[4] R. E. Mirollo and S. H. Strogatz, "Synchronization of pulse-coupled biological oscillators," *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 1990.

[5] L. M. Pecora and T. L. Carroll, "Synchronization in chaotic systems," *Physical review letters*, 1990.

[6] T. Ikegami and M. Taiji, "Imitation and cooperation in coupled dynamical recognizers," in *European Conference on Artificial Life*. Springer, 1999.

[7] J. Tani, *et al.*, "Self-organization of distributedly represented multiple behavior schemata in a mirror system: reviews of robot experiments using rnnpb," *Neural Networks*, 2004.

[8] T. Sasaki, N. Iwahashi, and K. Funakoshi, *et al.*, "Learning and generation of collaborative actions by mdl coupled hmms," *National Convention of IPSJ*, 2018.

[9] Y. Wen, *et al.*, "Probabilistic recursive reasoning for multi-agent reinforcement learning," in *Proc. ICLR*, 2019.

[10] H. H. Clark, *Using language*. Cambridge university press, 1996.

[11] N. Iwahashi, "Equilibrium selective role coordination for autonomous driving," in *Int. Conf. Awareness Science and Technology*, 2019.

[12] ——, "Language acquisition by robots - towards new paradigm of language processing -," *Journal of JSAI*, 2003.

[13] N. Iwahashi, *et al.*, "Robots that learn to communicate," in *AAAI Fall Symposium: Dialog with Robots*, 2010.

[14] S. Nakamura, N. Iwahashi, and T. Nagai, "Mutully-adaptive generation of utterances based on estimation of belief shared by human and robots in real world," *Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics*, vol. 21, no. 5, pp. 663–682, 2009.

[15] K. Sugiura and N. Iwahashi, *et al.*, "Object manipulation dialogue by estimating utterance understanding probability in a robot language acquisition framework," *Journal of the Robotic Society of Japan*, vol. 28, no. 8, pp. 978–988, 2010.

[16] X. Zuo, N. Iwahashi, and K. Funakoshi, *et al.*, "Detecting robot-directed speech by situated understanding in physical interaction," *Information and Media Technologies*, 2010.

ビデオ人狼での他者説得に見られる非言語情報の調査
Non-Verbal Information on Video Conference Werewolf

高山 周太郎[†]，大澤 博隆[†]
Shutariou Takayama, Hirotaka Osawa
[†]筑波大学
University of Tsukuba
hailabsec@hailab.net

概要
近年 COVID-19 による影響で、ビデオ会議を利用したコミュニケーションの機会が急増している。しかし、ビデオ会議ではコミュニケーションの情報量で大きな割合を占めるジェスチャーが映りづらく、円滑な意思決定に影響を及ぼす可能性がある。コミュニケーションゲーム「人狼ゲーム」を用いることで、ビデオ会議におけるコミュニケーションを分析できると考えている。本研究では、ビデオ会議上で人狼ゲームを行うための実験フレームを設定し、予備実験を行った。

キーワード：人狼ゲーム

1. はじめに

COVID-19 の影響によってテレワークやビデオ会議が急激に増加し、同時にその欠点が指摘されている。特にビデオ会議では身体が写らず、手足の動きの情報が欠落する。ジェスチャーなどの非言語情報は、話者の感情や内容の強調などのメタ情報を発言に付与するため、これらの情報の欠落はビデオ会議における他者の説得や合意の形成に支障をきたすことが予想される。例えば、Aviexer ら[1]では、ある種の感情を推定するときは顔ではなく体の情報が手がかりとなっていることが分かっている。そこで、本研究では人狼ゲームを利用して、ビデオ会議でのコミュニケーションがどのような情報を手がかりに進行されるか調査する。人狼ゲームは合意の形成や他者の説得といった特徴をもつため、人間のコミュニケーションの研究対象として近年注目されている。

ビデオ通話で人狼ゲームを行い、表情や頭の動きなどの非言語情報を定量化し、ゲームの進行や結果との相関を分析することで、ビデオ通話でのコミュニケーションで手がかりとして用いられる情報を調査する。高山ら[2]の研究では、占い師や狂人などのプレイヤーは腕の開き具合で、これらのプレイヤーが他のプレイヤーへ持つ説得力が変わることを示唆している。ビデオ通話ではこれらの情報が欠落するため、他者を説得する難易度があがることが考えられる。また、ビデオ通話において他者への説得力を向上させる振る舞いがわかれば、ビデオ会議での他者説得への応用が期待できる。

本研究ではそうしたビデオ通話での人狼ゲーム分析のため、Zoom と OpenFace を用いたシステムを提案し、実験の手順を作成し、その評価のための予備実験を行った。また、予備実験の結果を分析し、ゲームの勝敗の因子となる非言語情報の仮説を立てた。

2. 人狼ゲーム

本研究では、ビデオ会議における合意形成の必要があるコミュニケーションとして人狼ゲームを用いた。人狼ゲームに関して、以下に概説する。

2.1. 背景

人狼ゲームはロールプレイングゲームの側面がある。「平和な村に人狼が紛れ込んだ。平和を取り戻すために人狼を排除しなければならない。」という設定があり、プレイヤーはその村人または人狼としてプレイする。

紛れ込んだ人狼を排除するため、村人は議論を通じて人狼を特定する。

2.2. 人狼ゲームのルール

本項では一般的な人狼ゲームのルールを述べる。なお、人狼ゲームのルールは人によって若干の差異が見られるものの、概ね共通していると言える。ここで述べるのは高山ら[2]の実験などでも用いられたもので、本研究でも以下に述べるルールに従う。

プレイヤーは人狼陣営と村人陣営に分けられ、陣営によってゲーム上での勝利条件が異なる。村人陣営はすべての人狼の排除を目指し、人狼陣営は人間と人狼が同数以下になることを目指す。

ゲームは議論・投票・効果処理などのフェーズを繰り返して進行する。議論フェーズでは処刑するプレイヤーを決定するためにプレイヤー間で話し合いが行われる。議論が終了すると各プレイヤーは自分が処刑したいプレイヤーに投票する。処刑されたプレイヤーは

以降ゲームに参加することができない。効果処理のフェーズでは占い師や人狼などの特定の能力を持ったプレイヤーの効果を処理する。

上述の一連の流れは一日に例えられ、議論・投票のフェーズは昼、効果処理のフェーズは夜と呼ばれる。本論文でも同様の呼称を用いる。以下の図 1 に一日のゲームの流れをフローチャートで示す。

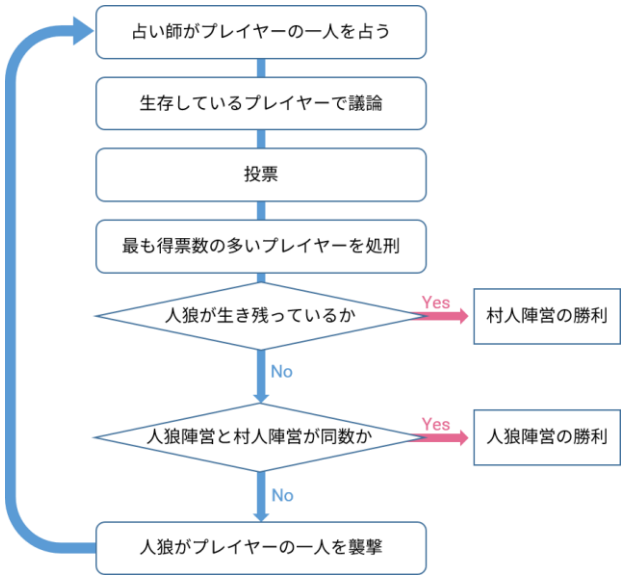


図 1　一日の流れのフローチャート

人狼ゲームには様々な役職が存在するが、本研究で用いるのは 4 種類である。各役職の持つ能力について高山ら[2]が記述したものを以下に引用する。

- 占い師：村人陣営。夜になるとプレイヤーを一人選び、そのプレイヤーが人狼かどうか自分だけが知ることができる。
- 人狼：人狼陣営。夜になると一人選び、そのプレイヤーをゲームから除外する。
- 狂人：人狼陣営に所属する人間である。人狼を勝たせるために動く。占い師からは人間であると判断される。誰が人狼なのかは認識できない。
- 村人：村人陣営に所属する。特に能力を持たない。

(高山ら[2])

3.　提案手法

ビデオ会議という環境下で人狼ゲームを違和感なく進行するために以下の実験フレームを設定した。

3.1 実験手順

本研究では、ビデオ会議ツールとして Zoom Communication 社の”Zoom”を用いる。Zoom は昨今の COVID-19 によるテレワーク増加において、最も一般的に用いられているビデオ会議ツールであると考えられる。

人狼ゲームは、その進行にあたって占い師や人狼のプレイヤーとゲームマスターの間で非公開のコミュニケーションが発生する。対面で行われる人狼ゲームでは一般的に参加者が下を向き、ボディランゲージでやりとりすることで情報が他のプレイヤーに漏洩することを防止する。

Zoom のプライベートチャット機能を用いて特定プレイヤーとコミュニケーションを取ることで、上述の問題を解決する。プライベートチャットは他のプレイヤーに内容を見られることなく、参加者との一対一でテキストベースのコミュニケーションを行うことができる。また、これらのコミュニケーションを行う間、プレイヤーのタイピング音などから情報が漏洩することを防ぐため、マイクとカメラを切るように指定する。

投票行動も、ビデオ会議上で行う上で支障が出る可能性が考えられる。対面で行われる場合では、プレイヤーが同時に投票先を指す、という形で一般的に行われる。しかし、ビデオ会議では同時に指差すという行為が難しい。

本研究では、投票行動でもプライベートチャットを用いる。一度全プレイヤーから投票先をプライベートチャット上で集め、集計結果を全体に通知する。

また、映像に写ったプレイヤーの背景情報を削除することで、プレイヤーの動きのみに注目されるようにする。Zoom のバーチャル背景機能を用いて、背景を均質化したものを以下の図 2 に示す。

図 2　背景を削除した様子

3.2. 解析手法

本研究では、ビデオ会議で主に見られる非言語情報である、「頭の動き」「表情」を主な解析対象とする。解析には OpenFace を用いる。OpenFace では Web カメラの映像から顔・表情を 3 次元座標として推定することができる。以下の図 3 に OpenFace による推定結果の

例を示す。

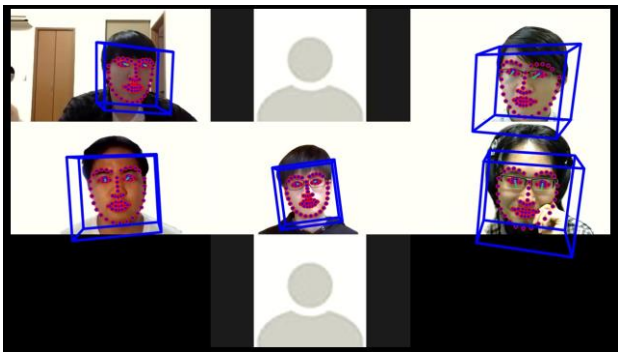


図 3　OpenFace による推定結果

4.　予備実験

4.1.　目的

実際のデータを取得することでビデオ人狼でのコミュニケーションに関連するパラメータの仮説を立てる。3 章で提案した実験手順で適切にゲームの進行が可能か、アンケート調査を行うことで評価する。

4.2.　方法

人狼ゲームのルールを理解している 20 代の男性 5 名を対象に実験を行った。ゲームは全 4 ゲーム行った。実験の手順は 3.2 項で述べたとおりに行った。また、バーチャル背景の設定や Zoom の設定などのため、最初に 15 分ほどの説明時間を設けた。

役職の設定はできるだけ多種の役職が各プレイヤーに行き渡るように調整した。

4.3.　結果

各プレイヤーの役職とその時のゲーム結果を以下の表 1 に示す。

表 1　ゲーム結果

A	B	C	D	E	結果
人狼	狂人	村人	村人	占い師	村人
占い師	村人	狂人	人狼	村人	人狼
村人	人狼	占い師	村人	狂人	村人
村人	占い師	人狼	狂人	村人	人狼

各プレイヤーの人狼ゲーム経験のアンケート結果を以下の図 4 に示す。質問文は「人狼ゲームをどの程度プレイした経験がありますか」で、「経験豊富である」～「全く無い」の 5 段階のリッカートスケールで評価した。

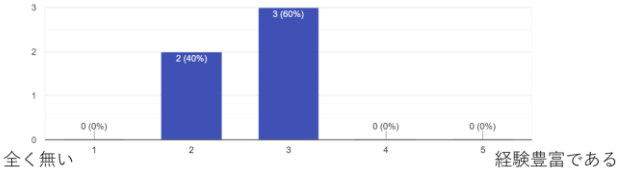


図 4　人狼ゲーム経験に関するアンケート結果

4.4.　評価と考察

表 1 を見るとプレイヤーC がすべてのゲームにおいて勝利していることがわかる。図 4 の通りプレイヤーの間で人狼ゲーム経験の差異はあまり見られ内にも関わらず、プレイヤーC が実験全体において支配的であったことは特徴的であり、記述式のアンケートにも「C が一番引っ掻き回していた点において印象に残った」などの意見が見られた。プレイヤーC のように発言の量を増やすことでゲームをコントロールしやすくなり、プレイヤーの印象にも残りやすいと考えられる。口の動きなどで発言量をパラメータの一つとできることが考えられる。

他の指標として画面との距離が考えられる。3 ゲーム目において、プレイヤーB が人狼となったが、このゲームにおいてのみプレイヤーB が画面から離れている様子が顕著に確認できた。結果、プレイヤーB は最初の投票で処刑された。画面から離れている様子が自身の無さとして表出し、それが周囲に伝わるのではないか、とう仮説が立てられる。

画面との距離が近いか遠いか、というのはプレイヤーの環境に依存する。そのため、全ゲーム中でのプレイヤーと画面の距離の平均を取り、そこからの差異で評価する。

実験では、背景を単色に統一することで、均質化を試みた。しかし、バーチャル背景が使用可能かどうかは参加者の環境に依存する。また、バーチャル背景を使用すると顔以外が隠れてしまい、挙手などの動作が隠れてしまうことが確認された。アンケートでも「カメラ内に手を入れて良いかどうかで、実はかなり印象は変わるのではないか」などの結果が見られたため、手が隠れてしまうのは実験の妨げになると考えられる。これらの結果から本実験ではバーチャル背景を設定せずに行う。

5. まとめ

本研究では、ビデオチャット上での人狼ゲームを利用した研究を行うため、実験システムを作成した。また、これらの実験システムを評価するために予備実験を行った。予備実験の結果から「プレイヤーの発現量」「プレイヤーの画面との距離」がゲームの勝敗やプレイヤーの説得力と関係している可能性がある。また、設定した手順のうち「バーチャル背景機能を用いた背景の均質化」が、不要なことがわかった。

今後の展望として得られた仮説を検証するために、本実験を進めていく。また、男女差や人狼ゲームの経験による差異[3]が大きくなると考えられるため、本実験ではその点留意したい。

文献

[1] Hillel Aviezer, Yaacov Trope, Alexander Todorov, (2012) “Body Cues, Not Facial Expressions, Discriminate Between Intense Positive and Negative Emotions”, Science, Vol. 338, pp. 1225-1229

[2] 高山 周太郎, 大澤 博隆, (2019) “実世界人狼ゲームのジェスチャーの分析”, 2019 年度人工知能学会全国大会

[3] 丹野 宏昭, 児玉 健, (2015) “人狼ゲーム経験による嘘の手がかり信念の差異”, パーソナリティ研究 24 巻

非言語的コミュニケーションゲーム「DREAMS」における相手モデル構築過程

A Research on the Opponent Model in the Nonverbal Communication Game “DREAMS”

浅野 旬吾[†]，伊藤 毅志[‡]
Shungo Asano, Takeshi Ito

電気通信大学
The University of Electro-Communications
[†]asano@minerva.cs.uec.ac.jp, [‡]ito@cs.uec.ac.jp

概要

本研究では，正体隠匿型の非言語的コミュニケーションゲーム「DREAMS」を用いて，人間の相手モデル形成過程に関する認知科学的実験を行った．その結果，対戦を繰り返す中で相手から同じ意図を持った行動が繰り返され，その行動に関する推測が行われ，その結果を確かめる過程を経ることで，徐々に相手モデルが構築されていく様子が観察された．

キーワード: 正体隠匿型ゲーム，非言語的コミュニケーション，相手モデル

1. はじめに

人間同士のコミュニケーションに関する研究において，近年人狼を題材とした研究に注目が集まっている[1]．人狼は自然言語を用いた会話によって議論を行いゲームが進行していく，コミュニケーションを中心課題とした正体隠匿型ゲームである．そのため，人狼は人間のコミュニケーション過程を観察するのに適した題材であると言える．しかし，実際の人間同士のプレイを見てみると，自然言語によるコミュニケーションだけでなく，身振り手振り，表情，相手を誘導する巧みな話術など，コミュニケーションに関わる多種多様な認知科学的課題が含まれていることがわかる．そのため，人狼は考慮すべき課題が多すぎて，研究の対象を絞りにくい．

そこで，本研究では DREAMS というゲームに着目した．DREAMS は人狼と同じく正体隠匿型ゲームであるが，プレイヤは自然言語による言語的コミュニケーションを必要とせず，石の配置のみによってゲームを進行できるという点が特徴的である．そのため，DREAMS は人狼と同じくコミュニケーションを中心課題とした正体隠匿型ゲームでありながら，相手モデルの構築のみに焦点を当てることができる研究題材であると考える[2]．

本論文では，この DREAMS を用いて実施した認知実験について報告する．本実験では，DREAMS を人間同士がプレイする中で，どのようにして相手の思考や行動の意味を推測し理解するのか，その際に必要な「相手モデル」がどのようにして構築されるのかを明らかにすることを目指した．

2. DREAMS とは

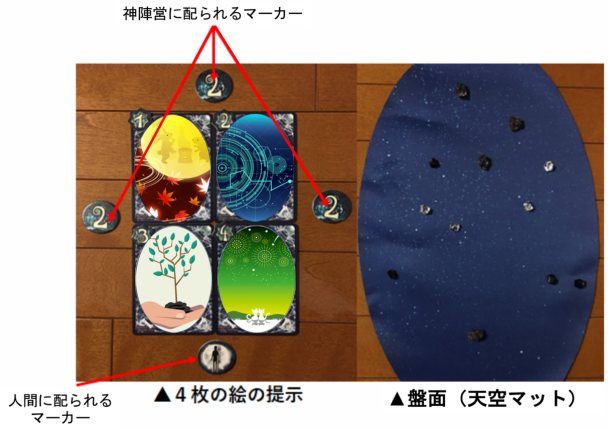


図 1 DREAMS のプレイ中の場の例

DREAMS は 2016 年にドイツの Zoch 社から発売された正体隠匿型の多人数ボードゲームである[3]．図 1 は，4 人で DREAMS をプレイしている時の場の一例である．なお，この図で使用している絵には，著作権上の理由から本来の DREAMS で使用されている絵とは異なる絵を使用している．

2.1. ルールと特質

DREAMS のルールについて説明する．本ゲームは 3 人から 6 人で遊ぶゲームであり，お互いにわからないようにプレイヤは神陣営と人間の 2 つの陣営に分かれる．人間となるプレイヤは 1 人のみであり，それ以外のプレイヤは神陣営となる．本研究では，4 人で行う DREAMS ゲームを対象にする．ゲームでは多くの絵の

中から4枚の絵がランダムに選ばれて場に並べられる．4 枚のうち 1 枚だけが本物の絵となり，神陣営はその絵を知ることができるが，人間はそれを知ることができない．プレイヤは絵を参考にして盤面上に 3 種類（白色，灰色，黒色）の石を置くことで本物の絵を表現していく．その後，完成された盤面を元に，神陣営は人間だと思うプレイヤに，人間は本物だと思う絵に投票を行う．神陣営は人間を的中させることで，人間であれば誰からも疑われないこと，正しい絵を的中させることで得点を得ることができる．これを 1 ターンとして得点を積み重ねていき，最終的に，最初に規定スコアに達したプレイヤが勝利となる．

本ゲームの特質として，ゲームの進行はプレイヤによる石を置く行為と，全員の置く石が無くなった後に行われる投票に限定することができるという点が挙げられる．実際のパーティーゲームでは，しぐさや発話などによるコミュニケーションも考える必要があるが，それを完全に排除できれば，石の配置のみで相手の意図や考えを読むゲームにすることができる．具体的には，プレイヤは 4 枚の絵と 3 種類の石のみを頼りに，自身の意図を他者に伝えたり，他者の意図を汲み取ったりすることになる．神陣営であれば，時には人間を誤った絵に誘導しようとしたり，人間であれば神陣営の意図を推し量り合わせるようなプレイをしたりする．本実験では，後述するデジタルプラットフォームによる対戦環境を用意することで，これらのことを自然言語ではなく石の配置のみで行う正体隠匿型非言語的コミュニケーションゲームとして扱う．

2.2. 研究題材としての意義

DREAMS では，プレイヤは非言語的情報である石の配置から相手のプレイの意図を推定し，逆に自身の置いた石が相手にどのように解釈されているのかを推定する必要がある．プレイヤは対戦を通してこれを繰り返すことにより，相手の思考や行動の意味を推測するために必要な「相手モデル」を構築し，それによってプレイの質を高めることが想像される．そのため，非言語的コミュニケーションによって相手モデルがどのように構築されていくのかを観察するのに適したゲームであると言える．

3. 関連研究

DREAMS をプレイする中で，プレイヤは石を置くという動作のみを用いてコミュニケーションを行わなければならない．しかし，盤面に石を置くという方法によるコミュニケーション方法は，あらかじめ決まったルールや意味が存在しないため，DREAMS を用いることで新たなコミュニケーション方法が形成される過程について調べることができるのではないかと考えられる．

新たなコミュニケーション方法が形成される過程を調べた研究として Galantucci の研究が挙げられる[4]．Galantucci は計 16 組の 2 人組に，複数の部屋が配置された仮想空間内で合流することを目指すゲームを行わせた．ゲーム中 2 人は別の場所におり，2 人が行えるコミュニケーションは，既存の文字や数字などを書くことのできない特殊なデバイスを用いたコミュニケーションのみに制限された．このコミュニケーション形式によって意思疎通を行い合流することができた場合は，さらに多くの部屋で構成された次のステージに挑戦させた．

実験の結果，全 5 ステージ中 5 組がステージ 5 までクリアし，他のペアも 2 組がステージ 4 まで，4 組がステージ 3 まで，1 組がステージ 2 まで，2 組がステージ 1 までクリアし，残りの 2 組は 1 ステージもクリアできなかったという結果となった．ゲームをクリアすることができたペアについて調べたところ，相手から何かしらの特定の意図を持った記号を受け取った際に，受信者は様々な行動を起こして失敗や成功を繰り返すことでその意図を推測し，再び同じ記号を受け取った際に相手がどこにいるのかを観察することで自分の推測を確かめていることがわかった．

この結果は，DREAMS においても同様のことが生じるのではないかと考えられる．プレイヤは対戦を繰り返していく中で，他のプレイヤが置いた石の意図を何度も繰り返し推測し，その際の対戦の結果や相手の実際の陣営などを確認して自身の推測が合っていたのかどうかを確かめることで，相手のプレイに対する理解や解釈の仕方が確立され，DREAMS における新たなコミュニケーション方法の形成へと繋がっていくのではないかと考えられる．

4. デジタルプラットフォームの開発

4.1. 概要

DREAMS をプレイしている各プレイヤの思考過程を個々に収集するためには，各プレイヤが離れて対戦

することができる環境を整える必要がある. そこで, 筆者は 4 人の人間プレイヤ同士がコンピュータを用いてオンラインで DREAMS の対戦をすることができるデジタルプラットフォームを構築した. 図 2 は本デジタルプラットフォームを用いて対戦を行っている際の画面の一例である.

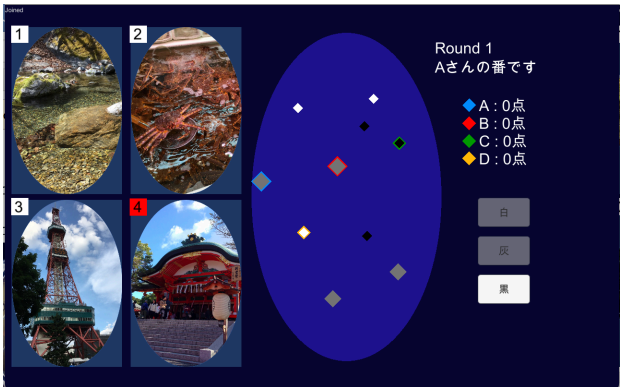


図 2　デジタルプラットフォームの画面の一例

本デジタルプラットフォームはゲームが開始されると自動的にマッチングを行い, 実際の DREAMS と同様の流れでゲームを進行する. プレイヤは, 画面上に表示されるボタンや盤面上の任意の位置をクリックすることで本デジタルプラットフォームを操作することができる. また, 対戦が終了すると, 行われたゲームのプレイログをテキストファイル形式で保存することができる. これにより, どのようなゲームが行われたのかを後で確認することができる.

4.2.　ゲーム盤面を再現するシステム

本デジタルプラットフォームの新たな機能として, 出力されたログファイルをもとに, 実際に行われたゲームの盤面を再現するシステムを開発した. 本システムに再現したいゲームのログファイルのパスを与えると, ログファイルの内容を読み込み, その内容をもとにゲームの盤面を再現する.

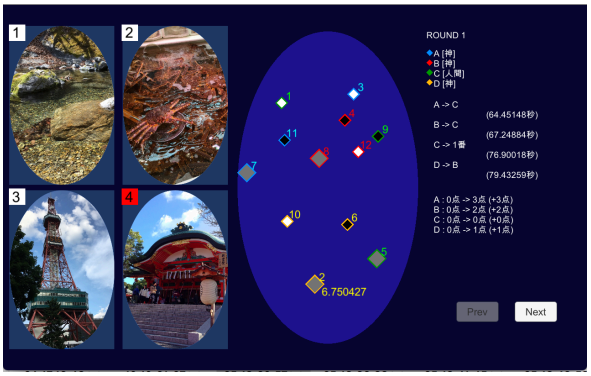


図 3　ゲーム盤面を再現するシステムの画面の一例

図 3 は実際に本システムを用いてゲームの盤面を再現した画面の一例である. 画面には,「現在表示しているラウンド数」,「使用された 4 枚の絵」,「どの絵が本物であるか」,「最終的に完成された盤面」,「各石の置かれた順番」,「誰が置いた石であるか」,「全プレイヤの陣営」,「全プレイヤの投票先」,「全プレイヤの投票先を決めるまでにかかった思考時間」,「スコアの遷移」が表示される. また, 石にマウスカーソルを合わせることで, その石が置かれるまでにかかった思考時間を表示することができる.

5.　認知実験

5.1.　目的

本実験は, DREAMS を人間同士がプレイする中で, どのようなコミュニケーションが行われ, どのようにして相手モデルが構築されるのかを明らかにすることを目的とする. 具体的には, 本ゲームを一緒にプレイしたことのないプレイヤ同士に DREAMS の対戦を繰り返し行わせることで, どのようにして相手モデルが構築されていくのか, それによって相手の手の理解や解釈にどのような影響が生じるのかを明らかにしていく.

5.2.　実験参加者について

実験は, 2019 年 12 月に, 20 代の電気通信大学の男子学生 4 名を対象として実施した. 事前に実験参加者である 4 名全員が, ボードゲームを日常的にプレイすること, よく発話すること, DREAMS を一緒にプレイした経験がないことを確認した.

5.3.　方法

本研究は, 4 人でプレイする DREAMS に限定して行った. 本実験には, 4 章で説明したデジタルプラットフォームを用いた. これは, 実験参加者同士が対戦中にゲームの盤面から得られる情報以外の情報を用いた一切のコミュニケーションをすることができないようにするためである.

対戦を行う部屋は四隅をパーティションで区切り, その各エリアにデジタルプラットフォームが動作するコンピュータを配置した. 対戦を行う際には各実験参加者を各エリアに分かれさせ, お互いの姿が見えないようにした（図 4）.

実験参加者にはプレイ中に考えていることを発話させ，それをビデオカメラで録画し記録した．しかし，実験参加者には，本実験の目的はDREAMSのプレイヤがどのような思考を行っているのかを調べることであるとだけ説明し，本実験が相手モデルの構築の過程について調べる実験であるということは伝えないようにした．これにより，実験参加者の発話内容に影響を与えてしまうことがないようにした．また，お互いの発話が聞こえないようにするために，対戦中は外部の音を遮断する密閉型ヘッドホンを装着させ，さらに，ヘッドホンには他者の声を聞こえにくくするために環境音楽を流した．

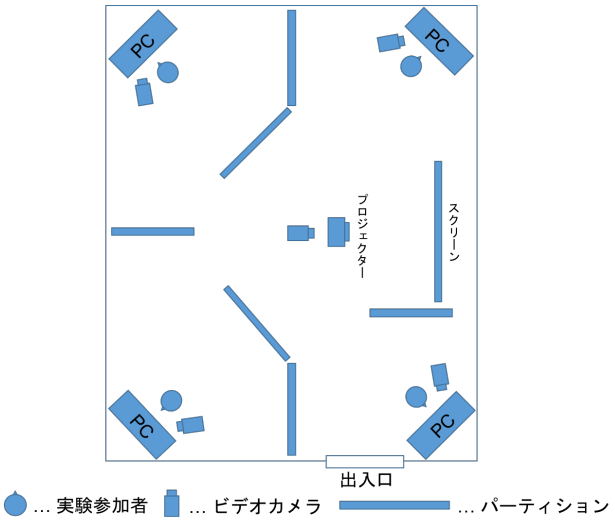


図４　対戦環境

本実験で行った対戦のルールは以下の通りである．

- プレイヤ数…4名
- 勝利に必要なスコア…8点
- 使用した絵…実際のDREAMSで使用される絵
- 思考時間…無制限

以上のルールのもと，実験は以下の手順で行った．

(1)　実験内容の説明

(2)　DREAMS のルール説明およびデジタルプラットフォームの操作説明

(3)　簡単な練習問題を用いた発話の練習

(4)　デジタルプラットフォームを用いた DREAMS 対戦の練習および発話の練習

実際にデジタルプラットフォームを用いて対戦させ，DREAMSのルールおよびデジタルプラットフォームの操作を習熟させた．また，プレイをしながら思考している内容を発話する練習をさせた．発話が少ない場合には，実験責任者が発話を促した．また，本対戦でも行う対戦の振り返りも行わせ，一通りの実験の流れを把握させた．

(5)　実験参加者同士による本対戦

(4)と同様に，実験参加者にDREAMSの対戦を行わせ，対戦中の思考内容を発話するように促した．発話が少ない場合には，実験責任者が発話を促した．1ラウンド終了する毎に実験参加者にヘッドホンを外させ，プロジェクターの前に集合させた（図5）．プロジェクターを用いて，そのラウンドでどのような手順で石が置かれたのかを表す画面を表示した．実験参加者にその画面を見ながらお互いが何を考えていたのかを話し合わせ，対戦の振り返りを行わせた（約3分）．その際の会話の内容もビデオカメラで記録した．

(6)　(5)の対戦を12試合行った．

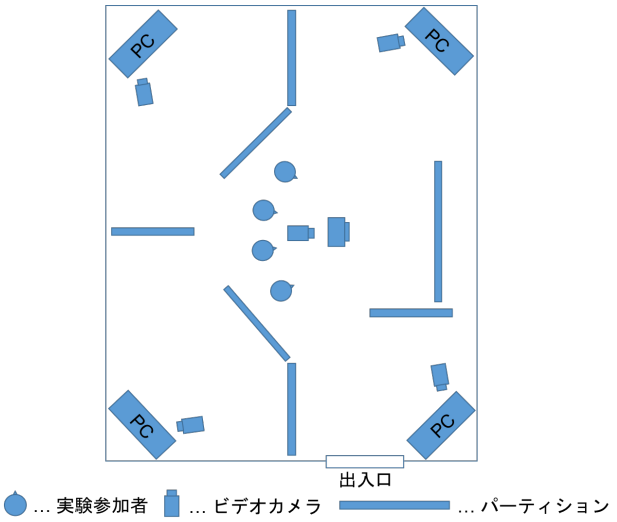


図５　対戦の振り返り

全対戦終了後，取得したビデオカメラの録画データを用いて以下の手順で発話プロトコル分析を行った．

(1)　実験参加者が対戦中に発話した思考内容の書き起こしを行った．対戦の振り返りの会話についても同様に書き起こしを行った．

(2)　書き起こした発話データに対して，その発話の内容に合ったタグを付与することで発話の種類を分類した．

(3)　タグ付けを行った発話データを用いて，実験参加者が発話した内容を時系列に沿って並べたProblem Behavior Graph（以下PBG）を作成し，実験参加者の思考過程を分析した．図6は作成したPBGの例である．

対戦の序盤，中盤，終盤における，各実験参加者の相手モデルの有無や思考の変化を分析するために，発話

プロトコル分析を行う対象は 1 試合目，4 試合目，7 試合目，10 試合目とした．

発話データに付与するタグは，まず，どの対戦相手を対象とした思考であるのかによって大きく分類した．なぜならば，対戦相手に対する相手モデルは，対戦相手ごとに構築されていくと考えられるためである．

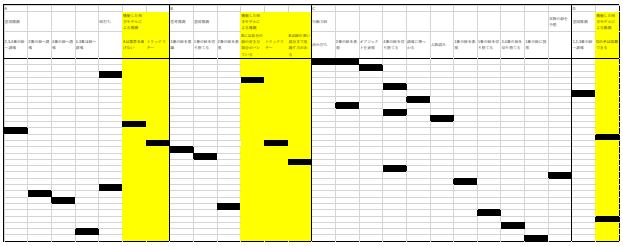


図 6　作成した PBG の例

タグはさらに細かく以下のような基準で分類し付与した．

(1) 相手の置いた石に対する印象
　他のプレイヤが置いた石に対して抱いた印象や感じたことを発話した場合に付与した．

(2) 相手の思考の推測
　他のプレイヤが考えていると思われる思考内容を推測して発話をした場合に付与した．

(3) 相手の意図の推測
　他のプレイヤがとった行動の意図を推測したり汲み取ろうとしたりする発話をした場合に付与した．

(4) 相手の思考時間に対する反応
　他のプレイヤの思考にかかった時間の長短について発話した場合に付与した．

(5) 相手の陣営の予想
　他のプレイヤの陣営を予想して発話した場合に付与した．

(6) 相手モデルに関する思考
　他のプレイヤに関する相手モデルを構築して発話をした場合，あるいは構築した相手モデルを使用した推測を行っている発話をした場合に付与した．

(7) 自身の行動方針
　自分自身の行動に関する発話をした場合に付与した．

(8) 状況確認
　ゲームの状況や展開の確認を行って発話をした場合に付与した．

(9) 本物の絵の予想
　自身が人間である時に本物の絵を予想して発話した場合に付与した．

5.4. 結果および考察

5.4.1. 対戦結果

まず初めに，全 12 対戦の各対戦において勝利したプレイヤを以下の表 1 に示す．ここで，4 名の各実験参加者を A,B,C,D とする．

表 1　各対戦において勝利した実験参加者

対戦数	勝利した実験参加者
1 試合目	B
2 試合目	C
3 試合目	B
4 試合目	B
5 試合目	A
6 試合目	C
7 試合目	C
8 試合目	A
9 試合目	B
10 試合目	C,D
11 試合目	D
12 試合目	C

表 1 から，B は対戦の序盤の勝利数は多かったが，対戦の中盤以降の勝利数は減少する傾向が見られる．逆に，C は序盤の勝利数は少ないが，中盤と終盤に勝利数が増加している傾向が見られた．D は終盤まで一度も勝利することができていなかったが，終盤になると勝利できるようになっている．また，各実験参加者の総勝利数から，B と C を比較的強いプレイヤ，A と D を比較的弱いプレイヤと考えることにする．

5.4.2. 相手モデルに関する発話

次に，各実験参加者が 1,4,7,10 試合目において相手モデルに関する発話をした回数をまとめた結果を，以下の表 2〜表 5 に示す．A,B,C,D は各実験参加者を表しており，誰が誰についての相手モデルに関する発話をしたのかを表している．また，X は不特定多数を対象として発話したことを表している．

表 2〜表 5 から，B は対戦の全体を通して積極的に，かつ安定して相手モデルに関する発話が見られた．特に B の勝利数が多かった序盤である 1,4 試合目では，他のどのプレイヤよりも積極的に相手モデルに関する

発話が見られることがわかる．C は序盤にはあまり相手モデルに関する発話は見られなかったが，終盤にかけて相手モデルに関する発話が増え，10 試合目にはかなり多くの相手モデルに関する発話が増えている．しかし，勝利数の少なかった A と D は相手モデルに関する発話回数が少ないことがみてとれる．これらのことから，DREAMS において，相手モデルに関する発話が多いプレイヤは勝ちやすい傾向が見られた．

表 2　1 試合目において各実験参加者が相手モデルに関する発話をした回数

ROUND	相手モデルに関する発話をした回数												
	A			B				C			D		
	B	C	D	A	C	D	X	A	B	D	A	B	C
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
4	1	0	0	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0
5	0	3	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
合計（個々）	4	3	0	3	4	3	1	0	3	0	0	2	1
合計（全体）	7			11				3			3		

表 3　4 試合目において各実験参加者が相手モデルに関する発話をした回数

ROUND	相手モデルに関する発話をした回数											
	A			B			C			D		
	B	C	D	A	C	D	A	B	D	A	B	C
1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	0
4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0
合計（個々）	4	0	1	1	7	2	0	1	0	0	1	0
合計（全体）	5			10			1			1		

表 4　7 試合目において各実験参加者が相手モデルに関する発話をした回数

ROUND	相手モデルに関する発話をした回数													
	A			B				C				D		
	B	C	D	A	C	D	X	A	B	D	X	A	B	C
1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	3	0
2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
合計（個々）	0	0	0	1	1	0	3	1	1	2	2	0	7	0
合計（全体）	0			5				6				7		

表 5　10 試合目において各実験参加者が相手モデルに関する発話をした回数

ROUND	相手モデルに関する発話をした回数												
	A			B				C			D		
	B	C	D	A	C	D	X	A	B	D	A	B	C
1	1	0	0	0	0	0	0	1	5	3	0	2	0
2	1	0	0	0	1	2	1	4	2	7	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	0	0
4	0	0	0	0	3	3	0	0	0	4	0	0	0
5	0	2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
合計（個々）	2	2	0	0	4	5	1	7	14	16	0	2	0
合計（全体）	4			10				37			2		

他にも，B は対戦の全体を通して，他のどの実験参加者からも比較的多く相手モデルに関する言及が多い．また，D は対戦の終盤に B と C によって多くの相手モデルに関する発話が多い．一方で，C は B からは相手モデルの発話をされていたが，A と D からはあまり相手モデルの発話をされておらず，全体的に見ても B,D と比較するとあまり相手モデルに関する発話が多くないことがわかる．これらの理由に関しては 5.4.4 節で考察する．

5.4.3.　投票の正答数および被投票数

次に，対戦を通して，各実験参加者の投票の正答数と投票された回数の変化をまとめた結果を，以下の図 7〜図 11 に示す．ここで，序盤は 1〜4 試合目，中盤は 5〜8 試合目，終盤は 9〜12 試合目であるとする．

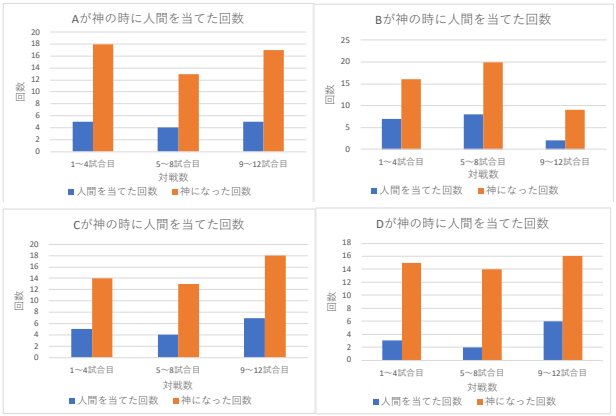


図 7　神陣営の時に人間を当てた回数

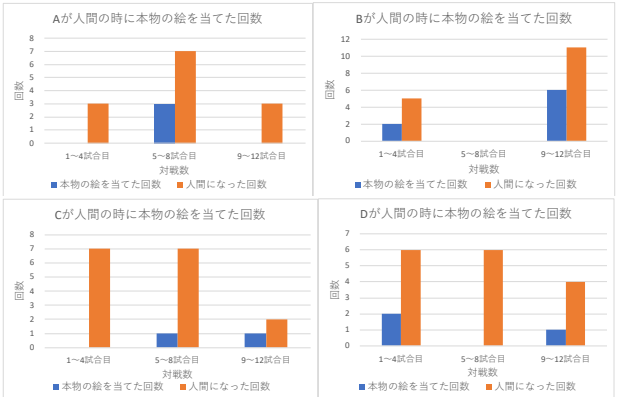


図 8　人間の時に本物の絵を当てた回数

図 7,8 から，対戦を通して投票の正答数に有意な変化は見られず，相手モデルを構築することが投票の正答数に影響を与えるといった様子は確認されなかった．

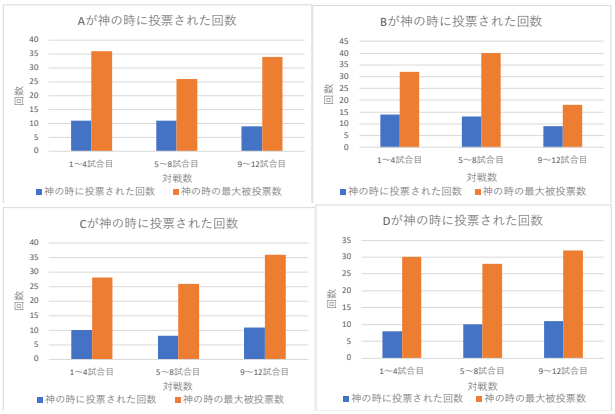


図 9　神陣営の時に投票された回数

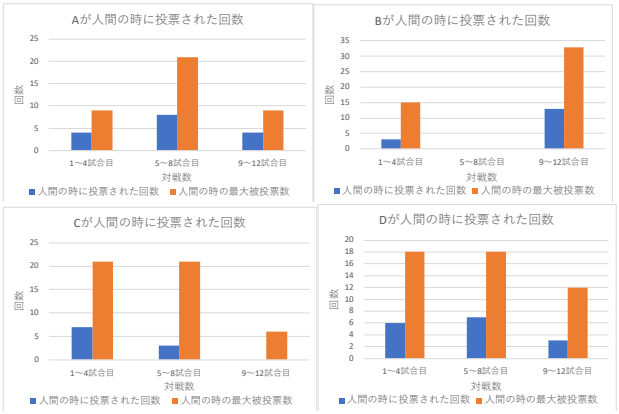


図 10　人間の時に投票された回数

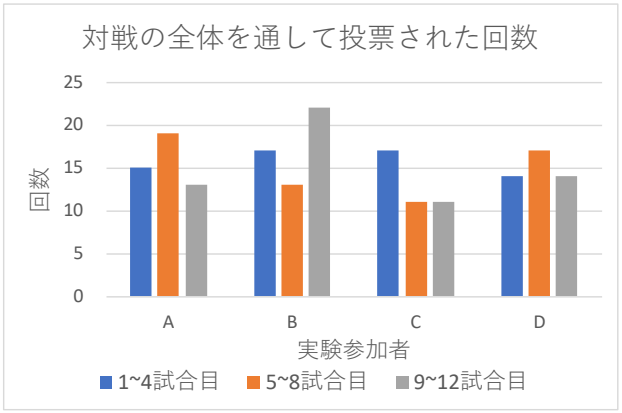


図 11　対戦の全体を通して投票された回数

しかし，図 9〜図 11 から，B は勝利数が減少した終盤における被投票数が非常に増加しており，逆に C は勝利数が増加した中盤と終盤，D も勝利数が増加した終盤における人間の時の被投票数が減少していることがわかる．このことから，DREAMS の勝敗には被投票数，特に人間の時の被投票数が影響しているのではないかと考えられる．

5.4.4.　各実験参加者の石を置いた意図

次に，各実験参加者が実際にどのような意図で石を置いていたのかについて分析した．神陣営の時と人間の時で区別して意図毎に石を置いた回数を計測し，それらを各陣営の時に石を置いた全体の回数で割ることで 1 回あたりの割合を算出した．どのような意図で石を置いたのかについては実際の各実験参加者の発話をもとに分類した．結果を以下の表 6〜表 9 に示す．

まず表 6 を見てみる．A はそもそも自身の意図に関して発話した回数が少なかった．A はどちらの陣営であるかに関わらず無難に石を置く傾向があったが，特に人間の時はほとんどの石を無難に置いていたことがわかる．また，神陣営の時は時々誘導を試みることもあった．

表 6　A が石を置いた際の意図の割合

		1 試合目	4 試合目	7 試合目	10 試合目	合計	1 回あたりの割合
神陣営	無難	7	6	1	1	15	0.517
	オブジェクトを表現	3	3	1	4	11	0.379
	情報量のない手	1	0	0	2	3	0.103
	誘導	1	1	0	6	8	0.276
	神アピール	1	0	0	0	1	0.034
	敢えて信頼を得ない	0	0	1	0	1	0.034
	選択肢を狭める	0	0	0	2	2	0.069
人間	無難	1	1	3	0	5	0.714
	情報量のない手	0	2	2	0	4	0.571
	3 つの絵の共通点	0	0	1	0	1	0.143

表 7 から，B はどちらの陣営であるかに関わらず，誘導したり選択肢を狭めたりするような意図で石を置く割合が高かったことがわかる．また，全ての絵に当てはまらないように置くという，他のどのプレイヤもほとんど行わないような独特なプレイを何度も行っており，積極的に場を撹乱し他のプレイヤの思考を惑わすようなプレイをしていたことがわかる．

表 7　B が石を置いた際の意図の割合

		1 試合目	4 試合目	7 試合目	10 試合目	合計	1 回あたりの割合
神陣営	誘導	2	3	2	4	11	0.250
	場を撹乱する	2	2	2	0	6	0.136
	選択肢を狭める	2	5	4	2	13	0.295
	神アピール	1	0	0	0	1	0.023
	情報量のない手	1	2	2	1	6	0.136
	無難	2	0	0	2	4	0.091
	他の絵と迷わせる	2	0	0	0	2	0.045
	本物の絵を表現	2	0	3	1	6	0.136
	3 つの絵の共通点	0	3	0	0	3	0.068
	流れを変える	0	1	0	1	2	0.045
	自分を人間だと思わせる	0	1	0	0	1	0.023
	全ての絵に当てはまらない	0	1	2	4	7	0.159
	本物の絵に当てはまらない	0	1	0	0	1	0.023
	自分でも意図がわからない	0	0	1	0	1	0.023
	オブジェクトを表現	0	0	0	1	1	0.023
人間	誘導	1	0	0	1	2	0.333
	流れを変える	0	0	0	2	2	0.333
	全ての絵に当てはまらない	0	0	0	1	1	0.167
	選択肢を狭める	0	0	0	2	2	0.333

表 8 から，C は神陣営の時は「誘導」と「本物の絵の表現」をバランスよく混ぜたプレイを行っていたこと

がわかる．しかし，人間の時は誘導する割合が減少し，無難な手を選択する割合が増加していた．

表 8　C が石を置いた際の意図の割合

		1 試合目	4 試合目	7 試合目	10 試合目	合計	1 回あたりの割合
神陣営	2 つの絵の共通点	1	1	2	1	5	0.156
	無難	2	0	0	0	2	0.063
	オブジェクトを表現	1	3	0	4	8	0.250
	信頼を得る	1	1	2	1	5	0.156
	誘導	4	4	3	3	14	0.438
	騙す	1	0	0	0	1	0.031
	人間をあぶり出す	1	0	0	0	1	0.031
	情報量のない手	1	0	0	0	1	0.031
	神アピール	0	1	0	1	2	0.063
	本物の絵を表現	0	1	2	7	10	0.313
	全ての絵に当てはまらない	0	1	0	0	1	0.031
	3 つの絵の共通点	0	0	1	0	1	0.031
人間	3 つの絵の共通点	6	1	0	0	7	0.350
	オブジェクトを表現	1	1	1	1	4	0.200
	無難	2	1	1	0	4	0.200
	信頼を得る	1	0	0	0	1	0.050
	場を撹乱する	1	0	0	0	1	0.050
	敢えて信頼を得ない	1	0	0	0	1	0.050
	決め打ち	1	1	1	1	4	0.200
	誘導に乗る	1	1	2	1	5	0.250
	迷っている風を装う	0	1	0	0	1	0.050
	誘導	0	1	2	0	3	0.150
	目立たない場所に置く	0	0	1	0	1	0.050
	2 つの絵の共通点	0	0	1	0	1	0.050

最後に表 9 から，D はどちらの陣営であるかに関わらず，無難に石を置く意図でプレイする割合が高かったことがわかる．

表 9　D が石を置いた際の意図の割合

		1 試合目	4 試合目	7 試合目	10 試合目	合計	1 回あたりの割合
神陣営	神アピール	4	2	3	0	9	0.237
	本物の絵がバレないようにする	5	2	3	2	12	0.316
	情報量のない手	1	0	0	0	1	0.026
	誘導	3	1	0	0	4	0.105
	情報量を減らす	1	1	2	1	5	0.132
	場を撹乱する	2	0	1	1	4	0.105
	無難	2	6	9	8	25	0.658
	オブジェクトを表現	1	2	3	4	10	0.263
	3 つの絵の共通点	0	1	0	1	2	0.053
	2 つの絵の共通点	0	0	1	0	1	0.026
	奇抜にいく	0	0	0	1	1	0.026
人間	オブジェクトを表現	2	0	0	1	3	0.231
	無難	2	2	0	5	9	0.692
	神アピール	0	1	0	0	1	0.077
	情報量のない手	0	1	0	0	1	0.077
	2 つの絵の共通点	0	0	0	1	1	0.077

5.4.2 節で，B と D は他者から積極的に相手モデルを構築され，C はあまり相手モデルを構築されなかったという結果を示したが，これは各実験参加者の石を置いた意図の割合が影響していると考えられる．相手モデルを構築された B と D は，陣営に関わらず B は「場を撹乱する」という意図で，D は「無難」という意図で対戦を通して変わらずプレイし続けている．しかし，相手モデルをあまり構築されなかった C は，B と D のように特定の意図でプレイし続けるのではなく，「誘導」と「本物の絵の表現」をバランスよく混ぜたプレイを心がけていることがわかる．このことから，あるプレイヤが何度も同じ意図で繰り返しプレイし続けることで，そのプレイに関する相手モデルの構築が促されるのではないかという仮説が立てられる．

実際に各実験参加者の発話内容を見てみると，B は「騙したり場をかき乱したりする傾向にあり信用しないほうがいい」という相手モデルを，D は「無難に打つ傾向にあり，無難に打つ時は神陣営っぽい」という相手モデルを構築されていたことがわかった．そこで，次節では，各実験参加者が相手の意図について発話した中で，上記の相手モデルの構築に関わるような発話をした回数を計測することで，先の仮説について検討する．

5.4.5.　相手の意図について発話した回数

まず初めに，A,C,D の発話データから，B は「騙したり場をかき乱したりする傾向にあり信用しないほうがいい」という相手モデルを A,C,D から構築されていることがわかった．そこで，A,C,D が対戦中の B の意図について推測し発話した中で，相手の思考を惑わす意図であるという内容の発話をした回数を計測した．結果を以下の表 10 に示す．ここで，相手の思考を惑わす意図とは，騙している，誘導している，意図的に選択肢を狭めているという旨の意図とした．

表 10　B の意図についての発話の中で，相手の思考を惑わす意図であるという内容の発話をした回数

A		C		D	
相手の思考を惑わす意図と感じた回数	全体の回数	相手の思考を惑わす意図と感じた回数	全体の回数	相手の思考を惑わす意図と感じた回数	全体の回数
30	54	27	43	13	25

表 10 から，各実験参加者が B の意図を推測した中で，A は約 56%，C は約 63%，D は約 52%の意図に対して，相手の思考を惑わす意図であるという推測をしていたことがわかる．このことから，各実験参加者は実際に B が誘導したり意図的に選択肢を狭めたりする意図で置いた石から，確かにそのような意図を何度も汲み取っており，繰り返し印象づけられていたことがわかる．

同様に，B と C の発話データから，D は「無難に打つ傾向にあり，無難に打つ時は神陣営っぽい」という相手モデルを構築されていたことがわかった．そこで，B と C が対戦中に D の置いた石について発話した中で，無難な手であるという内容の発話をした回数を計測した．結果を以下の表 11 に示す．ここで，無難な手とは，無難な手，情報量がない手，丸い手という内容の発話をした手とした．

表 11　D の置いた石についての発話の中で，無難な手であるという内容の発話をした回数

B		C	
無難な手と感じた回数	全体の回数	無難な手と感じた回数	全体の回数
13	31	14	32

表 11 から，各実験参加者が D の置いた石の中で，B は約 43%，C は約 44%の石に対して無難な手であるという印象を受けていたことがわかる. このことから, 各実験参加者は実際に D が無難に置くという意図で置いた石から，確かにそのような意図を何度も汲み取っており，繰り返し印象づけられていたことがわかる.

この 2 つの結果から，B は「場を撹乱する」という意図で，D は「無難」という意図で対戦を通して変わらずプレイし続けていたのに対して，他の各実験参加者は確かにその意図を何度も受け取っており，繰り返しその行動に対する推測を行っていたことがわかる.

5.5. 結論

以上の実験結果から，対戦を繰り返し行う中で相手から何かしらの同じ意図を持った行動を何度も受けることで，その行動に対する推測や印象づけが繰り返し行われ，その際の対戦の結果や相手の実際の陣営などを確認して自身の推測が合っていたのかどうかを確かめることで，相手モデルが構築されていくのではないかということが示唆された.

しかし，相手モデルの構築がプレイの質へ与える影響は明らかにすることは出来なかった．またプレイヤ間で意図が正確に伝わっているのか，誤解や騙しがどのように実現されているのかなどは，明確にすることは出来なかった.

5.6. 今後の課題

分析を通して，本実験にはいくつかの課題があることがわかった. 1 つ目は, データ数が少ないという点である. 本実験では合計 12 対戦分のデータを収集したが, 相手モデルの構築の過程やプレイの質に与える影響について有意な結果を得るにはデータが少なく不十分であった. 今後, 同様の実験を実施する際には対戦数を増やし，より長期に渡って対戦させる実験を計画したいと考えている.

2 つ目は, 陣営の配分を完全にランダムにしてしまったため，人間となった回数がプレイヤ毎に偏りが生じてしまった点である．具体的には，B が 4〜8 試合目の間に一度も人間にならないという偏りが生じていた. このような偏りが対戦結果に影響を与えてしまう可能性がある上に，相手モデルの構築がプレイの精度に影響を与えたかどうかを他プレイヤと比較することが困難になってしまった. 今後は, プレイヤの陣営に偏りが出にくいように，予めプレイヤ間でまんべんなく陣営が割り振られるように事前に陣営の割合を調整して配分する計画を立てるようにしたい.

3 つ目は, プレイ中に推測した通りに必ずしも投票しないことがある点である. 点差によって, 実際は人間がこの人だと思っていても，勝利のために投票行動を変えている人が存在した. このため, 相手モデルを構築したことが必ずしも対戦結果に反映されない可能性がある．規定得点を超えた時点で勝利とするというゲームのルールが相手モデルの予想行動の邪魔になる可能性がある. 得点を加算性にするなど, ゲームのルールを見直して，相手モデルの変容が有利に働くように変更する必要があるだろう.

6. おわりに

本研究では，新たな研究題材として正体隠匿型非言語的コミュニケーションゲームである DREAMS を用いて，どのようにして相手の思考や行動の意味を推測し理解する際に必要な「相手モデル」が構築されるのかを明らかにする認知実験を行った. その結果, 相手モデルが構築される際には，対戦の中で相手モデルに関わるような意図を持った行動を相手から何度も受けて印象づけられている過程が観察された. そして, その行動に対する推測を繰り返し行い，その対戦結果を照らし合わせて自身の推測の正確さを検証することで，相手モデルが徐々に洗練されていくことが示唆された.

今後は，本実験で得られたデータの分析を引き続き行うとともに，本実験によって明らかになった問題点を改善した新たな実験を計画し，相手モデル構築過程, さらには，誤解や騙しのメカニズムなどについても明らかにしていきたい.

文献

[1] 片上大輔，鳥海不二夫，大澤博隆，狩野芳伸，稲葉通将，大槻 恭士, (2018) ”人狼知能研究のすすめ”. 知能と情報, vol. 30, no. 5, pp.236‑244

[2] 浅野旬吾，伊藤毅志，(2019) ”非言語的コミュニケーションゲーム「DREAMS」を用いた研究計画”，認知科学会第３６回大会，OS09-3, pp.961-968

[3] DREAMS，Zoch,

https://www.zoch-verlag.com/en/games/family/dreams-601105094/（2020/7/31，アクセス確認日）
[4] Bruno Galantucci，（2009）”Experimental Semiotics: A New Approach for Studying Communication as a Form of Joint Action”，Topics in Cognitive Science 1，pp.393-410
[5] Unity，https://unity.com/ja（2020/7/31，アクセス確認日）
[6] Photon Unity Networking，https://www.photonengine.com（2020/7/31，アクセス確認日）
[7] 海保博之，原田悦子，（1993）“プロトコル分析入門　発話データから何を読むか”，新曜社

ゲーム研究の新展開と認知科学（２）
Novel Development and Cognitive Science on Game Research (2)

伊藤毅志[1]，桝井文人[2]，松原仁[3]，山本雅人[4]，河村隆[5]，竹川佳成[6]

Takeshi Ito, Fumito Masui, Hitoshi Matsubara, Masahito Yamamoto, Takashi Kawamura, Yoshinari Takegawa

[1]電気通信大学，[2]北見工業大学，[2]東京大学，[4]北海道大学，[5]信州大学，[6]はこだて未来大学

The University of Electro-Communications, Kitami Institute of Technology, Tokyo University, Hokkaido University, Shinshu University, Future University Hakodate

[1]ito@ cs.uec.ac.jp，[2]f-masui@mail.kitami-it.ac.jp，[3]matsubar@fun.ac.jp，[4]masahito@complex.ist.hokudai.ac.jp, [5]kawamura@shinshu-u.ac.jp, [6]yoshi@fun.ac.jp

概要

ゲームが認知科学の主要なテーマであり続けていること，近年ゲームAIの研究が大きな価値観の転換を与えていることについては，昨年のOSで説明してきた．

今年のオーガナイズドセッションでは，本セッションに応募された3件の一般発表に加え，実環境の影響を強く受けるゲームであるカーリングを題材としたパネル討論を通して，不確定性を含むゲームの科学的研究の実例を紹介し，認知科学研究との接点について考察していく．

キーワード：ゲームAI，人と機械のコミュニケーション，不確定ゲーム，不完全情報ゲーム

1. 趣旨

ゲームの研究が，認知科学研究の一つの大きなテーマとして機能してきたことは，昨年のOSにおいてもすでに述べた通りである[1]．さらに，ゲームAIの分野では，深層学習を用いた機械学習の手法の登場により，AlphaGoに代表されるように人間の知を超える能力を示すプログラムが現れ始めている[2][3]．この現象は，ゲームAIの分野にとどまらず，我々の日常生活にも多くの知的エージェントが登場しつつある[4][5]．今まで困難であった知的作業を代行したり，支援したりするようになって来るだろう．このような状況において，知的ゲームAIと人間の関係は，認知科学の新しいベンチマークとしてクローズアップされてくることが予想される．

そこで，本年のOSでは，実環境とのインタラクションを必要とする「カーリング」を題材にしたパネル討論を企画した．多くのスポーツゲームは外乱の影響を受ける． 例えば，ゴルフや野球は風や天候などの影響を受け，サッカーやラグビーなどはピッチコンディションなどの影響を受ける．これら外乱は，スポーツゲームに不確定性を与え，場合によっては劇的なドラマを生む．選手はこれらの外乱を想定した上で，最善のプレイを模索する．

不確定ゲームの人工知能研究としては，サイコロを用いたバックギャモンなどの研究が挙げられる．TD-Gammonと呼ばれるプログラムは，TD強化学習アルゴリズムに基づいて自己対戦による結果から学習する手法が用いられ，人間のトップレベルと同等のプログラムを実現した[6]．その後も研究が続けられ，現在では人間を凌駕するレベルに至っている．しかし，スポーツゲームにおいては，実環境下による不確定要素をどのように見積もるのかを実時間で計算する必要があり，そのプレイを科学的に再現することは難しい．

本OSのパネル討論で扱われる「カーリング」は，氷上のチェスと呼ばれるように高度な戦略を必要とするゲームであるが，氷の状態（アイスコンディション）やプレイヤのスキルによる不確定性が非常に大きいという特徴を持つ．また，近年になるまで対戦の記録も公式にはあまり残されておらず，科学的な研究が遅れていた．ここでは，カーリングを科学的に研究する試みについて，北見工大の桝井氏を中心とした研究グループの研究事例をもとに[7]，認知科学研究へのヒントを考えていきたい．

2. 構成と概要

当日は，以下のような構成で進行する予定である．

１．企画概要説明（10分） 伊藤毅志

２．OS内関連一般発表3件（15分×3件）

３．パネル討論（65分）

「不確定ゲーム：カーリングの実例と展望」

司会：伊藤毅志

○話題提供（10分×5名）

桝井文人，松原仁，山本雅人，河村隆，竹川佳成

○全体討論（15分）

2.1. 企画概要説明

まず，本企画責任者である伊藤毅志から，今回特にクローズアップする不確定ゲーム研究の位置づけと実環境下でのゲームプレイの課題について概説し，本 OS の流れを紹介する．

2.2. 公募発表３件

本OSに応募された以下の3件の口頭発表を行う．

1) Theory of Cooperation: Exploring Human and Machine Capabilities : Naoto Iwahashi (Okayama Prefectural Univ.), Hiroyuki Okada (Tamagawa Univ.), Kotaro Funakoshi(Tokyo Tech)
2) ビデオ人狼に見られる非言語情報の調査：高山周太郎（筑波大学），大澤博隆（筑波大学）
3) 非言語的コミュニケーションゲーム「DREAMS」を用いた相互理解に関する研究：浅野旬吾（電気通信大学），伊藤毅志（電気通信大学）

2.3. パネル討論

続いて，「カーリング」を対象としたパネル討論を行う．それぞれ，以下のような話題提供を行う予定である．不確定ゲームであるカーリングに対する IT 技術，ゲーム情報学，人工知能，ロボティクス，計測技術に関する様々な立場からの研究事例を紹介し，カーリングプレイヤの技術向上につながる科学研究について討論を行っていきたい．

2.3.1. 話題提供１：iCE の試みと成果（桝井文人）

カーリングは戦術性が高く，競技情報の収集と分析は重要である．我々は，この部分を自動化することを目的とし，戦術要素を電子的に収集記録する手段として「デジタルコアブック iCE」を開発した[1]．

iCE は，タブレット端末で稼働するアプリケーションで，選手やチーム情報，大会や試合の情報，試合における一投毎のショットや局面の情報を逐次記録して DB 化できる．また，記録した情報を解析し，一投毎の局面一覧を表示する機能や，解析結果をグラフやテーブルとして可視化する機能，任意の局面と類似した局面を DB から検索してショット別の勝率とともに表示する機能，端末に保存した DB をクラウド上に保存する機能を備えている．

iCE は，実際のチームに使用してもらいながら，フィードバックを受けて評価改良し，実用性が確保できたと考えている．現在までに延べ 18 チームに対して無償で配布している．

iCE を活用した取り組みとして，試合情報の DB 化と試合情報の分析も進めている．前者では，現在までに世界選手権や日本選手権などのトップレベルの試合情報を中心に 992 試合（約 2 万ショット）のデータベース化が完了している．後者では，ショットの精度と得点力の関係がレベル別に異なることを明らかにするなどの競技レベルによる特徴検証と，従来経験的にのみ知られていた勝負の綾に関する知見検証を進めている．試合分析に関する技術やノウハウはテレビ放送での試合実況でも有効視され，選手やチームのショット成功率の実況データ提供に応用されている．

今後は，人間の操作部分を減らして自動化を一層進めるとともに，蓄積した試合データベースをデジタルカーリングやストーン位置実時間計測システムと共有する環境を構築し，総合的な競技支援を目指したい．AI の研究が 1950 年後に始まって以来チェスを中心としたゲームはずっと AI の研究の中心的な題材であった．1997 年にチェスでコンピュータが世界チャンピオンに勝ち 2010 年代に相次いで将棋と囲碁で同じことが起きた[3]．思考ゲームのほぼすべてでコンピュータが人間を超えた今ゲーム AI はどういう状況なのかを述べる．

2.3.2. 話題提供２：ゲーム情報学から見たカーリング（松原仁）

カーリングは AI から見ると，新しい研究対象のゲームの 1 つである．従来の AI が対象としてきたチェス，将棋，囲碁というゲームは 2 人，有限，零和，完全情報，確定という性質を有している．カーリングの２人，有限，零和，完全情報という性質はチェスなどと同じ（カーリングは 4 人ずつ合計 8 人でプレイするが 4 人で 1 チームという意味で，2 人ゲームに分類である）であるが，不確定という特徴を有している．ゲームで不確定というと一般にはサイコロを振ることになる（たとえばバックギャモンがそうである）が，カーリングにおける不確定性はそれよりもはるかに複雑である．スポーツなのでボードゲームと違って思ったところにストーンを必ず

しも持っていくことができない．戦術としてここにストーンを置きたいと思っても置ける保証はない（ゲームとしては指したい手が必ずしも指せないことに相当する）．その理由としては選手の技術（ショットおよびスイーピング），選手の体力，アイスコンディションなどが複雑に絡み合っている．このような複雑な不確定性を有するゲームとしてカーリングは AI の研究対象として価値が高い．他の性質は同じなので不確定性の扱いに焦点を当てられることは重要である．

2 人，有限，零和，完全情報，確定という性質はもっとも単純なものである．そのため AI の初期の研究対象としては適していたと言える．将棋や囲碁はプログラム同士をたくさん対戦させて強化学習によって強くするというアプローチがうまくいってプログラムを人間より強くすることができた．それもこれらのゲームが（もちろん人間にとっては十分に複雑ではあるものの）比較的単純だったためである．世の中の実問題はそれほど単純ではない．これからの AI はもっと複雑な対象を扱う必要がある．一気に複雑性を増すと対応がむずかしいので，多くの条件は同じにして一部の条件だけを変えるのが望ましい．その点でカーリングは不確定性の性質だけを複雑にしているので，その意味で適切な研究対象と言える．

2.3.3. 話題提供３：カーリング AI の技術と応用（山本雅人）

カーリングは氷上のチェスと言われるように，戦術性の高いスポーツである．しかし，チームを一つのプレイヤとみなすと将棋や囲碁，チェスと同じような利害が反するターン型のゲームとみなすこともできる．ある局面が，どちらのチームにとってどれほど有利であるかを局面評価関数によって表現できれば，ゲーム木探索を用いた最善のプレイの探索も可能となる[8].

我々は，カーリングにおける局面評価関数をエンド終了時の期待得点分布で表現することとし，その局面評価関数をデジタルカーリングによるシミュレーション結果をもとに，深層ニューラルネットワークを用いた深層学習によって獲得した．その際，技術的なプレイのばらつきや氷の状態の不安定性を考慮したシミュレーションによるプレイの不確実性を含んでいる．

獲得された局面評価関数によって，現在の局面の良し悪しを予測できるため，すでに将棋などに応用されている観戦支援に役立つことは容易に想像がつく．また，残りエンド数と得点差に応じた勝率を示す勝率テーブルと組み合わせることで，ある局面における最善（勝率を最も高める）プレイを提示可能とし，他のプレイとの期待得点分布を比較することでチームの戦術支援につながると考えている．カーリングにおける深層学習の概要と応用について発表する予定である．

2.3.4. 話題提供４：カーリングロボットの現状と未来（河村隆）

AI の技術とデジタルカーリングなどの戦術のみを切り出した議論ができるプラットフォームの整備により強いカーリング AI が現れるようになってきた．カーリングロボットによって実践で人間との対戦に応用したいという希望が現実のものとなりつつある．これまでに河村らによってカーリングデリバリロボットが発表され［9］，正確なストーンコントロールで再現性のあるデリバリを行うことが可能になっている．このロボットによって人間との対戦も実施されたが，高度な AI の成果の応用はまだ行われていない．また，人間と同じルールを適用してのカーリングロボットの対戦は実現されていない．

S.W. LEE らは，平昌冬季オリンピックを機に AI を搭載した車輪移動型のカーリングロボットシステムを開発している[10]．デリバリを行うロボットとスキップを担当するロボットの 2 台と AI を担うにサーバにより構成されている．また，ロボットではないが，カナダの BalancePlus 社では複数のストーンを同時にデリバリすることのできるマシンにより，ストーンを比較するサービスを行っている[11].

カーリングロボットシステムが実現されると，対戦のみならず，ストーンの評価，シートおよびアイスメーカの評価，スイープのトレーニング，実空間での戦略研究などの応用が期待される．さらに人間を相手にして人間のルールで対戦し勝利することがシステムの一つの目標となるが，ストーンの静的計測，戦術 AI，デリバリだけでなく，スイープのロボット化，ストーンの動的計測，シートのリアルタイム評価など課題も多い．

2.3.5. 話題提供 5 : 実測データの取得と課題（竹川佳成）

カーリングリンク（長さ約 40m，幅約 5m）は広大である．高い戦略性が求められるカーリングにおいて，リンク上でストーンがどのように移動するかは重要なデータといえる．我々は，競技を妨げることなくストーンの位置をリアルタイムに計測するシステムを構築した．提案システムは，リンク上およびストーン上に設置した赤外線 LED の光を，赤外線カメラによる画像処理により，ストーンの位置を推定する．ストーン上に設置する赤外線 LED の制御モジュールは，小型でストーンそのものの挙動を妨げない．さらに，アプリケーションおよび競技者のスキルにより，求められるストーンの位置計測精度は異なる．赤外線カメラを増やすことでストーンの位置計測精度を柔軟に制御できる．

河西建設カーリングホール（北海道北見市）にて提案システムを用いた位置計測精度の評価実験を実施した．紙面の都合上，結果だけを示すが，18 ㎡のエリアに対して，1 台の赤外線カメラを使って計測したときの平均位置推定誤差は 0.10m，標準偏差 0.04m であった．これはストーンの大きさ（0.30m）以下の精度で，0.15m 以内というショットの良し悪しを判断する 1 つの基準を満たしている．また，氷内に埋め込んだ赤外線 LED の制御基盤は 3 か月にわたり動作した[12].

今後の課題としては，提案システムを活用したアプリケーションの開発である. ゲーム時の戦略支援・教授支援・学習支援などさまざまな展開が考えられる．また，複数カメラによる連携や，慣性センサの導入による位置計測精度の向上がある．さらに，ストーンの回転の計測や，ペブル（氷上の粒）の状態の認識など，その他の実測データの計測に取り組んでいきたい.

3. 認知科学的研究への展望

平昌オリンピックにおいて女子カーリングチームのロコソラーレが活躍したことは流行語にもなるほどの社会現象を引き起こした. TV に映る“もぐもぐタイム”や彼女たちのほのぼのとした会話などの映像から，ゆったりしたスポーツに感じられるかも知れない．しかし，実際はかなり精神的にも肉体的にもハードなスポーツである.

体験したことがある人なら誰でも気づくことであるが，まず氷の上で滑るシューズを履いて立っているだけでも大変であることに驚くだろう．プレイヤは全長40m以上もあるカーリングシートの上を滑りながら移動してスィープ（氷をブラシで掃く作業）し，必要であれば，ストーンの詳細な位置関係を確認するために何度もシートを往復する．さらに，ショットを放つ際には, 細心の注意を払いウェート（強さ）や角度を決めて，正しいフォームで投げる必要がある．そして，40m も先のストーンの軌跡を考慮して，数センチの隙間をかいくぐり，ミリ単位の正確なショットを放つ. ショットの正確性を高めるために，スキップと呼ばれる司令塔がスイープ（氷を掃く行為）のタイミングを大きな声で指示を出し，それに応じて適切な強さで移動するストーンに先回りして全体重をかけてスイープをする.

その上，氷上のストーンの挙動は非常にデリケートで, 一投ごとに氷の状態は変化して, それがストーンの滑り方や曲がり方に大きな影響を与える．氷上のストーンの正確な物理原理も未解明で，ストーンが何故曲がるのかさえ諸説あり，ストーンの詳しい挙動も近年になってようやく解明が始められたばかりである[13].

このような不確定性の中で，プレイヤがどのように意思決定を行い，正しく身体を使って正確なショットを放つのだろうか．4 名のチームプレイヤはどのように情報交換を行って戦略を組み立てていくのだろうか。これだけでも，問題解決，意思決定，知覚，身体知，熟達化, 協調問題解決, コミュニケーションなど認知科学の諸問題を多く含んだテーマであることが理解されるだろう.

認知科学的研究も少しずつ行われ始めているが[14], このような実環境を対象とした研究は，まだ手つかずの分野も多い．ゲームはルールによる勝敗がわかりやすい分野であるため，問題解決や熟達化の研究の成果を測りやすいという利点がある．ゲームを題材として実環境を扱う認知研究を行うことは，実環境の諸問題を考える上で有効であると考える．IT 分析，計測，AI による支援, ロボットなどの研究は, 人間のモデルを考える上で貴重なデータを与えてくれるに違いない.

文献

[1] 伊藤毅志、松原仁、山本雅人、狩野芳伸、大澤博隆, (2019) ”ゲーム研究の新展開と認知科学”、認知科学会第３６回大会、OS09-5, pp.975-977

[2] David Silver, Julian Schrittwieser, et al. (2017) “Mastering the game of Go without human knowledge”, Nature 550, pp.354-359
[3] Oriol Vinyals, Igor Babuschkin, et al. (2019) “Grandmaster level in StarCraft II using multi-agent reinforcement learning”, Nature 575, pp.350-354
[4] 岸川大航，荒井幸代,, (2019) “深層逆強化学習による自動運転の安心走行実現”，第 33 回人工知能学会全国大会, 3K4-J-2-04, pp.1-4
[5] 柴田智広，(2016) ”介護サービスとロボット技術ー研究開発および社会実装の現状と展望” 情報管理,vol.59, no.9, pp.607-615
[6] Gerald Tesauro, (1993), “TD-Gammon, A Self-Teaching Backgammon program, Achieves Master--Level Play”, AAAI Technical Report FS-93-02,pp.19-23
[7] 伊藤毅志，桝井文人，宮越勝美，河村隆，山本雅人，竹川佳成，柳等，松原仁，(2015),“カーリングを科学するプロジェクト”，信学技法, vol.115, no.118, CNR2015-2, pp.5-10,
[8] 山本雅人，伊藤毅志，桝井文人，松原仁，(2018) “カーリングと AI”，情報処理学会誌「情報処理」，第 59 巻，第 6 号，pp. 500-504
[9] T. Kawamura, R. Kamimura, S. Suzuki, K. Iizuka, (2015) “A Study on the curling robot will match with human -Result of one end game with one human-“, Proceedings of IEEE-CIG2015
[10] DO Won, BD Kim, HJ Kim, TS Eom, KR Müller, SW Lee ; Curly, (2018) “An AI-based Curling Robot Successfully Competing in the Olympic Discipline of Curling”, Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-18), pp.5883-5885
[11] https://balanceplus.com/rock-matching/ 閲覧確認 2020 年 7 月 27 日
[12] Takegawa, Y.,(2018), “Proposal of a Real-time Position Measurement System for Curling Stones”, Proceedings of Workshop on Curling Informatics, pp. 10—11
[13] 服部一裕，栗山寛子，山上龍一，前野紀一，(2018) “運動解析によるカーリング・ストーンの摩擦係数の精密測定”
[14] Takeshi Ito, Kengo Wakabayashi, Hitoshi Matsubara, (2018) “Thinking Process in Game of Curling”, Workshop on Curling Informatics 2018, pp. 16-20

目的志向のワーキングメモリ
Goal-directed working memory

坪見　博之
Hiroyuki Tsubomi
富山大学
University of Toyama
htsubomi@gmail.com

Abstract

ワーキングメモリは、目標行動に必要な情報を一時的に保持する記憶システムであると想定される。しかし、実際に、目標に沿って情報が保持・消去されているのかは不明な点も多い。本発表では、脳波と行動計測によって、ワーキングメモリが、時々刻々と変化する目標と達成に基づき情報を保持・消去している様子を示す。また、記憶の利用に焦点を当て、ワーキングメモリの役割を捉え直したい。

キーワード：Working memory, Capacity limit, Contralateral delay activity

発表の概要

ワーキングメモリは、容量に厳しい制約を持ちながら、目標行動に必要な情報をオンラインで一時的に保持する記憶システムである[1]。これは、必ずしも現在必要ではない大量の情報をオフラインで長期的に保持する長期記憶とは対照的である。容量制約については、ワーキングメモリに保持できるのは視覚であれば物体３つ程度であるが[2]、長期記憶には上限なく保持することができる[3]。また、ワーキングメモリのオンライン保持とは、記憶保持中にニューロン（群）が持続的に活動することを指しており、ヒトでも脳波計測に（ERP）によって持続性神経活動（Contralateral delay activity: CDA）を観察することができる[4]。CDA は記憶保持量が増えるほど強度が強くなり、記憶容量に達すると活動強度も飽和する。一方で長期記憶は、持続性神経活動ではなく、神経細胞間のシナプス結合強度を変化させることで保持されており[5]、これがワーキングメモリとは対照的にオフラインの記憶と呼ばれる特徴である。

ワーキングメモリの想定に沿えば、ワーキングメモリの記憶保持は目標行動に向けられたものである。そのため、目標が達成されれば保持情報は速やかに消去されると考えられる。しかし、従来の研究ではどのように情報を保持するかに焦点が当てられており、ワーキングメモリ表象が目標達成後に実際に消去されているのかについては不明な点が多かった。

発表者らは、ワーキングメモリ課題中だけでなく課題が終了した後の CDA も計測した。その結果、CDA の活動強度は、課題が終了すると１秒以内に減弱することが示された。さらに行動計測も行ったところ、課題終了後には、直前（１秒前）まで覚えていたことでも正答できなかった。このことは、目的に沿って記憶された情報は、目的が達成された時点で忘却の教示がなくとも自動的に消去されることを示しており、ワーキングメモリは確かに目的志向の記憶であると考えられる。

短期記憶やワーキングメモリの保持時間は、十数秒程度であると想定されてきた[6]。しかし実際には一定の時間ではなく、目的の達成が基準であると捉え直すことができるだろう。ワーキングメモリと長期記憶の区別も保持時間の長短が基準とされてきたが、目的に応じて現在オンラインであるかオフラインであるかの観点で区別する方が、説明力が高いと考えられる。また、目的に沿った保持と消去が行われる状況下では、誤って目的を達成したと考えるためにワーキングメモリの情報が消去されることや、目的を達成したにもかかわらず不要な情報が消去されないことも想定され、これらが原因で記憶情報が適切に制御されない事態が生じることも考えられる。

このように、ワーキングメモリを単純な保持時間ではなく、現在の認知の目的という視点から捉え直すことで、記憶の全体像を捉え直すことができるのではないかと考えられる。

文献

[1] Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. The Behavioral and Brain Sciences, 24, 87–114.
[2] Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. Nature, 390, 279–281.
[3] Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In Psychology of Learning and Motivation (pp. 89–195).
[4] Vogel, E. K., & Machizawa, M. G. (2004). Neural activity predicts individual differences in visual working memory

capacity. Nature, 428(6984), 748–751.
[5] Lamprecht, R., & Ledoux, J. (2004). Structural plasticity and memory. Nature Reviews Neuroscience, 5, 45–54.
[6] Sidman, M., Stoddard, L. T., & Mohr, J. P. (1968). Some additional quantitative observations of immediate memory in a patient with bilateral hippocampal lesions. Neuropsychologia, 6, 245–254.

記憶の制約がヒューリスティックの合理性を促進する

本田 秀仁[1]，藤崎 樹[2]，松香 敏彦[3]，植田 一博[2]
Hidehito Honda, Itsuki Fujisaki, Toshihiko Matsuka, Kazuhiro Ueda
[1]追手門学院大学，[2]東京大学, [3]千葉大学
Otemon Gakuin University, The University of Tokyo, Chiba University
hitohonda.02@gmail.com

概要
本研究では，記憶の制約がヒューリスティックに基づく判断に与える影響について分析を行った．具体的には，人間の記憶が持つ制約とヒューリスティックの合理性の関係について，計算機シミュレーションに基づく分析を行った．結果として，記憶の制約はヒューリスティックの合理性を妨げるものではなく，合理的活用を促進するということが明らかになった．

キーワード：ヒューリスティック，忘却，制約，合理性

1. はじめに

人間が意思決定時に用いるヒューリスティックの合理性については，古くから様々な議論が行われており，非合理的という主張がなされたり（Tversky & Kahneman, 1974），また逆に合理的であるという主張もなされている（Gigerenzer, et al., 1999）．本研究では，ヒューリスティックが示す合理的側面に注目して議論を進める．特に，人間の記憶が持つ制約とヒューリスティックの合理性の関係について検討を行う．

Schooler & Hertwig (2005)は忘却が，再認ヒューリスティック（recognition heuristic）や流暢性ヒューリスティック（fluency heuristic）の合理的活用を促進することを計算機シミュレーションによって示した．忘却は記憶の制約の一つであり，負の側面と捉えられることが多い．しかしこの結果は，記憶の制約が合理的な意思決定に与える影響について考える上で興味深い．直感的には，記憶の制約は人間の意思決定を非合理的なものに導くように思えるが，制約が逆に人間の合理的意思決定を生み出しているという興味深い示唆を与える．

Schooler & Hertwig (2005)の知見は大変興味深いものである一方，再認ヒューリスティックは人間が活用できる場面が必ずしも多くはなく，また流暢性ヒューリスティックは実際の人間の意思決定パターンに対する説明力があまり高くないことが指摘されている（Honda, et al., 2017）．よって，Schooler & Hertwig (2005)の知見は限定的である可能性が否定できない．

そこで本研究では，再認ヒューリスティックを拡張したモデルとして提案された親近性ヒューリスティック（familiarity heuristic, Honda et al., 2011, 2017; Xu et al., 2018）に関して，記憶の制約と合理性の関係について分析した．親近性ヒューリスティックでは再認ヒューリスティックに比べ，より幅広い意思決定場面を説明でき，かつ流暢性ヒューリスティックに比べ実際の人間の意思決定パターンをよりよく説明できることが示されている（Honda et al., 2017）．記憶の制約が親近性ヒューリスティックの合理性に与える影響を分析することによって，人間の記憶が持つ制約とヒューリスティックの合理性の関係について，より一般化された知見が得られることが期待される．

2. ACT-R を用いた親近性ヒューリスティックモデル

本研究では，Schooler & Hertwig (2005)の ACT-R（Anderson, 2007）を用いた再認ヒューリスティック，流暢性ヒューリスティックの計算機モデルを参考に親近性ヒューリスティックをモデル化した．モデルの概要を以下で説明する．

親近性ヒューリスティックとは，2 つの選択肢, a, b が提示され，選択肢 a のほうが馴染み深い場合，そちらを選択するというものである．例えば，「茨木市と高石市，どちらのほうが人口は多いか？」という問題について考える時に，もし茨木市のほうが高石市よりも馴染み深い場合，茨木市のほうが人口は多いと判断する，というものである．以下に示す ACT-R に基づいたモデル化においても，このような 2 都市が提示されてどちらのほうが人口は多いと思うかを判断する，二者択一の人口判断課題について取り組む実験参加者をシミュレートする．

まず，実験参加者の選択肢 i に対する馴染み深さ F_i（値が大きいほど，馴染み深さが大きいことを意味する）を以下のように表現する．

$$F_i = \ln\left(\sum_{j=1}^{n} t_j^{d}\right) \quad (1)$$

n は選択肢 i を過去どのくらい目にしたかの回数，t_j は

j 回目に選択肢 i を目にしたのが過去何日前であるか，d (-1 から 0 を取る）は記憶の減衰を表現するパラメータ（値が小さいほど非常に忘却しやすいことを意味する）をそれぞれ表現している．具体例を示すと，例えばX さんは“茨木市” を 100 日前 400 日前，600 日前に目にし，Y さんは 10 日前，50 日前，100 日前，200 日前，250 日前に目にしたとする．このとき，それぞれの茨木市に対する馴染み深さは以下のように計算される．

X さん: $\ln(100^{-0.5} + 400^{-0.5}+600^{-0.5}) = -1.66$

Y さん: $\ln(10^{-0.5} + 50^{-0.5}+100^{-0.5}+200^{-0.5}+250^{-0.5}) = -0.37$

直感的に Y さんのほうが茨木市の馴染み深さは大きそうに思えるが，この数値もそれに一致している．このように，馴染み深さは過去に何回対象に出くわしたか（回数が多ければ馴染み深さは大きくなると考えられる），またそれはいつであるのか（直近に出くわしたほうが馴染み深さは大きくなると考えられる）と大きく関係すると思われるが，(1) ではこのような要因を表現している．

(1)の選択肢への馴染み深さの表現，また Honda et al. (2017)における親近性ヒューリスティックの定義に基づいて課題を回答するにあたり，以下のような判断プロセスを仮定した. まず, 馴染み深さの程度によって，選択肢が再認できるかどうかが決まる．具体的には，選択肢 i が再認できる確率 R_i は以下のように定義する．

$$R_i = \frac{1}{1 + e^{-(F_i - \tau)/s}} \quad (2)$$

ここで τ, は選択肢 i の馴染み深さの程度の変動，s は探索基準と呼ばれるパラメータであり，Honda et al. (2017)の認知実験におけるデータから推定を行った. 選択肢が再認できるか否かが決まった後は，以下のような 3 つのケースを経て，人口の大小に関する判断が行われるものと仮定する．

ケース１：再認に基づく判断

もし一方のみ再認できた場合は，その都市のほうが人口は多いと判断する

ケース 2：馴染み深さに基づく判断

もし両方とも再認でき，かつ馴染み深さに十分な差異がある場合は，より馴染み深い都市のほうが人口は多いと判断する

ケース 3：山勘

もし両方とも再認できない，または，もし両方とも再認できたが馴染み深さに十分な差異がない場合は，ランダムに 1 つの都市を選択する

3. 計算機シミュレーション

本研究では以下のような二者択一の人口判断に関する計算機シミュレーションを実施した．

まず，二者択一の人口判断について，50 の都市名を用いて課題が実施した．具体的には，日本で人口数が多い上位 50 の市（1 位：横浜市，2 位大阪市，3 位：名古屋市，・・・，48 位：豊中市，49 位：岡崎市，50 位：一宮市）を刺激として用いて，それらで考えうるすべてのペアを作り（50 * 49 / 2 = 1225 ペア），シミュレートされた実験参加者はこれらのペアに関して二者択一の人口推定を行うものとした．この際，実験参加者は前節で述べた親近性ヒューリスティックに基づいて判断を行うものと仮定した．

親近性ヒューリスティックでは馴染み深さに基づいて判断が行われるが，各都市の馴染み深さは以下のような手続きによって算出された. 都市の馴染み深さは，よく目にするような都市名であるほどその都市名への馴染み深さは大きくなると考えられ，一方であまり目にしないような都市であれば馴染み深さは大きくないと考えられる．そこで朝日新聞の記事データベースである聞蔵Ⅱを用いて，2001 年 1 月 1 日から 2018 年 12 月 31 日の間の記事に, 都市名が出てきた出現頻度を調べた．次に，この出現頻度に基づいて，人がこれらの都市名を目にする確率を算出した．具体的には，最も出現頻度が多かった横浜市（30,724 回）に出くわす確率を 80%と仮定し，別の都市については横浜市と比べた場合の出現頻度の相対割合から目にする確率を算出した．大阪市を例に説明すると，大阪市はデータベース上の出現頻度が 15,062 回であったために，目にする確率は 39%(15062 ÷ 30724 × 0.8)とした．次に，算出された確率に基づいて, 実験参加者が過去 5000 日のうち，各都市名をいつ目にしたかを確率的に決めた．例えば，横浜市であれば，過去 5000 日の各日，80%で目にするものと仮定し，各日に目にしたか否かを決めた．なお，このような確率的手法で目にした日を決めたために，都市を目にするパターンは膨大に存在し，かつパターンによって馴染み深さは全く異なる．例えば，直前の 100 日間に目にした場合と，5000 日前から 100 日連続で目にした場合では，目にした日数は全く同じでも，前者のほうが馴染み深さは大きくなる．よ

って，都市を目にしたパターンが異なる 1000 人の実験参加者をシミュレートした．

今回のシミュレーションでは，忘却と，また別の制約として馴染み深さの差異に対する敏感さ，2 点について焦点をあてる．馴染み深さの敏感さは親近性ヒューリスティックの活用に大きく関わる．差異に敏感であれば，多くの場面で親近性ヒューリスティックが活用でき，逆にあまり敏感ではないと，活用できる場面が少なくなる．このような違いが課題にパフォーマンスに与える影響についても，忘却の影響と合わせて，分析を行う．これら分析を行うために，モデルのパラメータを以下のように設定した．まず忘却については式(1)における記憶減衰パラメータ d を-1 から 0 まで 0.01 ごとに値をとり，忘却の影響を分析した．馴染み深さの敏感さについては，前述した親近性ヒューリスティックモデルのケース 2，馴染み深さの差異に基づく判断に関して，差異を弁別できる閾値レベルを 0, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 計 5 つのレベルを仮定した（値が小さいほど敏感なことを意味する）．

以上，計算機シミュレーションは合計 505 通りのパラメータのパターン（記憶減衰パラメータ 101 パターン×閾値 5 パターン）それぞれに関して，1000 人のシミュレートされた実験参加者が持つ記憶制約として人口推定課題を実施した．なお，以下の結果では各パラメータ設定に関して，1000 人の実験参加者の課題パフォーマンスの平均値を報告する．

4. 結果・考察

まず，忘却が課題パフォーマンスに与える影響について分析を行った．具体的には，記憶の減衰パラメータ d の値と課題パフォーマンスの関係について分析を行った．この結果を図 1 に記す．この図では 5 つの閾値の値それぞれに関して，d の値と課題パフォーマンスの関係を掲載している．図からもわかるように，課題パフォーマンスは d が 0.5 近辺で最大になるという結果になった．d が 0.5 とは，非常に忘れやすいというわけでもなく，一方で全く忘れないという状態でもない．いわば，“ほどほど”忘れる状態であると解釈することができ，また 0.5 という値は ACT-R において一般的な値として設定されることが多い値である(Schooler & Hertwig, 2005)．つまり，一般的な忘れ方をしている時に，親近性ヒューリスティックは最も正確な判断を生み出しているということ意味し，忘却は親近性ヒューリスティックの合理的活用を促進している可能性があることが明らかになった．

次に，閾値が課題パフォーマンスに与える影響について分析する．具体的には，各閾値に関して，記憶の減衰パラメータ d の 101 の各値における課題パフォーマンスに対して平均値を算出し，閾値が課題パフォーマンスに与える影響について分析を行った．その結果を図 2 に示す．閾値の値が低い，すなわち馴染み深さの差異に敏感であればあるほど，正答率は高いものの，敏感である場合とそうではない場合とで大きな差異は見られなかった．馴染み深さの差異に対する敏感さは個人間で異なったり，また個人内においてもその時々で変化する可能性も考えられる．こういった要因は親近性ヒューリスティックの合理的活用に大きな影響を与えるわけではないことが明らかになった．

5. 総合討論

本研究では，記憶の制約がヒューリスティックの合理的活用に与える影響について，計算機シミュレーションに基づいて分析を行った．具体的には二者択一の人口判断課題を，親近性ヒューリスティックを用いて回答する場合に，忘却と馴染み深さの差異に対する敏感性の違いが課題のパフォーマンスに与える影響について分析を行った．結果として，適度な忘却は，ヒューリスティックの合理的活用を促進し，また敏感さの違いは課題パフォーマンスに大きな影響を与えるわけではないことが明らかになった．

人間が様々な制約の下，合理的な判断や意思決定を行っていることは古くは限定合理性(Simon, 1955, 1956)，また近年では資源合理性（Griffiths, et al., 2015）などで議論行われている．本研究では，人間の記憶が持つ制約はヒューリスティックに基づく判断において，その正確性を高める機能を持つ，つまり制約がヒューリスティックに基づく判断の合理性を促進することを明らかにした．

文献

[1] Anderson, J. R. (2007). *How can the human mind occur in the physical universe?* New York: Oxford University Press.
[2] Gigerenzer, G., Todd, P., & The ABC Research Group. (1999). *Simple heuristics that make us smart*. New York: Oxford University Press.
[3] Griffiths, T. L., Lieder, F., & Goodman, N. D. (2015). Rational use of cognitive resources: Levels of analysis between the computational and the algorithmic. *Topics in Cognitive Science*, *7(2)*, 217–229.

[4] Honda, H., Abe, K., Matsuka, T., & Yamagishi, K. (2011). The role of familiarity in binary choice inferences. *Memory and Cognition*, *39(5)*, 851–863.
[5] Honda, H., Matsuka, T., & Ueda, K. (2017). Memory-Based Simple Heuristics as Attribute Substitution: Competitive Tests of Binary Choice Inference Models. *Cognitive Science*, *41(S5)*, 1093–1118.
[6] Schooler, L. J., & Hertwig, R. (2005). How forgetting aids heuristic inference. *Psychological Review*, *112(3)*, 610–628.
[7] Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *The Quarterly Journal of Economics*, *69(1)*, 99–118.
[8] Simon, H. A. (1956). Rational choice and the structure of the environment. *Psychological Review*, *63(2)*, 129–138.
[9] Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, *185(4157)*, 1124–1131.
[10] Xu, P., González-Vallejo, C., Weinhardt, J., Chimeli, J., & Karadogan, F. (2018). Use of the familiarity difference cue in inferential judgments. *Memory and Cognition*, *46(2)*, 298–314.

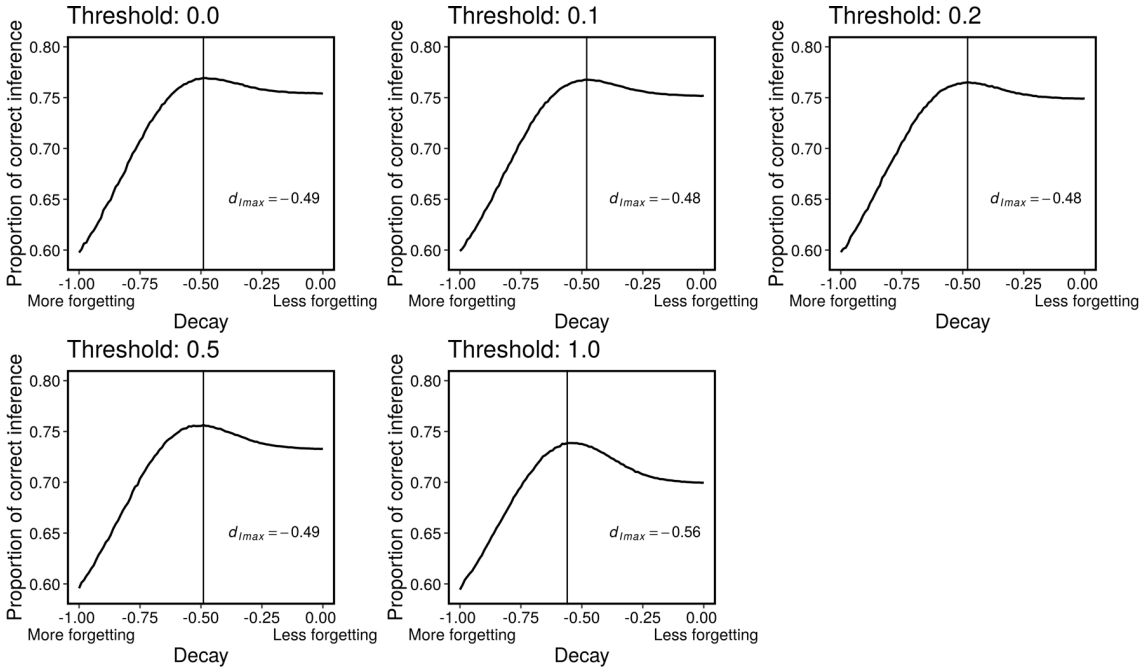


図 1. 記憶の減衰パラメータ（d）から見た課題パフォーマンス．d_{imax} は各閾値の設定において，最も正答率が高かった減衰パラメータの値を示している．

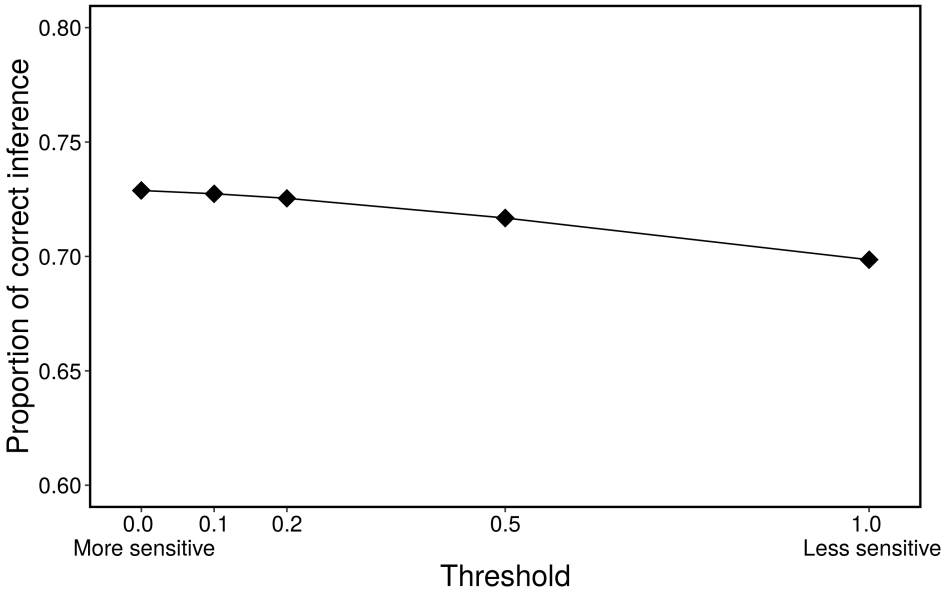


図 2. 閾値から見た課題パフォーマンス. 各閾値における正答率は記憶の減衰パラメータ d の 101 の値における課題パフォーマンスの平均値を示している．