“ある”は“ない”より価値があるのはなぜか：確率表現の情報理論的分析と結果と確率の負の相関

Why is “likely” is more valuable than “never”?: information theoretic analysis of probability expressions and risk- reward correlation

中村國則
Kuninori Nakamura

成城大学
Seijo University
nakamura.kuninori@gmail.com

概要

本研究では. 中程度ではなくより極端な, そして低いよりは高い確率を情報として価値があるとみなすという，“明確な予測の探求原理”(Keren & Teigen, 2001)に対する情報理論的解釈(中村, 2008)の妥当性を検討することである. 具体的には, 近年の確率と結果の負の相関(Hoffart et al, 2019; Nakamura, 2024; Pleskac & Hertwig, 2014)に関する研究成果を踏まえ，同じ確率値であってもその確率が指し示す結果の大きさによって，確率値に対する情報価がどのように変化するかを検討した. 分析の結果，結果の大きさに応じて確率表現の情報価に対する評価は変動し，その変動パターンは情報理論的な分析と一致していた.

キーワード : 確率表現, 情報量, 確率と結果の負の相関

1. はじめに

人間が普段のコミュニケーションの中で “70%” という数値的な表現と “不可能である” といった言語的表現の双方を用いて未来の不確実性に関する情報のやり取りや共有を行い，その中でこれら 2 種類の表現が異なった役割や情報をもたらしていることはこれまで様々な研究が示してきたところである(e. g., Teign & Brun, 1999). その中で，Keren & Teigen (2001)は，このような不確実性を表現する情報の価値を判断する上で “明確な予測の探求原理” と彼らが呼ぶところの基準が存在している可能性を示した. この基準によれば, 人は中程度の確率よりは 0，あるいは 1 といった結果の生起の有無を強く示唆する確率値を，そして 0 よりは 1 を好むといった, どちらかといえば結果が生じることを意味する確率値を情報として価値があると判断する傾向を持つとされる

中村(2008)は，この “明確な予測の探求原理” が，ある事前信念を有している決定主体の情報量に従うことを示した. この説明によれば, 様々な確率情報に対する価値は，その情報が示す確率値 p と事前に有する出来事の起こりやすさを示す確率値 q の関数として表される Kullback-Leibler 情報量に従うものとされる.

$$D_{kl}(P||Q) = \sum_i^{\square} P_i \log \frac{P_i}{Q_i} \quad (1)$$

この説明によれば，確率表現の情報量が KL 情報量は，同じ確率値(p)であったとしても事前に想定している起こりやすさ(q)によって変動することを意味する. そして中村(2008)は，Keren & Teigen (2001)の示した “明確な予測の探求原理” が，相対的に低い q の値を想定している主体にとっての確率値がもたらす KL 情報量の評価に従うことを計量的に示した.

本研究の目的は，この中村(2008)の説明をより詳細に検討することである，中村(2008)の説明によれば, 確率表現に対する情報の価値の判断は，事前に有している信念に応じて変化することになる，ここで参考になるのが近年の risk-reward heuristic に関する研究(Hoffart et al, 2019; Nakamura, 2024; Pleskac & Hertwig, 2014)である. これらの研究によれば, 現実場面では “当たり金額の大きい賭けほど当たりにくい”, “大きい地震ほど起こりにくい” といったように結果の大きさと確率の間に負の相関関係が成立することが多いため，人はこのような確率と結果の負の相関を利用した判断を導くことが知られている. したがって, 同じ確率表現の情報としての価値の判断でも，その確率表現が表す結果の大きさに応じて変化することが予想される. 具体的には，当たると” 1000 円貰える賭け “と “10,000 円貰える賭け” あるいは “100,000 円貰える賭け” とではそもそも賭けに対する当たりやすさの見込みが異なるため，同じ確率表現であったとしても異なった価値の評価が行われることが予測される.

2. 方法

私立大学生 109 名が実験に参加し, 実験課題の呈示・および従属変数の測定は全て Google form で行われた.

参加者は賭けの当たりやすさを表す様々な数値確率(7種類：1%，17%，33%，50%，67%，83%，99%)・16種類の言語確率表現(ポジティヴ・ネガティヴ表現ともに8種類，計16種類)がどの程度情報として価値を持つかを，当たった際に貰える金額が 1000 円・10000 円・100000 円の 3 条件，および金額の情報がない条件の計4条件で，5 件法(全く価値はない 1：～非常に価値がある:5)で回答することを求められた．また，16 種類の言語確率表現については，それらの確率が指し示すと思われる確率値を%単位で回答することを求めた．参加者に 16 種類の言語確率表現は表 1 に示した．

3. 結果および考察

図 1 に各条件における平均評定値を示す．個々の条件ごとに，確率値と確率表現(数値・ポジティヴ・ネガティヴ)を説明変数とした多項式回帰分析を行った．確率値については二次の項までを説明変数に含め，確率表現についてはポジティヴ表現を基準としてダミー変数化した．また，説明変数の効果については固定効果・変量効果の双方を仮定した．また以上の多項式回帰分析の確率値の項に対する回帰係数から，曲線の最低値に対応する確率値を算出した．KL 情報量の定義に従えば，p と q が同じ値であった場合に最小値をとることになり，したがって曲線の最低値に対応する確率値を事前に参加者が想定していた当たり易さとみなすことができる．

分析の結果，曲線の底は当たった時の金額が大きくなるほど 0 に近づいており，確率と結果の負の相関に対応する形で参加者の事前の信念が変化していることが明らかになった．このような結果は，確率表現の情報価の判断が判断者の事前信念と照らし合わせた情報量の評価であるという，中村(2008)の説明を支持するものである．

4. 文献

Keren, G., & Teigen, K. H. (2001). Why isp = .90 better thanp = .70? Preference for definitive predictions by lay consumers of probability judgments. Psychonomic Bulletin and Review, 8(2), 191-202.

Hoffart, J. C., Rieskamp, Y., & Dutlih, G. (2019). How environmental regularities affect people's information search in probability judgments from experience. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 45(2), 219-232.

中村國則 (2008) "十分にありえる"方が"見込みがない"より意味があるか?：言語確率の情報量の定量的分析とその情報理論的解釈． 認知科学, 15, pp.174-187.

Nakamura, K. (2024). A closer examination of the risk–reward correlation:An individual-level analysis and exploration in the loss domain. Journal of Cognitive Psychology.

Pleskac, T. J., & Hertwig, R. (2014). Ecologically rational choice and the structure of the environment. Journal of Experimental Psychology: General, 143(5), 2000-2019.

Teigen, K. H. & Brun, W. (1999). The directionality of verbal probability expressions: effects on decisions, predictions, and probabilistic reasoning. Organizational Behavior and Human Decisions Processes, 80, 155–190

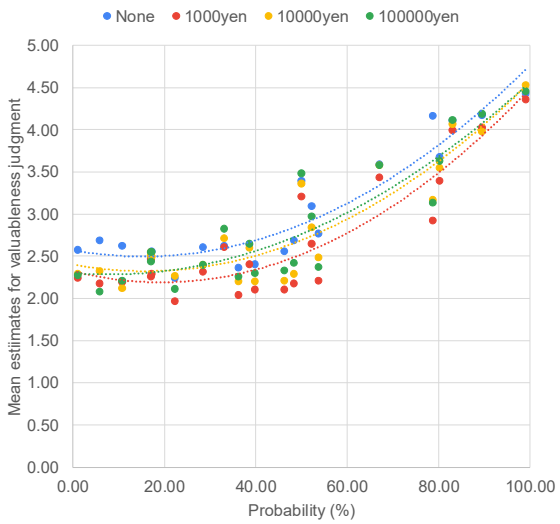


図 1 各条件における情報化の評定値の結果

表 1 本研究で用いた言語表現

ポジティヴ表現	ネガティヴ表現
かすかな見込み	ない
僅かな見込み	ほぼ不可能
少しだけ考えられる	あまりない
多少ありそうである	それほどでない
ある	確信がない
考えられる	やや疑わしい
十分に考えられる	確実ではない
確実である	多少の不安がある

速さと正確さのトレードオフにおける適度な思考時間の存在: 資源合理的分析

Optimal time in speed-accuracy trade-off: Resource-rational analyses

白砂 大[†], 香川 璃奈[‡], 本田 秀仁[†]
Masaru Shirasuna, Rina Kagawa, Hidehito Honda
[†]追手門学院大学, [‡]産業技術総合研究所
Otemon Gakuin University, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
m.shirasuna1392@gmail.com

概要

速さと正確さのトレードオフの文脈では，時間をかけることでよい結果(正確な判断)を得られると考えられている。しかし従来，人の限られた認知資源，特に考えること自体に対するコストが考慮されていなかった。本研究では，資源合理性の枠組みに基づいて，思考コストを抑えつつ高い正確さを維持できるような適度な思考時間が存在するという仮説を立てた。そのうえで，理論(計算機シミュレーション)と実験(行動実験)の双方から，この仮説を検証した。

キーワード：速さと正確さのトレードオフ(speed-accuracy trade-off)，資源合理性 (resource rationality)；計算機シミュレーション (computer simulation)；行動実験 (behavioral experiment)

1. はじめに

判断の正確性と反応時間との関係について，心理学・認知科学では「速さと正確さのトレードオフ」(speed-accuracy trade-off，以下「SAT」；e.g., Heitz, 2014; Wickelgren, 1977)が古くから知られている。これは，素早い判断は正確さが低くなりやすく，正確な判断を行うには長い時間をかける必要があるという，思考時間と正答率とのトレードオフ関係のことである。

しかし，従来の SAT の文脈においては，認知資源(e.g., 計算能力など)という観点が考慮されていなかった。人の認知資源には限りがあるため，考えれば考えるほどよい結果をもたらすとは限らず，むしろ考えることそれ自体に認知的な負荷(以下「思考コスト」)がかかると考えられる。例えば，考えすぎることで，かえって判断に迷って認知コンフリクトが生じたり，メンタルワークロードが増大したりするかもしれない。近年の認知科学では，人は思考コストを最小限に抑える形で合理的な判断を行っているとする「資源合理性」という枠組みが提唱されている(e.g., Griffiths, et al., 2015)。実際に，時間に伴う思考コストを仮定した計算論モデルの方が，それを仮定しないモデルよりも人のふるまいをよく説明することが，理論(計算機シミュレーション)と実験(行動実験)の双方から数多く示されている(e.g., Callaway et al., 2023; Ho et al., 2023)。人の認知資源を考慮しない場合，長く考えることがよい結果をもたらすと予測される(i.e., SAT)。一方，認知資源を考慮する場合，長く考えすぎると思考コストが増加するため，必ずしもよい結果にはならないだろう。すなわち，正確性を高めつつ思考コストが最小限になるような，適度な思考時間が存在すると予測される(i.e., 資源合理性)。

SAT の文脈において，従来議論されてこなかった認知資源という側面を考慮することは，正確さと思考コストとのトレードオフという新たな視点から人の認知・行動をより深く理解することにつながるだろう。本研究では，計算機シミュレーションと行動実験を通して上記の予測を検証することを目的とした。

2. 実験 1: 計算機シミュレーション

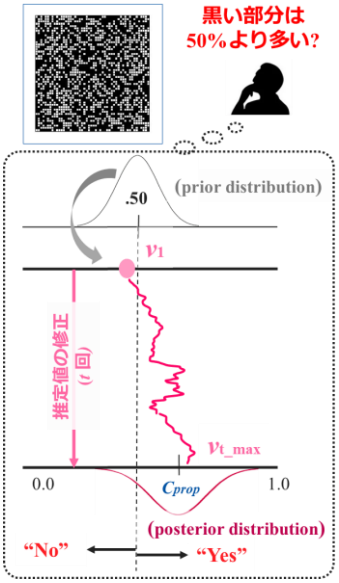
SAT の文脈において思考コストを考慮すると，適度な(短すぎず，長すぎない)思考時間が存在するだろう。実験 1 ではまず，この点を計算機シミュレーションによって検証した。

2.1. 方法

題材: SAT は主に知覚判断の場面で議論されることから (e.g., Heitz, 2014), 本研究でも単純な知覚判断課題を題材とした。具体的には，白黒の格子画像が呈示され，黒の面積が全体の 50%より多いか否かを判断する課題を想定した(図 1)。

手続き: 本シミュレー

図 1 グリッド課題の計算機シミュレーション(概略図)



ションは，数値推定課題を資源合理性の枠組みで検証した Lieder et al. (2018)に基づいて行われた。大筋として，人が黒グリッドの割合を推定するにあたり，t 時点における推定値v_tがメトロポリス・ヘイスティングス法(Hastings, 1970)に基づいて修正されていくものとした。まず，本題材は「50%より多いか否か」を判断する課題であるため，$N(0.50, \sigma^2)$ に従って初期推定値v_1を生成した。そして，正答値C_{prop}および推定者の信念 b のもとで，最終的な推定値(事後分布)が $N(C_{\text{prop}}, b^2)$ に従うことを仮定した。具体的には，$Prob(X = v_{t-1} + \delta) > Prob(X = v_{t-1})$であれば推定値は必ず修正され(i.e., $v_t = v_{t-1} + \delta$)，$Prob(X = v_{t-1} + \delta) \leqq Prob(X = v_{t-1})$であっても $Prob(X = v_{t-1} + \delta) / Prob(X = v_{t-1})$の確率で修正が行われ，それ以外の場合は修正が行われないものとした(i.e., $v_t = v_{t-1}$)。なおδは，推定値がどの程度修正されるかを表現するパラメータであり，$N(0, 0.05^2)$に従うと仮定した。そして，最終的な推定値v_{t_max} が .50 を上回っていれば正答，下回っていれば誤答と見なした。

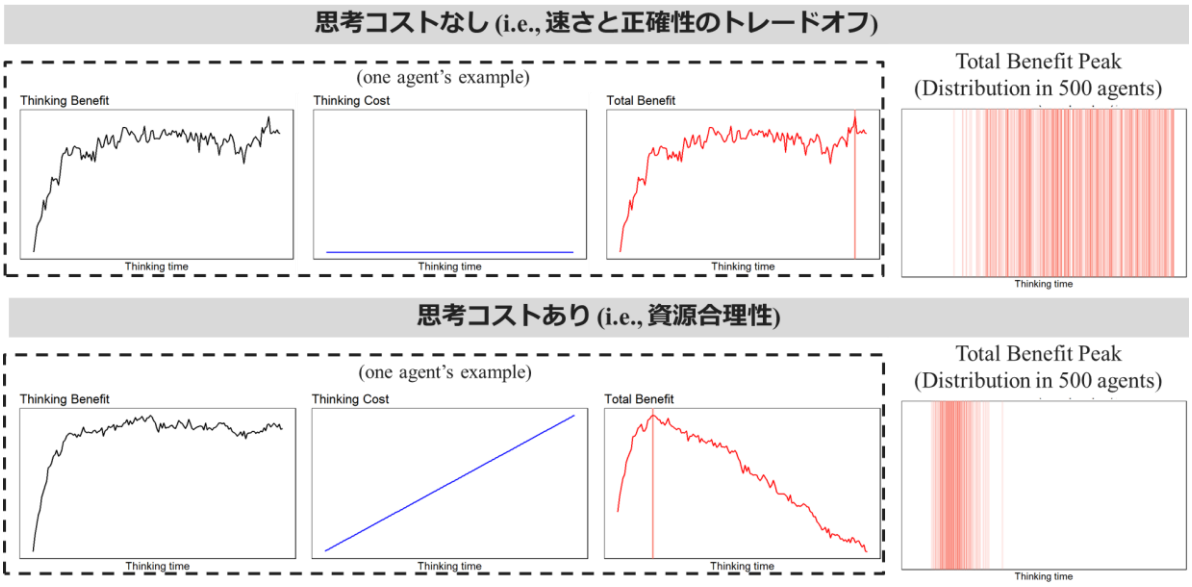
パラメータ設定: シミュレーションでは，正答値C_{prop}を「.55」(i.e., 黒い部分の面積が 55%)とし，初期値の標準偏差 σ を「0.1」，推定者の信念 b を「0.1」に設定した。また，t の最大値 t_max は「150」(i.e., v_1からv_{150}まで 150 回の修正が行われる)とした。

分析指標: 一般に，人の推定値は一定にはならないことが考えられる(e.g., 黒の割合が同じでも，グリッドの配置パターンによって推定値は異なりうる)。そこで本シミュレーションでは，v_1からv_{150}までの推定手続きを 1,000 回繰り返した。そのうえで，各時点tにおける 1,000 回の推定値の正答率を「$ThinkBenefit_t$」と定義し，これを判断の正確性の指標とした[1]。また，資源合理性の枠組みを踏まえて，各時点 t における思考コスト「$ThinkCost_t$」も導入し，これを思考コストの指標とした。$ThinkCost_t$は，コストを考慮しない場合(i.e., SAT)は常に 0 とした。一方，コストを考慮する場合(i.e., 資源合理性)には t の増加に伴って線形に増加すると仮定し(Lieder et al., 2018)，その際のコストの最大値 $ThinkCost_{150}$ は「0.50」に設定した。最後に，「$TotalBenefit_t$」を

$$TotalBenefit_t = ThinkBenefit_t - ThinkCost_t$$

と定義し，これを正確さと思考コストとのトレードオフ下における判断の良さの指標とした。この値が大きいほど，両者のトレードオフ下で良い判断を行うことができたと解釈された。もし適度に短い思考時間が望ましいのであれば，$TotalBenefit_t$は t の値が小さい時点でピークを迎えることが予想された。本シミュレーションでは，500 人の推定者がいることを想定し，SAT

図 2　計算機シミュレーションの結果



注) 枠内は「1 人」の推定者による結果の例(左から$ThinkBenefit$ ，$TotalBenefit$ ，$ThinkCost$ の結果)を，枠外は「500 人」の推定者における Total Benefit のピーク(枠内右「Total Benefit」で示された赤線の分布)を，それぞれ示す。上: 思考コストを仮定しなかった場合(i.e., $ThinkCost_{150} = 0$)。下: 思考コストを仮定した場合(i.e., $ThinkCost_{150} = 0.50$)。いずれのグラフも，横軸は時間 t を表す。

[1] $ThinkBenefit_t$の値は，0 から 1 の範囲に収まるように正規化された。なお，本シミュレーションでは，正規分布に従うパラメータはすべて最小値 0，最大値 1 の範囲で生成された。

を仮定した場合(i.e., $ThinkCost_{150}$ =0)，および資源合理性を仮定した場合(i.e., $ThinkCost_{150}$ = 0.50)で，500人における$TotalBenefit_t$のピーク時点を検証した。

2.2. 結果と考察

シミュレーションの結果を図2に示す。まず，1人の推定者の結果例について述べる(点線枠内)。SATに基づけば(図 2 上)，思考コストが考慮されないため，$TotalBenefit$ は$ThinkBenefit$ と等価であった。$TotalBenefit$ は，時間とともに向上し，ある時点で頭打ちになるものの，大きく低下することはなかった。そしてそのピークは，ある程度の時間が経過した頃に見られた。このグラフの形状は，SAT の研究で典型的に見られるものである(e.g., Heitz, 2014)。一方，資源合理性に基づけば(図 2 下)，思考コストが考慮されるため，$TotalBenefit$ はある時点を境に急激に低下した。このことは，時間をかけて考えれば正確性($ThinkBenefit$)を高められるが，同時に思考コスト($ThinkCost$)も増加するため，$TotalBenefit$ は比較的早い時点でピークを迎えることを意味する。

続いて，500 人の推定者における$TotalBenefit$ のピーク時点について述べる(点線枠外)。思考コストを仮定しない場合はピークが比較的遅い時点に幅広く見られた(mean = 95.2, min = 23, max = 150)のに対し，仮定した場合はピークが比較的早い段階に集中して見られた(mean = 23.2, min = 10, max = 51)。以上より，人の限られた認知資源を考慮すると，思考コストを抑えつつ高い正答率を維持するための適度な思考時間が存在することが，理論的に示された。

3. 実験 2: 行動実験

実験 2 では，実験 1 で見出された理論的知見が実際の人の行動と整合的かどうかについて，行動実験を通して検証した。

3.1. 方法

実験参加者: 日本人 83 名が実験に参加した。このうち，42 名が後述の「通常群」に(M_{age} = 39.7, SD_{age} = 10.9)，41 名が後述の「長考群」に(M_{age} = 35.0, SD_{age} = 10.5)，それぞれランダムで割り当てられた。なお，通常群の参加者のうち 3 名は，データを適切に測定・取得できなかったため，分析から除外された。

題材・刺激: 実験 1 で想定したグリッド課題を用いた。黒の割合は「35%」「45%」「55%」「65%」の 4 通りとし，それぞれについて 40 枚の異なるグリッドパターン，計 360 枚を刺激として用意した。ただし，黒 35%と黒 65%ではほぼ全ての試行が正答だったこと(天井効果)，また実験 1 (正答値が「黒 55%」)との整合性を取ることを考慮し，分析には黒 45%または黒 55%が呈示された試行のみを用いた。

条件・手続き: 実験は PC およびマウスを用いて行われた。各試行では，まず 0.5 秒間の固視点が画面中央に呈示され，続いてグリッド刺激が 1 枚呈示された。参加者は，黒の割合が 50%より多いかどうかについて，「Yes」か「No」のボタンをクリックすることで回答した(図 3)。いずれかのボタンが押されると，再び固視点が出現し，以上の手続きが繰り返された。いずれの試行も，開始時にはマウスカーソルが画面中央に配置され，グリッド刺激が呈示されている間，参加者のマウスカーソルの位置(画面上の xy 座標)がフレームごとに記録された。1 ブロックは 40 試行からなり，1 人当たり全 9 ブロック，計 360 試行を行った。本実験では，「通常群」と「長考群」の 2 群を設けることで，思考時間を操作した。通常群では，参加者は通常通りにグリッド課題に回答した。一方，長考群では，刺激呈示から 2.5 秒間はボタンが呈示されず，参加者は各試行冒頭の 2.5 秒間は回答できない(i.e., 強制的に「考える」時間が与えられた)形となっていた。なお，この 2.5 秒の間でも，マウスカーソルを動かすことは可能であった。

分析指標: 各個人における正答率の平均値(以下「個人正答率」)を，全体的な正確性の指標とした。また，時間経過に伴う変化については，反応時間が「1 秒未満」「1〜2.5 秒」「2.5〜4 秒」「4 秒以上」の 4 カテゴリに分けて分析した。思考コストの指標として，マウストラッキング分析における Area Under Curve (AUC; 図 4)を用いた。AUC は，「カーソルの開始位置と選択肢位置とを結

図 3 行動実験の手続き(概略図)

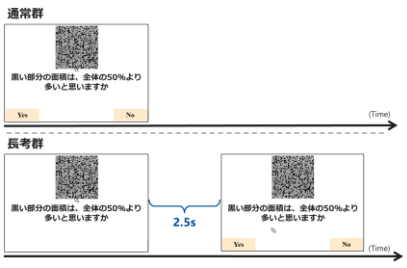


図 4 マウストラッキングにおける AUC (Area Under Curve)

ぶ直線」と「実際の軌跡」とで囲まれた面積と定義される。一般に，AUC が大きいほど，選択時の認知コンフリクトが大きかったと解釈される(e.g., Stillman et al., 2018)。本研究ではこの AUC の大きさを，一種の思考コストの程度と見なした。

3.2. 結果と考察

行動実験の結果を図 5 に示す。まず個人正答率については，通常群よりも長考群の方が有意に高かった(図 5 左; $M_{Normal} = .671$, $M_{Long} = .775$, $t(78) = 3.11$, $p = .003$, 95% 信頼区間[0.037, 0.171])。よって，考える時間を与えられると，全体としては正答率が向上したといえる。他方で，認知コンフリクトの指標である AUC を見ると，両群とも時間経過に伴って増大する傾向にあった(図 5 中央)。さらに，時間経過による正答率の変化を調べたところ，両群とも，長く考えすぎても(e.g., 2.5 秒以降)正答率は向上しない傾向が見られた(図 5 右)。特に通常群では，1~2.5 秒に正答率のピークが見られ，それ以降では正答率が低下していた。これらの結果は，考えること自体に対して認知的なコストがかかっていること，また長く時間をかけることが必ずしも正答率の向上に繋がるのではなく，むしろ少ない思考コストで正答率を最大化させる適度な思考時間が存在することを示唆している。実験 2 で観察されたデータは，実験 1 で得られた理論的知見を行動レベルで裏付けているといえる。

4. 総合考察

本研究では，従来議論されてきた SAT の枠組みを，資源合理性の観点から検証した。人の認知資源には限りがあることから，考えること自体に認知的なコスト(思考コスト)がかかることが想定される。よって，思考時間は長いほどよいわけではなく，思考コストを抑えつつ正確性を最大化するような適度な長さ存在すると考えられる。本研究ではこの予測を，理論(計算機シミュレーション)と実験(行動実験)の双方から示した。

本研究では，グリッド課題という単純な知覚判断課題のみを題材としていた。そのため，結果の一般性・応用可能性については，今後検討の余地があるだろう。また，実際に「適度な思考時間」を与えた際に，(思考時間を与えない，または長すぎる思考時間を与えた場合と比べて)正答率が向上し，かつ判断者の認知負荷も抑えられるかどうかを検討することで，よい判断を促す介入策の検討にもつながることが期待される。

文献

Callaway, F., Griffiths, T. L., Norman, K. A., & Zhang, Q. (2023). Optimal metacognitive control of memory recall. *Psychological Review*, Advance online publication.

Griffiths, T. L., Lieder, F., & Goodman, N. D. (2015). Rational use of cognitive resources: Levels of analysis between the computational and the algorithmic. *TopiCS*, *7*(2), 217–229.

Hastings, W. K. (1970). Monte Carlo sampling methods using Markov chains and their applications. *Biometrika*, *57*(1), 97–109.

Heitz, R. P. (2014). The speed-accuracy tradeoff: History, physiology, methodology, and behavior. *Front in Neuros*, 8, 150.

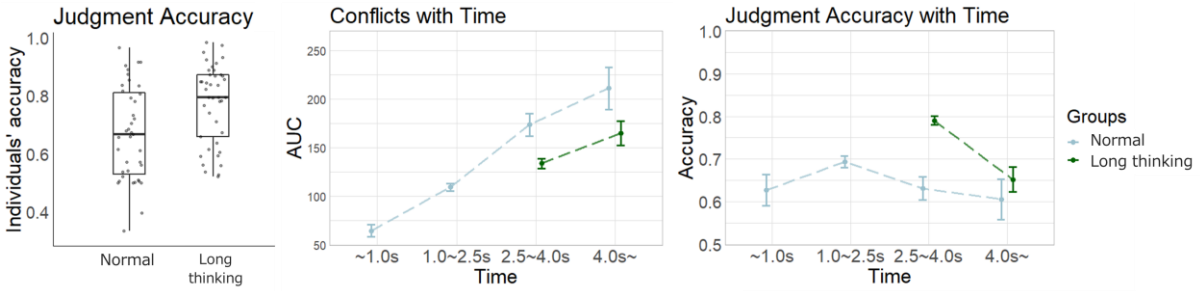
Ho, M. K., Cohen, J. D., & Griffiths, T. L. (2023). Rational simplification and rigidity in human planning. *Psych Sci*, *34*(11), 1281–1292.

Lieder, F., Griffiths, T. L., Quentin, Q. J., & Goodman, N. D. (2018). The anchoring bias reflects rational use of cognitive resources. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(1), 322–349.

Stillman, P. E., Shen, X., & Ferguson, M. J. (2018). How mouse-tracking can advance social cognitive theory. *Trends CS*, *22*(6), 531–543.

Wickelgren, W. A. (1977). Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics. *Acta Psychologica*, *41*(1), 67–85.

図 5 行動実験の結果



注) 時間をかければ個人正答率は向上する(左)。しかし時間経過に伴って認知コンフリクトは増加し(中央)，また正答率が上昇し続けるわけではない(右)。「Normal」は通常群を，「Long thinking」は長考群を，また「AUC」はマウストラッキングにおける Area Under Curve を，それぞれ示す。中央および右のグラフで，各点は当該カテゴリにおける平均値を，エラーバーは 95%信頼区間を，それぞれ表す。

不確実性下の合理的な推論が生み出す記憶に基づく判断の誤り
Memory-based erroneous judgments by rational inference under uncertainty

本田 秀仁[1], 白砂 大[1], 川口 潤[2,3], 松香 敏彦[4], 植田 一博[5]
Hidehito Honda, Masaru Shirasuna, Jun Kawaguchi, Toshihiko Matsuka, Kazuhiro Ueda
[1]追手門学院大学, [2]名古屋大学, [3]山形大学, [4]千葉大学, [5]東京大学
[1]Otemon Gakuin University, [2]Nagoya University, [3]Yamagata University, [4]Chiba University, [5]The University of Tokyo
hitohonda.02@gmail.com

概要
本研究では、人間が示す記憶に基づく誤った判断の性質について分析を進めた。具体的には、誤った判断は、全知全能ではない人間が記憶に不確実性がある場合に、環境から得られる手がかりに基づいて合理的な推論を行った結果生じているという仮説を立て、計算機シミュレーション、ならびに認知実験を実施して検証を行った。結果として、人間が示す誤った判断のパターンは合理的推論から生み出される誤りのパターンと極めて一致することが示された。よって、人間は合理的に推論を行う結果として、記憶に基づく誤った判断に至っている可能性が示された。
キーワード: 記憶に基づく判断、生態学的合理性、記憶の誤り、不確実性下の推論

1. はじめに

人間の記憶には、忘却や誤りといった制約が存在する。これらの制約はしばしば負の側面として理解される。しかし、制約を人間の認知システムが有する所与の性質と見なした場合、「制約下で人間はどのような情報処理を行っているか？」という問いから「負の側面」について新たな理解が進むことがある。Anderson らは忘却について、人間が出くわす情報の性質から分析した時に、今後出くわす確率が低い情報を忘却していくという特徴を明らかにした(Anderson et al., 2023; Anderson & Schooler, 1991)。この知見は、忘却という一般的に負の側面と解釈される記憶の性質について、情報の整理という適応的な視点から異なる解釈を与える。また、人間の認知の性質を考える際に、環境との相互作用を踏まえて分析することで新たな理解が進むことが古くから指摘されているが(Hertwig et al., 2021; Simon, 1990)、記憶の性質を考える上でもこのような視点により、新たな理解が進むことを強く示す知見である。

本研究では記憶の制約のもう一つの側面である誤りについて焦点をあてる。具体的には Roediger and DeSoto (2016)が報告した実世界の事象に関する記憶に基づく判断について扱う。この研究では、アメリカ人の実験参加者に対して人名を提示し、「アメリカ大統領であったか？」という判断を求めた。実験参加者は全体的に非常に正確な判断を行っていた（全体の正答率は約 90%）。しかしながら、重要な歴史的人物ではあるものの、実際には大統領ではない Alexander Hamilton に関して、強い確信度を持って不正確な判断を行い、71%の実験参加者が大統領と誤って判断した。同様の誤りは、Honda et al. (2016)が日本人を対象として実施した研究でも観察された。この研究では、日本の都市（市）に関する属性について質問が行われ、88.9%の人が横浜市に高等裁判所が存在すると判断した（実際には存在しない）。Alexander Hamilton や横浜市の例は、事実ではないものを「事実」と判断する false positive の誤りである。Honda et al. (2016)では同じ高等裁判所の判断について、高松市（実際に存在する）に存在すると判断した人の率は 68.6%、つまり事実であることを「事実ではない」と判断する false negative の誤りをする人の率が 31.4%であり、逆のパターンの誤りも高い率で観察された。

これらの知見をそのまま解釈すれば、私たちの記憶に基づく判断は時として不正確になる非合理的な側面を持つ、といった結論に至るかも知れない。しかし、本研究では、全知全能ではない人間が明確な知識がない場合に、環境から得られる手がかりに基づいて合理的な推論を行うと、誤った判断が生じるという仮説を立てる。つまり記憶に基づく判断の誤りは、人間の認知の非合理的な性質を示しているのではなく、合理的な性質を示しているという仮説である。

2. 不確実な状況下の合理的推論モデル

正確な事実を顕在的に認識した場合（例: 横浜市に高等裁判所はないことを事実として知っている）それに基づいて判断すればよい。問題は、横浜市に高等裁判所があるのか確信がない場合、つまり記憶に不確実性が存在する場面で人間はどのような判断を行っているのかという点である。このような状況では、人間は代替的な手がかりに基づいて判断しなければならない。つま

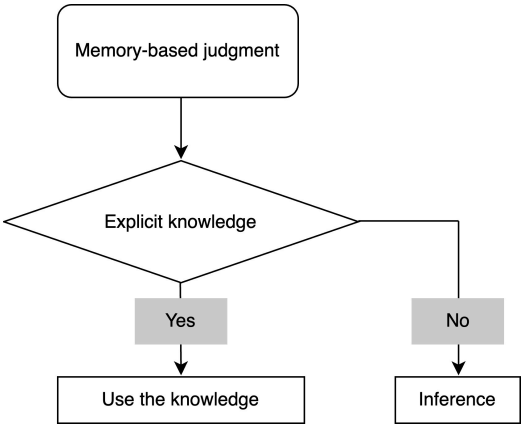


図 1. 記憶に基づく判断のプロセスの概念図。

り本研究で焦点をあてるのは図 1 において、顕在的な知識を人間が持たない際の推論である。このような状況では人間は一般的にヒューリスティックをはじめとする代替的な方略で判断することが知られている。このような判断は時に誤りを生むこともあるが(Kahneman & Tversky, 1996)、人間は不確実な状況において適切な手がかりを見つけ、生態学的に合理的な判断を行うことができる(Hertwig et al., 2021; Todd et al., 2012)。

現実世界では、変数間に相関関係が存在する場合がある。例えば、都市の人口数とその都市名が新聞などのメディアに登場する頻度には強い相関関係がある(Goldstein & Gigerenzer, 2002)。以後この関係を、現実世界における統計的規則性と呼ぶ。人間は統計的規則性を利用することで（よく目にする都市は人口数が多い）、判断対象に関して不確実性が高い場合でも（人口数について知識が全くない）、かなり正確な判断を行うことができる。よって、ターゲットとなる問いについて（例:「アメリカ大統領」、「高等裁判所」）、ある対象 i がターゲットにあてはまるか否かについて、記憶状態に不確実性を伴う場合は、統計的規則に基づいて確率的な推論を行うのが合理的な判断方略の一つである。

そこで、日常生活で「どの程度目にするか」という変数とターゲット間の統計的規則について考えてみよう。対象 i を実世界で目にする頻度を$freq_i$とすると i がターゲットにあてはまる確率は$p^{reg.}_{target}(i)$以下のように記述することができる。

$$p^{reg.}_{existence}(i) = \frac{1}{1+exp(-E_i)} \quad (1)$$

$$E_i = \alpha freq_i + \beta$$

E_iは統計的規則を頻度$freq_i$で記述するための関係式であり、パラメータαとβで表現するものとする。この関係式は従属変数がターゲットにあてはまるか、そして独立変数を$freq_i$とするロジスティック回帰分析のモデルと同値である。つまり、統計的規則に基づく合理的推論の一つのベンチマークである。

それでは式(1)で現実世界における統計的規則はどのように記述できるであろうか。図 2(A)に Roediger and DeSoto (2016)ならびに本研究の認知実験で用いた刺激(都市の属性)における統計的規則について記す。なおここでは、Google で対象をキーワードとして用いて完全一致検索した際の検索ヒット数を日常生活で目にする程度の指標として用いて分析を進めた。図からわかるように、現実世界でよく目にする対象はターゲットである確率が高いという関係性が存在している。

本研究では、人間は記憶に不確実性が存在する際には、実世界における統計的規則を用いた合理的な推論

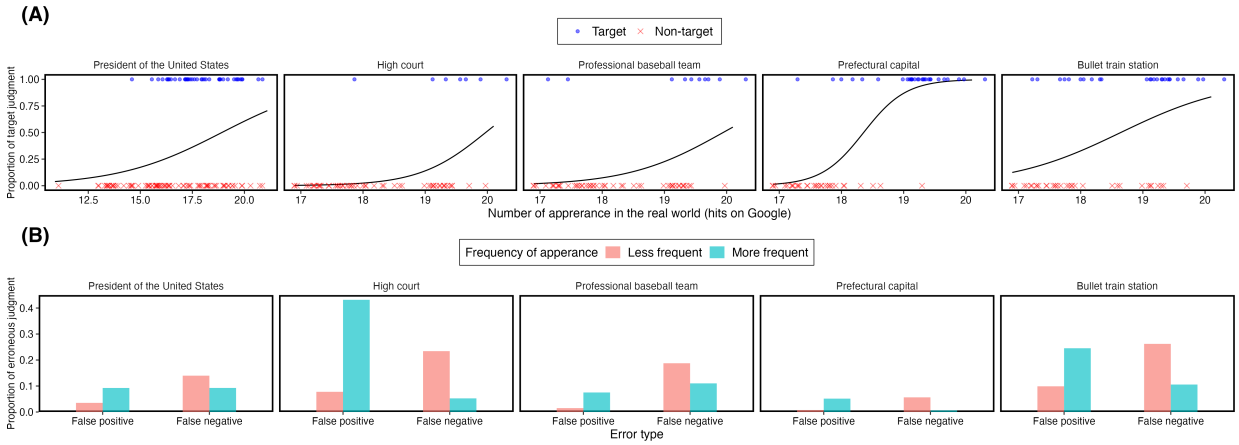


図 2. (A) 統計的規則(実世界での出現頻度とターゲットとなる属性を有する確率の関係)。(B)誤判断の割合についての合理的推論モデルの予測。

を行い判断するという仮説を立てる。先行研究において人間は環境情報の統計的規則に非常に敏感であるということが知られている(Griffiths & Tenenbaum, 2006; Hertwig et al., 2005)。これらの知見に基づけば、(1)で記述される統計的規則を顕在的に理解していなくとも、少なくとも直感的には理解し、そしてそれを判断時に用いている可能性がある。一方で人間は認知は一定のバイアスを示すことも事実である(Jayles et al., 2021)。以上を踏まえ、人間が記憶に不確実性が存在する場面で環境情報の統計的規則を用いて判断を行う合理的推論モデルでは、対象 i がターゲットにあてはあまると判断する確率$p^{judg.}_{target}(i)$は以下で記述できるとする。

$$p^{judg.}_{existence}(i) = \frac{1}{1+exp(-E_i - B)} \qquad (2)$$

基本的に(1)と同じであるが、バイアスを表現するパラメータ B が加わる。つまり、人間はターゲットを過大または過小に判断するバイアスを持つ場合があると仮定する。

このモデルが予測する記憶の誤りのパターンを図2(B)に記す。ここでは、対象を目にする頻度で二分し、頻度の大小に応じて誤判断率がどのように変化するかを算出した。図からも明確なように、合理的推論モデルでは特徴的な誤りのパターンを予測する。具体的にはfalse positiveについてはよく目にする対象でより誤りが生じやすい “more is more”のパターン、一方で false negative についてはあまり目にしない対象でより誤りが生じやすい“less is more”のパターンが観察されると予測する。またターゲットの違い、つまり判断文脈の違いによる誤判断率の定量的な違いも予測する（一例を挙げれば、ターゲットが県庁所在地である場合、誤判断率は相対的に低いと予測する）。

3. モデルの検証(1): Roediger and DeSoto (2016)のデータの分析

Roediger and DeSoto (2016)が公開している実験データを用いて、計算機シミュレーションならびに観察された記憶の誤りについて分析を行った。結果として、ターゲットであると判断された割合は合理的推論モデルから非常によく説明ができた[r = 0.625 (CI, 0.504-0.722), 図 3(A)左端]。また観察された誤判断率について、対象の出現頻度(頻度に基づいて人名を 2 分割し、less または more frequent とした)と誤りのパターンを要因とする 2 要因の分散分析において交互作用が有意となり、下位検定の結果、予測される方向で誤判断率に有意な差が観察されていた[図 3(B)左端]。

4. モデルの検証(2): 認知実験

続いて、日本人(n = 529 名)を対象とした認知実験を実施してモデルを検証した。実施した課題は合計 60 の

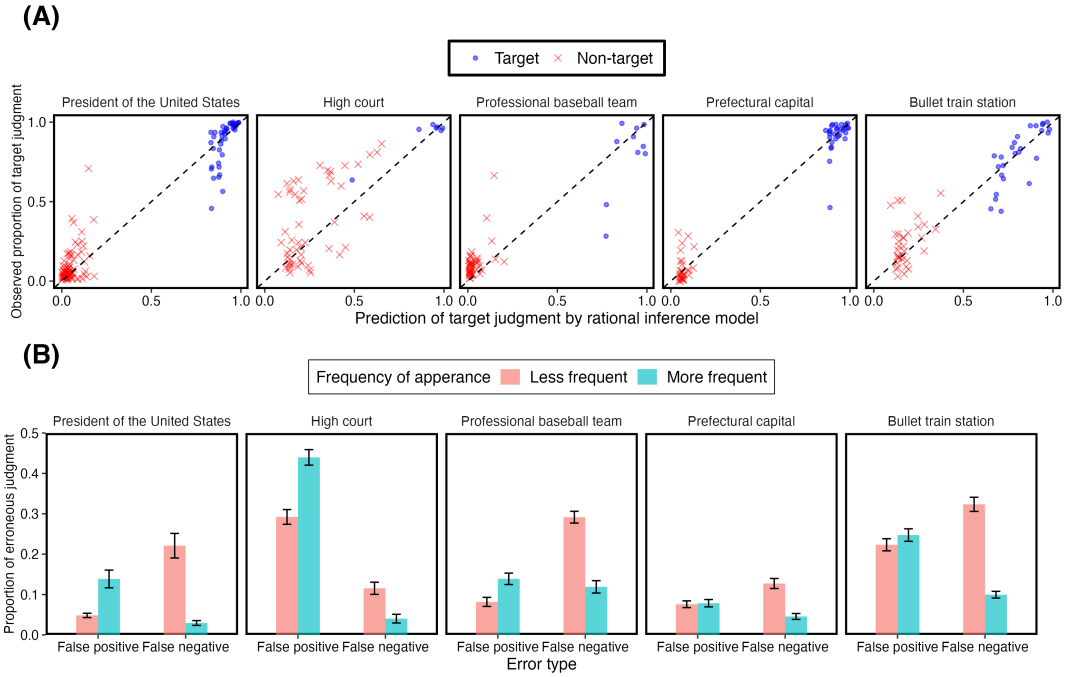


図 3. (A) ターゲットと判断される確率についてのモデル予測(横軸)と観察されたデータ(縦軸)の関係。(B)観察された誤判断率。誤差バーは標準誤差を示す。

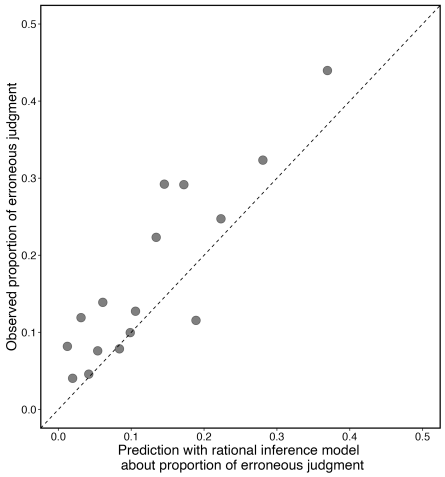


図 4. 認知実験の 4 属性への問いにおける誤判断率に関する合理的推論モデルの予測率と認知実験で観察された割合。

都市（2022 年 12 月の時点で人口が多い上位 60 都市、都市単位は市とした）、がターゲットとなる属性を有するかの判断である。尋ねた属性は高等裁判所、プロ野球の球団、県庁所在地、新幹線が止まる駅、以上 4 属性である。各実験参加者はいずれかの属性に関する質問に対して回答を行った(i..e, 合計 60 都市へ回答を行った、各属性それぞれ回答者は約 130 名)。

結果の概要は以下の通りである。まずターゲットであると判断された割合は合理的推論モデルから非常によく説明ができた[高等裁判所 r = 0.689 (CI, 0.528-0.803), プロ野球の球団 r = 0.762 (CI, 0.630-0.851), 県庁所在地 r = 0.442 (CI, 0.212-0.626), 新幹線の止まる駅 r = 0.639 (CI, 0.460-0.768、図 3(A)]。また観察された誤判断率について、対象の出現頻度(頻度に基づいて都市を 2 分割し、less または more frequent とした)と誤りのパターンを要因とする 2 要因の分散分析を実施した結果、4 属性すべてにおいて交互作用が有意となった。誤りのタイプごとの誤判断率の平均値はすべて予想される方向で差異があり、また下位検定の結果、8 項目 6 項目において、差異は統計的に有意であった[図 3(B)]。

また合理的推論モデルは判断文脈の違いによって誤判断率に違いが生じることも予測する。この点を検証するために、4 属性それぞれで生じた誤判断率とモデルの予測率の関係についても分析を行った。その結果を図 4 に記す。図からもわかるように、モデルの予測率と観察された誤判断の率の間には強い相関が観察され (r = 0.886, CI 0.696-0.960)、合理的推論モデルは文脈の違いによる誤りのパターンも非常によく説明できることが示された。

5. 結論

現実世界の環境には不確実性を伴うが統計的な規則性も存在する。統計的規則に則り判断を行うのはスマートな方略である。しかし、スマートな判断方略であっても完全無欠ではなく、誤った判断に至ることがある。人間が示す記憶に基づく判断の誤りは、記憶の不確実性が高い状況で、人間の認知がスマートな推論を行った結果生じている可能性が示された。

文献

Anderson, J. R., Betts, S., Byrne, M. D., Schooler, L. J., & Stanley, C. (2023). The environmental basis of memory. *Psychological Review*, *130*(5), 1137–1166.

Anderson, J. R., & Schooler, L. J. (1991). Reflections of the environment in memory. *Psychological Science*, *2*(6), 396–408.

Goldstein, D. G., & Gigerenzer, G. (2002). Models of ecological rationality: The recognition heuristic. *Psychological Review*, *109*(1), 75–90.

Griffiths, T. L., & Tenenbaum, J. B. (2006). Optimal predictions in everyday cognition. *Psychological Science*, *17*(9), 767–773.

Hertwig, R., Leuker, C., Pachur, T., Spiliopoulos, L., & Pleskac, T. J. (2021). Studies in ecological rationality. *Topics in Cognitive Science*, *14*, 467–491.

Hertwig, R., Pachur, T., & Kurzenhäuser, S. (2005). Judgments of risk frequencies: tests of possible cognitive mechanisms. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, *31*(4), 621–642.

Honda, H., Matsuka, T., & Ueda, K. (2016). On the adaptive nature of memory-based false belief. In A. Papafragou, D. Grodner, D. Mirman, & J. C. Trueswell (Eds.), *Proceedings of the 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 223–228). Cognitive Science Society.

Jayles, B., Sire, C., & Kurvers, R. H. J. M. (2021). Crowd control: Reducing individual estimation bias by sharing biased social information. *PLoS Computational Biology*, *17*(11), e1009590.

Kahneman, D., & Tversky, A. (1996). On the reality of cognitive illusions. *Psychological Review*, *103*(3), 582–591.

Roediger, H. L., & DeSoto, K. A. (2016). Recognizing the presidents: Was Alexander Hamilton president? *Psychological Science*, *27*(5), 644–650.

Simon, H. A. (1990). Invariants of human behavior. *Annual Review of Psychology*, *41*, 1–19.

Todd, P. M., Gigerenzer, G., & Group, The ABC Research. (2012). *Ecological rationality: Intelligence in the world*. Oxford University Press.

３囚人問題はなぜ難しいのか
ーベイズの定理を学習した学生の問題理解と解決ー
Why the Problem of Three Prisoners Is Difficult:
Understanding and Solving the problem for students learning Bayes' Theorem

寺尾 敦
Atsushi Terao
青山学院大学
Aoyama Gakuin University
atsushi@si.aoyama.ac.jp

概要

統計学の入門講義を履修している68名の学生が，２週の授業にわたって確率の基礎とベイズの定理を学習し，基本的なベイズ課題と３囚人問題に取り組んだ．基本的なベイズ課題を解決できる学習者にとっても，３囚人問題の解決は難しかった．特に，問題文から尤度に関する情報を読み取ることに大きな困難があった．尤度情報を理解し，正しい問題表象を構築できれば，正解が得られる可能性は高い．

キーワード：確率判断(probability judgement)，ベイズの定理(Bayes' theorem)，３囚人問題 (problem of three prisoners)

1. はじめに

確率判断において，数学的な規範解と人間の直観がしばしば異なることは，よく知られている。「３囚人問題」[1]はそうした問題のひとつである。

３囚人問題での人間の直観が正解と異なってしまうのはなぜなのか，すなわち，この問題の難しさはどこにあるのかについて，多くの議論がなされた[2]。たとえば，「主観的定理」という，人間が持っている素朴な確率推定方法の基礎にある命題的信念への依存が主張された．

３囚人問題の難しさは，２つの部分に分けて考えるべきだろう。ベイズの定理を使う問題に共通する難しさと，３囚人問題に特有の難しさである。確率推論の実験研究ではナイーブな学生を参加者とすることが多いが，そうするとベイズの定理を知っていても残る難しさはどこにあるのか不明になってしまう。

そこで本研究では，大学１年生を対象とした初等統計学のクラスで，ベイズの定理を学んだ学生が，３囚人問題に対してどれほどのパフォーマンスを示すのか，どこに困難があるのかを検討した。算数文章題解決の研究を参考に，問題理解と解決の過程を分けて，困難がどこにあるのかわかるように工夫した。

2. 方法

2.1 参加者

青山学院大学社会情報学部の１年生必修科目「統計入門」は，３クラスに分け，１週あたり180分（２コマ続きの90分授業），15週の授業を行っている。筆者が担当する１クラスの受講登録者78名のうち，確率の学習を行った２回の授業（2023年10月10日，10月17日）の両方に出席した68名から得たデータを分析した．

2.2 材料

ベイズの定理を用いて問題を解けるようになることを目標に，２週にわたって確率の授業が行われた．教科書に掲載されている例題と章末問題の他に，基本的なベイズ課題である「くじびき問題」と３囚人問題が用いられた．これらの問題を表１に示す．３囚人問題では，問題理解についての２つの問いと，その後の解決の問いがひとつ用いられた．これら３つの問いを表２に示す．面積図の描画を求めた問２では図のテンプレートが提示された．正解例と共に図１に示す．

2.3 手続き

学習者は，ベイズの定理の講義に続いて，４つの練習問題に取り組んだ。解決を助けるツールとして，樹形図と面積図の使用を訓練した。これらの図は，問題文から得た情報が統合された問題表象であるとともに，問題の解法を示唆するものである。

続いて学生は，くじびき問題と３囚人問題に取り組んだ，３囚人問題では，最初に，問題文で暗黙的に示されている情報（たとえば，囚人Aが釈放されるとき，看守がどのような確率でどのように答えるか）について質問がなされた．以下，この情報を「尤度情報」と呼ぶ．この問いの後，学生は面積図を描いて確率の計算を行った（最初の試み）。尤度情報についての問いの解答が提示され，学生はもう一度，面積図の描画と確率の計算を行った（２回目の試み）。

表１　くじびき問題と３囚人問題

くじびき問題

くじびき遊びをします．くじ袋の中には，白箱と黒箱がひとつずつ入っています．白箱の中には赤いボール２個と青いボール１個，黒箱の中には赤いボール１個と青いボール１個が入っています．箱もボールもそれぞれ同形同大で，触っただけでは区別できません．袋の中の箱もその中のボールもよく混ぜてから，袋の中を見ないで手を入れ，まず箱をひとつ選び，さらに，選んだ箱の中から，箱の中を見ないで手を入れボール（くじ）をひとつ選びます．取り出したボールが赤なら当たりで，青ならはずれです．

いま，このくじびき遊びで，くじを引く人が当たりを引きました．このとき，その当たりくじが白箱からとったボールである確率はいくらですか．

３囚人問題

３人の囚人A，B，Cがいて，２人が処刑され１人が釈放されることがわかっている．それぞれの釈放される確率は，1/4，1/4，1/2 であった．

だれが釈放されるか知っている看守に対し，囚人Aが，「BとCのうち，処刑される１人の名前を教えてくれないか」と頼んだ．看守はしばし考えて，まあかまわないだろうと思い，「Bは処刑されるよ」と教えてやった．

この答えを聞いたあと，Aが釈放される確率はいくらになるか．

＝看守が，BとCのうちから，「Bは処刑される」と答えた

ただし，看守はうそをつかないこと，囚人BとCがともに処刑される場合には 1/2 ずつの確率でBかCの名前を答えることを仮定する．

表２　３囚人問題での３つの問い

問１：あなたは看守だと思ってください．いま，あなたは囚人Aから「BとCのうち，処刑される１人の名前を教えてくれないか」とたずねられました．囚人Aが「BとCのうち」と限定したのは，「あなた（A）は処刑されるよ」と言われたくないからです．

(1)【仮説：どんなとき】Aが釈放されるのだとしたら，あなた（看守）は囚人Aにどのように答えますか？　以下の文の空白 [1] から [4] に，確率と，囚人の名前を入れてください．可能な答え方がひとつしかない場合は，そのように答える確率を１として，[3] と [4] は「空白」と記述してください．

【データ：何が起こる】確率 [1] で「[2] は処刑されるよ」と答え，確率 [3] で「[4] は処刑されるよ」と答える．

(2) 【仮説：どんなとき】Bが釈放されるのだとしたら，・・・（以下，省略）

(3) 【仮説：どんなとき】Cが釈放されるのだとしたら，・・・（以下，省略）

問２：問１への回答は，だれが釈放されるかという仮説と，その仮説のもとで得られるデータとなっています．設問１への回答から面積図を作成してください．正方形の左側に仮説を，正方形の中にデータを記述してください．

問３：問題で問われている，A が釈放される確率を計算してください．

3.　結果

3.1　基本的なベイズ課題の解決

68 名のうち 59 名（87%）が，基本的なベイズ課題であるくじびき問題に正解した．面積図および樹形図を正しく描くことができたのは，それぞれ 65 名と 66 名であった．ほとんどの学生は，基本的なベイズの定理の問題を解くスキルを持って，３囚人問題に取り組んだと言える．

3.2　３囚人問題の理解

３囚人問題の尤度情報の理解を問う質問（問１）において，囚人 A が釈放される場合の看守の発言（確率 1/2 で「B は処刑されるよ」と答え，確率 1/2 で「C は処刑されるよ」と答える）を正しく解答できたのは 29 名（43%）であった．囚人 B が釈放される場合（確率 1 で「C は処刑されるよ」と答える）と，囚人 C が釈放される場合（確率 1 で「B は処刑されるよ」と答える）について正しく解答できたのは，それぞれ 26 名（38%）と 25 名（37%）であった．これら３つの場合にすべて正しく回答できたのは 17 名（25%）にすぎなかった．

基本的なベイズ課題であるくじびき問題の正解者 59 名に限ると，看守の発言を正しく解答できたのは，囚人 A，B，C が釈放される場合それぞれについて，28 名（47%），24 名（41%），23 名（39%）であった．

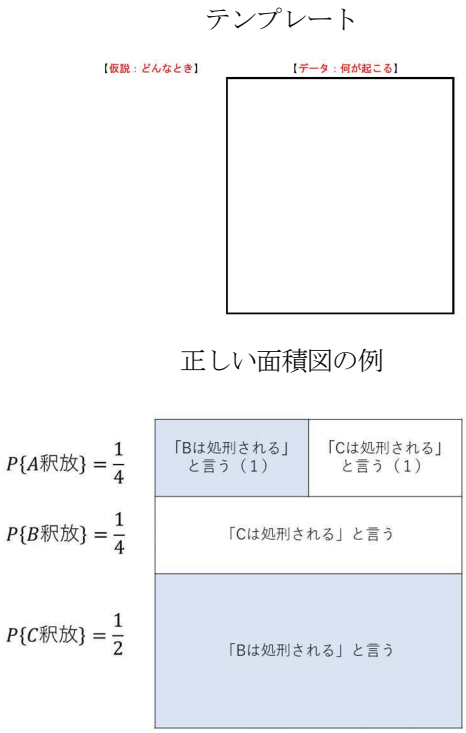


図１　面積図のテンプレートと正解例

この問いでの正答率がこれほど低いことは予想していなかった. 結果の再現性を確認するために, ほぼ同一形式の問題に取り組んだ 2022 年のクラス 58 名のデータを分析した．囚人 A，B，C が釈放される場合の看守の発言を正しく解答できたのは, それぞれ 24 名 (41%)，13 名（22%)，10 名（17%）であった．やはり正答率は低かった.

問題表象である面積図を描画する問い (問２) において, 正しい面積図を描画できたのは, 問１（尤度情報の理解) に解答した直後の最初の試みでは 16 名 (24%)，問１の正解が提示された後の２回目の試みでは 39 名（57%）であった. 基本的なベイズ課題であるくじびき問題の正解者 59 名に限ると，最初の試みでは 16 名（27%)，２回目の試みでは 37 名（63%）が正しい面積図を描画した.

尤度情報の理解と問題表象の構築との関係を検討するため，これら問いに対する正誤のクロス集計表を表３に示す．尤度情報を３人の囚人すべてについて尤度情報を理解できたときのみ，面積図の正解者（11 名）が不正解者（6 名）を上回っていた．尤度情報を正しく理解することは，正しい面積図を描くために必要であると言える.

表３　尤度情報の理解と面積図の正誤のクロス表

	尤度情報の理解スコア				
面積図	0	1	2	3	計
正解	2	3	0	11	16 (24%)
不正解	27	12	7	6	52 (76%)

3.3　３囚人問題の解決

３囚人問題で問われている確率を求める最初の試みでは，12 名（18%）が正解（1/5）を与えた．尤度情報についての問いへの正解を提示した後の，２回目の解決の試みでは，23 名（34%）が正解を与えた．基本的なベイズ課題であるくじびき問題の正解者 59 名に限ると，３囚人問題の解決の最初の試みで 12 名（20%），２回目の試みで 22 名（37%）が正解を与えた.

問題理解と解決の関係を検討するため，面積図と３囚人問題の正誤のクロス集計表を表４に示す．解決の最初の試みでは，68 名のうち 16 名（24%）が正しい面積図を描画し，そのうち 12 名が正しい確率を与えることができた．正しい面積図を描くことのできなかった 52 名は，だれも問題解決に成功しなかった．２回目の解決の試みでは，39 名（57%）が正しい面積図を描画し, そのうち 22 名が正しい確率を与えることができた. 正しい面積図を描くことのできなかった 29 名では，正しい確率を与えたのは１名だけであった.

図２に，３囚人問題 (最初の試み) に正解するまでの関門と通過者数を示す. 基本的なベイズ課題 (くじびき問題) に正答できても，３囚人問題を正しく理解して問題表象を構築することはかなり困難である. しかし，もし正しい表象を構築できれば，正解を与えることのできる可能性はかなり高いと言える.

３囚人問題で問われている確率の誤りは非常に多様であった. 解決の最初の試みでは 17 通りの誤答がなされた. 比較的多かった誤答は 1/3（9 名)，1/4（6 名)，3/8（5 名)，1/2（4 名）であった．２回目の解決の試みでは. 正解と同じ 1/5 という結果になった誤答も含めて，17 通りの誤答がなされた. 比較的多かった誤答は 1/4（9 名)，1/3（5 名)，1/8（4 名）であった. これら誤答のうち，1/2，1/3，1/4 という誤答はそれぞれ，確率推論の基礎にある「主観的定理」に基づくものとして知られている[1][2]. しかし，「主観的定理」の使用を読み取ることのできた答案はむしろ少なく，多様な解決過程の存在が示唆された.

表４　面積図と３囚人問題の正誤のクロス表

	面積図		
３囚人	正解	不正解	計
１回目			
正解	12	0	12 (18%)
不正解	4	52	56 (82%)
２回目			
正解	22	1	23 (34%)
不正解	17	28	45 (66%)

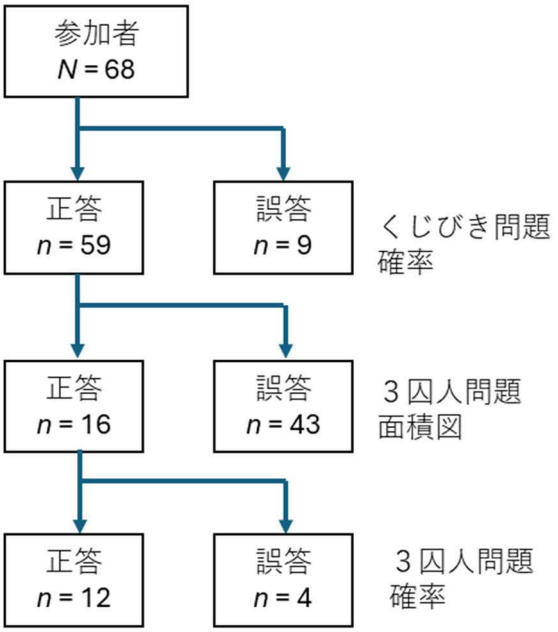


図２　３囚人問題に正解するまでの関門と通過者数

4.　考察

ベイズの定理を学習し，基本的なベイズ課題を解決できる学習者にとっても，３囚人問題は難しかった．とりわけ，尤度情報の理解と，面積図の描画から，問題理解の過程に困難があることが示された．

それでも，本研究での３囚人問題の正答率は，先行研究（せいぜい数パーセント[3][4]）に比べてかなり高い．尤度情報を理解し，正しい問題表象を面積図として構築できれば，正しい確率が得られる可能性は高い．

３囚人問題では，よく知られた誤答（たとえば，1/4という「不変解」や，1/3 という「等比率解」[2]）の他にも，さまざまな解答がなされる[5]．本研究でも，誤答にはかなりのバリエーションがあった．これは主に問題理解表象のバリエーションに起因すると考えられる．実際，描かれた面積図にはさまざまなものがあった．本研究で学生から得た答案は，日本語での記述なしに面積図と計算式が書かれたものが多く，なぜそのような面積図を描いたのか，実行する計算を面積図からどのように決めたのか，読み取ることが難しかった．日本語での記述を入れた答案の作成を求めるなど，今後の研究での方法を工夫したい．

算数文章題の解決過程の研究は問題理解の重要性を指摘してきた．本研究は同様の指摘をしており，文章題解決過程の研究と確率判断の研究との接点を示している．従来の確率判断の研究は，ヒューリスティックや「主観的定理」など，問題を理解した後の過程に注目することが多かった．３囚人問題でも，問題理解過程に困難があるという指摘はあったが[6][7]，本研究のようなデータに基づく検討は不十分だった．

３囚人問題の問題理解を困難にしている要素を明らかにしようとする試みは，確率判断の研究の進展に必ずしも貢献しないかもしれない．３囚人問題に固有の特殊な難しさではなく，他のベイズ課題にもあてはまる要素を明らかにしたい．たとえば，仮説とデータの時間的順序はそうした要素かもしれないと考えている．くじびき問題では箱の選択（仮説）がボールの取り出し（データ）よりも時間的に前だが，３囚人問題では看守の発言より後に実際の釈放（あるいは処刑）が行われる．直観的には「原因の確率」の方が困難に思えるが，そうではないのかもしれない．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20K03368，JP23K02866 の助成を受けたものです．

文献

[1] 市川伸一・下條信輔，（1986）直観的推論における“主観的定理”：“３囚人問題”の解決過程の分析から，日本認知科学会第３回大会発表論文集, p.14.
[2] 市川伸一，（1998）“確率の理解を探る―３囚人問題とその周辺―”，共立出版
[3] 繁枡算男，(1995)“意思決定の認知統計学”，朝倉書店
[4] 市川伸一・竹市博臣，(1987)“３囚人問題”のむずかしさはどこにあるか，日本認知科学会第４回大会発表論文集, pp.22-23.
[5] 高橋和弘・井原二郎，(1991) ３囚人問題と夕食問題のさまざまな解：実験的検討，日本認知科学会第８回大会発表論文集, pp.66-67.
[6] 佐伯胖，(1987)「３囚人問題」に関する視点論的分析，日本認知科学会第４回大会発表論文集, pp.26-27.
[7] 竹市博臣，(1988) ３囚人問題の認知構造，日本認知科学会第５回大会発表論文集, pp.90-91.

会話におけるものの重さの表出：個人の認知から相互行為の認知へ
Representing the weight of things in conversation: from individual cognition to interactional cognition.

細馬　宏通
Hiromichi HOSOMA

早稲田大学
Waseda University
hhosoma@waseda.jp

概要

ダイナミック・タッチは従来、個人によるものの形や重さの知覚に関わる動作として研究されてきた．しかし、ものを揺する動作は対面相互行為において視覚情報として相手に伝わり、ものの重さの表出となって立ち現れうる．本発表では、ダイナミック・タッチが発話の随伴動作となって表れ、重さを相互に評定しあう行為に関わる場面を分析した．その上で、個人内の認知に伴う動作は、相互行為に援用され、個人間に開かれうることを示した．

キーワード：ダイナミック・タッチ，対面相互行為，会話分析，マルチモーダル分析

1.　はじめに

ヒトはものの形や重さを知覚しようとするときに，手を振ったり揺らす動作を行うことがある．このような知覚は生態心理学ではダイナミック・タッチ[1]と呼ばれている．従来，ダイナミック・タッチは，個人によるものの知覚に関わる動作として研究されてきたが，この動作が相互行為においてどのような影響を持っているかを研究したものは管見の限り見当たらない．しかし，ものを揺する参加者に対面している他者にとって，ダイナミック・タッチは視覚情報であり，さらにそこには，揺する行為に随伴する発話という聴覚情報が組み合わされ，ものの重さの表出となって立ち現れる．そこで本研究では，実際の相互行為において，ダイナミック・タッチに伴ってどのように動作が時間構造化され，それらがどのような発話とともに行われ，組織化されていくかを考える．

2.　方法

『日本語日常会話コーパス』（CEJC）[2][3]から重さに関する会話を含む会話を検出し，その内容を比較検討した．この発表ではそのうち，複数のメンバーが同じものの重さを評価しあっている事例を検討する．事例1，2, 3 は 5 人の友人（夏樹，玲子，美沙，美香，可奈子）の食事会の連続する 3 つの場面である（図 1）．会では，メンバーの誕生日の際，事前に本人からプレゼントをリクエストしてもらい，贈呈することが恒例となっている．夏樹はガラス製の大きな花瓶をリクエストし，美沙が店舗まで品物を取りに行き，箱を自らラッピングして会場まで運んできた．そのため，美沙のみが実物の重さを知っており，他のメンバーは知らない．事例 1 では，美沙から夏樹にプレゼントが渡され，事例２では夏樹から美香に，事例３では美香から玲子にプレゼントは次々と渡され，各人がその重さを評価する．

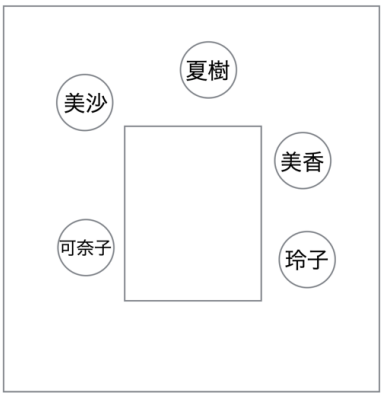


図 1. 事例 1, 2, 3 の 5 人のメンバー（美沙，夏樹，美香，玲子，可奈子）の配置

3.　結果

3.1 渡し手のダイナミック・タッチ

事例１（表 1）で，美沙は夏樹に向かってプレゼン

01	美沙	わた[しも渡したい]
02	夏樹	[あー重い]:?
03	美沙	あの:えーとね 重い
04	美沙	あの:わたし包んだので
05		ちと汚いんです[けど]
06	玲子	[(L)]

表 1. 事例 1 のトランスクリプト．

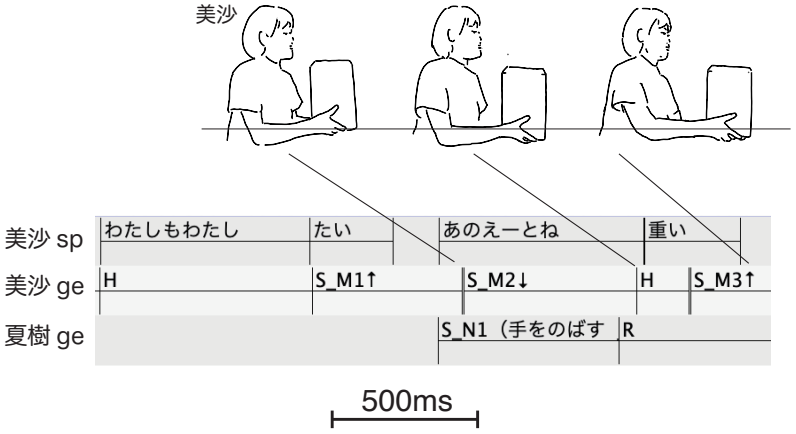


図 2. 事例 1 における美沙によるダイナミック・タッチの表出．美沙 sp: 美沙の発話，夏樹 sp: 夏樹の発話，美沙 gp: 美沙の動作，夏樹 ge:夏樹の動作．S：動作のストローク（腕の振り上げ・振り下げ），H：動作の一時停止，R：レスト（ホーム）ポジションへの復帰．

トを両手で掲維持したまま，1 行目で「わたしも渡したい」と言ったあとプレゼントを上前方に差し出しかける（図 2:S_M1）．この発話に重複して，2 行目で夏樹が「あー重い：？」と重さに関する質問を行う．この直後，美沙は渡す動作から急に方向を変え，両腕を下方に沈ませてから 170ms 停止させるダイナミック・タッチ（図 2:S_M2, H）を行いながら「あの：えーとね」と発話し，再び持ち上げながら（図 2:S_M3）「重い」という評価発話を行う（表 1,3 行目）．この間，夏樹はプレゼントを受け取ろうとした手をいったん引っ込める（図 2:S_N1, R）．

3.2 ダイナミック・タッチとポジティヴな評価

事例 2 は，事例 1 の続きである．美沙からプレゼントを手渡された夏樹は，即座に「は：：：いや hhh」（7 行目）と笑い声を含ませながら重さに従うように両腕を下げた（図 3,:S_N5）のち，再び持ち上げる（図 3:S_N6）．そして持ち上げが終了した直後に「あ」と間投詞を発し「おも：：：い」と評価発話を行った（9 行目）．ここで興味深いのは，すでに 7 行目で間投詞と動作（図 3:S_N5）によってプレゼン

07	夏樹	↑は：：：いや[hhh]
08	美沙	[おも]い重い(.)° 重い重い
09	夏樹	あ [おも:]い
10	美沙	[これで]
11	美沙	こうやってから
12		↑重いのこれけっ[こう]
13	美香	[ああ]
14	夏樹	[えー]
15	夏樹	[おもーい]
16	美香	[ほんとだ][ああ::]
17	美沙	[重いっしょ]:

表 2. 事例 2 のトランスクリプト.

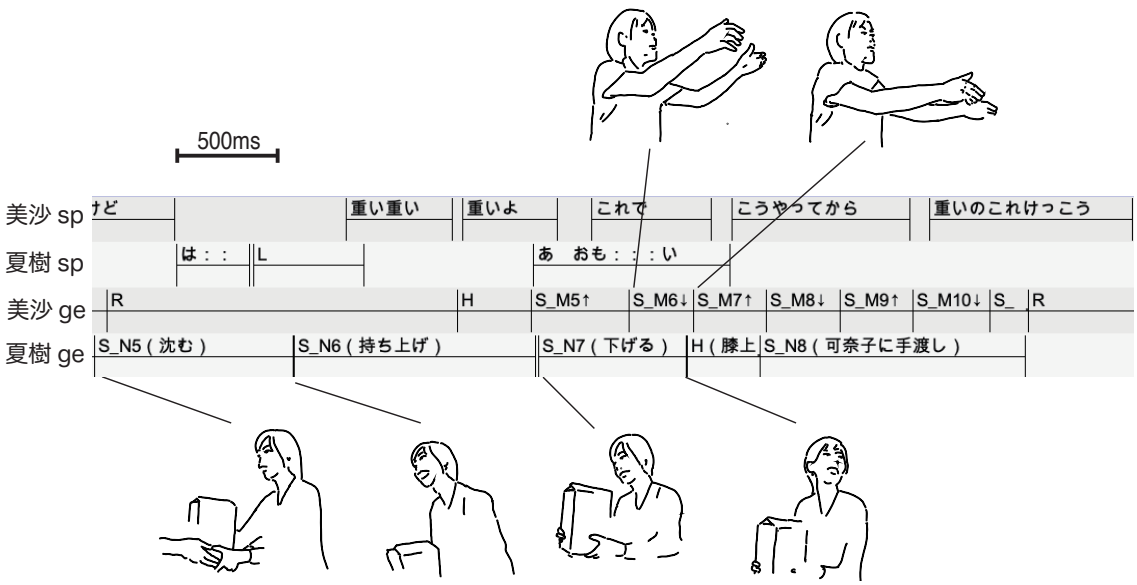


図 3. 事例 2 における夏樹，美沙によるダイナミック・タッチの表出．記号は図 2 を参照.

トの重さを表しているにもかかわらず，さらに持ち上げ動作（図 3:S_N6）によってダイナミック・タッチが進行した直後に「あ」が発せられたことである．日本語の応答詞「あ」は，発し手の新規情報を表す[4]だけでなく，自他の動作にタイミングを合わせることで，「あ」の指示する対象がその動作であることを表し，相互行為に寄与することが知られている[5]．9 行目の「あ」もまた，最初の沈み込みの動作だけでなく，その後に続く持ち上げによって，夏樹の重さに対する感覚が更新され、隣にいる美香に向けて改めて重さの評価が行われたことを示していると考えられる．

一方，夏樹の美香への視線変化を見ていた美沙は，美香に視線を移動させ，「これで，こうやってから」（10-11 行目）と言いながら，プレゼントを持っていない両手を繰り返し上下させて，ダイナミック・タッチと同じ表象的動作を行う（図 3:S_M5-10）．物を持たずに腕を揺すって重い物を持つ様を表すジェスチャーは，日本語日常会話コーパスの他の事例でも見つかった．このようなジェスチャーをここでは「ダイナミック・タッチ表象」と呼んでおこう．

美香は夏樹からプレゼントを渡されると同時に「ああ」と発し（13 行目），腕を下げながら「ほんとだ」と，重さに対して，肯定的な評価発話を行った（16 行目）．ここで美香は夏樹のように「あ」ではなく「ああ」を発していることは興味深い．「あ：」は，話者が理解を示すとともに何らかの既知の情報を持つ場合に発せられやすいことが知られている[4]。美香の重さに対する間投詞は，自身のダイナミック・タッチのみによる独自の評価というよりは，先行する美沙や夏樹による既知の評価を肯定するようデザインされており，それは「重い」ではなく「ほんとだ」と先行発話を裏付ける内容になっていることとも一致する．さらに注意すべきは「ほんとだ」の発話のあとに改めて「ああ」（16 行目）が発話されていることである．このとき美香は 300ms の間，両腕を上げるダイナミック・タッチを行っている．夏樹の場合同様，美香もまた，自らのダイナミック・タッチによって重さの感覚を更新し，それが発話に表れていると考えられる．

3.3 ダイナミック・タッチとネガティヴな評価

続く事例 3 では，美香から玲子にプレゼントが手渡される．玲子は箱を受け取った（図 4:S_K1）あと，一度無言で上下させて（図 4:S_K2, S_K3）からホールドしながら，「あ」と間投詞を発し，「まあそうね」（18 行目）と評価発話を行った（図 4 下）．ここで，玲子も夏樹と同じく「あ」を発しているのだが，夏

18	玲子	あ まあそうね:?%
19	美香	[まあでも花瓶だからしょうがないか:]
20	美沙	[あのね(.)今ここの膝で持つとまあ]
21	美沙	=そうね:[だけど:]
22	玲子	[うー]ん
23	美沙	手で持っ[たらけっこう:]
24	玲子	[持ってもXX]
25	玲子	そりゃそうだよね?
26	美沙	結構重かった

表 3. 事例 3 のトランスクリプト.

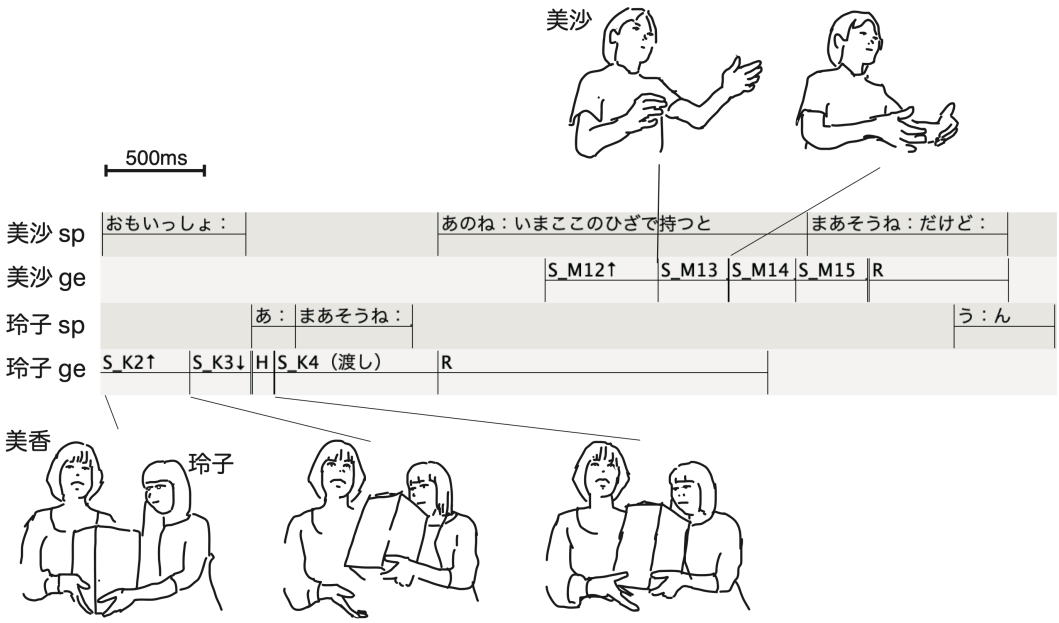


図 4. 事例 3 における玲子，美沙によるダイナミック・タッチの表出．記号は図 2 を参照.

樹がダイナミック・タッチを行いながら「あ」を発話した（図 3:S_M5）のに対し，玲子はダイナミック・タッチを行ったあといったん腕をホールドしながら「あ」を発しており（図 4:S_K4），「あ」はダイナミック・タッチ自体ではなく動作の停滞と結びつけられている. さらに,続く「まあね」という発話は、今ここの出来事を問題性を孕むものとして捉えるスタンスを表している[6]. 以上のことから「あまあそうね」は，夏樹や美香の発話に比べて，重みに対するややネガティヴな評価になっている.

実際に，玲子の 18 行目の評価は，花瓶を会場まで運んで来た美沙にネガティヴな表現として取り上げられ，「あのね，今ここの膝で持つと『まあそうね』だけど」（20, 21 行目）とダイナミック・タッチ表象（図 4 上）を伴う発話によって引用され，さらに「手で持ったらけっこう、けっこう重かった」と反論される（23,26 行目）．これに対して玲子は「そりゃそうだよね？」（25 行目）と自身の見解を訂正する発話を行っている．ここでは詳しく取り上げないが，このあとの事例で箱から出した花瓶自体が再びメンバーによって持たれるが，今度は玲子は花瓶を持った直後に「あ」と間投詞を発し，花瓶を上下に振るダイナミック・タッチと並行して，「でもこれ，なんか これだけで持つと，さっきのより重い気がする」と発話し，評価を改めている.

4. 考察

以上の分析では, 重さの評価をしあう友人たちの会話の事例を取り上げ，そこでダイナミック・タッチの動作と発話がどのようなタイミングで組織化されるかを見た．まず，いずれの場合でも，重さの評価に関する発話は持った直後, もしくはダイナミック・タッチが行われた直後に行われていた．次に，過去の持ち手の評価に対して肯定的な評価が行われた例（美沙から夏樹，夏樹から美香）では，まず持った直後に間投詞が発せられ, 次に評価が行われていた. 一方，否定的評価が行われた例（美香から玲子）では，間投詞の発話がダイナミック・タッチの後に起こり，その後に留保を伴う発話が行われた．Pomerantz[4]は，発話の選好性を論じ，先行発話に対して肯定的発話を行うときに比べて，非選好的発話ではさまざまな遅延が起こることを示したが，この事例における玲子の行為では，重さを感じるダイナミック・タッチの動作から発話が遅れることによって，先行発話で行われた評価に対する留保が表されている点で，従来とは異なっている.

事例では，空の腕を動かす「ダイナミック・タッチ表象」も観察された. ダイナミック・タッチ表象は，自分が持っていない物の重さを表現するときに用いられる他，相手のダイナミック・タッチを引用したり，相手に対してダイナミック・タッチを促すときにも用いられうることがわかった.

従来, ダイナミック・タッチは個人の認知の問題として取り扱われてきた. しかし, 揺する動作は, 視覚的な情報を持ち，さらに動作のタイミングと前後して発話を随伴させることによって，視聴覚的なできごととなって他者に表出されるという側面を持つ. 本発表では, ダイナミック・タッチが重さの評価と共起することが確認され, 発話のタイミングによって, 発話の選好性が変化することが示唆された. 今後, こうした個人の認知に随伴する動作や発話が，相互行為にどのように取り入れられていくかをさまざまな事例において検討する必要があるだろう.

参考文献

[1] Turvey, M. T., & Carello, C. (1995) “Dynamic touch.”, Handbook of Perception and Cognition, Academic Press, pp. 401-490.

[2]『日本語日常会話コーパス』 https://www2.ninjal.ac.jp/conversation/cejc.html

[3] 小磯花絵・天谷晴香・居關友里子・臼田泰如・柏野和佳子・川端良子・田中弥生・伝康晴・西川賢哉・渡邊友香（2023）“『日本語日常会話コーパス』設計と特徴”, 国立国語研究所論集, Vol. 24, pp.153-168.

[4] Endo, Tomoko（2018）”The Japanese Change-of-State Tokens a and Aa in Responsive Units”, Journal of Pragmatics Vol. 123 : 151-66.

[5] 細馬宏通（2005）”対話における応答詞「あ」の機能: 発し手にとっての「新規情報」は相互行為にどう利用されるか？”, 社会言語科学会大会第 16 回大会論文集, pp.67-70.

[6] 高木智世, ・森田笑（2021）”問題性への志向を示すメタ相互行為的スタンス標識としての「まあ」”, 社会言語科学, 2021, 24 巻, 2 号, p. 67-82

[7] Pomerantz, A. (1984) “Agreeing and disagreeing with assessments: Some features of preferred/dispreferred turn shaped”, In M. Atkinson, & J. Heritage (Eds.), Structures of Social Action: Studies in Conversation Analysis, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 57-101.

ダンスバトルにおける演者ー観客間の心拍同期の動性・社会性

Synchronized Arousal between Dancer and Audience in Breakdance Battle Scenes

清水 大地†，土田 修平‡，大西 鮎美†，寺田 努†，塚本 昌彦†
Daichi Shimizu, Shuhei Tsuchida, Ayumi Ohnishi, Tsutomu Terada, Masahiko Tsukamoto
†神戸大学，‡お茶の水女子大学，
Kobe University, Ochanomizu University
d-shimizu@people.kobe-u.ac.jp

概要

本研究では，現実のダンスバトルにおいてダンサーと観客間に生じる心拍同期を検証した. 過去, パフォーマーと観客との間で生じる生理的な同期の重要性は提案されてきたが，ダンスや音楽等のパフォーマンス場面については十分に検討されていない．我々はダンスバトルを企画し、現実のパフォーマンス時のダンサーと観客の心拍数を測定し，その同期の様相を交差再帰定量化解析により検討した．結果，1）ダンサーと観客間に心拍同期が生じること、2）両者の社会的関係により，その程度が異なること、3）パフォーマンスの進行に伴い，その程度が変化すること，が示唆された. 以上はパフォーマンスの共有過程に，身体的・生理的・社会的側面が関与することを示す重要な知見と考えられる.

キーワード：心拍同期，Multi-channel Coordination Dynamics，CRP/CRQA，ダンスバトル，フィールド実験

1. はじめに

ダンスや音楽等の舞台芸術では，演者や観客といった場面に存在する人々が活発に関わり合い，魅力的なパフォーマンスが披露されていく（Bailey, 1980）．ダンスや音楽の社会的起源の観点（ダンス・音楽が多様な文化に遍く普及した背景）からも，これらの相互作用の重要性は強く主張されてきた（Merker et al., 2015）.

近年，以上のパフォーマンス場面における人々の関わり合いへの定量的検討が営まれつつある．例えば，Badino et al. (2015)は，オーケストラのパート間のリーダー・フォロワー関係やその演奏の質との関係を身体の動きから検討した．また，Walton et al. (2017)は，ジャズの演奏者ペアに着目し，演奏時の動きと出す音の音程双方の同期・協調とその変遷を検討した. ダンスについては，Shimizu & Okada (2021, under review)が，バトル場面の競争関係にある 2 名のダンサーを取り上げ，そのリズムや前後移動に反対のタイミングや方向で協調させる逆位相同期が見られることを示している．またこの研究では，複数の行動側面（ジェスチャー・表情・ダンスステップ等）に関して同期・協調等の複雑な相互作用が生じること，その包括的な相互作用の様相やその動的変化に，パフォーマンスの魅力が含まれうることが提案された（Multi-channel Coordination Dynamics）。

以上の研究は、パフォーマンスにおける人々の振る舞いに焦点を当て，その関わりの定量的検討を試みている. 一方で, 表現において生じる複雑な相互作用やその魅力を十分に理解するには，演者や観客の内的に生じる情動や生理的変化も含め統合的に検討する必要がある．実際，Konvalinka et al. (2011)は，スペインの村で開催される火渡りの儀式において，演者と観客の心拍数を測定し，その間に同期・協調が見られること，その社会的関係（観客が演者の家族・友人か，それとも観光客か）によって同期・協調の程度が異なることを示唆している．一方で，この著者らは，火渡りの儀式という覚醒が生じやすい特殊状況を対象としていることを自ら指摘し，知見の一般化に慎重な姿勢を示している.

以上を踏まえ，本研究では，ダンスバトルに焦点を当て演者ー観客間に生じる心拍同期の様相とその社会的関係による差異を検証する．さらに，Shimizu and Okada (2021, under review)の提案に基づき，パフォーマンスの進行に伴うその動的変化も併せて検討することとした. 具体的には，以下 3 点の問いを検討する.

1. ダンスバトル場面においても，演者ー観客間の心拍数の同期・協調が生じるのか.
2. 社会的関係によって心拍数の同期・協調の程度は変化するのか.
3. パフォーマンスを通して心拍数の同期・協調の程度は動的に変化するのか.

2. 方法

2. 1. ダンスバトルの概要

著者らは，専門家の協力を得て実際にダンスバトルを開催した（2022 年 9 月 17 日に神戸開催の「Sweet Coast Breaks」）．参加した人々（MC、DJ、ダンサー、審査員、観客）やルールは，通常のバトルとほぼ同様であった. ダンスバトルは, 大きく 2 つの段階で構成された.

A：決勝トーナメント出場のダンサー（Top 16）を決める予選，B：トップ 16 のダンサーによる決勝トーナメント. 本研究では, 柔軟な測定が可能であった決勝トーナメント内のトップ 8 以降を対象とした.

今回のバトルでは，ダンサーはそれぞれ交互に 30〜60 秒程度のパフォーマンスを 2 回ずつ披露した（披露時間は明確には定められていない）．また，パフォーマンスを披露する順番もあらかじめ決められておらず，DJ が音楽を流した後に，ダンサーが表情やジェスチャー等の非言語的なやり取りを通じて順番を決定した。

2．2．協力者

測定可能な機器数に基づき，3 名のダンサーと 11 名の観客が測定対象として選ばれた．その中で決勝トーナメント最終戦（決勝戦）に進出したダンサー2 名（A, B）と欠損の見られなかった観客 10 名（1−10）のデータを解析に用いた．観客 1−3 はダンサーA の，観客 4−6 はダンサーB の友人である．観客 7−10 は，上記 2 名のダンサーとは社会的関係を有していなかった.

2．3．機器

心拍数の測定にはウェアラブルの心拍センサー（MyBeat：WHS-1、Union Tool Inc.）を用いた。この装置は心拍の生起を 1,000 Hz で測定し，その間隔（R-R Interval：RRI）を記録する．参加者はそれぞれ胸部に本装置を装着し，バトル場面に参加した.

2．4．解析

前処理

まず, 心拍データの前処理を行った. 測定されたイベントベースの時系列（RRI）を 1 秒間隔の時系列に変換した（e.g., Kodama et al., 2017）．データが存在しない部分には, 3 次スプライン補完により補完を行った. そして, 補完したデータに標準化を行い，以後の解析に用いた.

ダンサーと観客間の心拍数の同期・協調

本研究では，相互再帰定量化解析（Cross Recurrence Quantification Analysis：CRQA)によりダンサーと観客間の心拍の同期・協調を算出した．CRQA は，2 時系列間の同期・協調を調べるために広く用いられてきた非線形時系列解析である（e.g., Marwan, 2002）．この解析は, データの定常性やサイズに制限されず, 多様なデータに適用可能な特徴を持つ（清水ら，2024）．また，前述の儀式場面の心拍同期検証にも用いられており適切な手法と考えられた（Konvalinka et al., 2011）.

解析は，以下の順序で実施された．A：ダンサーと観客の両時系列の状態空間への埋め込み，B：埋め込まれた両時系列の協調状態の同定と可視化（Cross Recurrence Plot：CRP の作成），C：協調状態の定量化である．ページ数の関係から各手続きの仔細，特に A の仔細は省略する（詳細は，Kodama et al., 2021; Marwan, 2002; Webber & Zbilut, 2005 を参照）．CRP は，一方の時系列（例：ダンサーの心拍）を横に，他方の時系列（例：観客の心拍）を縦に並べ，両時系列の値が特定の閾値より近似した交差点を協調として黒く塗りつぶして生成する（図 2）．よって CRP は，両時系列間に協調が見られた点を 2 次元上に可視化したものと捉えることができる．そして CRP に基づき，ダンサーと観客間の協調の程度を DET (%Determinism), MaxL (Maxline)、L (MeanLine)により定量化した（清水ら，2024; Webber & Zbilut, 2005）．以上は，先行研究で頻繁に用いられる指標であり, 同期・協調にとって重要とされる CRP 上の連続する斜線（同期・協調の継続）に着目したものである．DET は全協調点に対する連続する斜め線の比率，MaxL は斜め線の最大の長さ，L は斜め線の平均の長さをそれぞれ示す.

そして, 以上の心拍同期・協調の指標について，様々なダンサーと観客との組み合わせ間で比較し，問いを検証した。まず, バトル場面で実際にダンサーと観客間の心拍同期・協調が生じるかを検証した．ここでは，パフォーマンスを披露したダンサーとそのパフォーマンスを鑑賞した観客の心拍の同期・協調の程度を CRQA により算出した（Real pair）．また，相互作用の無い状態でも偶然に生じうる同期・協調との差異を比較するため, 披露・鑑賞関係をシャッフルした同一ペア間の心拍同期・協調も算出し，Real pair との比較を行った（Virtual pair．例：決勝戦のダンサーの心拍と準決勝戦の観客の心拍）．そして，ペアの種類（Real, Virtual）を固定効果，ダンサー（A, B），観客（1−10）をランダム効果とする線形混合モデリング（LMM）を行い，ペア間の同期・協調の差異を検証した.

社会的関係が心拍同期・協調に及ぼす影響

2 つ目の問いの検証のため, ダンサーとの関係に基づき, 観客を 2 グループに分類し，各グループの心拍同期・協調の程度を算出した．一方のグループはダンサーの友人で構成され（ダンサーA：観客 1−3，ダンサーB：観客 4−6), 他方のグループはダンサーと関係を有さない観客で構成される（観客 7−10）．そして，社会的関係（近い・遠い）を固定効果、ダンサー、観客をランダム効果として LMM を行い，グループ間の心拍同期・協調の差異を比較した.

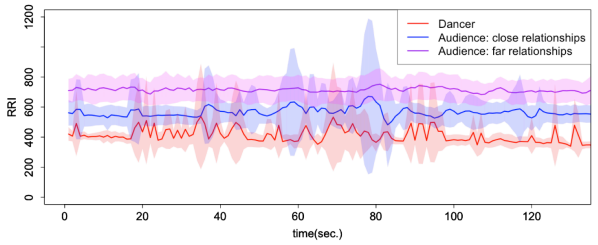


図 1. RRI（心拍間隔）の平均値と SD

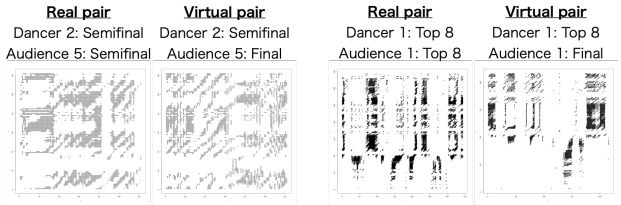


図 2. Real pair, Virtual pair の心拍同期・協調の CRP

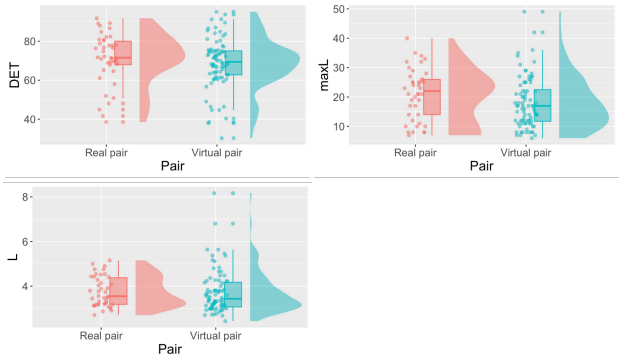


図 3. Real pair, Virtual pair の心拍同期・協調の CRQA

心拍同期・協調の動的変遷

3 つ目の問いを検証するため, 各ダンサーがパフォーマンスを披露した 4 ターンにバトル時間を分割し，各ターンの心拍同期・協調の程度を算出した. そして，ターン（ターン 1−4）と社会的関係（近い・遠い）を固定効果、ダンサー、観客をランダム効果とする LMM を行い，ターン間の心拍同期・協調の差異を比較した.

3. 結果と考察

3. 1. ダンサーと観客間の心拍数の同期・協調

RRI（心拍間隔）の平均値を図 1 に示す. 図より，ダンサーの RRI は観客の RRI よりも短い(心拍周期が短い)ことが分かる. さらにダンサーの変動は, 近しい関係を持つ観客の変動と概ね対応する様子が窺われる.

Real pair と Virtual pair の心拍同期・協調の程度を図 2，3 に示す. CRP を見ると，Real pair において黒点が多く，長い斜線が多いことから，Real pair において同期・協調が生じていたと考えられる. 実際，CRQA の値は，DET において Real : 71.21，Virtual : 68.86，maxL :

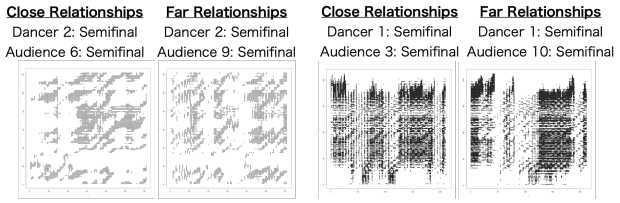


図 4. 各社会的関係の心拍同期・協調の CRP

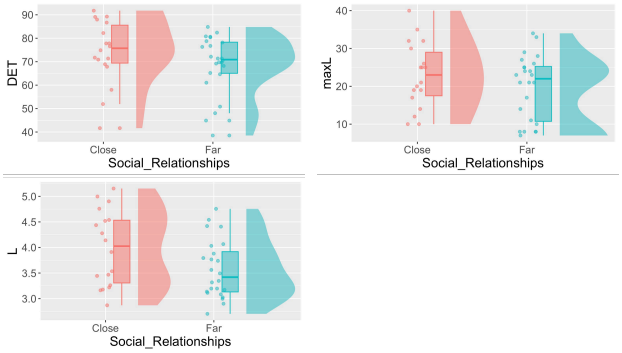


図 5. 各社会的関係の心拍同期・協調の CRQA

Real : 21.12，Virtual : 18.01，L : Real : 21.12，Virtual : 18.01 であり，Real pair において高い同期・協調が見られた（図 3）. LMM においても，maxL においてペアの種類が有意な影響を与えていた（標準化係数 : 3.11，p =0.020）. 以上から，バトル場面では実際にダンサーと観客間で心拍の同期・協調が生じることが示唆された.

3. 2. 社会的関係が心拍同期・協調に及ぼす影響

次に、異なる社会的関係が心拍同期・協調に与える影響を検証した. 結果を図 4，5 に示す. 図 4 より，関係の緊密なダンサーと観客間ほど，多くの黒点と斜線が見られることが分かる. CRQA の値は，DET : 近しい観客 : 74.24，遠い観客 : 68.93，maxL : 近しい観客 : 22.89，遠い観客 : 19.79，L : 近しい観客 : 3.99，遠い観客 : 3.57 であった（図 5）. LMM においても，DET, MaxL, L において社会的関係が有意な影響を与えていた（DET : 標準化係数 : 0.053，p =0.010，maxL : 3.10，p =0.014，L : 0.42，p =0.028）. 以上は，バトル場面においてダンサーと関係の深い観客との間で，より強く心拍数の同期・協調が生じたことを示唆している.

3. 3. 心拍同期・協調の動的変遷

最後に, パフォーマンスの展開による同期・協調の動的変化を検証した. 結果を図 6，7 に示す. 図 6 より，ターンにより黒点と斜線の頻度が変化することが分かる. 紙面の都合により値・検定の仔細は略するが, 関係の近しい観客では, 同期・協調の程度がバトル序盤で低く，中盤で高くなり，終盤で再び低くなる様子が見られた（図 8）. 一方で関係の遠い観客では，ターン経過ごとに同期・協調の程度が一貫して低下する様子が見られ

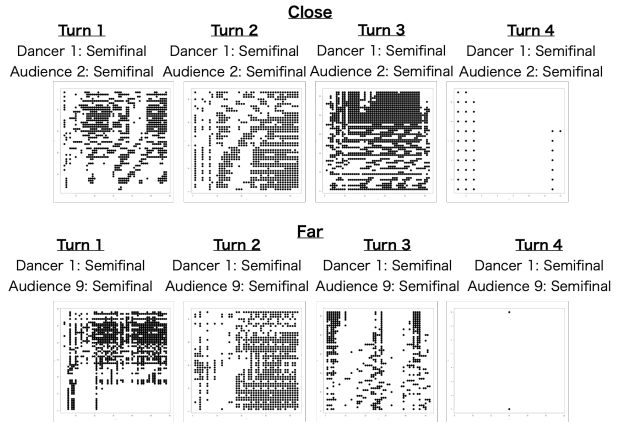


図 6. 各ターンの心拍同期・協調の CRP

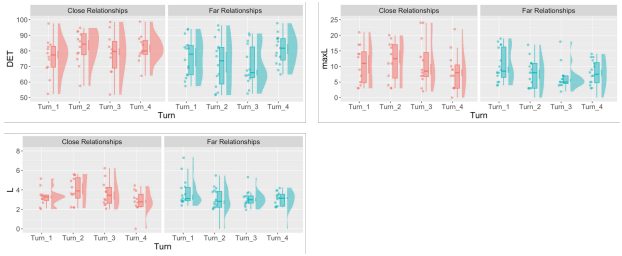


図 7. 各ターンの心拍同期・協調の CRQA

た．LLM も上記と整合的な結果を示している．

4. 総合考察

本研究では，ダンスバトルにおけるダンサー・観客間の複雑な相互作用について，内面（生理・情動）に着目し，実際にダンスバトルを開催して定量的な検討を行った．結果として，以下 3 つの知見が得られた．

1. ダンサーと観客間で心拍数の同期・協調が生じる．
2. ダンサーと観客間の社会的関係により同期・協調の程度は変化する．関係が近しい場合，より強い心拍同期・協調が見られる．
3. パフォーマンスを通して心拍数の同期・協調の程度は変化する．変化の方向性は，ダンサーと観客との社会的関係により異なる．

Konvalinka et al. (2011)では，火渡りの儀式時に演者と観客間で心拍数の同期・協調が生じること，その特殊性から他場面への一般化には慎重になる必要があることが論じられた．この知見と本研究結果を踏まえると，興奮の共有過程を示すと推測される心拍数の同期・協調は，ダンスや音楽など他の上演芸術でも広く見られる汎用的な現象と考えられる．観客の視点から考えると，この事象は興味深い洞察を与えてくれるであろう．これまでパフォーマンスや作品の鑑賞過程の研究は，主に観客の知覚過程・高次認知過程に焦点を当てて行われてきた（e.g., Leder et al., 2004; Pelowski et al., 2016）．しかし上記の知見は，観客と演者との心拍同期という身体的・生理的・社会的プロセスが鑑賞過程に強く関与する可能性を示している．以上の身体的・生理的・社会的過程と鑑賞時の美的体験や認知評価との関係の解明には，さらなる検証が必要であろう．現在我々は，審査員の心拍数とパフォーマンスへの認知評価を用いて，この側面に関する探索的研究を行っている最中である．また，現場のフィールドを対象にした研究の限界も含まれているものの，サンプルサイズが限定されている点，同時に生じる三者間以上の相互作用を検討出来ていない点についても，さらなる改善が必要と考えられる．

文献

Badino, L., D'Ausilio, A., Glowinski, D., Camurri, A., & Fadiga, L. (2014). Sensorimotor communication in professional quartets. *Neuropsychologia, 55*, 98-104.

Bailey, D. (1980). *Improvisation: Its Nature and Practice in Music*. DaCapo Press.

Kodama, K., Shimizu, D., Dale, R., & Sekine, K. (2021). An approach to aligning categorical and continuous time series for studying the dynamics of complex human behavior. *Frontiers in Psychology, 12*, 614431.

Konvalinka, I., Xygalatas, D., Bulbulia, J., Schjødt, U., Jegindø, E. M., Wallot, S., ... & Roepstorff, A. (2011). Synchronized arousal between performers and related spectators in a fire-walking ritual. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(20), 8514-8519.

Marwan, N., Romano, M. C., Thiel, M., & Kurths, J. (2007). Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics reports, 438*(5-6), 237-329.

Merker, B., Morley, I., & Zuidema, W. (2015). Five fundamental constraints on theories of the origins of music. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *370*(1664), 20140095.

Pelowski, M., Markey, P. S., Lauring, J. O., & Leder, H. (2016). Visualizing the impact of art: An update and comparison of current psychological models of art experience. *Frontiers in human neuroscience, 10*, 160.

Shimizu, D., & Okada, T. (2021). Synchronization and coordination of art performances in highly competitive contexts: Battle scenes of expert breakdancers. *Frontiers in Psychology, 12*, 635534.

Walton, A. E., Washburn, A., Langland-Hassan, P., Chemero, A., Kloos, H., & Richardson, M. J. (2018). Creating time: Social collaboration in music improvisation. *Topics in cognitive science, 10*(1), 95-119.

瞬目同期を引き起こす映像の力の再構成
Reconstructing the Time-Varying Appeal of Videos That Induce Blink Synchronization

野村亮太†，佐藤豪†
Ryota Nomura,Go Sato
† 早稲田大学
Waseda University
nomuraryota@waseda.jp

概要
映像の訴求力は，表現そのものだけで決まるのではなく，視聴者の情報処理も関与するため，直接観察することはできない．本研究では，瞬目情報だけから瞬目同期を引き起こす共通入力としての訴求力の再構成を試みた．再構成にあたって，パラメータの影響は大きくはなかったが，再構成された共通入力のピークは必ずしも印象に残ったシーンとは対応していなかった．今後，訴求力の性質に応じた生理指標データに適用していくことが有益である．

キーワード：瞬目同期(blink synchronization)，訴求力(appeal)，非線形力学系(nonlinear dynamical systems),

1. はじめに[1]

本研究の目的は，自発性瞬目（以下，単に瞬目と呼ぶ）を視聴者の認知システムの出力として捉え，瞬目率時系列の情報だけから，視聴者に瞬目同期を生じさせる映像の力の各時刻での強さを同定することである．

人間は平均して1分間に約 20 回の瞬目を行っているが，これは瞳の表面の乾燥を防ぐために必要な 1 分間に4回程度と比べて格段に多い[1]．こうした高頻度の瞬目は，視覚的注意と関連することが指摘されている．特に，動画を視聴する際の瞬目は，視聴者の認知過程に連動して制御されている[2]．それゆえ，瞬目生起のタイミングは視聴者により異なるはずだが，実際には同じ映像を視聴し，意味内容を理解しようとすることで思考の流れがガイドされ，結果として複数の観客間で類似したタイミングで瞬目が生じる[3].

ところで，CM や地方 PR 動画のような映像作品は，視聴者にメッセージを伝えることが目的である．一般にこうした作品が「目を引く」というのは，対象が人の注意を惹きつけ，興味や関心を抱かせる様子を指す比喩的な表現である．だが，多くの人の「目を引く」ということは，行動に着目すればその言葉の通り，瞬目を抑制してよく見ることを意味するかもしれない．これは映像の訴求力とも関連するだろう．通常，CM や地方 PR 動画の訴求力とは，視聴者の態度を変容させ，購買行動等を導く力のことである．だが，実験のように短い時間に数回だけ曝露することでそこまでの影響力があるとは考えにくい．ここでは，より実際的な意味として，映像が視聴者の瞬目行動を誘導し，その時間あたりの頻度である瞬目率の増減を同期させる力を指して限定的な意味で訴求力と呼ぶ.

この訴求力は，表現そのものだけで決まるものではなく，視聴者の情報処理も関与するため，直接観察することはできない．入力を直接観察できないとき，それを知りうる手段として，近年，個体差を有する複数のシステムの出力の情報から，これらのシステムに共通して与えられる入力を再構成する手法が開発されている．重畳リカレンスプロット (superposed recurrence plot,以下 SRP) 法[4]と呼ばれるこの手法の基本的な発想は，出力に含まれる共通のダイナミクスを非線形力学系理論に基づき抽出するというものである．入力を受ける1つのシステムからの出力は，共通入力のダイナミクスとシステムのダイナミクスの両方を反映している．このため，個体差のある複数のシステムの出力は入力のダイナミクスを共通に含んでいる．ゆえに，共通入力の状態を SRP により抽出できる．これを古典的多次元尺度構成法で時間軸上に配置し直すことで，各時点での入力の時系列の振幅が得られる[4]．本研究でも，視聴者の瞬目点過程から算出した瞬目率にこの再構成手法を適用し，直接は観察することができない訴求力の再構成を試みる.

2. 方法

2. 1. 実験参加者

実験参加者は 18 歳から 25 歳 (平均年齢 22.75 歳, 標

[1]本研究では，第 2 著者が実験を計画・実施し，第 1 著者が分析を行った．分析は新たに行ったが，方法などの文章は，第 2 著者が提出した早稲田大学人間科学部 2023 年度卒業論文(未公刊)に加筆・修正を行ったものである.

準偏差 6.74 歳)の社会人学生を含む大学生・大学院生44 名 (男性 22 名，女性 22 名)であった．実験参加募集は早稲田大学に所属する学生が閲覧できるポータルサイトにて行った．募集では，15 分ほどパソコンの画面を注視する際に問題がないこと，実験時の撮影協力に同意できることを参加の条件とした．実験参加者には，文章を提示しながら研究内容を説明し，全ての参加者から研究協力の同意を得た．実験のすべての手続きは，早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理審査委員会より承認を受けた (映像視聴行動の予測に関する研究，承認番号 2021−311).

2．2．映像刺激

映像刺激として，長野県小諸市の地方 PR 動画である「小諸がアツ・イーシリーズ」の第 1 弾と第 2 弾の計 2 本を使用した．「小諸がアツ・イーシリーズ」の第 1 弾は 2016 年に YouTube にて公開された．小諸市職員によって予算 9500 円で制作された地方 PR 動画としてマスメディアにも取り上げられ，2024 年 7 月現在，6.7 万回以上再生されている．第 2 弾も第 1 弾と同様に小諸市職員によって制作され，2017 年 6 月に公開された．2024 年 7 月現在，1 万回以上の再生回数を記録している．権利者である小諸市から使用の許諾を得て，実験を行った．

2．3．瞬目開始時刻の同定

動画視聴時の瞬目は ELAN 6.1 を用いて評定者による目視にて同定した．動画視聴中の顔を含む上半身の動画は，iPhone13 のカメラを動画再生用のディスプレイ前にスマートフォンスタンドを使用して設置して撮影した．なお撮影した動画から地方 PR 動画が再生されるタイミングを特定するため，iPhone13 の外側カメラと内側カメラで同時に撮影 (ワイプ撮影) することができるアプリケーションを使用した．

なお，瞬目の開始時刻の同定については，文献[5]を参考に基準を定めた．具体的には，瞳孔が瞼によって隠されることを瞬目と定義し，瞼が瞳孔にかかった時点を瞬目の開始点，瞼によって隠れていた瞳孔の全体が再び視認できた時点を瞬目の終了点とした．以上の判定基準に基づいて ELAN 6.1 のアノテーション機能で瞬目の開始時刻と終了時刻を特定した．

2．4．手続き

実験参加者には一人で実験室に来てもらった．実験室に入室後，映像の視聴に先立ち，実験の内容や音声や画像を取得すること，個人情報の取り扱いについて説明を行い，研究協力への同意を求めた．動画再生用ディスプレイの前に置いたスマートフォンスタンドに iPhone13 を設置し，動画の撮影を開始した．動画撮影開始から 5 秒経過後，1 本目の動画を提示した．順序効果をなくすために 2 本の動画の提示順を実験参加者ごとに入れ替えた．

なお，日常的な動画視聴状況においては，動画のタイトルやサムネイルを見て期待を抱き，再生したものの，「内容がおもしろくなくて途中で視聴をやめる」ということが多々ある．このため，YouTube 上での実際の視聴状況に近づけるため，動画を提示する前に当該動画のサムネイル画像を 15 秒間提示した．視線計測および瞬目同定のため動画撮影を行いながら地方 PR 動画を提示し，質問紙調査を実施した．質問紙は印象に残ったシーンを自由記述による回答を含む．

同様の流れで 2 本目の動画視聴および各データの計測，収集を行った．以上の手続きの後，実験参加者の利き目の調査を口頭にて行い，実験を終了した．実験の説明と同意確認に 10 分程度，キャリブレーションに 30 秒程度，動画視聴に 4 分程度，質問紙への回答に 10 分程度を要し，1 人当たりの実験時間は合計 30 分程度であった．

2．5．再構成手法

瞬目開始時刻の点過程時系列を用いて，5 秒の時間窓を 1 秒ごとにオーバーラップを認めてスライドすることで瞬目率を求め，SRP 法[4]を適用した． まず，出力の時系列データを特定の次元の遅れ時間座標系に埋め込み，全ての参加者についてそれぞれリカレンスプロット(以下，RP)を作成した．次に，作成した RP の共通部分を同定した．本研究で新たに導入する，重畳数を考慮した重畳リカレンス・マトリクスの(i,j)番目の要素$\boldsymbol{SR}_{ij}^{q}$を

$$\boldsymbol{SR}_{ij}^{q} = U\left\{\left(\sum_{k=1}^{N}\boldsymbol{R}_{ij}^{k}(\varepsilon_k)\right) - q\right\}, i,j = 1,2,\dots,N, (1)$$

である．ただし，Nは参加者の総数，kは各実験参加者の瞬目率時系列データである．また，$\boldsymbol{R}_{ij}^{k}(\varepsilon_k)$は閾値$\varepsilon_k$のときのリカレンス・マトリクスの$(i,j)$番目の要素である．$U(\cdot)$は単位ステップ関数であり， 引数が 0 以上であれば 1 を返し，引数が 0 より小さければ 0 を返す．つまり，式 (1)は，重畳数qと比較して，それ以上の個数の$\boldsymbol{R}_{ij}^{k}(\varepsilon_k)$が1となったかを判定する．これは少なくとも$q$個のシステムにおいて，$\boldsymbol{R}_{ij}^{k}(\varepsilon_k) = 1$となっているとき$\boldsymbol{SR}_{ij}^{q}$上の$(i,j)$番目の要素が1になり，そうでなければ0となることを意味する．例えば $q = 3$では，少な

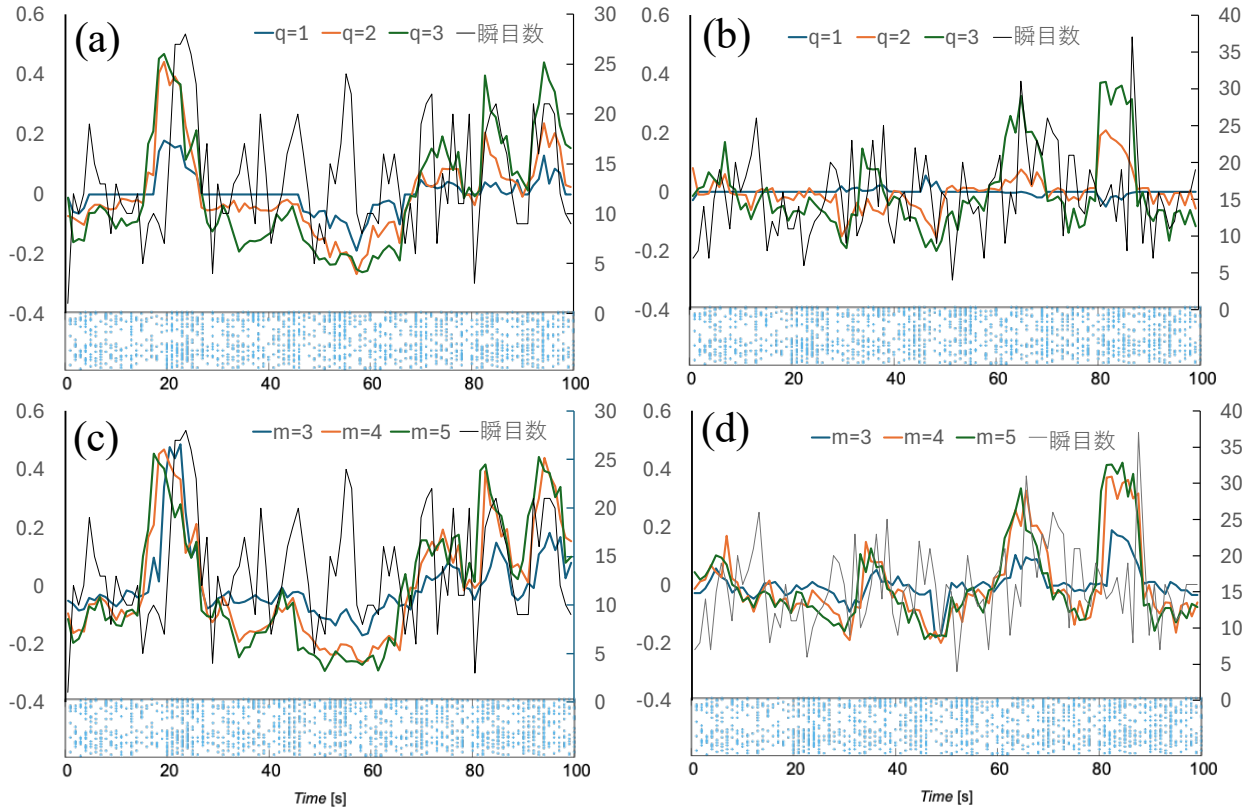


Figure 1 第 1 弾（左）と第 2 弾（右）について再構成された共通入力および瞬目のラスタープロット．(a), (c) $m = 4, q = 1, 2, 3$のとき．(b), (d) $m = 3, 4, 5, q = 3$のとき．また，青色の点は，その時刻に瞬目開始時刻点過程を示している．瞬目数は 60 秒当たりの回数を参加者で平均した値．なお，二つの動画の結果を比較できるよう，動画全体の長さを 100 としてプロットしている．

くとも 3 個のシステムで$\boldsymbol{R}_{ij}^{k}(\varepsilon_k) = 1$とならなければ，$\boldsymbol{SR}_{ij}^{q}$の$(i, j)$番目の要素は1にならない．$\boldsymbol{R}_{ij}^{k}(\varepsilon_k) = 1$となる要素の状態は，共通入力のダイナミクスにおいても近傍であり，かつ，個々のシステムのダイナミクスでも近傍である．それゆえ，ある時刻の状態が少なくともq個のシステムで近傍にあるとき，その時刻の状態が共通入力のダイナミクスにおいても近傍である可能性が高い．なお，式(1)は，$q = 1$のとき先行研究での SRP 法[4]の定式化と一致する．

また，時間遅れ座標系への埋め込みのパラメータは，先行研究[5]に基づいて決定した．具体的には，埋め込み次元$m = 3, 4, 5$，時間遅れ$\pi = 1$（1 秒）とした．また，重畳数$q = 1, 2, 3$とした．

なお，再構成される共通入力は，スケールの情報が失われるため，単位は任意である．また，正負の向きも任意であるが，本研究では解釈のしやすさから瞬目数の増加する向きを正と定めた．

3. 結果

3.1. 再構成された共通入力のパラメータ依存性

いずれのパラメータでも共通入力は再構成することができた．ここでは，紙幅の都合上，埋め込み次元と重畳数を固定した場合の結果を報告する．

まず，第 1 弾の動画について，重畳数$q = 1$のとき，再構成された共通入力の振幅が小さかった．$q > 1$のときと比べ，平坦であり変動を適切に捉えられていないと考えられる．これは，$\boldsymbol{SR}_{ij}^{q}$のほとんどの要素が1であり，共通部分というよりも個々のシステムのダイナミクスが反映されたためだと考えられる．$q = 1$のときの傾向は，第 2 弾においても同様であった．

一方，$q > 1$であれば，再構成された共通入力のピークは，パラメータにあまり依存していなかった（Fig. 1(a), (c)）．重畳数を固定して埋め込み次元を検討した場合（Fig. 2(c)）では，$m > 3$のとき，再構成された共通入力の振幅に大きな違いはなかった（$r \approx .90$）．この傾向は，第二弾の動画でも共通していた．文献[4]によれば，この手法はカオス的応答を示すシステムの出力に適用した場合にも，ピークは適切に検出することができるという．このため，ここで見出されたピークは映像が有する力を反映していると考えられる．

3.2. 再構成された共通入力と瞬目数の関係

再構成された共通入力では，第一弾の動画では，３つのピークが見出された．また，第二弾の動画では，２つのピークが見出された．瞬目数（60 秒あたりの平均値）が10^0秒オーダーの短い期間で変動を繰り返していたのとは対照的に，再構成された共通入力は，10^1秒オーダーでゆっくりと変動を示した．

第 1 弾について，再構成された共通入力の最初のピークでは，瞬目数の増加にやや先行して増加していた．これは印象に残ったシーンとして挙げられたものの 1 つ(9 秒~17 秒)の直後に相当する．再構成された共通入力のあとの 2 つのピークでも瞬目数は増加していたが，その値は他の場面でも見られる程度のものであった．このため，その値だけから瞬目数のピークであるか否かは，弁別できない．

第 2 弾について，再構成された共通入力のピークは，瞬目率の増加との間で明確な対応は見られなかった．また，再構成された共通入力は，印象に残ったシーンとも対応していなかった．

4. 考察

本研究では，直接には観察することができない訴求力を，視聴者の瞬目反応という出力の情報だけから共通入力として再構成することを試みた．その結果，瞬目率の変動よりも遅い変動の共通入力が見出された．特に$m > 3$のとき，再構成された共通入力の概形は変わらないことが明らかになった．非線形力学理論では，十分な次元が確保されれば埋め込みができることが示されており，この場合，$m = 4$が十分な次元であった可能性がある．

本研究では，再構成された共通入力のピークは，印象に残ったシーンとして挙げられた場面との対応関係はほとんど見られなかった．ただし，対応がないことは，瞬目数においても同様であった．このため印象に残るという事後の記憶の強度については，そもそも逐次的な情報処理に関連する瞬目行動とは必ずしも対応していなかった可能性がある．

こうした結果がもたらされた一つの理由は，印象強さの測定方法にあると考えられる．本研究の手続きでは印象に残るシーンを自由記述で回答してもらっていたために，言及されたシーン以外の印象強さは不明であった．このため今後の研究では，感情評価ダイアル[6]のような装置を用いることで連続的に主観的な評価を行ってもらうといった方法を取り入れることで，再構成された共通入力の秒オーダーで統計的な関係性を明らかにすることもできるだろう．

再構成された共通入力と瞬目数時系列との間の相関は大きくなかった．もしこの結果が，共通入力が適切に再構成されたものの，視聴者の認知システムの個人差により出力が多様であったことを意味するなら，今後の研究では，個人差を組み込んだ瞬目モデル[2]に再構成された共通入力を一斉に与えることで，この結果が再現できるかを検討するのも有益であろう．

本研究の SRP 法は，分析の背景に特定の正規分布などの統計的な仮定を置かないため，非定常的な時系列データにも幅広く適用できる[4]．それゆえ，瞬目以外にも，脳波，心拍，体表温度，皮膚電位，呼吸など，他の生理指標データに SRP 法を適用することで訴求力に直接的に迫ることも可能かもしれない．共通入力は時系列として再構成されるので，訴求力としての共通入力によって生じる同期[7]の検討だけではなく，影響力の予測や因果推定など，幅広い応用が期待される．

文献

[1] Nakano, T., Yamamoto, Y., Kitajo, K., Takahashi, T., & Kitazawa, S., (2009). “Synchronization of spontaneous eyeblinks while viewing video stories”, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1673), 3635–3644.

[2] Hoppe, D., Helfmann, S., & Rothkopf, C. A., (2018). “Humans quickly learn to blink strategically in response to environmental task demands”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(9), 2246–2251.

[3] 野村亮太・岡田猛, (2014) “話芸鑑賞時の自発的なまばたきの同期”, 認知科学, 21(2), 226-244.

[4] Nomura, R., Fujiwara, K., & Ikeguchi, T., (2022). “Superposed recurrence plots for reconstructing a common input applied to neurons”, *Physical Review E*, 106(3), 034205.

[5] Nomura, R., & Maruno, S. (2019). Rapid serial blinks: An index of temporally increased cognitive load. *PLOS ONE*, 14(12), e0225897.

[6] Ruef, A. M., & Levenson, R. W., (2007). “Continuous measurement of emotion”, In *Handbook of Emotion Elicitation and Assessment*, 286–297.

[7] Nomura, R. (2024). “Reliability for music-induced heart rate synchronization”, *Scientific Reports*, 14(1), 12200.

謝辞

本研究の一部は，吉田秀雄記念事業財団研究助成金ならびに科学研究費補助事業（基盤研究(C)，基盤研究(B)，課題番号：21K12093 および 24K03013，いずれも研究代表者：野村亮太）の支援を受けた．

自己運動との比較による他者の指差し位置推定の困難さの要因の検討

An Investigation on the Factors Contributing to the Difficulty of Interpreting Others' Pointing Gestures in Comparison with Self-Motion

峯 大典[1*], 中島 亮一[2] 浅野 倫子[1] 鳴海 拓志[1]
Daisuke Mine, Ryoichi Nakashima, Michiko Asano, Takuji Narumi

[1]東京大学, [2]京都大学
[1]The University of Tokyo, [2]Kyoto University
* mine@cyber.t.u-tokyo.ac.jp

概要

本研究では、他者の指差し行動の解釈の困難さについて、視点の違いという従来の研究で示されてきた要因に加えて、運動の主体性という観点から検討した。一人称視点と三人称視点において、自己運動と他者運動の指差し行動から指差し位置を推定する課題を行ったところ、どちらの視点でも自己運動時の推定がより安定しており、視点によって正確性が異なった。つまり、指差しコミュニケーションの困難さが複合的な要因から生じていることが示唆された。

キーワード：指差し位置推定、自己・他者運動、一人称・三人称視点

1. 序論

指差し行動は一般的に用いられるコミュニケーションの一種であり、特に他者に対して口頭のみで伝えるのが困難な空間上の位置を伝える際によく用いられる。「あの赤い車を見て」というように言語を指差しと併用することもあるが、それが難しい場合（赤い車が並んでいる等）もある。しかし、指差しのみによって特定の位置を正確に伝えることは思いのほか困難であり、指差しの行為者の意図とは異なる位置に観察者の注意が向けられてしまうコミュニケーションエラーがしばしば生じる。近年、指差し行動におけるコミュニケーションエラーに関して、行為者と観察者の視点の違いに基づく説明が試みられている[1-3]。例えばHerbort et al.[3]では、実験参加者が、遠方の特定の位置（目標位置）を自己の指で示す指差し課題と、他者の指差し行動を観察し指差している位置を回答する観察課題を、それぞれ一人称視点、三人称視点で行った。その結果、一人称視点の場合、目標位置が目と指を結ぶ直線の延長線（eye-finger line: 以降 EFL）上にくるように指差しを行い、観察課題においてもその直線上に目標位置があると回答した。一方、三人称視点の場合は、目標位置が肩と指を結ぶ直線の延長線（shoulder-finger line: 以降 SFL）上にくるように指差しを行い、観察課題においても同様の回答をした。つまり、指差し行動やその解釈は、視点によって変化し、それが行為者と観察者間のコミュニケーションエラーの要因だと考えられる。

しかしながら、視点以外にも、指差しの行為者と観察者間のコミュニケーションエラーを生み出す要因はありうる。例えば、行為者は指差しを行う前に、あらかじめどこを指し示すかというトップダウンの意図を持ち、それをもとに自身の身体をコントロールして指差し行動を行う。一方、観察者はこの意図を事前に知ることはできず、行為者の身体の動きを観察するだけである。このような運動の主体性の有無が、観察者にとっての指差し位置の推定を難しくしている可能性が考えられる。これを検証するために、本研究では、他者の指差し行動の観察に基づく空間位置推定の正確性および安定性について、自己の指差し行動の観察に基づく推定と比較する。本研究では、実際の指差し位置を、一人称視点では EFL 上、三人称視点では SFL 上にあると見なし、それと推定された指差し位置の差分（これを推定誤差と呼ぶ）の平均値を正確性の指標（0 に近いほど正確）とし、分散を安定性の指標（小さいほど安定）とする。

実験では、実験参加者が VR を用いて、一人称視点および三人称視点における自己と他者の指差し運動を観察し、指差し位置の推定を行った。指差し行動の解釈が EFL や SFL という物理的に一意に定まるルールのみに依存するのであれば、自己運動と他者運動による指差し位置の推定の正確性、安定性に差はないと予想される。一方、運動の主体であることが影響するのであれば、自己運動と他者運動で正確性、安定性の少なくとも一方には差が見られると予想される。また、指差し位置の推定が指差し対象との距離に応じて変わ

るのかも検討した。

2. 実験 1

VR 空間内のアバターの指差し運動を観察し、前方の壁面上のどこを指しているかを推定する課題を行った。アバターを自分が動かす条件（自己条件)、他者が動かす条件（他者条件）を設け、推定の正確性、安定性を比較した。実験 1a では一人称視点で、実験 1b では三人称視点でアバターを観察した。

参加者

実験 1a,1b に 16 名ずつ（実験 1a: 25.3±5.8 歳、女性 7 名; 実験 1b: 25.7±8.4 歳、女性 10 名）が参加した。全員が正常な視力または矯正視力を有しており、運動能力に支障がなかった。

実験装置・刺激・手続き

VR 提示装置として HTC VIVE（両眼解像度 2,160 × 1,200 px)を使用し、VR 環境は Unity 3D で開発した。

実験 1a では、参加者はアバターの運動を一人称視点で観察し、VR 内でアバターが指差ししている前方の壁面上の位置をマウス操作で回答した。自己条件では、参加者は右手人差し指で壁面上の任意の場所を指差し、それと連動したアバターの指差し運動を観察した。他者条件では、参加者とは別の実験協力者が右手人差し指で壁面上の任意の場所を複数回指差しした運動を記録し、それをアバターの運動に反映させた。アバターと壁面との距離は 4 m、12 m の 2 条件あり、各参加者は他者・4 m、他者・12 m、自己・4 m、自己・12 m の 4 条件をそれぞれ 20 試行ずつ行った。各条件において、参加者の利き目と指を結んだ EFL と壁面の交点を各試行における原点とし、その原点と推定位置の差分（推定誤差）の平均値、分散を計算した。

実験 1b では、基本的な実験手続きは実験 1a と同じだったが、参加者はアバターの運動を三人称視点で観察した。アバターは壁に正対しており、参加者はアバターの後方 50 cm、 左 50 cm 離れた視点からアバターを観察した。また、各試行における指差し位置の原点を、EFL ではなく SFL に基づいて算出した。

結果と考察

各実験の結果（水平方向）を図 1, 2 に示す。以降の検定は全て Wilcoxon の符号順位検定を用いた。実験 1a では、水平方向に関しては壁面の距離 4 m、12 m 条件で共に他者条件よりも自己条件の推定誤差の平均値が小さい、つまり EFL に近い位置を推定していた（4 m : $V = 6, p < .001$; 12 m : $V = 20, p = .011$）。また、壁面 4 m 条件では自己条件と他者条件間で推定誤差の分散に有意差は見られず、壁面 12 m 条件では自己条件の方が他者条件より分散が有意に小さかった（4 m : $V = 98, p = .130$; 12 m : $V = 115, p = .013$）。一方、垂直方向に関しては自己条件と他者条件で平均値、分散ともに差が見られなかった（平均値　4 m : $V = 74, p = .782$; 12 m : $V = 80, p = .562$; 分散　4 m : $V = 57, p = .597$; 12 m : $V = 78, p = .632$）。

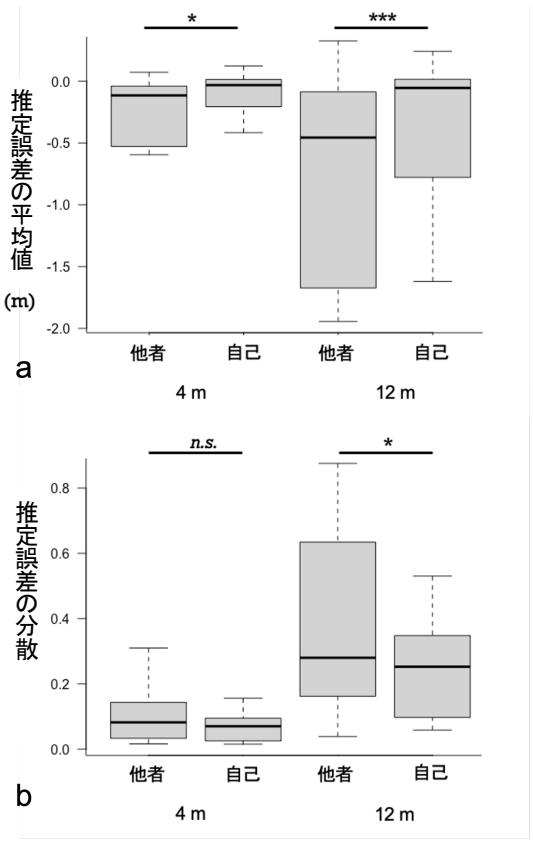


図 1: 実験 1a（一人称視点）水平方向における指差し位置の推定誤差の平均値 (a)、および分散 (b)。a の縦軸の正の値は基準点から左方向のずれを示す。

実験 1b では、水平方向に関して、壁面条件によらず、自己条件よりも他者条件の推定誤差の平均値が小さい、つまり SFL から近い位置を推定していた（4 m : $V = 113, p < .001$; 12 m : $V = 113, p < .001$）。実験 1a と同様、壁面 4 m 条件では自己条件と他者条件間で水平方向の推定誤差の分散に有意差は見られず、壁面 12 m 条件では自己条件の方が他者条件より分散が有意に小さかった（4 m : $V = 83, p = .464$; 12 m : $V = 111, p = .025$）。一方、垂直方向に関しては自己条件と他者条件間で平均値、分散ともに違いが見られなかった（平均値　4 m : $V = 106, p = .051$; 12 m : $V = 99, p = .117$; 分

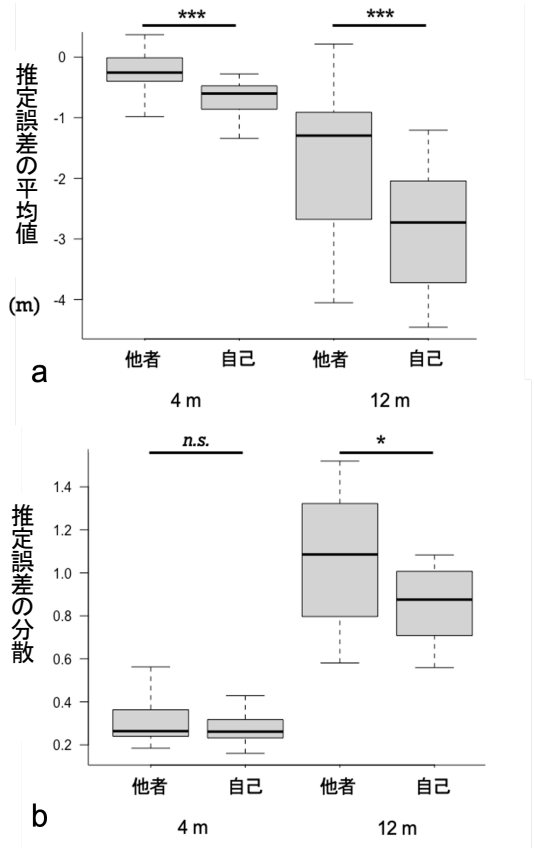


図 2: 実験 1b（三人称視点）水平方向における指差し位置の推定誤差の平均値 (a)および分散 (b)。a の縦軸の正の値は基準点から左方向のずれを示す。

散　4 m : $V = 30, p = .051$; 12 m : $V = 49, p = .348$)。

一人称視点の場合は、自己の指差し運動から推定された位置は、他者の指差し行動からの推定位置よりも EFL で物理的に定まる位置に近い、つまり正確であった。一方、三人称視点では、他者の指差し運動から推定された位置が、自己運動から推定された位置よりも SFL で定まる位置に近かった。具体期には、自己条件の推定位置が他者条件よりも右側により大きくずれていた。これは、視点に依存して運動の主体による指差し位置推定の正確さへの影響が異なることを示唆する。Herbort et al. [3]は、第三者視点での指差し位置の推定において、SFL に基づいた推定に加えて、自身の目線と他者の指を結んだ直線（三人称 EFL）に基づいた推定が影響をしていると報告している。実験参加者がアバターを左後方から観察していたことを考えると、自己運動で操作されたアバターを第三者視点で観察すると三人称 EFL による指差し位置推定の影響が大きくなったと解釈できる。

また、実験 1a と 1b に共通して、指差し対象が遠い場合に、他者の指差し位置の推定誤差の分散が大きくなる、つまり安定性が低下する。よって、観察した指差し運動から推定される指差し位置はある一定の範囲をもっており、それは距離に応じて拡大していくと考えられる。ただし、自己が運動する場合と他者が運動する場合で、その範囲の拡大具合が異なり（他者条件でより大きく拡大する）、それが指差しコミュニケーションにおけるエラーの一因だと考えられる。

3. 実験 2

実験 1 では、壁面が遠方にある場合に、指差し位置推定の安定性が他者条件の方が低かった。これは運動の主体性の有無の影響だと考えられるが、それだけではなく記憶の観点からも説明可能である。つまり、自己条件では、実験参加者は指差し行動を行う前に目標点を決定しており、その目標地点を正確に記憶できていれば、アバターの運動を観察しなくても指差し位置を推定可能である。実験 2 では、自己条件における目標位置の記憶が指差し位置推定の安定性に与える影響を調べた。そのために、一人称視点、三人称視点のそれぞれについて可視条件と不可視条件を用意した。可視条件は実験 1 の自己条件と同じであった。不可視条件では実験参加者が指差し行動を行った後、指差し位置の推定を行う前に VR 内のアバターが消失した。この条件では、アバターを観察しながら指差し位置を推定することができず、事前の目標位置の記憶に強く依存して回答を行うことになる。もし指差し目標位置の記憶に依存した位置推定をしているならば、可視条件と不可視条件間の推定に差がないと予想される。

参加者、実験装置、刺激および手続き

実験参加者は 16 名の大学生、大学院生（26.3 歳± 7.9 歳、女性 10 名）であった。全員が正常な視力または矯正視力を有しており、運動能力に支障がなかった。装置と刺激は実験 1 と同じであった。

各実験参加者が可視条件、不可視条件の両方を行った。各条件は、一人称視点と三人称視点のブロックに分かれており、条件の順序および各条件内でのブロックの順序はカウンターバランスした。アバターは常に参加者の運動に同期して運動した。アバターと壁面の距離は 12 m のみであった。可視条件では、自分が操作したアバターの指差しを観察しながら、指差し位置をマウスクリックで回答した。不可視条件では、まず実験参加者はある壁面上の位置を指差し、その後アバターが消失してから、指差し位置を回答した。

結果と考察

実験 2 の結果（水平方向）を図 3 に示す。一人称視点では水平方向、垂直方向共に可視条件の方が不可視条件より推定誤差が小さかった（水平 : $V = 114, p = .016$; 垂直 : $V = 3, p < .001$）。一方で三人称視点では、垂直方向の推定位置の差は見られなかったが（$V = 40, p = .159$）、水平方向に関しては不可視条件の方が可視条件より SFL に近い位置を推定していた（$V = 20, p = .011$）。アバターの手が不可視の場合、三人称 EFL の影響が減少し、正確性が向上したと考えられる。

また、一人称視点では、水平方向と垂直方向ともに可視条件の方が不可視条件より分散が小さい、つまり安定性が高かった。よって、記憶の効果が支配的ではないことが示唆された（水平 : $V = 21, p = .013$; 垂直 : $V = 0, p < .001$）。一方で、三人称視点ではいずれの方向に関しても可視条件と不可視条件との間で有意差はなく（水平 : $V = 35, p = .093$; 垂直 : $V = 91, p = .252$）、自身の指差し行動を観察する場合に記憶に基づく推定により安定性が向上した可能性は否定できなかった。つまり、一人称視点と三人称視点では、異なる方略で指差し位置推定を行っている可能性がある。ただし、

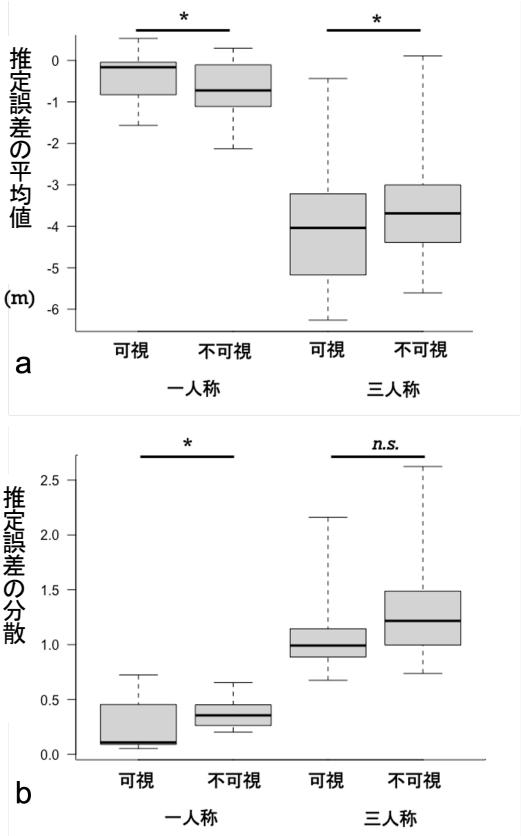


図 3: 実験 2 の水平方向における指差し位置の推定誤差の平均値 (a)、および分散 (b)。a の縦軸の正の値は基準点から左方向のずれを示す。

少なくとも一人称視点では、運動の主体であることが指差し位置の推定に関与すると考えられる。

4. 総合考察

本研究では、VR 装置を用いて、指差し運動の観察に基づく指差し位置の推定について、視点と対象との距離の影響を調べた。その結果、一人称視点と三人称視点のいずれの場合においても、自己運動の方が他者運動よりも位置推定の安定性が高かった。また、少なくとも一人称視点に関しては記憶以外の運動の主体であることの影響があることが示唆された。

運動の主体性については様々な解釈が考えられる。例えば、自分が操作する（すなわち運動主体感を伴う）身体は、他者が操作する身体に比べ空間位置の推定における手がかりとして働く可能性がある。また、運動しているのが自分自身であるという感覚（身体所有感）も、空間位置の認知に影響するかもしれない。運動の主体性のどのような要素によって指差し推定が変わるのか、今後詳細に検討する必要がある。また、一人称視点と三人称視点では正確性や安定性に関して部分的に異なる傾向があり、それぞれの視点では異なる方略を用いて推定がされている可能性もある。

指差しコミュニケーションでは、行為者の意図とは異なる位置に観察者の注意が向けられてしまうエラーが生じうる。先行研究では、視点の違いによる EFL と SFL に基づく指差し位置推定が原因であると報告されていた[1-3]。本研究は、それに加えて、運動の主体の違い（自己の指差し運動か他者の運動か）も指差し位置推定に影響することを示した。つまり、指差しコミュニケーションにおける行為者と観察者の齟齬は、複合的な要因によって生まれていると考えられる。

謝辞

本研究の一部は JST ムーンショット型研究開発事業（JPMJMS2013）の支援を受けて実施された。

文献

[1] Wnuczko M, Kennedy JM. Pivots for Pointing: Visually-Monitored Pointing Has Higher Arm Elevations Than Pointing Blindfolded. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 2011;37(5), pp. 1485-1491.
[2] Herbort O, Kunde W. Spatial (Mis-)interpretation of pointing gestures to distal referents. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 2016;42(1). pp. 78-89.
[3] Herbort O, Krause L-M, Kunde W. Perspective determines the production and interpretation of pointing gestures. Psychon Bull Rev. 2021;28, pp. 241-248

バーチャル空間におけるアバターをまとったコミュニケーションと嗜好品摂取によって得られる心理学的効果との関係
The relationship between avatar-mediated communication in a virtual world and Shikohin's psychological effects

林 大輔[1†]，白石 祥之[1†*]，近藤 涼香[1]，志方 比呂基[1]
Daisuke Hayashi, Yoshiyuki Shiraishi, Suzuka Kondo, Hiroki Shikata

[1]日本たばこ産業株式会社
Japan Tobacco Inc.
daisuke.hayashi@jt.com

概要

本研究は，バーチャル空間においてアバターをまとって行われるコミュニケーションと，嗜好品摂取によって得られる心理学的効果との関係について，質的・量的研究の両面から検討した．その結果，一定のプロセスを経てコミュニケーション促進，セルフ・エンパワメント，ポジティブ気分の獲得という 3 つの効果が得られることが示された．得られた結果と装いや演技との関係を踏まえつつ，バーチャル空間でのアバターをまとったコミュニケーションについて考察する．

キーワード : バーチャルリアリティ，アバター，コミュニケーション，嗜好品，心理学

1. 序論

社会的背景や技術の進展により，オンラインでのコミュニケーションはその手段を拡張しており，文字ベースでのコミュニケーションや動画でのコミュニケーション（ビデオ通話など）に加えて，VRChat や cluster などの VR SNS をはじめとしたバーチャル空間におけるアバターをまとったコミュニケーションが大きな広まりを見せている．ユーザは自身でアバターを選択・作成することができるが，その際には文脈に合わせつつ自己を反映させることや（Vasalou & Joinson, 2009），理想自己の表現となりうることが示唆されている（Banks, 2015; Zimmermann et al.,2023）．アバターを介したコミュニケーションについては，アバターの見た目や特性などに着目して，他者とのやり取りにおける影響や（Nowak & Fox, 2018; Takano & Taka, 2022; Teng et al., 2023），まとっている人自身の認知や行動に与える影響に関する研究が多く行われている（鳴海，2019; Praetorius & Gorlich, 2020; Szolin et al., 2023）．すなわち，アバターはバーチャル世界に入る際の「装い」であり，自己表現としての役割やコミュニケーションにおける役割を果たしていると考えられる．

一方，人類は古くからコミュニケーションを補助するツールとして嗜好品を用いてきたことが知られている．嗜好品は一人で嗜むこともできる一方，社会的文脈も重要であり，『人類の文化にはそのコミュニケーションの手段として嗜好品が頻繁に使われて』きており，『その集団をまとめるための接着剤として，新たなコミュニケーションの手段となった嗜好品は大きな役割を果たした』と指摘されている（山極, 2021）．四大嗜好品（酒・たばこ・コーヒー・茶）を摂取した際に得られる心理学的効果（以下，嗜好品的効果）に関する質問紙を作成した研究では，ポジティブ気分の獲得（e.g., くつろぐことができる，息抜きをすることができる），集中力の向上（e.g., 頭の中を整理することができる，作業がはかどる），コミュニケーション促進（e.g., 他者と有意義な時間を過ごすことができる，会話が弾む），セルフ・エンパワメント（e.g., 恥ずかしさがやわらぐ，自分を魅力的にすることができる）の 4 つの因子が示されている（横光他, 2017）．このうち前者 2 因子は個人内の内向きの効果である一方，後者 2 因子は他者を含めた外向きの効果だと考えられる．このような嗜好品の外向きの効果はアバターの有するそれと類似していることから，両者の関係を調べることでアバターがバーチャル世界において果たしうる役割や機能について，新たな観点からより深く考察できると考えられる．

そこで本研究では，アバターをまとってバーチャル世界でコミュニケーションを行うユーザがこれらの嗜好品的効果を得ているのかについて，インタビューを通じた質的研究と，質問紙を用いた量的研究の両面から検討を行う．

2. 質的研究

VRChat の現在ユーザ 4 名・過去ユーザ 1 名の計 5 名を対象に，面接者と対象者の 1 対 1 の半構造化面接に

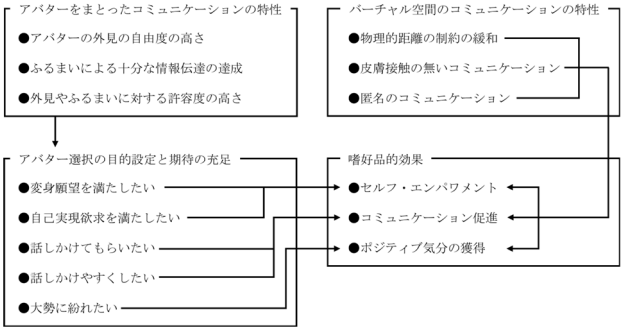
[†]equal contribution [*]現所属は株式会社 Lezily

よるインタビューを行った．インタビューはオンラインで，2021 年 8 月 5 日から 8 月 10 日の間に行われた．対象者には事前に，VRChat やアバターについて話を聞きたい旨を伝え，同意した方に対して 1 人当たり約 60 分のインタビューを実施した．インタビューでは，VRChat を始めたきっかけ，VRChat で何をしているか，VRChat の魅力，アバターの選択理由，アバターは自分にとってどのような存在か，アバターや VR 空間でのコミュニケーションについてどのように感じているかなどを尋ねた．事前にインタビューフローを作成したが，対象者との自然な会話の流れを重視し，質問の表現や順序は適宜変更した．インタビューは事前に許可を得た上で録画され，インタビュー後，対象者ごとに個人情報に配慮しながら逐語記録を作成した．なお，一連のインタビュー調査から逐語記録の作成までは，株式会社マーケティング・ガーデン協力のもと実施した．

得られた VRChat やアバターに関する発言内容について，質的研究法の 1 つである M-GTA（Modified Grounded Theory Approach）を用いて分析を行った（木下, 2007）．研究テーマは「アバターを用いた VR 空間におけるコミュニケーションと嗜好品摂取によって得られる心理学的効果の関係」であり，分析テーマは「VR ワールドにおけるコミュニケーションと主観的体験の形成プロセス」とした．分析焦点者は「VRChat を現在あるいは過去に利用していた人」であった．第二著者が中心となり，第一著者と協働して，データに基づいて概念を生成し，嗜好品的効果に至るプロセスを描写する分析を行った．

分析の結果，図 1 のような 4 カテゴリ，14 概念からなるプロセスを描写することができた．分析では，大きく 2 つのプロセスを経て，嗜好品的効果が得られていることが示唆された．まず，バーチャル空間におけるコミュニケーションは物理世界と異なり「物理的距離の制約がない」「物理的な皮膚接触がない」「匿名である」などの特性をもっていることから，ポジティブ気分の獲得，コミュニケーション促進，セルフ・エンパワメント（中でも「恥ずかしさがやわらぐ」「不安が紛れる」などの項目）の 3 つの効果が得られることが示唆された．また，アバターの外見やふるまいに対する高い許容度があった上で，アバターをまとうことで自身の目的や欲求が満たされると，ポジティブ気分の獲得，コミュニケーション促進，セルフ・エンパワメント（中でも「自分を魅力的にすることができる」「自分の気持ちを表現できる」などの項目）が得られることが示唆された．集中力の向上については，いずれのプロセスでも示唆されなかった．

図 1　インタビューの分析結果（●は概念）



3.　量的研究

質的研究によって得られた知見に基づき「バーチャル空間におけるアバターをまとったコミュニケーションでは，嗜好品的効果のうちコミュニケーション促進，セルフ・エンパワメント，ポジティブ気分の獲得は得られるが，集中力の向上は得られない」と仮説を立てて，量的研究として質問紙調査を行った．バーチャル学会 2021（c.f.，白石他, 2021）の参加者を中心に，VR SNS ユーザ 50 名に対して，オンラインでの調査を実施した．なお，調査は事前に日本たばこ産業株式会社の倫理委員会の承認を得て行われた（RE-SE-2021-03）．

調査では，初めにボタン押しにて同意を取得した後，年代やアバターの利用時間・種族などに関する質問を挟んで，2 つの質問紙に回答してもらった．1 つは嗜好品的効果に関する質問紙（Shikohin's Psychological Effects Questionnaire: SPEQ）であり（横光他, 2017），「バーチャル空間でアバターをまとって行うコミュニケーションにおいて，各項目をどのくらい感じるか」について，「全然そうは思わない」から「とてもそう思う」までの 7 件法で回答を求めた．もう 1 つは，10 項目で Big Five の 5 因子を測定できる質問紙（日本語版 Ten Item Personality Inventory: TIPI-J）であり（小塩他, 2012），「全く違うと思う」から「強くそう思う」までの 7 件法で回答を求めた．

SPEQ の中に「この項目はそう思うを選んでください」という項目を入れており，この項目に「そう思う」以外を回答した 4 名のデータを解析から除外したため，46 名分のデータについて，JSAP 0.18.3 を用いて解析を行った（JASP Team, 2024）．解析はまず SPEQ について，参加者ごと・因子ごとに評定値の項目間平均を算出した（図 2）．この項目間平均について，「どちらでもない」

に相当する 4 との差について，因子ごとに 1 標本 t 検定を行った結果，コミュニケーション促進（$t(45) = 8.13$, $p < .001$, *Cohen's d* = 1.20），セルフ・エンパワメント（$t(45) = 5.78$, $p < .001$, *Cohen's d* = 0.85），ポジティブ気分の獲得（$t(45) = 7.06$, $p < .001$, *Cohen's d* = 1.04）の 3 つの効果が有意であった一方，集中力の向上（$t(45) = -1.91$, $p = .063$, *Cohen's d* = -0.28）については有意でなかった．また，SPEQ の項目間平均と TIPI-J の各因子の得点（逆転項目処理後の合算値）との間のピアソンの相関係数を算出した結果，主に外向性について，SPEQ の各因子との相関が示された（図 3）．

図 2　SPEQ の各因子の評定値の項目間平均

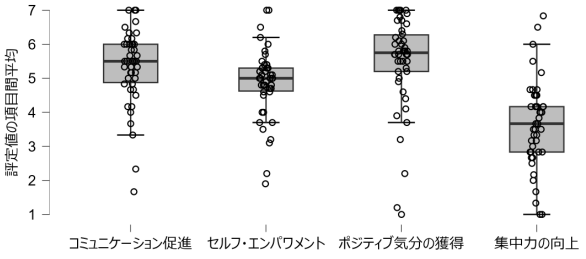
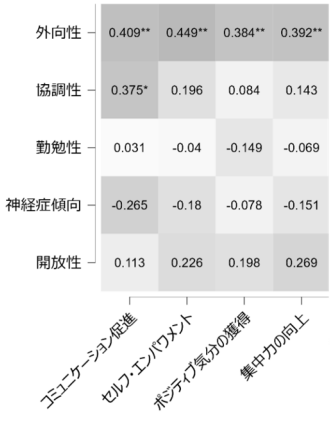


図 3　SPEQ と TIPI-J の相関（*$p < .05$, **$p < .01$）



4.　考察

本研究では質的・量的研究の両面から，バーチャル空間におけるアバターをまとったコミュニケーションと嗜好品的効果との関係について検討した．その結果，他者を含めた外向きの効果であるコミュニケーション促進とセルフ・エンパワメント，および個人内の内向きの効果であるポジティブ気分の獲得がそれぞれ得られること，また集中力の向上は得られないことが示された．

物理世界における化粧や髪型，衣服などの装いの変化と，そこで期待する効用について調べた研究では，期待する効用として「気分転換できる」などの高揚感，「自信がつく」などの気合い，「周囲に合わせる」などの順応，「魅力的に見せる」などのアピールの 4 カテゴリが示された（大久保・鈴木, 2022）．これらはポジティブ気分の獲得やセルフ・エンパワメント，コミュニケーション促進との類似性があると考えられ，アバターがバーチャル世界に入る際の「装い」であることの傍証として捉えることができる．アバターは物理世界よりも自由に「装う」ことができ，通常の装いよりも幅広い形で効果を得られる可能性がある（c.f., 鳴海, 2019）．

アバターは「装い」としての役割に加えて，自己表現やコミュニケーションにおける役割も果たしていることを踏まえると，「演じる」こととの関連も考察できる．日常生活における演技に関する研究において，他者との関係性を意識した演技には，相手にポジティブな印象を与えて自分をアピールしようとする「目立つ」ための演技と，状況や他者の様子に合わせて自分を周囲になじませようとする「目立たない」ための演技があることが示されている（定廣・望月, 2010）．化粧や髪型，衣服などの装いの変化に期待する効用のうち，「魅力的に見せる」などのアピールや「周囲に合わせる」などの順応は，これらの「目立つ」「目立たない」演技との関連が考えられる（大久保・鈴木, 2022）．また，長期間物理的なロボットアバターとバーチャルアバターをまとって接客を行った際の認知・行動の変容に関する質的研究では，物理的な制約の少ないバーチャルアバターによって自身のパーソナリティを表現することも，逆に画一的なロボットアバターによって自己を開示せずアイデンティティを“見えなく”することも可能であると示されている（Hatada et al., 2024）．今回の質的研究の中でも「アバター選択の目的設定と期待の充足」に「目立って話しかけてもらいたい」と「その他大勢に混ざりたい」の両者が含まれており，「演じる」ことで自己表現やコミュニケーションの円滑化を実現していることが，嗜好品的効果であるコミュニケーション促進やセルフ・エンパワメントと関連していると考えられる．

また，質的研究から，アバターをまとうことにより得られる効果には，見た目やふるまいに関する自由度の高さや，それらが許容される状態が前提として重要である可能性が示された．これはアバターと「見立ての文化」との関係を指摘した考察と整合的な内容であると考えられ（バーチャル美少女ねむ, 2022），単に自由度が高いだけでなく，それを受け入れるある種の文化の形成が，嗜好品的効果に重要であることを示唆している．

量的研究において，性格特性としての外向性と，嗜好品的効果との間に相関が示された．嗜好品の摂取と外

向性の高さとの関係については複数の研究で報告されており（Abe et al., 2019; Hakulinen et al., 2015; 平野, 2021; 吉野・小塩, 2020），アバターの“嗜好品性”とでも呼ぶべき特性を示唆する知見だと考えられる．

本研究は 2021 年に行ったものであり，その後の技術や VR SNS の発展速度を考えると，現在はまた違った結果が得られる可能性は考えられる．また，縦断的な調査や実験的な介入は行っていないため，アバターをまとったコミュニケーションと嗜好品的効果の関係について，その時間変化やメカニズムは明らかでない．昨今は四大嗜好品に限らず，人々の価値観の多様化とともにサウナやゲーム等に代表されるモノ・コトにも“嗜好品”が指し示す概念が拡張していることも踏まえて，嗜好品的効果を含めて新たな観点から，アバターやバーチャル空間でのコミュニケーションの利便性を超えた価値に関する検討を今後も進めていきたい．

5. 謝辞

本研究の実施にあたり，豊橋技術科学大学の北崎充晃先生，人間環境大学の横光健吾先生，また社内メンバーとの議論が役立った．ここに謝意を表する．

文献

Abe, S., Oshio, A., Kawamoto, T., Ito, H., Hirashima, T., Tsubota, Y., & Tani, I. (2019). Smokers are extraverted in Japan: Smoking habit and the Big Five personality traits. *SAGE Open*, *9*(3), 1-6.

バーチャル美少女ねむ (2022). メタバース進化論 仮想現実の荒野に芽吹く「解放」と「創造」の新世界 技術評論社

Banks, J. (2015). Object, Me, Symbiote, Other: A social typology of player-avatar relationships. *First Monday*, *20*(2).

Hakulinen, C., Elovainio, M., Batty, G. D., Virtanen, M., Kivimäki, M., & Jokela, M. (2015). Personality and alcohol consumption: Pooled analysis of 72,949 adults from eight cohort studies. *Drug and Alcohol Dependence*, *151*, 110-114.

Hatada, Y., Barbareschi, G., Takeuchi, K., Kato, H., Yoshifuji, K., Minamizawa, K., & Narumi, T. (2024). People with disabilities redefining identity through robotic and virtual avatars: A case study in avatar robot cafe. *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, *61*, 1-13.

平野 真理 (2021). パーソナリティ研究の動向と今後の展望―ビッグ・ファイブ，感受性，ダークトライアドに焦点をあてて― 教育心理学年報, *60,* 69-90.

JASP Team (2024). JASP (Version 0.18.3) [Computer software].

木下 康仁 (2007). ライブ講義 M-GTA 実践的質的研究法 修正版グラウンデッド・セオリー・アプローチのすべて 弘文堂

鳴海 拓志 (2019). ゴーストエンジニアリング : 身体変容による認知拡張の活用に向けて 認知科学, *26*(1), 14-29.

Nowak, K. L., & Fox, J. (2018). Avatars and computer-mediated communication: A review of the definitions, uses, and effects of digital representations. *Review of Communication Research, 6*, 30-53.

大久保 智生・鈴木 公啓 (2022). 短期的なバージョンアップとしての装いの変化の検討―装いの変化場面の内容および装いに期待する効用の自由記述から― 香川大学教育学部研究報告, *7*, 51-57.

小塩 真司・阿部 晋吾 (2012). 日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J) 作成の試み パーソナリティ研究, *21*(1), 40-52.

Praetorius, A. S., & Görlich, D. (2020). How avatars influence user behavior: A review on the proteus effect in virtual environments and video games. *Proceedings of the 15th International Conference on the Foundations of Digital Games*, *49*, 1-9.

定廣 英典・望月 聡 (2010). 日常生活における演技についての探索的研究 筑波大学心理学研究, *40*, 73-82.

白石 祥之・近藤 涼香・林 大輔・志方 比呂基 (2021). アバターの“嗜好品性”―アバターは嗜好品たりうるか？― バーチャル学会発表概要集, *2021*, 30.

Szolin, K., Kuss, D. J., Nuyens, F. M., & Griffiths, M. D. (2023). Exploring the user-avatar relationship in videogames: A systematic review of the Proteus effect. *Human–Computer Interaction*, *38*(5-6), 374-399.

Takano, M., & Taka, F. (2022). Fancy avatar identification and behaviors in the virtual world: Preceding avatar customization and succeeding communication. *Computers in Human Behavior Reports*, *6*, 100176.

Teng, C-I., Dennis, A. R., & Dennis, A. S. (2023). Avatar-mediated communication and social identification. *Journal of Management Information Systems*, *40*(4), 1171-1201.

Vasalou, A., & Joinson, A. N. (2009). Me, myself and I: The role of interactional context on self-presentation through avatars. *Computers in Human Behavior*, *25*(2), 510-520.

山極 壽一 (2021). 未来の嗜好品とは何か 嗜好品文化研究, *2021*(6), 120-125.

横光 健吾・金井 嘉宏・平井 浩人・飯塚 智規・赤塚 智明・佐藤 健二・坂野 雄二 (2017). 嗜好品摂取によって得られる心理学的効果を測定することのできる尺度の開発 行動科学, *55*(2), 1-13.

吉野 伸哉・小塩 真司 (2020). 日本の大学生のエナジードリンク飲用傾向とパーソナリティ特性の関連―Big Five と刺激欲求に着目した検討― 応用心理学研究, *45*(3), 238-239.

Zimmermann, D., Wehler, A., & Kaspar, K. (2023). Self-representation through avatars in digital environments. *Current Psychology*, *42*, 21775-21789.

他者アバタの存在が自己アバタの身体所有感に与える影響
The effect of coexistence with other avatars on the sense of embodiment of self-avatar

伝 真実[1]，永留 菜花[1]，松室 美紀[2]，柴田 史久[1]，木村 朝子[1]
Mami Tsutae, Nanoka Nagatome, Miki Matsumuro, Fumihisa Shibata, Asako Kimura
[1]立命館大学大学院情報理工学研究科，[2]Department of Communication, Cornell University
tsutae@rm2c.ise.ritsumei.ac.jp（伝）

概要

VR における他者アバタの存在感や，その大きさを左右する要因に関する研究はこれまでに多くなされてきた．しかしながら，VR における他者アバタの存在が，自己アバタに対して抱く身体化感覚にどのような影響を及ぼすのかについては，未だ十分に検討されていない．本研究では，VR 空間において，他者アバタの存在が現実空間と同様に身体化感覚に影響を与えると仮定し，実験参加者の身体化感覚に及ぼす影響を調査した．結果，身体所有感の増加には，他者アバタの存在だけでなく，共通の目標を持って行動をすることが必要であることが示された．

1. はじめに

人間は成長に伴い，自然と自己と他者を区別することを身につける．この時，自分に向けた意識は「自己意識」と呼ばれる．自己意識は，「自身の身体を所有している感覚」を指す身体所有感 (Sense of Body Ownership) と，「自身の行為を制御している感覚」を指す行為主体感 (Sense of Agency) から最小単位が構成されると言われている [1].

一方で近年，人工現実感 (Virtual Reality; VR) の技術によって，人間は，自身の身体の代替となるアバタを操作することが求められるようになった．先行研究より，自身が操作するアバタ（以下，自己アバタ）を「自身である」と認識するためには，自己アバタに対する身体化感覚 (Sense of Embodiment) の成立が必要となる [2]．感覚の対象を自身からアバタや対象物まで広げた上記の 2 つの感覚（身体所有感，行為主体感），そして，「アバタや身体部位に対する自身の位置感覚」を指す自己位置感覚 (Sense of Self Location) の 3 つから構成される．

しかし，このうち身体所有感に関しては，自己アバタの外見や動き操作が与える影響が検討の対象となっており [2]，外界，すなわち，他者や環境が与える影響はあまり着目されていない．

本研究では特に，空間を共有する他者に焦点を当て，その影響を調べる．リモートワークの普及や，メタバースの台頭に伴い，VR 技術のコミュニケーションツールへの応用が進んでいる．これまで，VR における他者が操作するアバタ（以下，他者アバタ）の存在感や，その大きさを左右する要因に関する研究が多くなされてきた [4] [5]．しかしながら，VR における他者アバタの存在感が，自己アバタに対して抱く身体化感覚，すなわち，VR における自己意識の形成にどのような影響を及ぼすのかについては，未だ十分に検討されていない．

自己を強く意識する，すなわち自己意識が高まる状況として，「鏡に映る自分の姿を見る」「録音した自分の声を聞く」といったもののほか，「他者に見られている」という状況においても高まることが知られている．またそのような状況下で，人は他者の目を気にして自身の外見に気を使ったり，振る舞い方をコントロールしたりする傾向にあることが，先行研究 [1] より明らかになっている．

そこで本稿では，VR 空間における身体所有感・行為主体感への他者アバタの影響を検討することで，VR 空間における自己意識の形成メカニズムを目指す．

2. 本研究の目的

本稿では，第一に，視覚刺激としての他者の存在，すなわち，他者アバタとの共存が，自己アバタの身体化感覚に与える影響を分析する．VR システムを用いた環境において，自己アバタのみの状況下や他者アバタと共存する状況下を再現し，身体所有感，及び行為主体感を比較する．

第二に，他者アバタと共存する VR システムにおいては，視覚刺激として他者アバタが存在するだけでなく，他者アバタとのインタラクションが発生する場面が想定される．そこで，他者アバタと同一の VR 空間に共存しながら，他者アバタと競い合う，協力するといったインタラクションを通して，身体所有感，及び行為主体感の生起のしやすさに変化があるのかを確認する．

これらの実験は, 課題, 手続き参加者等がほぼ共通しているため, 実験 a, b として以下にまとめて記述する.

3. 実験 a, b

実験 a では参加者が 1 人で課題を行った場合と，他者アバターと同じ空間でタスクを行った場合の身体所有感を比較した. 3 つ目の条件として, 共存するアバターが他者に操作されているかどうかの効果を確認するため，課題中動かないアバターを配置した．実験 b ではペアとの競争または協力の課題を行った．参加者は課題中、パートナーに注意を配る必要があった.

3.1. 参加者

実験は 2 人 1 組で行われた．ほとんどの参加者は, 実験前から知り合いや友人としてお互いを知っていた. 実験 a は全体で 8 組，合計 16 人が参加した．参加者は全員，大学院生または学部生の男子学生であった．16 人は HMD の使用経験があり，2 人は経験がなかった. 実験 b では，実験 a と同じ学部生と大学院生が参加した. 実験 a と実験 b の間には 1 日以上の間隔を開けた. 実験 b には 1 組が参加できず, 参加者は 7 組であった.

3.2. 課題

課題には VR 空間における簡単なリーチング課題を用いた. 課題は図 1 のように椅子に座った状態で行い, 現実と VR 空間ともに参加者の前に机が配置された. 参加者は待機位置である机上の黒い四角に手を置き課題を始める．参加者は，図 2 のように，目の前の 8 つの場所のいずれかにランダムに現れる立方体に右手で触れ，立方体が消えたら黒い四角の上に戻すよう求められた. その際, ベースラインとなる身体所有感が高くなりすぎないように, そして, 後に記述するドリフト量の測定のために, アバタの右手は実際の手から 10cm 右へずれて表示された．課題は 1 分間続き，その間，参加者はリーチングを続けた. 速さ, 正確さに関する特別な教示は与えず，ただ立方体に触れるよう教示した.

図 1 実際の実験の様子

(a) 他者アバタなし条件　(b) 他者アバタあり・動きあり条件

図 2 実験に用いた VR 環境

実験 b では，同様の課題を用い，参加者に競争的または協力的なゴールを与えた. 競争条件では, 参加者はパートナーよりも早く立方体に触れることを目標とした. より早く立方体に到達した参加者には, フィードバック音が提示される. 協力条件では, パートナーと同時に立方体に触れることを目標とした. 両者が 0.5 秒以内に立方体に触れれば成功音が，そうでなければ失敗音が提示される. 立方体は, ペアの両参加者に, 同じ場所に同じ色で表示された.

両実験において, リーチング課題後に身体所有感 [7], 行為主体感 [7], セルフプレゼンス [8], ソーシャルプレゼンス [9] に関する質問紙に回答させた．ソーシャルプレゼンスを図る指標は 3 区分あり，相手と共存しているかどうかの感覚を指す下位尺度である Co-Presence (Co-P), 相手にどの程度注意を向けているかを指す下位尺度である Attentional Allocation (AA), 相手の行動がどの程度自分に影響するかを指す下位尺度である Perceived Behavioral Independence (PBI)である．この回答を主観指標として用いる.

また, 身体所有感の客観指標として, 固有受容感覚ドリフト量の計測を行った. 参加者は両手を机上におき, 目を閉じた状態で行う．実験者が参加者の右手を覆うように机上台を設置し，その上から参加者に右手の中指があると思う位置を，左手の人差し指で指し示させた．実際の右手中指からのずれをドリフト量とした.

3.3. 手順

実験参加者は常に 2 人組で実験に参加した．実験の説明の後，リーチング課題前のベースラインとなるドリフト量の測定を行った．測定後すぐにいずれかの条件でリーチング課題を実施した．課題の終了後に再びドリフト量の測定を行い．その後，HMD を外し，質問紙への回答を行わせた.

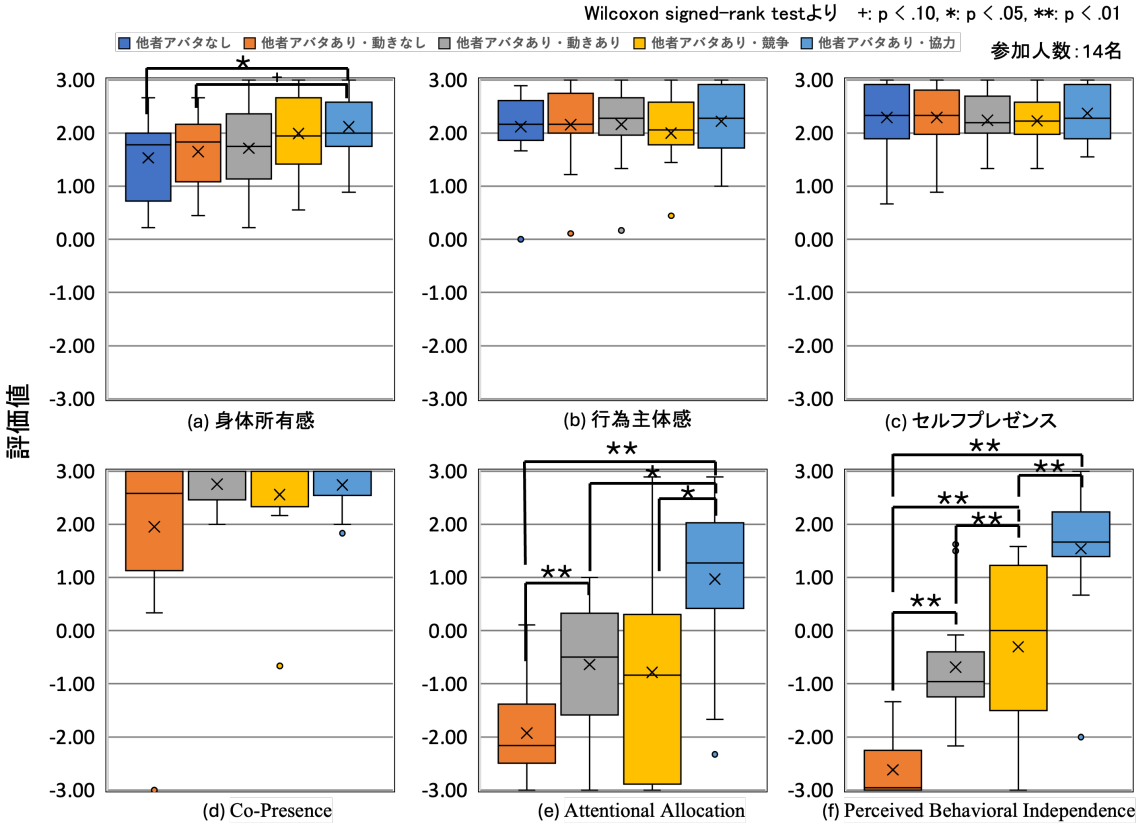


図 3 主観評価の結果

条件間のドリフトのキャリーオーバーを防ぐため，各条件の最初に HMD を装着せずに，指定した位置に手を動かす課題を行った．

実験 a, b ともに課題の目標の教示が異なること以外は同様の手続きで実験を行った．各実験内で条件の順番のカウンターバランスがとられたが，実験 a, b は常にその順で行われた．これは一度でも，パートナーを意識して課題を行ってしまうと，パートナーを気にしないことが難しくなるためである．両実験の参加者，手続きは共通しているため，結果は合わせて分析した．

4. 結果

本実験では，身体化感覚の中でも，特に身体所有感に着目して分析を行う．そのため，実験 a では身体所有感の主観評価において，四分位範囲を用いて外れ値を検出した結果，1 名の実験参加者のデータが外れ値であったため，分析対象から除外した．この 1 名は実験 b に参加できなかったペアの一人であるため，ペアごと除外し分析を行った．

課題後のアンケートで得た主観評価の結果を**図 3** に示す．各項目に対して，フリードマン検定を用いて，条件の影響を分析した．主効果が有意であった項目に関しては，ホルムの方法を用いて有意水準を調整したウィルコクソンの符号付順位和検定により多重比較を行った．

身体所有感 ($\chi^2(4) = 20.116, p < 0.001$)，および，ソーシャルプレゼンスに関する下位尺度全て (Co-P $\chi^2(3) = 8.837, p = 0.032$; AA $\chi^2(3) = 24.556, p < 0.001$; PBI $\chi^2(3) = 35.717, p < 0.001$) において主効果が有意であった．多重比較により確認された有意差を図中に記載した．

身体所有感は，他者アバタあり・協力条件では他者アバタなし条件と比べて有意に得点が大きく ($p = 0.033$)，他者アバタあり・動きなし条件と比較すると有意傾向で大きく生起することが示された ($p = 0.058$)．

ソーシャルプレゼンスに関して，Co-P については，条件間に有意差はなかった ($ps > 0.120$)．AA, PBI に関しては，確認された有意差を図中に記載した．AA については，他者アバタあり・協力条件において他の 3 条件よりも有意に得点が高かった ($ps < 0.030$)．さらに，他者アバタなし条件より他者アバタあり・動きなし条件の方が有意に得点が高かった ($p = 0.008$)．また，PBI に関しては，全ての条件間に有意な差があった ($ps < 0.007$)．

行為主体感 ($\chi^2(4) = 1.470$, p = .832)，セルフプレゼン

スは ($\chi^2(4) = 2.065$, p = .724) 全体的に得点が高く，条件の効果は有意ではなかった.

続いて，各質問紙への回答に関連があるかを調べるため, 反復測定相関分析を行った. 本研究の焦点である身体所有感に着目すると, 行為主体感, セルフプレゼンス，そして PBI との間に有意な正の相関があった (行為主体感: $r(55) = .4307, p < .01$, セルフプレゼンス: $r(55) = .2985, p < .05$, PBI: $r(41) = .3726, p < .05$).

最後に, 身体所有感の客観評価として, ポストテストからプレテストの右手のドリフト量を引いたドリフト量の変化量を**図 4** に示す. Shapiro-Wilk 検定とデータの分布をヒストグラムで確認した結果全ての条件において正規分布が確認された. そのため, 反復測定分散分析を用いて，他者アバタとのインタラクションによる右手のドリフト量の変化量の比較をした結果，条件間で有意差は確認されなかった ($F(4, 52) = .448, p = .773$).

5. 考察

実験 a，b を通して，自己アバタへの身体所有感の大きさについて，他者アバタと共存するだけの状況下では他者アバタへのソーシャルプレゼンスは影響しないことを確認した. 一方, 他者アバタと協力するような状況下において，自己アバタへの身体所有感を高く知覚することを確認した. 加えて, PBI と身体所有感の間に正の相関があった.

以上から，他者アバタが自己アバタと別の者として存在しているだけではなく，自己の動きに注意を向けて反応することが身体所有感の生起に重要であると考えられる. 競争条件では, 一部の参加者がパートナーを気にせず，ただ素早く動こうとしたとコメントしていた. そのため, 協力条件ほど身体所有感が上がらなかった可能性がある.

本実験の問題点として，参加者内デザインであるが，協力，競争条件が常に後半に行われていることが挙げられる. それまでのリーチング経験が, 後の実験結果に影響していた可能性が捨てきれない. 参加者デザインを用いる等のより正確な結果が得られるデザインでの追試が必要である.

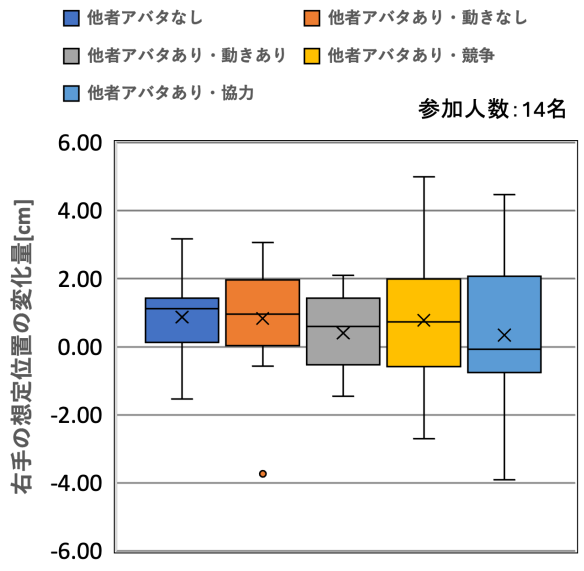


図 4 ドリフト量の変化量

6. 結論

本稿では，他者アバタの参加者が自己アバタに持つ身体所有感への影響について検討を行った. 実験の結果, 協力するインタラクションを通して, 他者アバタと自己アバタの行動の関連性について強く意識することによって，自己アバタへの身体所有感を高く知覚する可能性が示された. 今後は，実験デザインの改良を含め，どのような感覚がどのように身体所有感へと影響するのか検討を進めていく.

文献

[1] Gallagher, S., (2000) “Philosophical conceptions of the self: Implications for cognitive science,” *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 4, no. 1, pp. 14–21.

[2] Kilteni,K., Groten, R., & Slater M., (2012) “The sense of embodiment in virtual reality,” *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 21, no. 4, pp. 373–387.

[3] 小川奈美. (2021)”VR 空間における身体化感覚”. 心理学ワールド/日本心理学会編, Vol. 94, pp. 17–20.

[4] Kim, J., H. Kim, Tay, B. K.,Muniyandi, M., Srinivasan, M. A., Jordan, J., *et al*, (2004) “Transatlantic touch: a study of haptic collaboration over long distance,” *Presence,* vol. 13, no. 3, pp. 328–337.

[5] Appel, J.,von der Pütten, A., Krämer, N. C., & Gratch, J., (2012) “Does humanity matter? analyzing the importance of social cues and perceived agency of a computer system for the emergence of social reactions during human-computer interaction,” *Adv. Hum. Computer Inter*, 324694.

[6] Scheier, M. F., (1980) “Effects of public and private self-consciousness on the public expression of personal beliefs,” *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 39, no. 3, pp. 514-521.

[7] Kalckert, A., & Ehrsson, H. H., (2012) “Moving a rubber hand that feels like your own: a dissociation of ownership and agency,” *Frontiers in human neuroscience*, Vol. 6, No. 40.

[8] Witmer, B. G., & Singer, M. J., (1998) “Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire,” *Presence*, Vol. 7, No. 3, pp/ 225–240.

[9] Harms, C. & Biocca, F. A., (2004) “Internal Consistency and Reliability of the Networked Minds Measure of Social Presence,” *Seventh Annual International Workshop: Presence.*

複数人の視線がもたらす選択行動への影響
Influence of multiple gazes on choice behavior

森本 陽生†, 小林 春美‡, 安田 哲也§

Yosei Morimoto, Harumi Kobayashi, Tetsuya Yasuda

† 東京電機大学大学院, ‡東京電機大学, §東京大学

Graduate School of Tokyo Denki University, Tokyo Denki University, The University of Tokyo

24rmd45@ms.dendai.ac.jp, h-koba@mail.dendai.ac.jp ,t-yasuda@g.ecc.u-tokyo.ac.jp,

概要

本研究は，複数人の視線が人の選択行動に与える影響を明らかにすることを目的とした．実験では，パソコン画面に複数の人の顔と選択肢が左右に１つずつ提示され，参加者は１つを正解として選んだ．実際には正解は無い問題が使われた．結果から，向けられた視線の数が多い選択肢の方が，より多く，またより速く選択されることが示唆された．多くの他者が見ている対象物は「正しい」選択肢であると根拠なく判断する傾向があることが示されたと考える．

キーワード：選択行動, 視線方向

1. 目的

人は日常のさまざまな場面で選択行動を行う．選択行動は社会的な環境において重要であり，様々な要因が影響する．例えば，商品について表示するフォントによって消費者の選択を誘導できる (川島ら, 2019). また，他者から自分の選択行動を見られている場合，自分の好みに基づいて選択するよりも，他者に好感を与え，個性的な印象を与えるような選択をする傾向がある(Ratner & Kahn, 2002)．本研究では，複数人の視線が人の選択行動に与える影響を明らかにすることを目的とした.

これまでの人間の視線に関する研究では，1 人の人の視線方向やその変化が, それを見る人に与える影響, 例えば反射的注意シフトを調べたものが多い(Bayliss & Tipper, 2006)．人間は他人の視線を知覚すると反射的に同じ方向に注意が向くということがわかっている (Friesen & Kingstone, 1998; Driver et al., 1999)．一方，複数の人の視線の影響はほとんど調べられていない．(Böckler et al. ,2014)では，人間の顔を提示刺激として，その顔が示す視線方向と顔の動きが，顔に付与された対象物に関する認知にどのような影響をもたらすかを調べた．実験の結果，人間の視線が参加者から見て逸されている場合よりも直接参加者へ向けられていると感じた場合の方が，対象物を認識するまでの判断時間が短く，エラー率も低いということが示唆された.

しかし，日常生活の中では私たちは多くの人々が注目している対象（レストランや店舗など）に注目し，注目しているがゆえにその対象を選択しやすい傾向があると考えられる．そこで複数人の視線方向が人間の知覚や判断に影響を与えるかを調べることにした.

本実験では正解がない課題において，複数の人が一つの選択肢を見ている状況を提示し，より多くの人が見ている選択肢に，参加者はより早くまたより長く視線を向ける傾向があるかを調べた．さらにより多くの人が見ている選択肢を，より多く「正しい選択肢」として選択する傾向があるかを調べた．視線については注視点を計測し，選択課題は 2 つから 1 つを選ぶ選択における行動実験を行なった.

2. 方法

2.1. 実験参加者

理工系大学に通う 19 歳から 26 歳の学生 20 人（男性 16 人，女性 3 人：平均年齢 22.3 歳）であった.

2.2. 実験刺激

実験刺激は国旗を PC 画面の両端に 2 つ，中央に人の顔を 4 つ配置したスライドから作成した動画とした．人の視線が全て正面を向いている（「全部前」），3 人が右・1 人が左を向いている（「右 3 左 1」），1 人が右・3 人が左を向いている（「右 1 左 3」），2 人が右・2 人が左を向いている（「2 対 2」），の４パターンを作成し，画面下部に質問文を加えたスライドを用意した（図１）．実験刺激の国旗は実際に存在する国旗とした．ただし国旗に関する知識について個人間での違いがあると考えられるため，A 国，B 国，という名称に置き換えて，国旗を当てる課題とした．国旗から国名を当てるための情報は与えなかった.

実験刺激はまず 4 人全員が前を向いており，4 秒後に 1 人または 2 人または 3 人が正面向きから右・左に顔向きを変えるというものであった．全員が正面を向いている条件では画像は 4 秒後もそのままであった.

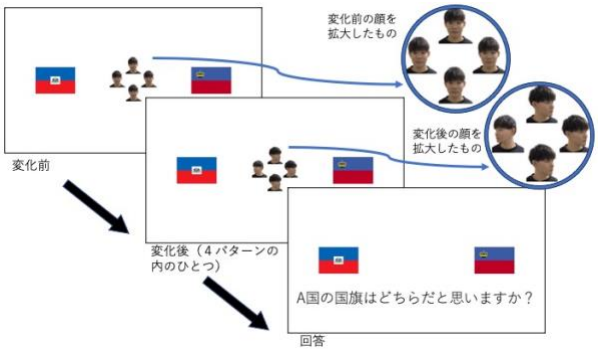
刺激動画に関して，視線シフトは観察者の注意を惹きやすいため，(Böckler et al. ,2014)を参考に，視線シフトを伴う刺激とした．

2.3. 実験手順

スライドは 1 枚目から 3 枚目まで順に参加者に提示され（図 1），3 枚目のスライドで「A 国の国旗はどちらだと思いますか?」という質問文が表示された．参加者はできるだけ早く 2 つの国旗からどちらかを選び，マウスをクリックした．質問文のアルファベットは各試行で変化させた．参加者は質問に対して口頭で答えるとともにマウスをクリックし，判断までの時間を測定した．また，マウスクリックは国旗にカーソルを合わせるのではなく，単純にクリックを行うだけで良いと参加者に伝え，タイミングを測るためだけに行われた．回答に対するフィードバックは与えなかった．

人の画像の視線は 4 パターンで各 8 試行ずつあり，提示する順序はランダムで割り当てられた．スライドの提示は前半と後半に分けられ，最初に練習として 3 試行行った．実験前に参加者には注意事項として，国旗の選択に正解はなく，直感で選択する旨が伝えられた．

図 1. 刺激提示の流れ



2.4. 分析方法

統計モデリングは，統計ソフトウェア R，lme4, ggeffects, lmerTest, MuMIn のパッケージを用いた．

判断時間の分析には，線形混合モデル(lme4 パッケージ，lmer 関数)を利用した．なお，計測機器から測定された判断時間を従属変数とした．独立変数には，視線手がかり（「全部前」，「右 3 左 1」，「右 2 左 2」，「右 1 左 3」）であった．視線手がかりは，単純エフェクトコーディングを行った．このコーディングは，視線手がかり「全部前」を基準として比較するものであった．なお，統計モデルを構築した際に，個人差を考慮できるよう，それに関わる要因をランダム効果として，統計モデルに含めた．

選択の分析には，一般化線形混合モデル(lme4 パッケージ, glmer 関数)を利用した．なお，参加者が右側を選択した場合に 1 とするものを従属変数とした．本研究は強制二択であるため，一方の選択だけを調べることで，参加者の選択傾向がわかる．なお，独立変数は，視線手がかり（「右 2 左 2」，「全部前」，「右 3 左 1」，「右 1 左 3」の 4 水準）であった．なお，視線手がかりは，判断時間の分析と同様に，単純エフェクトコーディングを行った．このコーディングは，視線手がかり「全部前」を基準として比較するものであった．なお，統計モデルを構築した際に，個人差を考慮できるよう，それに関わる要因をランダム効果として，統計モデルに含めた．

視線の分析は，右の国旗，左の国旗の関心領域(AOIs: Area of Interests)を設定し，各注視点がどの AOI に位置するのかを調べた．得られた視線データを条件ごとに empirical logit (Ito & Knoeferle, 2023)を用いて時系列でグラフ化した．右と回答した場合と左と回答した場合の 2 つに分け，時間に伴う変化を可視化した．

3. 結果

3.1. 判断時間の分析

一般化線形混合モデルを用いた分析の結果，切片($\beta = 10.4196$, $z = 36.600$, $p < .001$)，視線手がかり(「右 2 左 2」vs 「全部前」; $\beta = 0.635$, $z = 4.343$, $p < .001$)が有意であった(図 3)．よって，平均判断時間は「2 対 2」と比較して，「全部前」の条件において有意に長くなることがわかった．また，「右 3 左 1」，「右 1 左 3」の条件と「2 対 2」の条件を比較すると有意な差はなく，これらの条件の比較に違いがないことがわかった．

3.2. 参加者の選択に関する分析

一般化線形混合モデルを用いた分析の結果，視線手がかり条件が有意であった(図 4; z's $= 3.706$, p's $< .05$)．また，切片は有意ではなかった($\beta = 0.0337$, $z = 0.315$, $p = .753$)．よって，「2 対 2」に比べ「全部前」の条件の方が有意に左を選択することがわかった($\beta = -0.913$, $z = -3.920$, $p < .001$)．「2 対 2」に比べ「右 3 左 1」の条件の方が，有意に右を選択することがわかった($\beta = 0.9897$, $z = 3.706$, $p < .001$)．「2 対 2」に比べ「右 1 左 3」の条件の方が，有意に左を選択することがわかった($\beta = -2.187$, $z = -7.987$, $p < .001$)．

3.3. 参加者の視線データに関する分析

実験刺激の視線が変化した直後はどの条件，どちらの回答においても画面の左側に視線を向けていた（図4）．「2 対 2」の条件では，画面が変化し左に視線を向けた後，ばらつきはあるが中央に視線を向ける傾向にあった．「全部前」の条件では，画面が変化した後もしばらく画面の左側に視線を向け続けていた．「右 1 左 3」の条件では画面が変化した後，視線は緩やかに画面中央へと変化した．「右 3 左 1」の条件では画面が変化した後，中央へと変化した．この条件では左と回答した人に比べて右と回答した人の方が右側に視線を向けることも多かった．

4. 考察

平均判断時間が「2 対 2」の条件と比較して「全部前」の条件で有意に長くなっていた．また，「2 対 2」と比較して「右 3 左 1」，「右 1 左 3」の条件では有意差は認められなかった．以上の 2 つの結果から，「全部前」の条件では参加者が国旗を選択する際に迷いが生じたと考えられる．「全部前」の条件では，視線手がかりが生かせないため，判断に迷った結果，判断時間が長くなった可能性がある．実験刺激の顔が正面を見続けているため，国旗について判断するための情報がなく，そのため選択に迷いが生じ，結果として判断時間が長くなったと考えられる．また，「全部前」の条件と比較して，他の条件では判断時間が短くなったことから，参加者の注意が実験刺激の視線が向けられている方の国

図 2. 各条件における判断時間(ms)

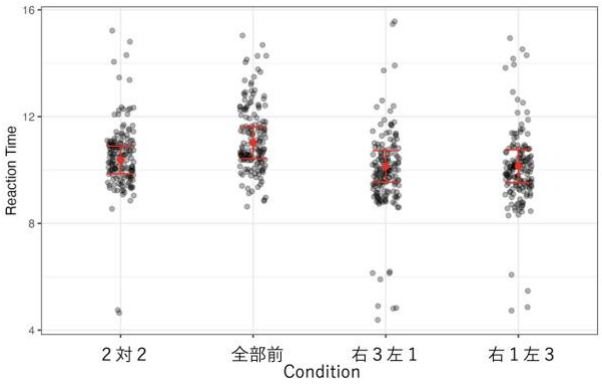


図 3. 4 つの条件において参加者が右の国旗を選択した割合

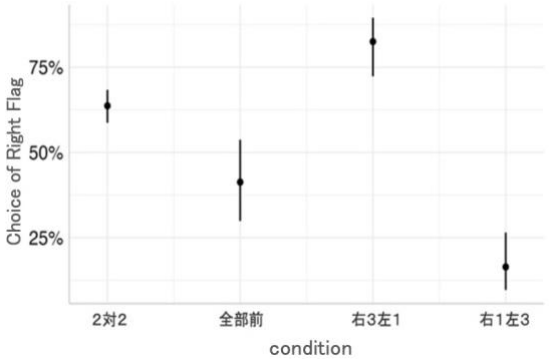
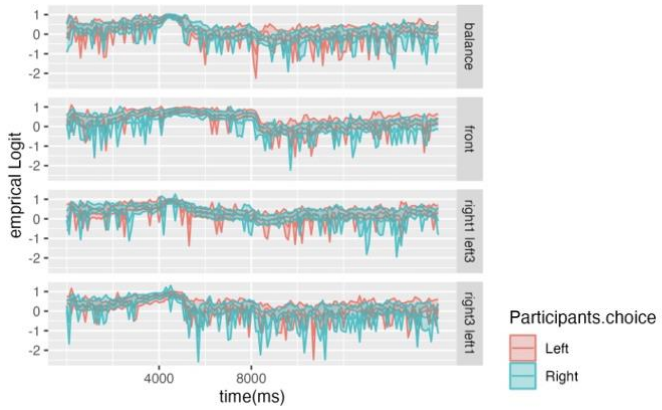
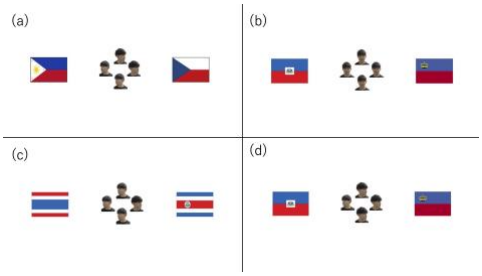


図 4. 各条件で左を選んだ参加者（赤い線）と右を選んだ参加者（青い線）の視線データ X 軸は時間経過を示す。4000ms で顔の視線方向が変化し、8000ms で質問文が表示された。Y 軸は参加者全体が画面のどちらを見ていたかを示し、プラスの値が大きくなるほど画面左側を見る、マイナスの値が大きくなるほど画面右側を見ていたことを示している。



各条件の実験刺激. (a)「2 対 2（balance)」、(b)「全部前（front)」、(c)「右 1 左 3 (right1 left3)」、(d)「右 3 左 1（right3 left1)」



旗に誘導され，参加者の選択を促し，参加者は迷うことなく選択行動を行ったと考えられる．

選択に関しては，右と回答した割合が「右 3 左 1」の条件で有意に多かった．Baron-Cohen(1997)の研究では，他者が見ているものはその人が欲しいものであると人間は推測する傾向があり，人は他者の視線からその人の意図を推測する能力が高いとしている．今回の研究で調べた多人数の視線においても，ある事物を「欲しい」と推測することとある事物が「正しい」と推測することは同じではないが、Baron-Cohen の主張を参考にすると，参加者は画面上の人が視線を向けている方が正解であると推測した可能性がある．

判断時間の結果と同様に「2 対 2」の条件では視線を向けている数が左右で同じであるにも関わらず,「全部前」の条件と比較して左を多く選択していた．視線データを見てみると決まった方向を見ているわけでもなく，AOI に関係ない場所を多く見ていた．以上のことを考慮に入れると，国旗に向けた刺激の顔の位置が影響している可能性もある．本研究で使用した実験刺激では，画面中央部の上，下，左，右に人間の顔が配置されていた．「2 対 2」の条件では全ての刺激において上と右に配置されている顔が右を向いており，下と左に配置されている顔が左を向いていた．「2 対 2」の条件では右と回答する割合が多かったことから，参加者は画面の上部に配置されている右向きの顔に影響されたということが考えられる．そのため，今後の研究では顔が配置されている位置関係についての検討をすることが期待される．

本研究の目的はターゲットに視線を向けている人数に差がある場合，選択行動の際にどのような影響を与えるかを明らかにすることであった．視線を向けている人数が多い方が選択行動を促進し，選択する数が増加し，判断時間が短くなった．今回の実験では，視線を向けている人が正解を知っている，あるいは正解の方を見ている，などの情報は全く与えられなかったにもかかわらず，参加者は視線が多く向けられている選択肢を「正解」と解釈していた．よって，複数の他者の視線は人の選択行動に強い影響を与える可能性がある．今回得られた知見は，競合がある状態での視線の効果を調べた場合であり，より詳細に議論するためには競合がない状態（全員が同じ方向を見ている条件）と比較する必要があると考えられる．

今後の研究として，競合の有無を操作し，集団のスケールが選択行動に影響されるか検討したい．さらに，商品における広告内の人物の視線方向が消費者の購買行動に影響を与える場合も考えられる（To & Patrick, 2021). そのため,今回の実験のように正解を選択するような課題ではなく，買い物行為における選択行動等の経済的な行為の文脈で視線の効果を検証することで，より広い実用的応用が考えられる．これにより，多人数の視線が人間の選択行動に与える影響についての理解がさらに深まり，様々な社会的場面での応用可能性が広がることが期待される．

参考文献

川島拓也, 築舘多藍, 細谷美月, 山浦祐明, & 中村聡史. (2019). *商品選択においてフォントがユーザの選択行動に及ぼす影響の調査* (Vol. 119, No. 38, pp. 113-118). 電子情報通信学会.

Ratner, R. K., & Kahn, B. E. (2002). The impact of private versus public consumption on variety-seeking behavior. *Journal of Consumer research*, *29*(2), 246-257.

Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic bulletin & review*, *5*(3), 490-495.

Böckler, A., van der Wel, R. P., & Welsh, T. N. (2014). Catching eyes: Effects of social and nonsocial cues on attention capture. *Psychological science*, *25*(3), 720-727.

Baron-Cohen, S. (1997). *Mindblindness: An essay on autism and theory of mind*. MIT press.

Ito, A., & Knoeferle, P. (2023). Analysing data from the psycholinguistic visual-world paradigm: Comparison of different analysis methods. *Behavior Research Methods*, *55*(7), 3461-3493.

To, R. N., & Patrick, V. M. (2021). How the eyes connect to the heart: The influence of eye gaze direction on advertising effectiveness. *Journal of Consumer Research*, *48*(1), 123-146.

Driver IV, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E., & Baron-Cohen, S. (1999). Gaze perception triggers reflexive visuospatial orienting. *Visual cognition*, *6*(5), 509-540.

Bayliss, A. P., Paul, M. A., Cannon, P. R., & Tipper, S. P. (2006). Gaze cuing and affective judgments of objects: I like what you look at. *Psychonomic bulletin & review*, *13*(6), 1061-1066.

テレプレゼンスアバターロボットにおける自律的な共同注視による没入感の生成
Generating Immersion through Autonomous Motion in Telepresence Avatar Robots

生駒 響 †，竹内 勇剛 †
Hibiki Ikoma and Yugo Takeuchi
† 静岡大学
Shizuoka University
ikoma.hibiki.19@shizuoka.ac.jp

概要

遠隔地間においても同じ場所を共有しているように感じさせる技術「テレプレゼンスアバターロボット」が注目されている．これらの技術において，遠隔地のロボットを自己の身体であると認知するプロセスには，他者や環境とのインタラクションが深く関わっている可能性がある．これを検証するため本研究では視線追従動作を操作者の意思とは別の自律動作として実装し，この自律動作によってロボット操作者によるロボットへの没入感が向上するか検証した．実験の結果，本仮説を示唆する結果が得られた．

キーワード：テレプレゼンスアバターロボット，共同注視，没入感，視線追従，無意識動作

1. はじめに

インターネット技術の発展や COVID-19 の影響によって，遠隔地間コミュニケーションシステムの利用機会が多くなってきている．これに伴い，遠隔地のロボットを自分の身体のようにアバターとして扱う技術，テレプレゼンスアバターロボットが注目されている (Tachi, 1985; Kashiwabara, 2012). 本稿では，テレプレゼンスアバターロボットを操作して会話を行う人物のことを「Remote Operator(RO)」，RO の操作するロボットを「Remote Operated Robot(ROR)」，ROR と同じ空間にいながら RO と会話を行う人物を「Local Worker(LW)」と呼ぶ．

テレプレゼンスアバターロボットでは，図 1 のように RO による操作を遠隔地にある ROR に適用することで，ROR を RO のアバターとしている．これにより，ROR と同じ空間にいる LW と遠隔地にいるはずの RO，それぞれが同じ空間を共有している感覚 (臨場感) を得る．

ここでの臨場感には RO の感じる「没入感」と，LW の感じる「存在感」の二種類が存在するが，本研究では没入感について注目する．RO の操作に対して遠隔

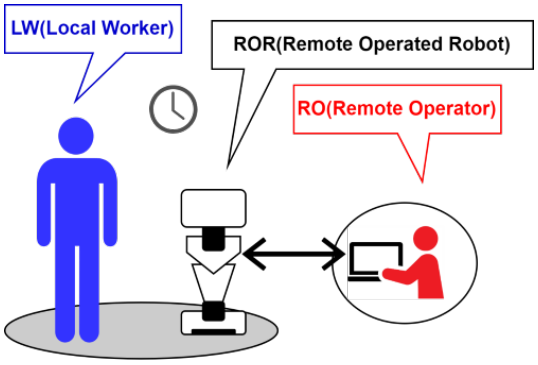


図 1 ROR，RO，LW の定義

操作する ROR の動作が一致した場合，RO は自身が遠隔地にいるような感覚 (本稿ではこれを「没入感」と定義している) を強く感じる．Furlanetto ら (2013) によれば，人は意識を 2 つの場所に定位させることができ，遠隔地の ROR に定位する感覚を強めることで RO は没入感を得ている．

この RO の没入感の向上は，RO による自己の身体の認知が他者や他者と共有する環境とのインタラクションを通して行われているために，発生すると予想する．Botvinick ら (1998) のラバーハンド現象でも示されるように，人は環境から刺激を受け取ることで自身の身体を認知することができる．Gallagher(2000) も自己を構成する最小の要素は，この体が自分自身であると感じる感覚 (身体所有感) と運動を引き起こしているのは自分であるという感覚 (行為主体感) であり，人が自己の身体を認知するのは動作においてこれらの感覚を感じるためだと述べている．

以上のことより，実体として人が持つ「身体」は一つの媒体に過ぎず，実際は環境などの外部から取得する情報が自己の身体を認識する上で重要であると考える．そのため，人の持つ自己の身体の認知とは，環境や他者などの外部要因とのインタラクションを通じて形成されるのではないかと予測する．

この仮説を検討するため，本研究では人の視線追従

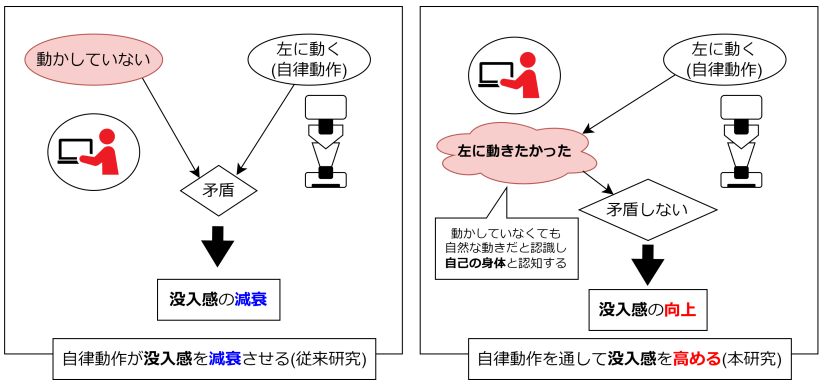


図 2　提案する仮説

図 3　360° カメラを設置した temi

による共同注視をシステムに自律的に動作させることで，RO の没入感に変化が現れるかを検証した．視線追従動作による共同注視とは人が対面のコミュニケーションにおいて無意識的に行う動作であり (Sato, 2007; Mulckhuyse, 2010)，この動作によって他者と同じ対象を注視することで，他者の意図を推定し会話を円滑に行うことができる (Tomasello, 2009; Wellman, 2001).

従来の研究では，操作者の操作する意思を無視した自律動作は身体所有感および行為主体感を失わせるとされていた．しかし，前述した仮説が正しければ，RO による自己の身体の認知は外部の刺激からも達成される．そのため，他者の注視を共有させる共同注視を自律的に動作させた場合，他者とのインタラクションを通して自己を認識することで，自律動作であっても RO の遠隔地への没入感を高めるのではないかと予想する (図 2).

2. 実験

2.1 目的

仮説を検討するため，34 名の大学生を対象に実験を実施した．本実験は，システムの自律動作によって RO の遠隔地に対する没入感が向上するかを検証することが目的である．客観的に観測を行うため，本実験では後述する危険反応測定課題を通し，危険物に対する振る舞いを計測することで没入感の変化を検証した.

2.2 実験環境

実験における ROR として，IPresence 開発の「temi」を採用した．temi は AI 搭載の自律移動型テレプレゼンスアバターロボットである．これに加えて，実験ではヘッドマウントディスプレイとジョイスティック，360 度カメラも機器として使用した．ヘッドマウントディスプレイと 360 度カメラを接続し 360 度カメラを ROR に設置することで，ROR から見える風景を RO は首振りによって観測できるように実装した．また，ROR の前後左右やその場での回転はジョイスティックにて行うように実装した (図 3).

実験は，ROR と LW のいる空間と，RO が ROR に設置されたカメラ映像をヘッドマウントディスプレイによって確認することのできる空間にて実施した．壁やロッカーとテープによる仕切りを空間内に設置することで，ROR と LW のいる実験環境は 5m × 1.5m の長方形の広さに限定した.

2.3 実験条件

実験は以下の 2 条件を要因とした 1 要因被験者間計画で行った.

(A) 課題中に自律動作を発生させる (自律的に視線追従が行われる)

(B) 課題中に自律動作を発生させない

以降，条件 (A) を自律動作あり条件，条件 (B) を自律動作なし条件と呼称する.

2.4 実装するシステムの自律動作

自律動作あり条件にて実施する自律動作の詳細をここで述べる．仮にそれぞれの人を P1，P2 としたときに，Tomasello(2009) が示した視線追従動作による共同注視の手順を参考に，対面における視線追従による共同注視は以下のようなステップを踏んで行われると推察される.

(S1) P1 と P2 が互いに顔を視認している

(S2) P2 が対象物への注視を開始する

(S3) P2 の注視方向へ P1 が注視する

(S4) P1 が P2 の顔を確認し注視の継続を視認する

本研究は LW の視線に対する RO の視線追従に注目しているため，実験では P1 の動作を RO が，P2 の動作を LW が行う必要がある．これらの動作の内，(S1)(S2) の動作については P1 の動作とは大きく関係

せずに発生するのに対し，(S3)(S4) の動作はテレプレゼンスアバターロボットにおいて P1 が意識的に操作する動作であり，(S3) の視線追従については対面において無意識に発生する動作である．後述する実験では (S3)(S4) の動作を自律的に動作させた．

これより，本実験での自律動作は以下のような手順で行われた．

(E1) 注視点を定める

(E2) 注視点を向くように VR による映像が移動する．

(E3) (E2) と逆の動作をし，元の視界へ戻る．

(E1) は PC から ROR に注視点とする場所の座標を送る手順である．実験では ROR の背後の座標 (正面座標から x 軸に 180° 回転させた座標) を ROR へ入力していた．

(E2) は前述したプロセスにおける (S3) の動作を考慮している．(E1) にて取得した注視点の座標を元に，RO の見ている景色を直接動かした．実験では RO の背後を注視点とし，約 1 秒間かけて (E2) を行ったのちに，3 秒画面の動作を停止させた．これは，振り返った先の視界を RO に認識させるためである．注視点は RO の背後であるため，180° 振り返るように RO の視界を動かしていた．その後，(E3) の視界を戻す際も同様に約 1 秒かけて動作した．

2.5 実験方法

実験参加者を RO として，ROR を通して操作を行わせた．本実験における観測対象は RO のみであるため，LW はサクラとした．

本実験は，RO に対して 10 分間の操作練習を行うというカバーストーリーを伝え，その後実施した 10 分間の操作練習時間にて，視線意図認知課題を 2 回，危険反応測定課題を 1 回行った．なお，事前の課題内容説明では RO に対して ROR の操作方法や実験内容の説明を行うが，課題内容や課題の開始については説明していない．

視線意図認知課題では，RO が操作する ROR の前に LW を立たせ ROR の背後へ注視を行い，この際に自律動作あり条件の場合のみシステムによる自律動作が行われる (Ikoma, 2023)．この課題の詳細については本稿の議論には大きくかかわらないため，ここでは省略する．危険反応測定課題では，ROR に刃物を近づけることで，RO の ROR に対して近づかれた刃物に対する反応を観測した．なお，視線意図認知課題を 2 回行ったのは，危険反応測定課題における没入感の向上効果をより顕著に表すためである．ただし，多く課題を行うと RO が実験を意識する可能性があるため，回数は 2 回に留めている．

図 4 危険反応測定課題の RO 視点

2.5.1 危険反応測定課題

本課題では，RO の遠隔地に対する没入感が自律動作の有無によって向上するか検証することが目的である．第一章で述べたように，ここでの没入感とは RO が遠隔地の ROR を自分の体のように認識する感覚のことであり，身体所有感と運動主体感 (行為主体感) によって得ることができる (Gallagher, 2000)．本課題では特に RO の身体所有感に注目し，遠隔地の ROR に対する危険への反応を観測した．RO は自身の身体である感覚を強く感じていた場合に，危険に対するアクションを瞬時に行うと予測する．

視線意図認知課題を 2 回行った後に，RO に対して LW が危険性のある物体として刃物を近づけた．これにより，RO のこの危険物に対する反応時間を観測することで，環境に対する没入感を計測した．ここで危険反応を観測対象としたのは，前述したように没入感における身体所有感に注目したためである．

RO の背後に LW は刃物を近づけ，図 4RO のヘッドマウントディスプレイにおける映像に刃物が映ったタイミングで RO の反応時間の計測を行った．反応時間の計測では，刃物が映ったタイミングから RO が Joystick の入力を行うまでの時間を反応時間として計測した．

3. 実験結果

3.1 結果

34 名の大学生を対象に，各条件 17 人ずつ実験を実施した．この際，危険反応測定課題について，各条件における RO の反応時間についてヴァイオリンプロット，箱ひげ図で表した図が図 5 である．

危険反応測定課題では，RO の反応時間と ROR の振る舞いについて各参加者の結果を表している．反応時間は秒数を記載しており，小数第 2 位以下を四捨五入，15 秒以上経過したものは「15+」と記述したうえで離れなかったと判定している．ここで反応時間を小数第 2 位以下で四捨五入したのは，RO が危険に反応してから操作に移るまでに遅延があり，厳密な時間を計測したとしてもその遅延による誤差が発生するため

表 1　反応時間に対するポアソン回帰分析

	Estimate	Std. Error	z value	p value
(Intercept)	1.6554	0.1060	15.617	<.001
groupB	0.2989	0.1399	2.136	0.0327

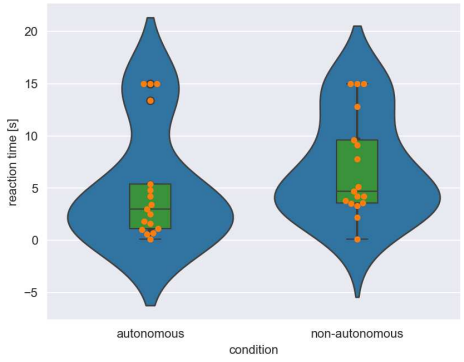


図 5　危険反応測定課題における反応時間

である．

この結果に対し，システムによる自律動作の有無と反応速度に関連があるか検討するため統計分析を行った．本実験環境での反応速度は正規分布に従わないため．t 検定ではなくポアソン回帰分析を採用した．結果は表 1 のようになり，(p = 0.0327 (p<.05)) となった．

3.2　考察

結果より，自律動作の有無と反応時間について有意水準 5% で有意差が見られた (p = 0.0327)．これは，自律動作が発生した条件の方が，RO は危険物に対して即座に反応していたことを示唆する．

本実験における危険反応測定課題では，RO の ROR に対する身体所有感が高い場合，ROR に対する危険から離れる反応を示すと予想していた．よって，本実験結果は自律動作が発生したほうが RO の身体所有感が向上する可能性を示しており，これはつまりテレプレゼンスアバターロボットにおける没入感の向上に本稿にて提案するアプローチが有用であることを示唆する．これより，自己の身体の認知が外部とのインタラクションを通じて形成されるという本稿の仮説を示唆する結果となった．

4.　まとめ

本研究では，テレプレゼンスアバターロボットに視線追従動作による共同注視を自律動作としてシステムに動作させる手法について検討した．システムに自律的な共同注視を行わせた場合でも対面と同様の没入感が得られるのであれば，RO と LW のコミュニケーションを円滑に進めることが可能となる．実験より，RO の ROR に対する危険物への反応速度がシステムの自律動作によって向上した可能性が示され，これは RO の没入感の向上を示唆する結果であった．

本稿で提案するアプローチは従来とは異なり，RO の没入感の生成に RO の意識的な操作を必要としない．嶋田ら (2009) が示していたように，操作の反映に遅延が 200ms 以上であるとその秒数に応じて RO の ROR に対する身体所有感が失われる (Shimada, 2009)．しかし本稿のアプローチは，従来のアプローチで懸念されていた情報伝達の遅延や動作可能箇所の不足などの問題は発生しない．将来的には，RO の操作するという意識を排除した直接的な操作主体感や身体所有感の獲得手法としても期待される．

文　献

Tachi, S., Tanie, K., Komoriya, K., & Kaneko, M. (1985). Tele-existence (i): Design and evaluation of a visual display with sensation of presence. In *Theory and Practice of Robots and Manipulators: Proceedings of RoManSy'84: The Fifth CISM-IFToMM Symposium* (pp. 245-254).

Kashiwabara, T., Osawa, H., Shinozawa, K., & Imai, M. (2012). Teroos: A wearable avatar to enhance joint activities. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '12 (pp. 2001-2004).

Furlanetto, T., Bertone, C., & Becchio, C. (2013). The bilocated mind: new perspectives on self-localization and self-identification. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 71.

Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel'touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756-756.

Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. Trends in Cognitive Sciences, 4(1), 14-21.

Sato, W., Okada, T., & Toichi, M. (2007). Attentional shift by gaze is triggered without awareness. *Experimental Brain Research*, 183, 87-94.

Mulckhuyse, M., & Theeuwes, J. (2010). Unconscious attentional orienting to exogenous cues: A review of the literature. *Acta Psychologica*, 134(3), 299-309.

Tomasello, M. (2009). *The cultural origins of human cognition.* Harvard University Press.

Wellman, H. M., Cross, D., & Watson, J. (2001). Meta-analysis of theory-of-mind development: The truth about false belief. *Child Development*, 72(3), 655-684.

Ikoma, H., & Takeuchi, Y. (2023). Automatic Joint Attention Generation between Local and Remote Persons through Telepresence Robot's Behavior. In 2023 32nd IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) (pp. 2106-2111).

Shimada, S., Fukuda, K., & Hiraki, K. (2009). Rubber hand illusion under delayed visual feedback. *PloS One*, 4(7), e6185.

統語構造の反映および付加情報伝達におけるジェスチャーの効果
The effect of gestures that reflect the linguistic structure and transmit additional information

木村 陽菜[†], 安田 哲也[‡], 小林 春美[§]
Hina Kimura, Tetsuya Yasuda, Harumi Kobayashi

[†]東京電機大学大学院, [‡]東京大学, [§]東京電機大学
Graduate School of Tokyo Denki University,
The University of Tokyo, Tokyo Denki University
23rmd14@ms.dendai.ac.jp, t-yasuda@g.ecc.u-tokyo.ac.jp, h-koba@mail.dendai.ac.jp

概要

本研究では, 曖昧な句構造において, 付加情報がある場合, ジェスチャーが自発的に産出されたのか, また, どのようなジェスチャーが表出されたか検討した. 統語境界に基づいて, 新たに分析を行なった結果, ジェスチャーは統語構造に応じて表出され, 意味情報を表現していることが示唆された. よってジェスチャーは, 付加情報の補完に役立っていると考えられ, 言語・ジェスチャー両方が提示された場合、必要な情報を過不足なく伝えると考えられる.

キーワード：Co-speech gesture, Sub-merge 構造, Pot-merge 構造, trade-off 仮説, hand-in-hand 仮説

1. 目的

言語は階層構造を持っていることから複数の解釈が可能であり, 意味解釈において曖昧性を含む(Fujita & Fujita, 2021). 言語には発話そのものである表層構造と, 意味を表す深層構造があるとされる. 例えば, "green tea cup"の場合, head が移動する Sub-merge 構造では, "tea-cup for green-tea"の意味を持つ句構造として解釈される. まず green が head となり green と tea のまとまりに対して, tea が head となり cup とまとまりを作る. 一方, head の移動がない Pot-merge 構造では, "green-colored tea-cup"の意味を持つ句構造として解釈され, tea と cup のまとまりに対して, head である green がまとまりを作る. このように言語は階層構造を持っているため, 発話そのものの表層構造からの判断では解釈に曖昧性が生じる. この曖昧性の解消の役割を果たす可能性がある手がかりとして, 音韻情報の付与(Kubozono, 1998; Hirose, 2020 等)やジェスチャー(Kashiwadate et al., 2020)が挙げられる.

Kashiwadate et al.では, ジェスチャーによる非曖昧化の役割について, 句構造解釈の曖昧性に着目し, 4 語の句、例えば句「黒いしっぽの大きなねこ」を用いて,調べた. その結果, 統語構造に応じて言語とジェスチャーが同期することが示唆される結果を得たことから、これはジェスチャーによる統語的非曖昧化を行った証拠であると議論した. また, この研究をレビューした岡久(2023)は, 統語境界を示すためにジェスチャーが有効に使われていた可能性があると指摘した. さらに岡久(2024)は, この統語境界において, 形容詞についてはKashiwadate et al.の知見を追認する結果を得た. こうした考察から, ジェスチャーによる非曖昧化の現象は, Co-speech gesture において起こると考えられる.

Co-speech gesture は発話とともに産出される. その特徴として, 発話のある部分を強調(Bull & Connelly, 1985)することや, 発話内容を補完すること(Iverson & Goldin-Meadow, 2005; Kita & Özyürek, 2003), 言語の理解を助ける(Kelly, Özyürek, & Maris, 2010)といったものがあるとされる. このCo-speech gesture現象を説明するのに的確な仮説として trade-off 仮説 (Bangerter, 2004; de Ruiter, Bangerter, & Dings, 2012),と hand-in-hand 仮説(So, Kita, & Goldin-Meadow, 2009) がある. trade-off 仮説は, 話し手は発話情報とそれに伴うジェスチャー情報を過不足なく利用するというものである. つまり, 発話で明示されていない対象をジェスチェーにより補完することで発話を適切に解釈させるということである. Bangerterでは, ジェスチャーがなされる時に対象指示に関する発話が減ったことから, ジェスチャーが対象の指示すべき情報を補完したことを提示した. 一方, So et al.では, 対象とすべき事物を発話とジェスチャーの両方で表現していたことを報告した. この仮説は, ジェスチャーが発話の効果を高める可能性を示唆する.

Kimura, Yasuda, and Kobayashi (2023) では, co-speech gesture の観点から, 参加者が互いに伝え合うコミュニケーションタスクにより, 情報性の違いにおいて, 枝分かれ構造の解釈にジェスチャーのタイミングがどのように寄与するのか検討した. 情報性の違いとは, 実験時に提示されるイラストの背景情報の違いであり, 発話には含まれないが聞き手が解釈するために必要と

なる背景情報のことであった. 実験の結果, pot-merge 構造(RB)において情報性が高い場合は, 最初の名詞の発話の開始時刻に比べて, ジェスチャーのストロークの開始時刻が早くなることが示唆された. また, ジェスチャー産出を視覚的に分析した場合, 動詞の意味と句構造の違いを反映しながら, 発話と共にジェスチャーも産出されていたことから, 発話では表現されない情報をジェスチャーにより補完していた可能性を示す.

Kimura, Yasuda, and Kobayashi (2024) では, 事物の動作性に着目し, 枝分かれ構造解釈へのジェスチャーの寄与について検討した. 動詞「―ている」の表現には, その動作が始まった状態, 途中の状態, 終わりかけの状態が表現され得ることから, これらの情報がジェスチャーにより補完されるのか調査した. 動詞を含む 3 語の曖昧な句が提示され, 情報性の違いとして事物の動作状態が異なるイラストが用いられた.実験の結果, 動作情報の違いによってジェスチャーの産出されるタイミングは異なっており, ジェスチャーによりこれらの情報が付加されることが示唆された.

本研究では, 曖昧な句構造において, 発話されないが正しく解釈するには伝える必要のある付加情報がある場合, ジェスチャーが自発的に産出されるのか, また, どのようなジェスチャーが表出するのか検討した. 付加情報として,事物の情報量の違い (Kimura et al., 2023) と , 事物の動作性の違い (Kimura, Yasuda, & Kobayashi, 2024)を含み, 参加者は情報を過不足なく伝えるのか検証した. 以上を検討するために, 事物の情報量を取り扱ったデータを Object concept, 事物の動作性を取り扱ったデータを Motion concept とした分析を行った.

2. 方法

2.1 ジェスチャーコーパス

ジェスチャーコーパスは, 2 人のペアで参加していたビデオデータを Kendon (2004)の定義に基づき, ELAN (ver6.4 と ver. 6.7)を利用してコーディングしたものから構成された.

実験データ 1 のジェスチャーコーパス(以下, 実験データ 1)は, 31 人の日本語を母語とする学生と 1 人の中国語を母語とする学生が参加し, 回答のずれやタスクの遂行が不完全であったグループを除外した24人分のデータで構成されたものであった(*M* age = 21.6). 実験データ 2(以下, 実験データ 2)のジェスチャーコーパスは, 28 人の日本語を母語とする学生のデータで構成されたものであった(*M* age = 21.96).

2.2 実験条件

実験データ 1 の実験条件は, 枝分かれ構造(2: Sub-merge (LB) / Pot-merge (RB) 構造), 情報性として事物情報(2: 高い(More)/低い(Less)), 動詞(2: 落下している(Fall)/飛んでいる(Fly)) であった.

実験データ 2 の実験条件は, 枝分かれ構造(2: Sub-merge / Pot-merge 構造), 情報性として動作情報(2: はじめ (Beginning)/おわり(Ending)), 動詞(2: 落ちている(Fall)/飛んでいる(Fly))であった.

2.3 実験刺激

実験で使用された刺激は, 動詞 (V: verb)＋名詞 1 (N1: first noun)＋名詞 2 (N2: second noun)の 3 語から構成される曖昧な句構造であった. 例えば, 「飛んでいるカメの写真」や「落下している猫の写真」というような句であった. 実験データ 1 では, 動詞(V)が 2 種類, 名詞 1 (N1)が 6 種類, 名詞 2 (N2)が 3 種類から構成される 12 種類の句を用いた. 実験データ 2 では, 動詞(V)が 2 種類, 名詞 1 (N1)が 6 種類, 名詞 2 (N2)が 3 種類から構成される 12 種類の句を使用した. 実験データ 1 と実験データ 2 はイラストの種類やその属性は似ているが, イラストに含まれた情報は異なる.

枝分かれ構造条件は, 動詞+名詞-1+名詞-2 の句を使用し, Sub-merge 構造と Pot-merge 構造で解釈される 3 語の曖昧な句構造を使用した. 例えば, 「飛んでいるタヌキの写真」のような句の場合, Sub-merge 構造では, はじめに「飛んでいる」と「タヌキ」がまとまりとなり, 「飛んでいるタヌキが写っている写真」と解釈される. 一方, Pot-merge 構造では, 「タヌキ」と「写真」のまとまりに対して「飛んでいる」がまとまりとなり, 「タヌキが写っている写真が飛んでいる」という解釈がされる.

事物情報条件は, 実験刺激で提示するイラスト背景の情報性が高い(More)場合と, 低い(Less)場合とした. 情報性が高い条件は, 背景に描かれた自然物や建物(e.g., 崖やビル) など, 発話には表現されないが, 聞き手の理解を助ける情報を加えることが可能であると予測されるものであった. 一方で, 情報性が低い条件は, イラスト背景に, 他に加えることが可能な情報はあるが情報性が高い条件に比べると加える情報は少ない(e.g., 平地や木) と予測されるものであった.

動作情報条件においては，実験刺激で提示するイラスト事物の動きが始まった状態を「はじめ(Beginning)」，事物の動きが終わりに近い状態を「おわり(Ending)」とした．同じ「飛んでいる」という語は，飛び始めた状態にも，飛び終わりの状態にも，両方に使うことが可能である．たとえば，「はじめ」の状態の「飛んでいるカメの写真」という句の Sub-merge 構造を表現するイラストでは，カメが今まさに飛びはじめた様子が写された写真が描かれていた．

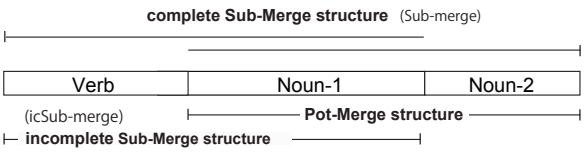
2.4 実験手続き（コーパスデータ）

各データセットに共通する実験手続きは下記の通りである．1) 参加者の役割は，話し手と聞き手の役割にランダムに振り分けられた．2) 話し手は，決められた文言の発話を求められ，イラストの内容を記憶して聞き手に伝えた．3) その後，聞き手は聞いた話に関して，四択のイラストの中から話し手が伝えたと思ったイラストを選んだ．なお，すべての試行が終了した後，役割と場所を交代して実験を行なった．決められていた文言を発すること以外については，表現の制限を行わなかった．加えて，ジェスチャーの利用について参加者から質問があった場合には，自由であることを伝えた．

3. 分析方法

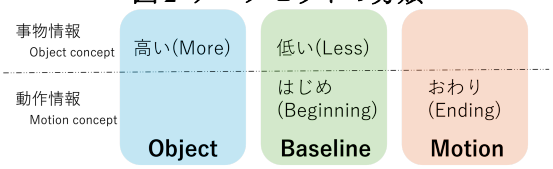
曖昧な句構造におけるジェスチャーの産出の違いを調べるために，岡久(2023)で議論されていた統語境界の概念を利用し，ジェスチャーのタイプをジェスチャーの生起時間を利用して Sub-merge, Pot-merge, No-gesture に分類した (図 1)．なお, Sub-merge は，チャンク移動を示さない不完全なものもあったため，不完全な incomplete Sub-merge (icSub-merge) と完全な complete Sub-merge (cSub-merge)の 2 種類に分けた．

図 1 ジェスチャータイプのコーディング



事物情報条件の「低い(Less)」場合と動作情報条件の「はじめ(Beginning)」の場合を Baseline，事物情報条件における「高い(More)」の場合を Object，動作情報条件における「おわり(Ending)」の場合を Motion として 3 つのデータセットに分けた(図 2)．これらのデータセットについて，それぞれ χ^2 検定を用い，分析を行なった．

図 2 データセットの分類



4. 結果・考察

事物情報(Object concept)条件「低い(Baseline; Less)」と動作情報(Motion concept)条件「はじめ(Baseline; Beginning)」の比較(図 3a)において，ジェスチャータイプごとに χ^2 検定を行った結果，有意な偏りが認められた ($\chi^2_{(df=3,\,n=366)} = 19.4, p < .01$)．調整済み残差を算出したところ，Pot-merge では，低い(Baseline; Less)の方がはじめ(Baseline; Beginning)よりも,多くジェスチャーを産出していた($z > \pm 1.96$)．また，incomplete Sub-merge では，はじめ(Baseline; Beginning)の方が低い(Baseline; Less)よりも，多くジェスチャーを産出していた($z > \pm 1.96$)．

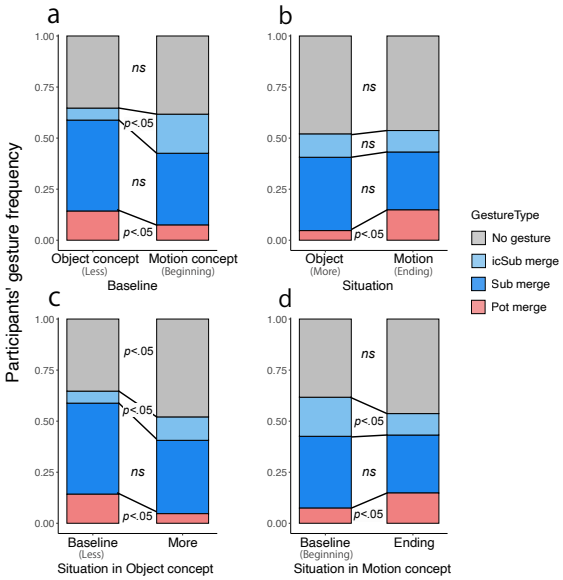
事物情報条件(Object concept)の「高い(Object; More)」と動作情報条件(Motion concept)の「おわり(Motion; Ending)」の比較(図 3b)において，ジェスチャータイプごとに χ^2 検定を行った結果，有意な偏りが認められた ($\chi^2_{(df=3,\,n=354)} = 11.3, p < .05$)．調整済み残差を算出したところ，Pot-merge の場合にのみ，「高い(Object; More)」の方が「おわり(Motion; Ending)」よりも,多くジェスチャーを産出していた($z > \pm 1.96$)．

事物情報条件における「低い(Baseline; Less)」と「高い(Object; More)」の比較(図 3c)において，ジェスチャータイプごとに χ^2 検定を行った結果，有意な偏りが認められた ($\chi^2_{(df=3,\,n=396)} = 18.6, p < .01$)．調整済み残差を算出したところ，Pot-merge では，低い(Baseline; Less)の方が高い(Object; More)よりも，多くジェスチャーを産出していた($z > \pm 1.96$)．また，incomplete Sub-merge では，高い(Object; More)の方が低い(Baseline; Less)よりも，多くジェスチャーを産出していた($z > \pm 1.96$)．

動作情報条件における「はじめ(Baseline; Beginning)」と「おわり(Motion; Ending)」について(図 3d)，ジェスチャータイプごとに χ^2 検定を行った結果，有意な偏りが認められた ($\chi^2_{(df=3,\,n=324)} = 10.5, p < .05$)．調整済み残差を算出したところ，incomplete Sub-merge の場合，はじめ(Baseline; Beginning)の方が，おわり(Motion; Ending)よりも多くジェスチャーを産出していた($z > \pm 1.96$)．

Pot-merge の場合，おわり(Motion; Ending)の方がはじめ(Baseline; Beginning)よりも多くジェスチャーを産出していた($z > \pm 1.96$).

図 3 話し手のジェスチャーの産出



どの状況においても，統語のチャンクを示すような Sub-merge タイプのジェスチャーの使用は変わらないことがわかった．このタイプのジェスチャーは，まず動詞と名詞 1 のチャンクを描き，次に名詞 1 と名詞 2 のチャンクを描くというものであった．よって，岡久(2023)の指摘した，ジェスチャーが統語境界を示す可能性を示唆したと考えることができる．

各 Baseline を比べた図 3a において，各 concept の incomplete Sub-merge タイプのジェスチャーを比較すると，動作情報のデータセットの方がジェスチャーの産出が多かった．これは，ジェスチャーする対象が落ち始めだったために，参加者は，最初の塊である動詞と名詞 1 のチャンクを示す incomplete Sub-merge タイプのジェスチャー，例えば手首を下方に曲げ「事物の落ち始めの動き」を示すなどを行っていたことが考えられる．対して，事物情報と動作情報の違いを比較した図 3b では，Pot-merge タイプのジェスチャーが多かった．Pot-merge タイプのジェスチャーは名詞 1 と名詞 2 のチャンクを示すことができる．よって，図 3a の落ち始めている状態を表す刺激(Beginning)と比較し，図 3b の動作の終わりを示している刺激(Ending)の方が，Pot-merge タイプのジェスチャーで表現することは容易であり，このタイプのジェスチャーが産出されたと考えられる．このことは図3dの結果においても同様のことが示唆される．

事物情報のデータセット(図 3c)に着目してみると，事物が多く描かれている「高い(More)」の場合に incomplete Sub-merge タイプのジェスチャーが Baseline (Beginning)と比較し多かった．これは，背景にある事物を描いていたためにその区間でジェスチャーが行われていたと考えられる．Kimura et al. (2023) でのデータでは発話前にジェスチャーしている場合が観察されていることから，図 3c において No gesture（発話同期ジェスチャー無し）が多く観察されたことは，発話をしていない区間で発話とは別にジェスチャーをしていた可能性も示唆する．

以上のことから,事物に関する情報は発話外でもジェスチャーで描くことが可能であるが，動作に関する情報は発話と共に描かれやすいことが示唆される．Sub-merge タイプのジェスチャーは，常に観察されていたことから，構造を表すようなジェスチャーは基盤的に使用されていた可能性がある．

ジェスチャーは，統語構造を反映しながら，それに加えて発話で表現されない情報を表現していたことから，過不足なく情報を伝えるものであると考えられる．

謝辞

本研究は科研費 JP17H06382 (H.K.), JP20H01763 (H.K.), JP20K03375 (T.Y.).の助成を受けた.

主要参考文献

Fujita, H., & Fujita, K. (2022). Human language evolution: a view from theoretical linguistics on how syntax and the lexicon first came into being. *Primates*, 63, 403-415.

Kashiwadate, K., Yasuda, T., Fujita, K., Kita, S., & Kobayashi, H. (2020). Syntactic structure influences speech-gesture synchronization. *Letters on Evo Behav Sci*, 11, 10-14.

Kimura, H., Yasuda, T., & Kobayashi, H. (2023). Spontaneous co-speech gestures with prompt phrases reflect linguistic structures. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 45, 1140-1145.

Kimura, H., Yasuda, T., & Kobayashi, H. (July, 2024). Co-speech gestures complement motion state information expressed by verbs. Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 46, 4582- 4587.

岡久太郎, & 白勢彩子. (2024). 統語的曖昧文を区別するイントネーションとジェスチャーに対する聞き手の理解. 認知科学, 31(1), 138-156.

外国語の能力が外国語文黙読時の内なる声に与える影響
Influence of foreign language proficiency on the inner reading voices of foreign language sentences.

粟津　俊二†，小林　茜音†
Shunji Awazu, Akane Kobayashi
†実践女子大学
Jissen Women's University
awazu-shunji@jissen.ac.jp

概要
文章の黙読時に頭の中で主観的に経験する声(IRV)が，外国語文でも経験されるか，英語能力が IRV の有無と鮮明性に関係するか，を検討した．400 名の TOEIC 得点を持つ日本語母語話者を対象にインターネット調査を実施し，日本語と英語それぞれの説明文および会話文黙読時の IRV について，回答させた．その結果，英語文，日本語文のいずれでも，会話文の方が IRV を経験する者が多く，特に英語文で差が顕著であった．また，英語能力が高いと英語文の IRV を経験しやすい傾向が見られた．経験した IRV の鮮明さは，日本語文でも英語文でも会話文の方が高かったが，英語能力による差はなかった．IRV の鮮明さには，言語間でも言語内でも，個人内で正の相関がみられた．IRV の有無については当該言語への習熟が影響するが，IRV の鮮明さは習熟以外の個人的特性が影響すると考えらえる．
キーワード：個人差，黙読，内声，外国語

1. 目的

文字の黙読時に頭の中で声が聞こえるような主観的な経験を持つことがある．この音声は内声とも呼ばれるが[1,2]，本研究では思考時の内言と区別するため，Vilhauer[3]にならって「読解時の内なる声(Inner Reading Voice：IRV)」と呼ぶ．IRV を経験する程度には個人差や刺激文差があり，欧米圏の調査では 80%程度[4,5]，国内の調査では 50～70%程度[6,7,8]の回答者が，何らかの文章の黙読時に，ある程度鮮明な声を経験すると答えた．また IRV は鮮明な音声として認識され，声の音量，高さ，速度，感情的なトーンなどの音韻特性も，性別，自他の区別，方言などの話者の特性も反映される場合がある[3,5,9,1011]．このように IRV は多くの読者が主観的に，鮮明に経験する現象であるが，その性質や機序，機能，文理解との関係など未解明な点も多い．

IRV は母語だけでなく外国語においても経験することがあり，英語初級者よりも英語上級者の方が黙読時に経験しやすいという報告もある[12]．これは，当該言語への習熟程度が IRV に影響する可能性を示しており，IRV の機序や機能を考える手がかりともなる．

そこで本研究では，英語文読解時の IRV の有無や鮮明さと，英語能力との関係をより精査し，IRV の個人差が生じる機序について考察する．

2. 方法

2.1. 刺激文

Project Gutenberg[13]で公開されている著作権の切れた作品から文章を抜粋して一部を修正した英語文章２つと，その日本語訳を作成した．

＜説明文　英語＞
There were a great many people at the wedding—quite crowds. There were lots to eat and drink, and though it was all cold, it did not matter, because there were blazing fires in every fireplace in the house, and the place all decorated with holly and mistletoe and things.

＜説明文　日本語＞
結婚式にはたくさんの人が集まり，かなりの混雑でした．たくさんの食べ物や飲み物はすべて冷めていましたが，問題ではありませんでした．家中の暖炉に暖かい火がついていて，そこらじゅうがヒイラギやヤドリギなどで飾り付けられていたからです．

＜会話文　英語＞
A：What time is it? We are going to be late for the concert!
B：It's a quarter past two. We are on time. Don't worry we will be fine.
A：But I thought we had to be at the hall by 2:30 for the piano concert.

＜会話文　日本語＞
A：いま，何時かしら?　コンサートに遅れちゃう！
B：2 時 15 分だよ．時間通りだ．心配しなくても大丈夫だよ．
A：でも，ピアノコンサートに間に合うには，2 時半までにホールに着いてないといけないんじゃなかったか

しら.

2.2 協力者および調査手続き

2021 年 12 月にインターネット調査会社を通して, 日本語母語話者で, かつ直近 3 年間の TOEIC Listening& Reading Test のスコアを持つと回答した男女各 200 名(合計 400 名)の回答を収集した.

英語の説明文と会話文, 日本語の説明文と会話文の 4 つをランダムな順に提示し，以下の内容を尋ねた.

文への親密度として，Q1-1「この文が表している状況や内容は，よく見聞きするものですか.」Q1-2「この文が使っている言葉や表現は，よく見聞きするものですか.」を尋ね，5 段階(5：よく見聞きする～1：まったく見聞きしない)で回答させた. 次に, IRV の有無として，Q2「この文を読んで，頭の中で文を読み上げる声が聞こえるような感覚がしますか」と 2 件法(はい/いいえ)で尋ねた. Q2 に「はい」と回答した者のみ IRV の鮮明さについて，Q3「この文を読むときに頭の中で聞こえる声について，それぞれの質問に最もあてはまるものを選んでください.」と尋ね，それぞれ 5 件法(5：はっきりとわかる～1：まったくわからない)で回答させた. Q3 の項目は，Q3-1「声の主が誰かわかる」，Q3-2「声の主が何歳くらいかわかる」，Q3-3「声の主の性別がわかる」，Q3-4「大きさや速さなど，声の特徴が感じられる」，Q3-5「声の主の感情が感じられる」，Q3-6「声の主の性格や人柄が感じられる」，Q3-7「声の主の口調や話し方が感じられる」であった.

3. 結果

3.1. 言語と文による影響

各文に対する Q1-1, Q1-2 の合計をその文に対する親密度とした. 親密度の平均値は，英語説明文 5.25(SD 2.16)，英語会話文 6.03(SD 2.42)であり，会話文の方が有意に高かった[t(399)=6.88, p<.01]. また日本語においても説明文 5.27(SD 2.04), 会話文 6.22(SD 2.36)であり，会話文の方が有意に高かった[t(399)=9.20, p<.01].

刺激文ごとに，Q2 を「はい」とした人数を IRV 有者数として，また IRV 有者による Q3-1 から Q3-7 への回答の合計値を IRV 鮮明度として，表 1 に示す.

IRV 有者数について文ごとに二項検定を行ったところ英語説明文では「いいえ」が多く(p=. 004)，英語会話文では「はい」が多かった(p=. 001). 日本語説明文では有意差がなく(p=. 17)，会話文では「はい」が多かった(p<. 001).

また，IRV 鮮明度について 2 要因の分散分析を行ったところ, 言語による主効果[F(1, 818)＝7. 121, p<. 01]と文による主効果[F(1, 818)＝29. 93，p<. 01]が見られた. 交互作用は有意でなかった[F(1, 818)=0. 82, p>. 05]. つまり, 日本語の方が英語よりも鮮明性が高く, 会話文の方が説明文より鮮明性が高かった.

表 1 刺激文ごとの IRV 有者数と IRV 鮮明度

言語	文	IRV 有者数	鮮明度 平均	鮮明度 SD
英語	説明文	173	19.34	8.06
	会話文	223	22.03	8.89
日本語	説明文	190	20.37	8.37
	会話文	236	24.14	8.16

3.2 英語能力による影響

協力者 400 名の TOEIC L&R の合計得点は平均 614.13，中央値 680，SD 261.16 であった. TOEIC の公式換算表をもとに，合計得点を CEFR に換算した[14]. A1 レベル未満が合計 120 点未満，A1 レベルが 120 点以上，A2 が 225 点以上，B1 が 550 点以上，B2 が 785 点以上，C1 が 945 点以上である. 表 2 に，CEFR レベルごとの回答者数と, 刺激文ごとの IRV 有者数, IRV 有者が回答した鮮明度の平均値と標準偏差を示す.

まず，CEFR レベルによって IRV 有者の割合が異なるか検討した. 刺激文ごとに CEFR レベルによって IRV 有者の割合が異なるかカイ二乗検定を行ったところ，英語・説明文[x^2(5)=11.743, p<.05]，英語・会話文[x^2(5)= 22.05, p<.01]，日本語・会話文[x^2(5)=14.69, p<.05]において，有意差が見られた. 日本語・説明文[x^2(5)= 10.31, p >.05]では有意差が見られなかった. 調整済み残差を用いた残差分析を行うと，英語・説明文では B2 レベルにおいて, IRV 有者が多く, 無し者が少なかった(z=2.22). 英語・会話文では A1 未満(z =3.44)と A2 レベル(z =2.10)において IRV 有者が少なく，無し者が多かった. しかし B2 レベル(z =2.58)では IRV 有者が多く，無し者が少なかった. 日本語・会話文では A1 未満において，IRV 有者が少なく，無し者が多かった(z =2.76).

つまり, 説明文においては, 日本語文では英語力によって IRV の有無に差がないが，英語文では影響が見られた. また，英語力の高い方が IRV 有者が多い傾向が見られた. 一方会話文では, 日本語文でも英語文でも, 英語力の高い方が IRV 有者が多い傾向が見られた.

次に, CEFR レベルと IRV 鮮明性の関係を検討した. 日本語文において, CEFR レベルと文タイプの二要因の分散分析をおこなったところ，文タイプの主効果[$F(1,414)=7.47, p<.01$]は有意だったが，英語力の主効果[$F(5,414)=1.78, p>.10$]と交互作用[$F(5,414)=0.52, p>10$]は有意でなかった．英語文において同様の二要因分散分析を行うと，文タイプの主効果[$F(1,384)=4.04, p<.05$]が有意であり，英語力の主効果[$F(5,384)=1.93$, p=.09]と交互作用[$F(5,384)=0.92, p>10$]は有意でなかった

表 2　CEFR と文刺激ごとの IRV の有無と鮮明さ

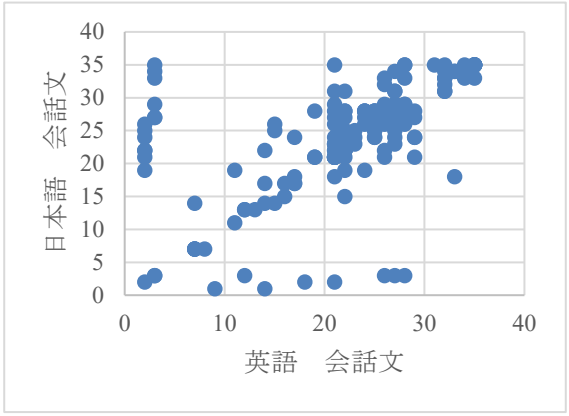
CEFRレベル				A1 未満	A1	A2	B1	B2	C1
レベル別人数				33	22	62	156	107	20
日本語	説明文	IRV	人数	9	12	25	77	59	8
			率	0.27	0.55	0.4	0.49	0.55	0.4
		鮮明性	平均	17.11	21.00	21.56	21.40	18.75	21.50
			SD	9.24	7.02	8.01	7.82	8.76	11.83
	会話文	IRV	人数	12	11	30	100	71	12
			率	0.36	0.5	0.48	0.64	0.66	0.6
		鮮明性	平均	18.75	22.82	24.73	24.50	24.32	25.08
			SD	10.65	7.05	8.38	7.41	8.03	11.74
英語	説明文	IRV	人数	9	10	21	65	56	12
			率	0.27	0.45	0.34	0.42	0.52	0.6
		鮮明性	平均	17.78	18.70	17.10	20.69	19.09	18.75
			SD	8.17	10.32	8.14	7.26	7.76	11.30
	会話文	IRV	人数	9	10	27	93	71	13
			率	0.27	0.45	0.44	0.6	0.66	0.65
		鮮明性	平均	19.78	21.30	18.15	22.70	23.07	21.69
			SD	8.01	10.15	10.00	8.50	8.50	10.11

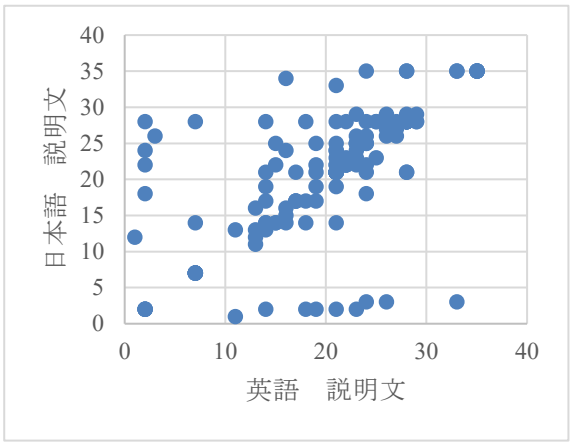
3. 3. 鮮明性の個人内相関

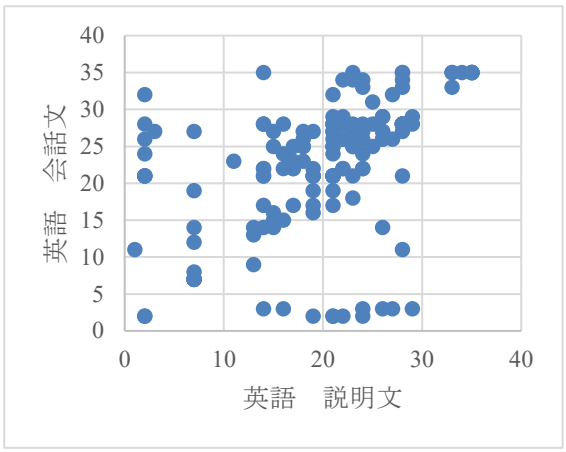
各条件間の IRV の鮮明性について，個人内の相関を検討した．散布図を図 1 に示す.

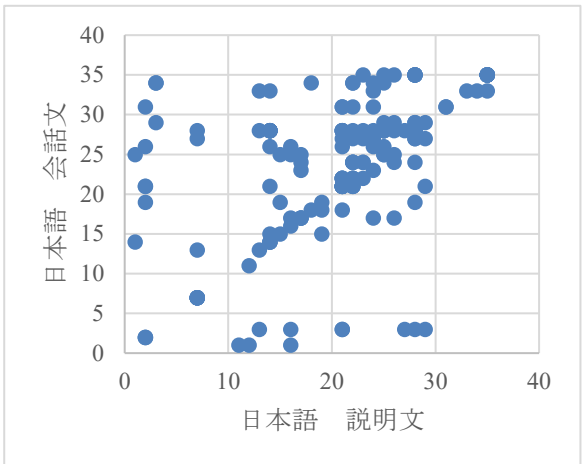
英語会話文と日本語会話文では $r=0.57[t(173)=8.01, p<.01]$，英語説明文と日本語説明文では $r=0.60[t(156)=9.31, p<.01]$ と正の相関が見られた. また, 同言語内である英語会話文と英語説明文では $r=0.44[t(156)=6.08, p<.01]$，日本語会話文と日本語説明文では $r=0.48[t(147)=6.76, p<.01]$ と正の相関が見られた.

図 1　IRV の鮮明性の相関









4. 考察

本研究の主たる結果は，以下の 4 点である．第一に，英語文においても日本語文においても，会話文の方が IRV を経験する者が多く，特に英語文において差が顕著であった．第二に，英語能力によって英語文の IRV 経験の有無に差が見られ，英語能力の高い者の方が英語文の IRV を経験しやすい傾向が見られた．第三に IRV の鮮明さは，日本語文でも英語文でも，会話文の方が説明文よりも高かった．しかし，英語能力による影響は有意でなかった．第四に，IRV の鮮明さには言語間でも言語内でも，有意な正の相関がみられた．

まず IRV の経験者数について検討する．本研究で用いた刺激文は，日本語と英語において，相対的に親密度の低い説明文と高い会話文であった．会話文の方が IRV のある者が多く，IRV のある者の中では鮮明性も高かった．これは母語文の先行研究[8]と一致する結果である．本研究では，同様の結果が外国語である英語文でも見られた．これは，母語でない文章を読む場合でも，刺激となる文章の特性が IRV の生じやすさに影響することを確認したことになる．

また個人の英語力は，英語文では説明文でも IRV の有無に影響しており，英語能力の高い者のほうが IRV を経験しやすかった．英語上級者は，初級者よりも，日本語を読んでいるときと同程度の IRV を感じやすいという先行研究と一致するものである[9]．これは，言語への習熟が IRV の経験に寄与する可能性を示している．また，英語レベル A1 未満の者は日本語においても IRV を経験する者が少なく，母語も含めた言語の理解過程と関連していることも考えられる．ただ，本研究で検出されたのは相関関係であり，英語能力が高まるから IRV を経験しやすくなるのか，それとも IRV を経験するような読解時の特性が英語能力を高めやすいのかは不明である．英語教育への応用可能性も視野にいれて，縦断的，時系列的な研究も実施する必要があるだろう．

一方で，英語能力は IRV の鮮明さには影響していなかった．IRV の鮮明さには言語間，言語内ともに，個人内で有意な正の相関がみられた．IRV の鮮明さは，言語への習熟とは関係の少ない，読解時の何らかの個人特性に由来すると考えられる．

本研究では，会話文と説明文における IRV を比較した．英語母語話者に英語文を読ませた研究では，同じ会話文でも直接話法と間接話法という表現上の差異が IRV 経験に影響することが報告されている[15]．このような刺激文や文章表現による IRV への影響を，より詳細に検討することで，IRV の機能や機序を解明することにつながることが期待できる．

一方本研究は，アンケート調査によって主観的な回答を求めたものであり，十分な信頼性があるとは言い難い．より客観的な手法を用いた行動実験や，脳波のような認知神経科学的測定など，より客観性，信頼性の高い研究手法で確認する必要があるだろう．

5. 参照文献

[1] 森田 愛子・小澤 郁美. (2016). 視野と内声化のトレーニングが読み速度に与える影響. *日本教育工学会論文誌, 39*(1), 45-48.

[2] 森田 愛子・高橋 麻衣子. (2019). 音声化と内声化が文章の理解や眼球運動に及ぼす影響. *教育心理学研究, 67*(1), 12-25.

[3] Vilhauer, R. P. (2016). Inner reading voices: An overlooked form of inner speech. *Psychosis, 8*(1), 37-47.

[4] Alderson-Day, B., Bernini, M., & Fernyhough, C. (2017). Uncharted features and dynamics of reading: Voices, characters, and crossing of experiences. *Consciousness and Cognition, 49*, 98-109.

[5] Vilhauer, R. P. (2017). Characteristics of inner reading voices. Scandinavian Journal of Psychology, 58(4), 269-274.

[6] 西村 聡生. (2019). 文章を読む際の内なる声. *日本心理学会第 83 回大会発表論文集*, 609.

[7] 黒田 航. (2021). 黙読時にヒトは何をするのか―"黙読"の多様性に関する予備調査―. *日本認知科学会第 28 回大会発表論文集*, 808-813.

[8] 粟津俊二・小林茜音. (2021). 文章読解時の内なる声と視覚的イメージの相関 ―言葉の身体性の観点から― . 日本心理学会第 85 回大会.

[9] Gunraj, D. N., & Klin, C. M. (2012). Hearing story characters' voices: Auditory imagery during reading. Discourse Processes, 49(2), 137-153.

[10] Alexander, J. D., & Nygaard, L. C. (2008). Reading voices and hearing text: Talker-specific auditory imagery in reading. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 34(2), 446-459.

[11] Filik, R., Barber, E., & Aleman, A. (2011). Inner speech during silent reading reflects the reader's regional accent. PLoS ONE. 6(10). e25782. 10.1371/journal.pone.0025782.g001

[12] 大野 拓恵・阿部 純一 (2006). 日本人英語初級者と上級者における日本語文章および英語文章読解時の subvocalization. 日本心理学会第 70 回大会発表論文集: 1EV104.

[13] Project Gutenberg. (n.d.). www.gutenberg.org.

[14] Tannenbaum, R.J. and Wylie, E.C. (2008). Linking English-Language Test Scores Onto the Common European Framework of Reference: An Application of Standard-Setting Methodology. TOEFFL iBT Research Report. RR-08-34. ETS. Princeton.

[15] Yao, B. (2021). Mental simulations of phonological representations are causally linked to silent reading of direct versus indirect speech. Journal of Cognition, 4(1), 6. Pp1-14.

好奇心の認知モデルを用いた特性推定
Trait Estimation Using a Cognitive Model of Curiosity

長島 一真 †, 森田 純哉 †
Kazuma Nagashima, Junya Morita
† 静岡大学
Shizuoka University
nagashima.kazuma.16@shizuoka.ac.jp

概要

認知モデルは，人間の属性を推測するためのツールとして使用される．認知モデルを使用すると，行動と認知特性の結びつきを実験的に仮定し，他者の特性帰属に伴うエラーを明確にできる．本研究では，ACT-R モデルを使用して，「好奇心」に関する特性の帰属を検討した．先行研究において構築された複数の好奇心の認知モデルの振る舞いを可視化し，被験者の主観評価を行った．結果，モデル間での差異が見られ，モデルの振る舞いと特性の関連性が示唆された．

キーワード：属性帰属; 認知モデル; ACT-R

1. はじめに

人間は，他者の行動を，性格などの内的属性を想定することで解釈する傾向を有する．属性の推測には，人間による他の思考や意思決定と同様，根本的なエラー（バイアス）が含まれる (Gilbert & Malone, 1995)．ただし，これらのバイアスに関する研究は調査や実験をベースに行われ，行動の背後に存在する真値となる内部状態に対する操作が欠けていた．

この問題を解決するために，本研究では，認知モデルを人間による内部属性の推測過程を検討するツールとして利用することを提案する．認知モデルは，人間の内部状態に関する仮定から外的行動を導出するシミュレータである．認知モデルをこの領域の研究に応用することで，エラーを引き起こす要因を，行動の原因である内部メカニズムの観点から詳細化することが可能になる．

人が有する内部属性のなかで，モチベーションは，行動の原因として頻繁に帰属され，影響力を有するものである．Weiner による帰属理論において，モチベーションは内部的かつコントローラブルなものに分類される (Weiner, 1985)．この次元への原因の帰属は，帰属された他者の事後における挑戦的行動の生起に大きく影響する．この意味でも行動からのモチベーションへの帰属過程を検討することは，理論的にも応用的にも重要である．その重要性から，モチベーションの自律エージェントのモデルが提案されている (Ribeiro et al., 2017)．さらに，近年ではモチベーションの要因を分析しようというという試みがある (Murayama & Jach, 2024)．よって，本研究ではモチベーションの認知モデルにより生成される行動を実験刺激とし，その帰属に影響する要因を検討する．

2. 好奇心の認知モデル

モチベーションの一つである好奇心は，教育やエンターテイメントなど，幅広い分野で個人の活動を促進するために重要な内的特性である．近年，好奇心に関する人間の神経科学に基づいた数理モデル (Friston, 2010) が提案され，それを基にした機械学習のエージェントの研究が注目されている (Aubret et al., 2019)．

上記の好奇心のエージェントは，内部処理が不透明な深層学習を用いて実装されている．このような研究に対して，著者らはこれまで，認知モデルの観点から，好奇心の研究を実施してきた (長島一真他, 2021)．認知モデルのアプローチに即すことで，人間が好奇心を発生させるプロセスをトレースすることが可能になる．

多様な認知モデルの手法があるなかで，著者らの研究では，認知アーキテクチャの 1 つである ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational (Anderson, 2007)) を用いた．ACT-R のモジュールとシンボリックプロセスを用いて，好奇心を「パターンの発見」に基づいて表現した．パターンの発見とは，人間が因果関係のパターンを発見し，組み合わせ，利用する能力のことである (Baron-Cohen, 2020)．パターンの発見は，好奇心の機械学習モデルで用いられる数理モデルの説明から発展するものである．好奇心は外界の認識と経験から得られる予測との差分によって生じる (Friston, 2010)．この予測からの差分が驚き（好奇心）を生じさせ，そのうちの一部は，「楽しさ」などの感情的反応を引き起こす．そしてその「楽しさ」は新しいパターンを発見することと説明される (Koster, 2013;

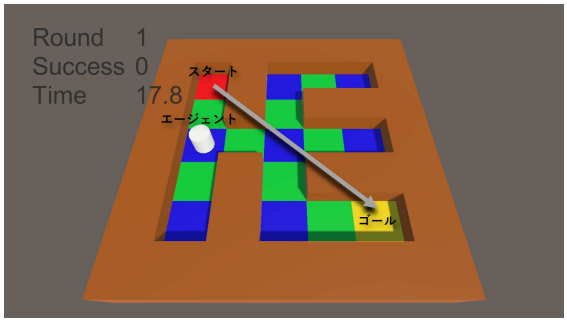


図 1　シミュレータ

Schmidhuber, 2010).

3.　方法

本研究では，著者らが開発した好奇心の認知モデルを採用したうえで，モデルの予測と参加者による属性帰属の関係を検討することを目的とする．なお，この目的に関して，先行研究 (Nagashima & Morita, 2024) では既に予備的な実験の結果を示してる．しかし，先行研究では操作されるパラメータ（好奇心や探索環境の広さ）に関するパラメータが限定されていた．本研究ではより完全なパラメータ集合を対象に，好奇心と属性帰属の関係を検討する．

3.1　参加者

300 名の参加者を，クラウドソーシングサービスのランサーズにて募集した．そのうち，アンケートの回答の収集において問題が生じた参加者を除外し，254 名のデータを分析対象とした．

3.2　材料

モデルが実行したシミュレーション課題を示し，その上で本研究で設定した実験条件と対応する 3 体の認知モデルを示す．本節の最後に，認知モデルを参加者に提示する環境を示す．

3.2.1　シミュレーション課題

本研究が参加者に提示する材料において，モデルは好奇心に基づいて，設定された 5×5 のマップを探索する．モデルがスタート位置からゴール位置まで移動するか，または制限時間 (180 秒) に達するまでのプロセスを 1 回のラウンドとし，同一のマップに対する複数のラウンドを，課題全体の制限時間 (1080 秒) に達するか，モデルが止めると判断するまで繰り返す．

3.2.2　実験条件

上記の設定で刺激されるモデルの好奇心を検討するために，モデルが有するエージェントの特性の条件を思考水準（環境探索の戦略）の観点から操作した．モデルが有する思考水準は，モデルの思考量（パターンの発見の量）によって区別される．モデルの特性として思考水準の高いモデルは，複雑な戦略を有し，課題を遂行すると仮定される．思考水準の低いモデルは，戦略を持たずに課題を遂行するモデルと仮定される．以下に，モデルの概要を示す．

1. Random モデル：ランダムに環境を探索する．
2. 確率的 DFS モデル：確率的な DFS (depth-first search)，によって環境を探索する．
3. 確率的 DFS + IBL モデル：確率的 DFS と現在の課題の解決に過去の記憶を用いる IBL (instance-base learning) を組み合わせる．

これらのモデルの思考水準は，1 から 3 になるほど思考量が増加し，思考水準が高いと仮定される．

上記の各条件について好奇心の度合い（報酬）を 3 段階に変化させ，10 回モデル化し，その結果を参加者に対する提示刺激とした．ラウンド数，課題継続時間（モデルの思考時間），ゴール達成率である．

3.2.3　エージェント評価用ウェブサイト

エージェントの動作を動画にし，それに基づいて参加者が主観評価を行うウェブサイトを構築した．エージェントの動作を示す動画は，Unity で実装されたモデルのログからエージェントの行動を復元するシミュレータによって作成した．図 1 は，そのインターフェイスである．画面には，参加者が現在の状況を把握するために，現在のラウンド数（Round），ゴール達成数（Success），現在時刻（Time）が表示されている．

上記の情報に基づき，参加者はエージェントの属性帰属に関するアンケートに回答した．アンケートは，エージェントの行動に基づいて特性を評価する Godspeed 質問紙 (Bartneck et al., 2023) の「知性の有無 (Peceived Intelligence)」の項目を使用した．この質問紙では，モデルの思考水準が反映されることを期待した．さらに，好奇心の種類を詳細に検討するために，好奇心の性質を調査するためのアンケートである 5DS (Kashdan et al., 2018) を用いた．5DS は 5 つの好奇心のタイプを分類する．その中から本課題に関係のある「Joyous Exploration」と「Deprivation Sensitivity」を用いた．前者は好奇心の喜びや肯定的な経験のために物事を探求に関係があるとされ，後者は問題を解決や知識のギャップを埋めるような不安感を拭う探求に関係があるとされる．3.2.2 節で示したモデルの仮定から，思考水準の高いモデルは，楽しみを感じると仮定される，そのため，Joyous Exploration が高くなることを期待した．一方，思考水準の低いモデルでは，思考量の少ない手数の多さから Deprivation Sensitivity が高くなることを期待した．

表 1 は，本研究で使用した質問票である．表からわ

表 1　質問紙

	Joyous exploration
1	挑戦的な状況を，成長し学ぶ機会としてとらえる．
2	常に，自分自身や世界についての考え方に挑戦するような経験を求めている．
3	何かについて深く考えなければならないような状況を探し求める．
4	馴染みのないテーマについて学ぶことを楽しむ．
5	新しい情報を学ぶことに魅力を感じる．
	Deprivation sensitivity
1	難しい概念的な問題の解決策を考えていると，夜も眠れなくなることがある．
2	答えがわからないと休めないため，ひとつの問題に何時間も費やすこともある．
3	問題の解法がわからないと苛立ちを感じ，それを解決するためにさらに努力する．
4	解決しなければならないと感じた問題には，執拗に取り組む．
5	必要な情報をすべて持っていないことに苛立ちを覚える．
	Perceived Intelligence
1	無能な - 有能な
2	無知な - 物知りな
3	無責任な - 責任のある
4	知的でない - 知的な
5	無能な - 有能な

かるように，5DS の各指標は 5 つの質問で構成されている．Godspeed から取られた知性の有無に関連する 5 組の反意語を含んでいる．すべての質問項目は 5 段階評価である．

3.3　手続き

ランサーズの募集に応募した参加者には，専用サイトで実験課題に関する説明ページが提示された．以下に，実験の手順を示す．

1. ランサーズの依頼画面にて参加登録
2. 課題説明の提示
3. 3 つの思考水準分，課題画面にて以下の操作
   （a）3 分間動画を視聴
   （b）アンケート

参加者が説明を十分に理解したと自己判断した後，課題画面に移動した．この際，参加者に提示するモデルの行動は，各思考水準および各報酬に対して実行された 10 のシミュレーション結果から無作為に 1 つ選択された．各思考水準の表示順は，順序効果を考慮して，参加者ごとに無作為に決定された．参加者は動画を 3 分間視聴した後，アンケートに回答でき，「送信」ボタンを押すと次のモデルの課題画面に移動した．

3.4　分析

アンケートで得られた回答について，指標として 5DS の 2 項目と Godspeed の 1 項目の平均得点を求め，アンケート項目の最大値（5）に対する割合に変換した．さらに，各項目の平均点を指標（応答変数）とし，一般線形混合モデル（Generalized Linear Mixed Model）を用いて尤度比検定を行った．説明変数には，質的変数である「モデル」,「報酬」とその「交互作用」を採用した．さらに，これらのモデルの内部属性に関して付随的に生じる「ラウンド継続数」,「継続時間」,「ゴール達成率」などの行動指標の影響を統制するために，これらを量的変数に含めた．さらに，変動効果（random effect）として 10 のシミュレーションの実行回の区別（刺激の種類）を加えた．

4.　結果

図 2 は，指標ごとに集計したアンケートの結果である．それぞれのバーの色は，モデルの思考水準を表し，x 軸は報酬を表す．y 軸は，アンケート項目に対して得られた評定得点をモデルの実行毎に平均し，それらを集計したものである（$n = 10$）．

Joyous Exploration において，モデルの主効果（$\chi^2(2) = 17.07$, $p < 0.001$）およびモデルと報酬の交互作用（$\chi^2(4) = 10.74$, $p < 0.05$）が有意となった．一方で，報酬の主効果（$\chi^2(2) = 1.15$, $p = 0.56$）は有意とはならなかった．報酬 6 および 18 におけるモデルの単純主効果が有意となり，Turkey 法による多重比較の結果，DFS+IBL と DFS が Random よりも有意に高いことが確認された（$p < 0.001$）．さらに，Random における報酬の単純主効果も有意となり，報酬 12 が最も高い値となった（$p < 0.05$）．DFS+IBL モデルにおいては，報酬 18 が最も有意に高い結果となった（$p < 0.01$）．

Deprivation Sensitivity においては，モデルの主効果（$\chi^2(2) = 16.61$, $p < 0.001$），報酬の主効果（$\chi^2(2) = 9.22$, $p < 0.05$）が有意となった．一方で，モデルと報酬の交互作用（$\chi^2(4) = 8.56$, $p = 0.07$）は有意とはならなかった．さらに，各要因に対して多重比較を実施した．モデル間では，Random が DFS よりも有意に高かったことが確認された（$p < 0.001$）．報酬間では，報酬 12 が報酬 18 よりも有意に高かったことが確認された（$p < 0.01$）．

Perceived Intelligence において，モデルの主効果（$\chi^2(2) = 18.74$, $p < 0.001$）とモデルと報酬の交互作用（$\chi^2(4) = 17.67$, $p < 0.01$）が有意だった．一方で報酬の主効果（$\chi^2(2) = 1.03$, $p = 0.60$）は有意ではなかった．モデルの単純主効果では，すべての報酬で DFS+IBL モデルが最も有意に高かったことが示された（$p < 0.001$）．報酬 6 では，DFS が Random よりも有意に高かったことが確認された（$0.001 < p$）．報酬の単純主効果では，報酬 6 の場合に DFS+IBL が最も高く（$0.001 < p$), DFS は Random よりも高かかった（$0.001 < p$）．報酬 12 の場合に DFS+IBL は最も高かった（$0.001 < p$）．報酬 18 の場合に DFS+IBL は DFS よりも高く（$p < 0.01$），Random よりも高かった（$p < 0.001$）．

上記の結果は，参加者が著者らの好奇心のモデルにおける思考水準の設定を推定できたことを示唆している．例えば Joyous Exploration では，思考水準の高い DFS+IBL や DFS は報酬 12 で思考水準の低い Random と差がないものの，他の報酬では Random

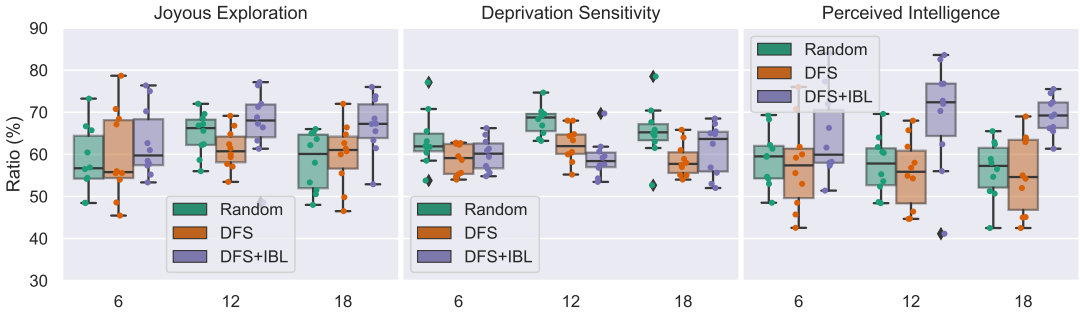


図 2　アンケート結果

よりも高い結果が得られた．また，Deprivation Sensitivity では，モデルと報酬の交互作用はなかったものの，Random が最も高い結果となった．

5.　まとめ

本研究では，ACT-R の好奇心のモデルを用いて，人間がエージェントの振る舞いからその特性を推定できるかを検討した．この目的のために，それぞれ異なる特性を持つ ACT-R のモデルの動作を復元するシミュレータを実装した．それを用いたオンライン実験では，参加者がエージェントの振る舞いからその特性をどの程度推定できるかを調査した．その結果は思考水準が最も高い DFS+IBL が楽しさを追求する好奇心が最も高く知的な振る舞いをするという結果になった．また，最も思考水準の低い Random モデルは，困難な状況を払拭する好奇心が最も高いという結果になった．以上は，エージェントが持つ実際の特性を参加者が評価可能であることを示唆する結果である．

本研究の意義は，認知モデルを用いて内部モデルを要因として特性の推定を行ったことである．認知モデルは内部プロセスに焦点を当て実装されるため，機械学習エージェントに比べて，人間が認知モデルの特性を推定する際のプロセスをトレース可能であるという利点がある．そのプロセスを解析することで，人間同の特性の推定に応用可能であると考えられる．

今後，このアプローチをさらに進めていく必要がある．参加者に提示する情報や環境の改善が必要である．本研究では長時間にわたるモデルの行動を提示したが，それらの行動をクラウドソーシングによって集められた参加者が熟視することは想定しづらいよって，今後人間がモデルを推定できるようになるために，モデルが取り組む課題の改善やモデルの内面に関わる情報の提示や環境の検討を進めていく必要がある．

文　献

Anderson, J. R. (2007). *How Can the Human Mind Occur in the Physical Universe*, New York: Oxford University Press.

Aubret, A., Matignon, L., & Hassas, S. (2019). “A survey on intrinsic motivation in reinforcement learning,” *arXiv preprint arXiv:1908.06976*.

Baron-Cohen, S. (2020). *The pattern seekers: How autism drives human invention*, New York: Basic Books.

Bartneck, C., Cochrane, T., Nokes, R., Chase, G., Chen, X., Cochrane, T., Mitrovic, A., O’Sullivan, A., Wang, W., & Adams, B. (2023). “Godspeed questionnaire series: Translations and usage.”

Friston, K. (2010). “The free-energy principle: A unified brain theory?” *Nature Reviews Neuroscience*, 11(2), 127–138.

Gilbert, D. T., & Malone, P. S. (1995). “The correspondence bias,” *Psychological Bulletin*, 117(1), 21.

Kashdan, T. B., Stiksma, M. C., Disabato, D. J., McKnight, P. E., Bekier, J., Kaji, J., & Lazarus, R. (2018). “The five-dimensional curiosity scale: Capturing the bandwidth of curiosity and identifying four unique subgroups of curious people,” *Journal of Research in Personality*, 73, 130–149.

Koster, R. (2013). *Theory of Fun for Game Design*, Sebastopol: O’Reilly Media.

Murayama, K., & Jach, H. (2024). “A critique of motivation constructs to explain higher-order behavior: We should unpack the black box,” *Behavioral and Brain Sciences*, 1–53.

長島一真・森田純哉・竹内勇剛 (2021). ACT-R による内発的動機づけのモデル化, 人工知能学会論文誌, 36(5), AG21–E_1-13.

Nagashima, K., & Morita, J. (2024). “Trait Inference on Cognitive Model of Curiosity: Relationship between Perceived Intelligence and Levels of Processing,” in *Proceedings of the 22th International Conference on Cognitive Modelling*, Advance online publication.

Ribeiro, E., Ribeiro, R., & de Matos, D. M. (2017). “A curiosity model for artificial agents,” in *Artificial Life Conference Proceedings*, 561–568.

Schmidhuber, J. (2010). “Formal theory of creativity, fun, and intrinsic motivation (1990–2010),” *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, 2(3), 230–247.

Weiner, B. (1985). “An attributional theory of achievement motivation and emotion,” *Psychological Review*, 92(4), 548.

自動的な表情模倣により導かれる他者との関係構築
Relationship building caused by automatic facial imitation

馬場 龍之介 †，森田 純哉 †
Ryunosuke Baba, Junya Morita
† 静岡大学
Shizuoka University
baba.ryunosuke.20@shizuoka.ac.jp

概要

表情は他者とのコミュニケーションに欠かせないメディアである．特に，他者の表情の模倣は，相手の好感度を高め，共通認識の形成に寄与するとされる．本実験は，参加者が置かれる立場が変化するサイバーボール課題を通し，表情がエージェントと参加者の関係に与える影響を調査した．結果，他者の表情は物理的構成のまま認識されるのではなく，感情を伴って解釈されることが示唆された．また自身の表情によって相手の印象が変化する可能性も示唆された．

キーワード：表情, 感情, VR

1. はじめに

表情は，実世界におけるコミュニケーションにおいて，感情を効果的に伝える手段である．電子空間においても，顔文字の利用により，コミュニケーションの円滑化が日常的に図られている．さらに，今後進展するメタバースにおいては，自身や他者の表情を望むように任意に操作することも可能になると考えられる (Osawa, 2014）．

そのような表情を模倣することは他者との関係を築く重要な手段となることも知られている．ここでの表情模倣は，物理的行動の単純な真似ではなく，相手と自分の信頼関係や文化的背景などを踏まえた上での感情認識に基づく模倣として定義される (Hess & Fischer 2013）．

本研究では表情模倣が他者との関係構築に及ぼす影響を検討するために，対人関係において生じる感情を実験的に操作可能なサイバーボール環境を使用する．サイバーボール環境は，対人関係の排斥と受容に関する研究に使用されている (Williams et al. 2000) ．この環境を用いた実験では，現実世界の排斥と同様の効果を仮想社会においても経験し得ることが示されている．さらに，サイバーボールにおける苦痛は，排斥する他者が現実には人間でなく，コンピュータにより操作されるエージェントであることが明言されていた場合でも生じることが報告されている (Zadro et al. 2004) ．また，サイバーボールを VR (Virtual Reality) 環境において実装する研究も行われており，そこでは VR 環境がサイバーボールの臨場感を増大させ，より現実的な実験操作を可能にすることを示している (Kano & Morita, 2020) .

1.1 仮説

本研究は，二条件で異なる表情をするサイバーボールを課題とし，表情によるエージェントとの関係を調査する．前述したように表情同期はコミュニケーションにおいてポジティブな影響を及ぼすことがわかっているが，参加者とエージェントとの表情同期によるインタラクションの効果はこれまで検証されていない．本実験では参加者の表情の推移によるエージェントの印象変化を目的とする．

2. 方法

本論文は筆者ら (Baba & Morita, 2024) が先行研究において行った実験に対する追加分析を示すものである．以下では，本論文の結果と関連する表情同期の操作に焦点をあて，実験の方法を説明する．

2.1 実験環境

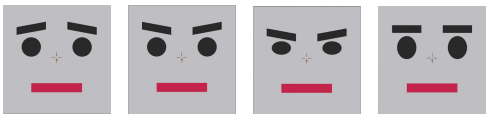
ハードウェアとして HTC VIVE PRO[*1]と Vive Facial Pro[*2]を使用した．HTC VIVE PRO は目周辺の情報を獲得できる VR 機器である．Vive Facial Pro は，口元周辺の情報をリアルタイムで獲得できるハードウェアである．表情認識のソフトウェアは SRanipal[*3]を使用した．SRanipal は HTC VIVE PRO と Vive Facial Pro に付属しているカメラから人の表情データを獲得するソフトウェアである．HTC VIVE PRO から獲得できる目周辺のデータは 12 変数，Vive Facial Pro から獲得できる口周辺のデータは 38 変数である．

エージェントは Blender[*4]を使用して作成した（図 1）．顔の目と口の位置を決めるため，Pallett et al.

[*1] https://htcvive.jp/item/99HASZ017-00.html
[*2] https://www.vive.com/jp/accessory/facial-tracker/
[*3] https://developer.vive.com/resources/vive-sense/eye-and-facial-tracking-sdk
[*4] https://www.blender.org

表 1: AU と SRanipal 対応表

AU (action unit)	SRanipal
AU01	Eye_Left_Left, Eye_Right_Left
AU02	Eye_Left_Right, Eye_Right_Right
AU04	Eye_Left_Down, Eye_Right_Down
AU05	Eye_Left_Up, Eye_Right_Up
AU12	Mouth_Smile_Left, Mouth_Smile_Right
AU15	Mouth_Sad_Left, Mouth_Sad_Right
AU17	Mouth_Ape_Shape



(a) AU01 (b) AU02 (c) AU04 (d) AU05

(e) AU12 (f) AU15 (g) AU17 (h) Fixed

図 1: AU 最大値におけるエージェントの表情

(2010) によって提唱された顔の美しさのための黄金比率を採用した．

また眉毛や目，口の太さに関しては，産業技術総合研究所 (AIST) の “人体寸法データベース 1991-92’‘ (Kouchi & Mochimaru, 2005) から顔と口，目の比率を算出し決定した．エージェントの表情に関しては，SRanipal と Action Unit (AU) (Ekman & Friesen, 1984) の対応を構築し（表 1），それ以外の変数はエージェントの顔には表示しないこととした．実際に AU の動きに対応したエージェントの可動範囲は図 1 である．実験環境（図 2）は Unity[*5]を使用して構築された．

3 次元の仮想環境において，2 体のエージェントと参加者は，三角形の位置関係となるように配置した．視点は一人称である．エージェントはボールを受け取り，参加者かもう片方のエージェントに投げる．エージェントの範囲にボールが入らなかった場合，ボールは地面に転がり，参加者は投球をし直す必要があった．ゲーム中，エージェントの顔の向きはボールの位置を追従した．

2.2 デザイン

表情同期が参加者の状態に与える影響を分析するため，参加者間要因として同期 vs 固定の表情条件を用意した．同期条件において 2 体のエージェントの顔は SRanipal を使用して参加者の顔と同期した．固定条件においてエージェントの顔は図 1 の (h) で固定された．また排斥による影響を調査するため，参加者内要因として協調 vs 排斥のエージェントの振る舞い条件を設定した．

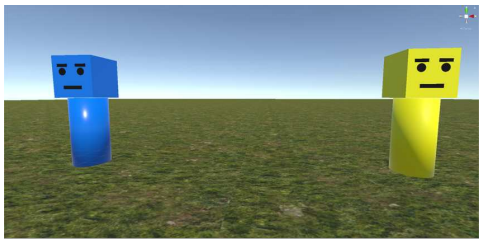


図 2: 実験環境

エージェントの色は 2 体のエージェントが対になるように，色相環を参考に設計した．参加者から見て右側が赤色または黄色，左側が緑色または青色となるように設計した．それぞれの組み合わせにおいて 2 つの参加者間要因と参加者内要因の順序，そしてエージェントの色はカウンターバランスされ合計 8 通りが設定された．

2.3 手続き

まず，参加者は操作確認のためのテストプレイを行った．テストプレイは参加者ごとの表情のセンシングをキャリブレーションする目的も兼ねていた．課題は，協調条件・排斥条件の両者で 5 分間実施した．協調条件では参加者 1 人とエージェント 2 人で通常のキャッチボールを実施した．排斥条件では，最初の 1 分間は協調条件と同様の環境で行い，その後 4 分間参加者はエージェントから排斥された．各課題の終了後，アンケートを実施した．

質問紙には，操作確認のための項目，基本的欲求に関する以下の項目，所属感，統制感，自尊心，存在意義が含まれている．気分は，4 つの双極の質問で評価された．さらに，質問紙には 4 つの補助変数が含まれていた．評価は 9 段階評価とし，1 ＝まったくそうでない，9 ＝非常にそうである，とした．なお，これらの設問は先行研究を参考とした (Zadro et al. 2004) .

2.4 参加者

静岡大学の工学と情報学を専攻する学部生 24 名 (男性 18 名，女性 6 名) が参加した．参加者は実験協力の謝金として 1,500 円の報酬を得た．実験は静かな環境で実施した．

3. 結果

先行研究 (Baba & Morita, 2024) は，排斥時に生じるネガティブな感情に対する表情同期の抑制を検討した．結果，同期条件において，排斥による自己統制

[*5] https://unity.com/

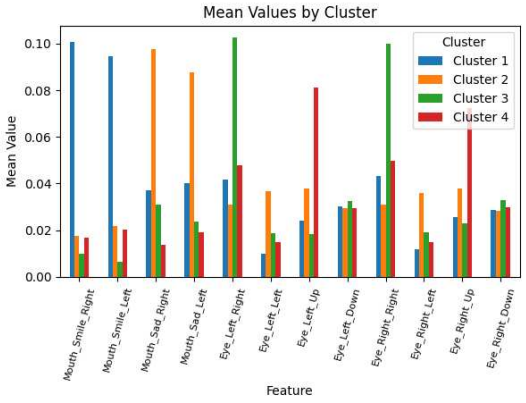


図 3: 各クラスターの分散

表 2: 階層的クラスタリングクロス集計表

	同期	固定
クラスター 1	6	1
クラスター 2	6	7
クラスター 3	5	4
クラスター 4	7	9

の低下が抑えられることが確認された．しかし，先行研究では，条件間の比較にとどまり，実験中の参加者の表情特徴と感情との関係は検討されていなかった．よって，本研究では，協調条件と排斥条件に限らず，参加者が実験中に示した表情とアンケート結果との関係を検討した．

3.1 階層的クラスタリング

実験中の参加者の表情変化がアンケート結果に与える影響を分析した．なお，記録された 5 分のデータのうち，課題開始から 1 分後が経過してから実験終了までのデータを分析対象とした．すなわち排斥条件においては，はじめの 1 分間の協調が終わった後のデータとなる．本研究の焦点は，協調と排斥の差を検討するものではないものの，記録されたデータのなかでの実験操作による感情への影響が均等となるようにこの除外を行った．

各参加者の 4 分の表情データについて，フレーム間の分散を計算することで，12 次元 (SRanipal として取得される表情特徴と AU との対応）の特徴ベクトルを構成した．4 分の平均ではなく，分散を計算したのは同期に伴う表情の変化を検討するためである．構成された特徴ベクトルを用いることで，参加者を分類する階層的クラスタリングを行った．なお，Mouth_Ape_Shape に関しては値がうまく計測されず，また欠損値が多く，分類における参加者数が減少してしまうため，クラスタリングの変数には使用しなかった．階層的クラスタリングの距離の定義は cos 類似度とし，手法は最長距離法とした．

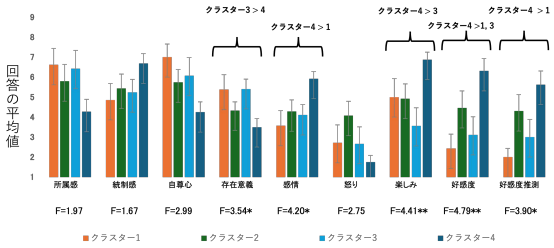


図 4: クラスターごとのアンケート平均

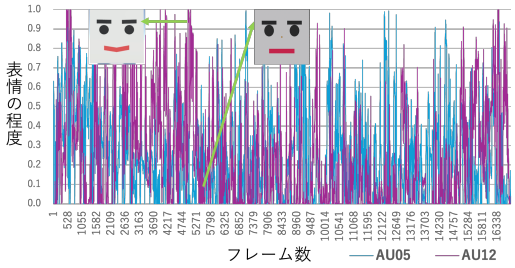
デンドログラムの形状から 4 クラスターを抽出した．表 2 に各クラスターに分類される参加者数を同期と非同期条件に区別して示した．また，各クラスターの特徴を検討するために，特徴ベクトルの次元ごとの値 (フレーム間分散）の平均値を図 3 に示した．各クラスターにおいてそれぞれ変動が大きい部位が分かれていることがわかる．

3.2 クラスターとアンケートの関連

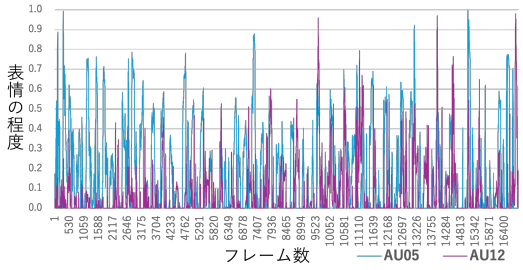
表情の分散の特徴ごとに分類されたクラスター間でのアンケートの結果の違いを調べるためアンケート項目ごとに一元配置分散分析を行った（図 4）．アンケート結果をまとめる際は逆転項目を考慮した．図の下部に F 値を表示し，有意 ($p < 0.05$）になった箇所は Holm 法を用いた多重比較を行い，$p < .05$ となった項目を示した．感情や補助変数である，好感度，好感度推測の項目に関してクラスター 1 よりもクラスター 4 のほうが大きいという結果となった．また補助変数である「楽しみ」に関してはクラスター 4 がクラスター 3 よりも大きいという結果となった．存在意義に関してはクラスター 3 が 4 よりも大きいという結果となった．存在意義の質問に対する回答の数値が高いほど、回答者が悪感情を抱いている傾向にあることを示している．

エージェントとの交流に影響が生じたクラスター 1 とクラスター 4 について，代表的な参加者（他の参加者との特徴ベクトルの距離が最小となる参加者）を抽出した．図 5 は，その参加者における AU05 および AU12 の時系列変化を示している．これら AU の値は，図 3 において各クラスターにおいて高い値となった特徴と対応している（AU と SRanipal の対応については表 1 を参照）．クラスター 1 の代表的な参加者に関しては口の動きに関する AU12 の変動が大きく，一方でクラスター 4 の代表的な参加者では上瞼を上げる AU05 の変動が大きいことが観察された．

図 5 （a) では，クラスター 1 における表情変化の特徴を示すために，特徴的な 2 フレームにおいて実際に参加者に提示されたエージェントの表情を再構成した



(a) クラスター 1 時系列



(b) クラスター 4 時系列

図 5: 特徴的な変数の時系列データ

図を付与している．この図に表されるように，AU12 の変動の大きさは，一瞬で笑顔が消える表情変化を示している．クラスター 1 における低好感度はこのような表情変化が原因となった可能性がある，それに対して，高い高感度を示したクラスター 4 において，AU12 は後半にかけて傾向をもって増加していることが示される．

4. 考察

参加者が示した表情による影響を調査した結果，実験中，AU05 の変動が大きいクラスター 4 では AU12 の変動が大きいクラスター 1 よりもエージェントとの良好な関係を築けたという結果が得られた．クラスター 1 とクラスター 4 の同期・非同期条件の人数（表 2）の偏りを調べるため Fisher の正確検定を行った結果，有意傾向となった ($p = 0.088$, odds ratio= 7.078, 両側検定)．このことから，クラスター 1 の同期の比率がクラスター 4 の同期の比率よりも有意に大きい傾向があることが見いだされた．そのためエージェントの表情が笑顔となりつつも一瞬で変化するという表情変化の特徴は，参加者の表情からの同期により生じたと考えられる (図 5a).

数秒のみの笑顔は，怒りの感情と似た支配的な笑顔 (上田・吉川，2013）を認識させると解釈することができる．そのような状況において，参加者は相互に不快な気持ちを抱くことが推測できる．即ち自身が持つ文化的な規範によって 表情を表面的な意味ではなく，内に秘められた意味合いと推測したと考えられる (Hess & Fischer 2013）．その一方で，クラスター 4 に関しては，瞼を上下に動かすことが他者との運動体験においてポジティブな影響を及ぼしたと解釈できる．

本研究の成果は，表情が周囲に与える影響に関して再認識し，表情が動いている影響が潜在的に自身の感情に及ぼす影響を明らかにしたことである．これは他者とのコミュニケーションを図る上で相手とのコンテキストが重視されることを示し，また上瞼の上下が他者への好感度に及ぼす影響についての洞察を提供し，豊かな人間関係を築く上での手がかりを提供する．

文 献

Baba, R. & J. Morita. (2024). “Changes of self-others relation by synchronizing facial expressions,” in *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*.

Ekman, P. & W. Friesen. (1984). *Unmasking The Face*: Consulting Psychologists Pr, 277.

Hess, U. & A. Fischer. (2013). “Emotional mimicry as social regulation,” *Personality and social psychology review*, 17(2), 142–157.

Kano, Y. & J. Morita. (2020). “The effect of experience and embodiment on empathetic behavior toward virtual agents,” in *Proceedings of the 8th International Conference on Human-Agent Interaction*, 112–120.

Kouchi, M. & M. Mochimaru. (2005). *AIST Anthropometric Database*: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, H16PRO 287.

Osawa, H. (2014). “Emotional cyborg: human extension with agency for emotional labor,” in *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, 108–108.

上田祥行・吉川左紀子 (2013). 表情がもたらす支配性の知覚, 日本認知心理学会発表論文集 日本認知心理学会第 11 回大会，5–5，日本認知心理学会.

Williams, K. D., C. K. Cheung, & W. Choi. (2000). “Cyberostracism: effects of being ignored over the Internet.,” *Journal of personality and social psychology*, 79(5), 748.

Zadro, L., K. D. Williams, & R. Richardson. (2004). “How low can you go? Ostracism by a computer is sufficient to lower self-reported levels of belonging, control, self-esteem, and meaningful existence,” *Journal of Experimental Social Psychology*, 40(4), 560–567.

心理的プレッシャーが知覚意思決定に与える影響の検討
The effects of psychological pressure on perceptual decision-making

小笠原 香苗[†‡], 小池 耕彦[†‡]
Kanae Ogasawara, Takahiko Koike

[†]理化学研究所 脳神経科学研究センター, [‡]生理学研究所 生体機能情報解析室
RIKEN Center for Brain Science, National Institute for Physiological Sciences
kanae.ogasawara@riken.jp

概要

本研究は、プレッシャー下で能力が低下する現象が知覚意思決定課題でも生じるか、またそのメカニズムを検討した。課題成功時の報酬が低く高頻度で現れる低プレッシャー (LP) 条件と比較して、高報酬かつ低頻度な高プレッシャー (HP) 条件では正答率が低かった。また、直前の HP 条件の成功が次の HP 条件の失敗を呼び込むことが明らかになった。この結果は、HP 下の行動の記憶が次の行動の予期を惹起し、それが知覚意思決定課題の能力低下の原因である可能性を示す。

キーワード：プレッシャー, 知覚意思決定

1. はじめに

我々の運動パフォーマンスは、高い心理的プレッシャー下で低下することが多い (Baumeister, 1984)。この現象は一般的に「あがり」と呼ばれ、個人の能力発揮を妨げるため、対処すべき重要な問題とされている。プレッシャーによる能力低下のメカニズムに注意が関与する可能性は示唆されているが、プレッシャーにより課題への注意が不足する、あるいは過剰に注意が配分されるという真逆の仮説が提案されており、また注意が運動に影響を与える明確な機序も不明である (Beilock & Carr, 2001; Wine, 1971; Yu, 2015)。近年、プレッシャー下での注意の変調と能力低下の関係についての対立する 2 つの仮説が、高プレッシャー下での予測符号化の変調として統一的に説明されうることが報告された (Harris et al., 2023)。予測符号化は、脳が予測と実際の感覚入力を組み合わせて外界を理解するプロセスである (Friston & Frith, 2015)。Harris らによれば、運動制御の背後には感覚入力と運動を結びつける予測符号化メカニズムがあり、高プレッシャー下では注意の過不足が感覚入力の重みづけを変化させ、結果として精緻な制御がおこなわれなくなり、運動能力の低下が生じる。視覚-運動協調課題と 7 テスラ機能的磁気共鳴現象画像法 (fMRI) を組み合わせた我々の先行研究では、Harris らの仮説通り、高プレッシャー下での失敗の直前に、課題に対応した運動モデル関連領域（小脳）と知覚領域（hMT+野）の過剰な賦活がみられ、運動結果に対する事前の予測が知覚に変調を与えることがあがりの原因である可能性が示された (Ogasawara et al., under review)。

プレッシャー下での能力低下は、運動課題に限らず、報酬に基づく意思決定課題 (Byrne et al., 2015) や、ワーキングメモリ課題 (Sosnowski et al., 2022) でも起こる。また近年の研究は、予測符号化が脳における普遍的な情報処理メカニズムであり、意思決定のようなプロセスをも説明可能であるとする (Hodson et al., 2023)。これらを考えると、Harris らの仮説は運動の失敗のみならず、プレッシャー下でのあらゆる能力低下、たとえば意思決定の失敗などを広く説明できる可能性がある。

本研究では、プレッシャー下の能力低下を生起させるのに十分な難しさを持つ知覚意思決定課題をおこなう際に高報酬獲得のプレッシャーを与えることで、運動を伴わない能力低下メカニズムを検討した。能力低下が知覚意思決定/判断のレベルで起きたのか、報告時のボタン押しのレベルで起きたのかを切り分けるために、回答時のボタン押しについても精査した。

2. 方法

20 名が、8 方向のランダムドットモーション課題を用いた実験に参加した (Gold & Shadlen, 2007; Pilly & Seitz, 2009)。課題では、画面上の一定の視野内に提示された白いドットがランダムな方向に移動するが、一部のドット（ターゲット）だけは 8 方位のどれかに向かって移動する。ターゲットドットの数はコヒーレンスと呼ばれ、この量が大きいほどターゲットの移動方向を知覚しやすくなる。参加者は強制 8 肢選択課題としてターゲットの運動方向をボタン押しで回答した。1 試行は、条件名呈示 (2,000ms)、ドット呈示 (400ms)、ボタン押しによる回答 (5,000ms)、正誤フィードバック (1,000ms) で構成された。回答は 3 つのボタンを用いておこない、左右選択ボタンで 8 方位の中からドットが移動したと思う方向を選択し、最後に確定ボタンを押すことで回答完了とした。回答時間を 5,000ms と長めに設定したのは、熟慮して回答する猶予を与え、時間切

迫による押し間違いを減らすためである。50 試行で 1 セッションとした。課題は練習（8 セッション）と本番（5 セッション）に分かれていた。練習は、ターゲットの運動方向の判断を学習させることに加えて、本番で用いる課題の難易度を、参加者間で統制することが目的である。一般的に、課題が適度に難しい場合にプレッシャー下の能力低下が生じやすいとされている (Chib et al., 2012)。本研究では、練習の後半 4 セッション分の各刺激コヒーレンスの正答率を用いて心理物理曲線を推定し、各参加者の正答率が 50%となる点を算出し、その値を本番で用いることで「適度な難しさ」を実現した。本番では練習と全く同じ課題をおこなうが、1 試行ごとに条件を割り振り、課題に正答した際には条件に応じた金銭報酬を付与することでプレッシャーを与えた。高報酬かつ低頻度な条件ではプレッシャーによる能力低下が生じるという先行研究に則り (Smoulder et al., 2021; Ogasawara et al., under review)、正答時の報酬額が低く全体の 95% (228 試行) で出現する低プレッシャー条件（Low pressure: LP 条件）と、正答時の報酬額が低プレッシャー条件の約 20 倍と非常に高いが全体の 5% (12 試行) でのみ出現する高プレッシャー条件 (High pressure: HP 条件）を用いた。参加者は実験前に各条件で成功時に得られる報酬額と、HP 条件の出現頻度が非常に低いことを知らされたが、具体的な出現回数は知らされなかった。これは、HP 条件の出現回数が明示されている場合、全ての HP 条件が出現したことで参加者のモチベーションが下がる可能性を排除するためである。HP 条件と LP 条件はランダムに提示したが、1 セッションに 1 回は HP 条件が提示された。また本番では、参加者が課題を正しくおこなっていることを確認するため、刺激コヒーレンスが 100%のキャッチトライアルを準備した。キャッチトライアルは LP 条件 9 試行、HP 条件 1 試行の計 10 試行である。これらは解析から除外した。全試行が終了した後に、参加者は各条件について感じた不安とプレッシャーを VAS で回答した。

解析では、HP 条件で実際に不安やプレッシャーを感じていたかを検討するため、(1) VAS の条件差を算出した。そして本番のデータを用いて、(2) 条件ごとの正答率を算出することで、HP 条件で能力低下が生起したかを検討した。加えて、(3) 条件ごとに正答と誤答を分け、反応時間を算出した。また、本研究で用いたような多肢選択のランダムドットモーション課題においては、ターゲットの運動方向に対して 180 度逆向きに回答する、たとえば右から左に動いたターゲット刺激を、左から右に動いていたと報告するという系統だった誤答が存在する (Bae & Luck, 2019; Smith et al., 2022)。本研究でもこのような誤答が生じるのか、またその生じ方に条件差があるのかを検討するため、(4) 条件ごとに誤答時の 7 方位（正答を 0 度とし、正答からのずれが 45 度、90 度、135 度、180 度、225 度、270 度、315 度）を選択した確率を算出した。

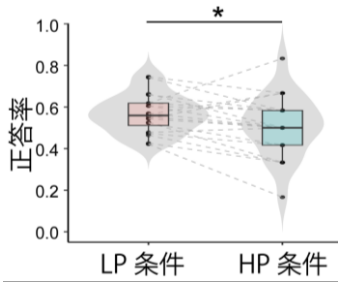
また、プレッシャー下の能力低下が予測符号化のメカニズムの変調で説明できるなら、HP 条件での失敗はランダムに発生するのではなく、何らかの形で予測が関係しているはずである。たとえば、「前回の HP 条件では成功できたけど今回の HP 条件では失敗するかもしれない」という予測/予期が、課題成績に影響を与える可能性がある。この場合、直前の HP 条件のパフォーマンス（正答/誤答）によって、次の HP 条件の正答率が異なりうる。そこで、(5) 直前の同条件試行のパフォーマンスによって次の同条件試行の正答率に差があるのか、またその差に条件差があるかを算出した。

3. 結果と考察

主観報告

不安/プレッシャーについて t 検定をおこなったところ、HP 条件では LP 条件に比べて不安が有意に高く ($t(19) = 5.32, p < .01, d = 1.18$)、またプレッシャーも高かった ($t(19) = 9.88, p < .01, d = 2.03$)。高報酬かつ低頻度の HP 条件は、有効に機能していたといえる。

図 1 条件ごとの正答率



正答率

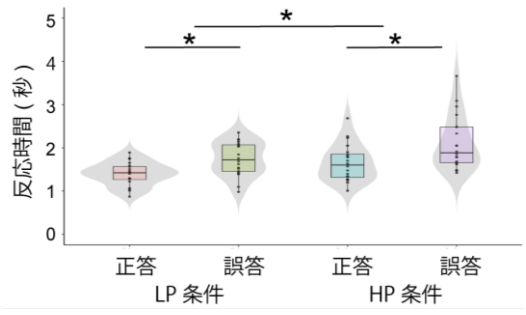
t 検定は、HP 条件では LP 条件に比べて正答率が有意に低いことを示しており ($t(19) = 2.38, p = .03, d = 0.47$; 図 1)、知覚意思決定課題においても高プレッシャー下での能力低下は生じていた。なお、キャッチトライアルの正答率は、LP 条件で 97.2%、HP 条件で 95.0%であり、条件間に差はなかった ($t(19) = 0.41, p = .68, d = 0.14$)。これは、HP 条件における正答率の低下は、単

なるボタン押し間違い（運動の変調）が原因ではなく、ターゲットが見えていないという知覚の変調によって生じた可能性を示唆する。

反応時間

すべての参加者の全トライアルのうち、5 秒以内に回答が完了しなかったのは LP 条件の 1 試行のみであった。この試行は解析から除外した。条件 (LP/HP) とパフォーマンス（正答/誤答）の 2 要因分散分析をおこなったところ、HP 条件では LP 条件と比較して回答画面になってから回答完了までの反応時間が有意に長かった ($F(1, 19) = 19.75, p < .01, \eta_p^2 = 0.51$; 図 2)。また、パフォーマンスの主効果がみられ、誤答は正答と比較して反応時間が有意に長かった ($F(1, 19) = 37.72, p < .01, \eta_p^2 = 0.67$)。この反応時間をさらに詳細に検討したところ、回答画面になってから 1 回目のボタンを押すまでの時間は条件の主効果 (HP > LP, $F(1, 19) = 7.71, p = .01, \eta_p^2 = 0.29$) および正誤答の主効果 (誤答 > 正答, $F(1, 19) = 35.43, p < .01, \eta_p^2 = 0.65$) があり、1 回目のボタンを押してから回答完了までの時間でも条件の主効果 (HP > LP, $F(1, 19) = 12.94, p < .01, \eta_p^2 = 0.41$) と、パフォーマンスの主効果 (誤答 > 正答, $F(1, 19) = 8.05, p = .01, \eta_p^2 = 0.30$) がみられた。またボタン押しの回数も検討したが、条件の主効果 ($F(1, 19) = 1.42, p = .25, \eta_p^2 = 0.07$)、パフォーマンスの主効果 ($F(1, 19) = 0.43, p = .52, \eta_p^2 = 0.02$) どちらもみられなかった。HP 条件での失敗時は反応時間が十分に長く、ボタンの押し方も変化していないことから、プレッシャーによる焦りでボタン押しが変化したことが HP 条件での誤答増加の原因ではなく、参加者は熟慮しても誤答しかできなかった、つまりターゲットが見えていなかった可能性を示す。

図 2　条件とパフォーマンスごとの反応時間



誤答となる 7 方位の選択確率

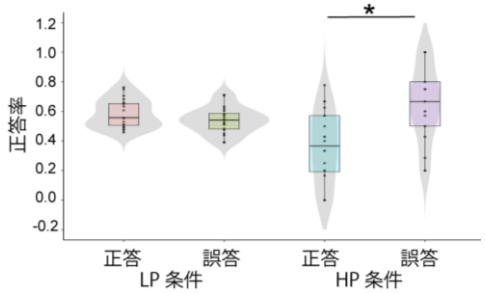
LP/HP 条件を問わず誤答時の 7 方位の選択確率について 1 要因分散分析をおこなったところ主効果がみられた。事後の検定の結果、先行研究 (Bae & Luck, 2019; Smith et al., 2022) と同様に正答から 180 度ずれた方向の選択確率が、他の 6 方位と比較して有意に高かった (45 度: $t(19) = 6.38, p < .01, d = 2.08$; 90 度: $t(19) = 5.34, p < .01, d = 2.09$; 135 度: $t(19) = 7.87, p < .01, d = 2.33$; 225 度: $t(19) = 5.55, p < .01, d = 2.05$; 270 度: $t(19) = 6.38, p < .01, d = 2.35$; 315 度: $t(19) = 6.36, p < .01, d = 2.13$)。この系統だった誤答の生起確率が条件によって異なるかを検討するため、180 度ずれた方向を選択した確率について t 検定をおこなったが条件差はみられなかった ($t(19) = 1.20, p = .25, d = 0.37$)。ここから、系統だった誤答にプレッシャーによる差はみられなかったといえる。

直前の同条件試行のパフォーマンスの影響

LP/HP 条件のそれぞれで、直前の同条件試行の成功と失敗が、課題パフォーマンスに影響をするかを検討した。2 要因分散分析をおこなったところ、交互作用がみられた ($F(1, 19) = 17.40, p < .01, \eta_p^2 = 0.48$; 図 3)。単純主効果の検定の結果、HP 条件では、正答後の試行では、誤答後の試行と比較して正答率が有意に低かった ($F(1, 38) = 25.78, p < .01, \eta_p^2 = 0.58$)が、LP 条件ではこの効果はみられなかった ($F(1, 38) = 0.93, p = .34, \eta_p^2 = 0.05$)。このことは、LP 条件での誤答は何らかのランダムな要素によって生じているのに対し、HP 条件での誤答はそれに加えて、直前の HP 条件での成功によって惹起される心理的な要因、たとえば「先ほどは成功したのだから今回も失敗はできない」といった、過度に成功を希求する心理状態が影響をしている可能性を示唆している。なお、HP 条件の正答/誤答が影響を与えるのは次の HP 条件の試行のみなのか、それとも次の試行が LP 条件であっても影響を与えるのかを検討するため、条件 (LP/HP) とパフォーマンス（正答/誤答）により、次の LP 条件の試行の正答率に差があるかを検討した。その結果、条件の主効果 ($F(1, 19) = 0.83, p = .37, \eta_p^2 = 0.04$)、パフォーマンスの主効果 ($F(1, 19) = 2.58, p = .12, \eta_p^2 = 0.12$)、交互作用 ($F(1, 19) = 0.01, p = .92, \eta_p^2 < 0.01$) のどれも有意ではなかった。つまり HP 条件の正誤は、次の LP 条件の試行の正答率には影響しない。これは HP 条件の正誤がネガティブな感情を引き起こし、それが次の試行の失敗の原因となるわけではないことを示す。これらの結果を総合すると、HP 試行の間でのみ直前の課題の正誤が能力に影響を与えることから、プレッシャー下での行動の記憶がこれからおこなう課題の

結果に対する予期/予想を惹起し、それが失敗の原因となっている可能性が示唆される。

図 3　条件ごとの直前の試行のパフォーマンス（正答/誤答）ごとの正答率



4.　まとめと今後の展望

本研究では、知覚意思決定課題においても、高プレッシャー下で能力低下が発生することが明らかになった。また高プレッシャー下での失敗は、低プレッシャー下でも起こる失敗の回数が単純に増加したものではなく、それとは質的に異なる失敗が発生している可能性を示唆している。今後のさらなる精査が必要ではあるが、本研究の結果は、プレッシャー下の能力低下の背後にあるメカニズムとは、直前の HP 条件のパフォーマンスによって次に始まる HP 条件での状況を予測してしまい、それが知覚に影響を与え、最終的に失敗へと結びつくというメカニズムである可能性を示す。今後は、本研究の課題を用いて脳機能計測をおこない、プレッシャー下の能力低下が生じる直前に予測符号化に関連する領域の過剰な活動がみられるかを検討することで、知覚意思決定のみならず、様々な種類のプレッシャー下の能力低下の背後にあるメカニズムの解明に迫りたい。

文献

Bae, G. Y., & Luck, S. J. (2019). Decoding motion direction using the topography of sustained ERPs and alpha oscillations. NeuroImage, 184, 242-255. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.09.029

Beilock, S. L., & Carr, T. H. (2001). On the fragility of skilled performance: What governs choking under pressure? Journal of Experimental Psychology: General, 130(4), 701–725. https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.4.701

Byrne, K. A., Silasi-Mansat, C. D., & Worthy, D. A. (2015). Who chokes under pressure? The Big Five personality traits and decision-making under pressure. Personality and individual differences, 74, 22-28. https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.10.009

Chib, V. S., De Martino, B., Shimojo, S., & O'Doherty, J. P. (2012). Neural mechanisms underlying paradoxical performance for monetary incentives are driven by loss aversion. Neuron, 74(3), 582-594. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.02.038

Friston, K. J., & Frith, C. D. (2015). Active inference, communication and hermeneutics.Cortex, 68, 129-143. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.03.025

Gold, J. I., & Shadlen, M. N. (2007). The neural basis of decision making. Annu. Rev. Neurosci., 30, 535-574. https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.113038

Harris, D. J., Wilkinson, S., & Ellmers, T. J. (2023). From fear of falling to choking under pressure: A predictive processing perspective of disrupted motor control under anxiety. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 148, 105115. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105115

Hodson, R., Mehta, M., & Smith, R. (2023). The empirical status of predictive coding and active inference. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 105473. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105473

Ogasawara, K., Koike, T., Fukunaga, M., Yoshioka, A., Yamamoto, T., & Sadato, N. (under review). Neural substrates of choking under pressure: A 7T-fMRI study.

Pilly, P. K., & Seitz, A. R. (2009). What a difference a parameter makes: A psychophysical comparison of random dot motion algorithms. Vision research, 49(13), 1599-1612. https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.03.019

Smith, P. L., Corbett, E. A., & Lilburn, S. D. (2022). Diffusion theory of the antipodal “shadow” mode in continuous-outcome, coherent-motion decisions. Psychological Review. https://doi.org/10.1037/rev0000377

Smoulder, A. L., Pavlovsky, N. P., Marino, P. J., Degenhart, A. D., McClain, N. T., Batista, A. P., & Chase, S. M. (2021). Monkeys exhibit a paradoxical decrease in performance in high-stakes scenarios. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(35), e2109643118. https://doi.org/10.1073/pnas.2109643118

Sosnowski, M. J., Benítez, M. E., & Brosnan, S. F. (2022). Endogenous cortisol correlates with performance under pressure on a working memory task in capuchin monkeys. Scientific Reports, 12(1), 953. https://doi.org/10.1038/s41598-022-04986-6

Wine, J. (1971). Test anxiety and direction of attention. Psychological bulletin, 76(2), 92.

Yu, R. (2015). Choking under pressure: The neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements. Frontiers in Behavioral Neuroscience, 9. https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00019

ジェスチャの追加提示による属性フレーミング効果への影響
How additional gesture affects attribute framing effects

髙宗 楓[†]，西本 一志[†]
Kaede Takamune, Kazushi Nishimoto

[†]北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
s2220023@jaist.ac.jp

概要

論理的に等価であるにも関わらず，記述表現がポジティブまたはネガティブと異なることによって，後の意思決定が変化する現象は属性フレーミング効果として知られている．本研究では，属性フレーミング効果を誘発する文章表現に対して，数量を表現するジェスチャを追加提示した場合の意思決定への影響について調査を行った．その結果，数量を表現するジェスチャの追加提示は，フレーミング効果による意思決定の偏りを抑制または解消させることを明らかにした．

キーワード：属性フレーミング効果，ジェスチャ （the attribute framing effect, gestures）

1. はじめに

論理的に等価であるにもかかわらず，記述表現の違いによって，意思決定が変化する現象を属性フレーミング効果と呼ぶ[1]．例えば，「75%が赤身の牛ひき肉」という文章表現と，「25%が脂身の牛ひき肉」という文章表現は論理的に等価な表現である．しかし，前者の文章表現を用いた場合，その表現を聞いた人の意思決定は，牛ひき肉を購入したいというようにポジティブに偏向する．一方，後者の文章表現を用いた場合，その表現を聞いた人の意思決定は，牛ひき肉を購入したくないというようにネガティブに偏向する[1,2]．このような意思決定の偏りを属性フレーミング効果と呼ぶ．

属性フレーミング効果に関するこれまでの研究の多くは，言語情報の違いによる影響を対象として調査することが主流であった．近年は，言語情報に表情や声を追加提示することによる意思決定への影響[3]といった，追加的な非言語情報に焦点を当てた調査も行われつつある．たとえば Garelik らは，属性フレーミング効果を引き起こす文章を音声で読み上げ，さらに表情を追加提示した場合の意思決定の偏りについて明らかにしている[3]．

しかしながらこれまで，ジェスチャを対象とした事例は管見の限り見当たらない．筆者らは，ジェスチャがフレーミング効果に及ぼす影響についての検討を進めている[4,5]．本稿では，属性フレーミング効果を引き起こす文章表現に数量に関連するジェスチャを追加提示した場合の属性フレーミング効果による意思決定の偏りの変化について，実験的に検証した結果を報告する．

2. 実験

2.1. 手順

先行研究[1,2]では牛ひき肉を購入対象として実験を行っていたが，牛肉に対する好き嫌いや宗教的理由，思想信条などが結果に影響を及ぼすことが懸念される．そこで本研究では，そういった影響がほとんど無いと思われる「ペン（万年筆かボールペンかなどの種別は明示せず，単にペン）」を購入対象物として実験を実施した．

実験に先立ち，ペンに対する論理的には等価な 2 つの表現（ポジティブ表現とネガティブ表現）の動画ペアを作成した．各動画には，たとえばポジティブ表現の動画の場合は「75%の購入者が良いと評価したペン」のようなフレーミング効果を誘発する文章表現と，その中に含まれる 75%という数量を表現するジェスチャが含まれる．ジェスチャは 3 種類を用意した（詳細は後述）．これらのジェスチャと文章表現を組み合わせ，さらにジェスチャを表示せず文章のみを提示する動画（実際には静止画）を加え，全部で 4 種類の動画ペアを作成した（詳細は後述）．

実験では，実験参加者に PC 上でランダムな順序で 4 種類の動画ペアを提示し，動画ペアのいずれの動画の方がよりペンを購入したいと感じたかについて比較し，評価してもらった．具体例を示すと，被験者はまず「購入した人のうち 75%が使いやすいと評価したペン」というポジティブな文章と，75%の量を表現するジェスチャを含んだ動画を再生する．次に，「購入した人のうち 25%が使いにくいと評価したペン」というネガティブな文章と，25%の量を表現するジェスチャを含んだ動画を再生する．その後，これら 2 つの動画を比較して，いずれの動画の方がペンを買いたいと思ったかの程度を評価してもらった．評価は，-5〜+5 の 11 段階のリッカートスケールで評価してもらった（-5：先に提示した動画の方が購入したい，+5：後の動画の方が購入したい）．実験には本学学生 46 名が参加し，用意した実

験ウェブサイトにオンラインでアクセスして回答してもらった. 実験協力者には, 実験参加の謝礼として 1000 円を支払った.

2.2. ジェスチャの種類

本実験では, 誇張ジェスチャ, 正確ジェスチャ(0), 正確ジェスチャ(100)の 3 種類のジェスチャを用意した. 以下, 各ジェスチャの定義と具体的な動作について説明する. なお, ジェスチャ以外の非言語情報による影響を避けるために, マスクで口元を隠して顔の表情が見えないようにした.

1. 誇張ジェスチャ

誇張ジェスチャは, 数量の程度を実際の値以上または以下に強調する動作である. 2 つのジェスチャを用意した. ひとつは, 誇張ジェスチャ:過大であり(図 1 (1)), 数量の多さを強調する事を意図して両手を両腕の広がる限度まで大きく広げる. もうひとつは誇張ジェスチャ:過小であり(図 1(2)), 数量の少なさを強調する事を意図して両手で非常に狭い幅(5cm 程度)を示す.

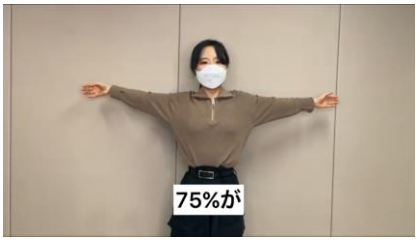
2. 正確ジェスチャ (0) および (100)

正確ジェスチャは, ジェスチャ提示者の両手が広がる限度(今回は 110cm と設定した)を 100%として, そこから示したい割合の幅を換算し, 75%(82.5cm)または 25%(27.5cm)の幅を示すジェスチャである. 正確ジェスチャ(0)は, 両掌を身体の正面で合わせた状態から動作を開始し, 両手を水平方向に広げながら最終的な値(75%または 25%)を示すジェスチャである. 正確ジェスチャ(100)は, 両手を 100%の位置に広げた状態から動作を開始し, 両手を水平方向に閉じながら最終的な値を示すジェスチャである.

以上の 3 種類の動画と, ジェスチャを含まず文字情報だけを提示する動画を組み合わせて, 図 2 に示す 4 組の動画ペアを作成した. なお, 実験参加者が各動画ペアについて間違いなく動画を見てから回答しているかどうかをチェックするために, 動画中で固定値の回答を求めるダミー設問を別途 1 問用意した.

2.3. 結果

実験参加者 46 名の回答から, ダミー設問で指定された以外の不適切な値を回答したものや, その他の回答に不備があったものなどを取り除いた結果, 有効回答数は 41 名 (Age:22~31, Mage=24, SDage=2.29, 男性=32 名, 女性=9 名)分であった. 図 3 に, 4 組の動画ペアそれぞれに対する 41 名分の回答の評価値の分布を示す. なお, 実験



(1) 誇張ジェスチャ : 過大

(2) 誇張ジェスチャ : 過小

(3) 正確ジェスチャ : 75%

(4) 正確ジェスチャ : 25%

図 1 実験で提示したジェスチャ

1 ポジティブ文章表現+過大ジェスチャ (p 過大)
ネガティブ文章表現+過小ジェスチャ (n 過小)

2 ポジティブ文章表現+正確ジェスチャ (0) : 75% (p 正確(0))
ネガティブ文章表現+正確ジェスチャ (0) : 25% (n 正確(0))

3 ポジティブ文章表現+正確ジェスチャ (100) : 75% (p 正確(100))
ネガティブ文章表現+正確ジェスチャ (100) : 25% (n 正確(100))

4 ポジティブ文章表現のみ (p テキスト)
ネガティブ文章表現のみ (n テキスト)

図 2 4 組の動画ペアにおける文章表現とジェスチャの組み合わせ

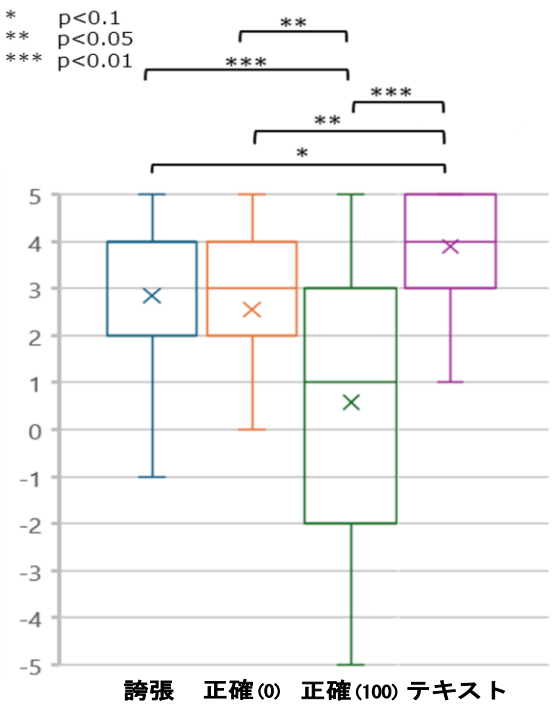


図 3　各動画ペアに対する評価結果の分布

中に提示した動画ペアにおいて，ポジティブ／ネガティブのいずれの動画を先に提示するかの順序はランダムとしたが，図 3 では各ペアのポジティブ表現の回答を＋側，ネガティブ表現の回答を－側としている．

図 3 から，テキストのみ条件，誇張ジェスチャ条件，および正確ジェスチャ(0)条件の 3 つの条件では評価値がおおむね＋側に分布している．一方，正確ジェスチャ(100)条件では，平均値も中央値もほぼ 0 であり，－5 から＋5 まで回答値が広く分布していることが見て取れる．

これら 4 つの評価結果の分布に違いがあるかどうかをクラスカル=ウォリス検定によって検定した結果，1%水準で有意であることが示された．そこで下位検定として，Steel-Dwass 法による多重比較検定を実施した．多重比較検定の結果を図 3 に併せて示す．図 3 に示すように，テキストのみ条件(Mean = +3.9)の評価結果は，

- 正確ジェスチャ(100)条件(Mean = +0.6)よりも 1%水準で有意に回答値が高く，効果量は r = 0.61 で大程度である．
- 正確ジェスチャ(0)条件(Mean = +2.6)よりも 5%水準で有意に回答値が高く，効果量は r = 0.33 で中程度である．
- 誇張ジェスチャ条件(Mean = +2.9)との間に有意差は認められないが回答値が有意に高い傾向($p < 0.1$)が認められ，効果量は r = 0.28 で小程度である．

また，正確ジェスチャ(100)条件は，誇張ジェスチャ条件よりも 1%水準で有意に回答値が低く(効果量 r = 0.40 で中程度)，正確ジェスチャ(0)条件よりも 5%水準で有意に回答値が低い(効果量 r = 0.34 で中程度)ことがわかった．

このように，3 種類のジェスチャを追加した条件はいずれもテキストのみ条件よりも回答値が有意に低い傾向が示された．特に正確ジェスチャ(100)条件では回答値が非常に低く，しかも評価結果が＋側に偏っているとは言いがたく，中立の評価である 0 を中心として＋側と－側にほぼ均等に分布していることが示された．

2.4.　考察

本実験の実験仮説は以下の通りである．

H1) テキストにジェスチャを付加した場合でも，属性フレーミング効果は生じる．

H2) 誇張ジェスチャによって，テキストのみの場合よりも属性フレーミング効果は強化される．

以下では，これら 2 つの仮説についての検証を中心として，実験結果をもとに考察する．

2.4.1.　仮説 H1 について

図 3 の結果に示したように，誇張ジェスチャと正確ジェスチャ(0)については，評価値がほぼ＋側に分布する結果となっており，属性フレーミング効果は生じていると言える．よって，これら 2 つの条件については，仮説 H1 は支持された．一方，正確ジェスチャ(100)については，評価値の分布が-5 から+5 まで全域にわたっており，評価値の平均値と中央値もほぼ 0 となっており，＋側に偏っているとは言えない結果となった．この結果は，正確ジェスチャ(100)の場合には属性フレーミング効果が生じないことを示しており，この条件については仮説 H1 が支持されない結果となった．これは非常に興味深い結果である．

換言すれば，正確ジェスチャ(100)の場合には，多くの人が非常に「合理的な判断を下している」ことになる．この原因として，正確ジェスチャ(100)の場合には予備動作として 100%の状態を示す手の位置から目標値(75%または 25%)まで手の位置を移動させていることによる影響が考えられる．属性フレーミング効果は，論理的に等価な内容についてのポジティブ表現とネガティブに表現のいずれか一方のみを提示した場合に生じる判断の偏りである．しかし，両方の表現を同時に提示した場合は，当然そのような偏りは生じ難い．このような両方の表現の同時提示は，意図せずして生じることがある．本稿筆者ら自身による先行研究[4]において，たとえば 75%を示す円グラフをテキストに併せて提示する実験を行っている．その結果，テキ

スト情報のみを提示した場合よりも属性フレーミング効果が弱まることが明らかになっている．これは，円グラフで75%を提示すると，自動的にその残余部分である25%も提示され，「75%が良いと評価した」と同時に「25%が悪いと評価した」ことが意図せずして明示的に伝わることによると考えられる．

これと同様の効果が正確ジェスチャ(100)の場合にも生じたのではないかと考えられる．例えばポジティブ表現の場合，ジェスチャ提示者は両手を横に広げた 100%にあたる位置から予備動作を始め，75%にあたる幅まで体の中心に向かって両手を狭めた．このとき，予備動作の開始位置から両手を狭めた幅が，ネガティブな表現（ペンを購入した人のうち，25%が使いにくいと評価した）における25%という割合を意図せずして非言語的に示している．この非言語的なネガティブ表現を実験参加者が認識したため，ポジティブ側とネガティブ側の両方に意識が向き，属性フレーミング効果による意思決定の偏りが解消されたのではないかと考えられる．

一方，正確ジェスチャ(0)の場合，予備動作は身体正面で両掌を合わせた位置から開始して目標値を提示するので，この過程でもう一方の表現に関する情報提示は生じない．ゆえに，正確ジェスチャ(0)の場合には属性フレーミング効果が生じたものと考えられる．このようにジェスチャにおいては，目標値を示す前段階の予備動作が属性フレーミング効果に対して大きく影響する可能性が示唆された．

2.4.2. 仮説 H2 について

図 3 より，誇張ジェスチャについては属性フレーミング効果が生じているものの，その効果はテキストのみを提示した場合よりも弱められている傾向が認められる．ゆえに，仮説 H2「誇張ジェスチャによって，テキストのみの場合よりも属性フレーミング効果は強化される」は支持されない結果となった．

このような結果になった理由として，誇張表現における情報の不正確さ，あるいはジェスチャ提示の恣意性の影響が考えらえれる．p 過大ジェスチャは，75%の表現としては明らかに大きすぎる割合を表現しており，逆に n 過小ジェスチャは，25%の表現としては明らかに小さすぎる割合を表現しており，いずれもテキスト情報で提示している数値と整合しておらず，不正確である．そしてそのような客観的情報を誇張した不正確な情報を提示することに，ジェスチャ提示者の恣意的意図が垣間見え，情報の信頼性が下がることにより，回答値を高くするどころかむしろ低くする結果となった可能性が考えられよう．

3. おわりに

今回の研究では，フレーミング効果を引き起こす文章表現に，ジェスチャを追加提示した場合に，意思決定の偏りにどの程度影響を及ぼすかどうかについて調査を実施した．調査の結果，誇張ジェスチャと正確ジェスチャ(0)を追加提示した場合には属性フレーミング効果は生じるが，その効果はテキストのみを提示する場合よりも弱まる傾向があることが明らかとなった．さらに，正確ジェスチャ(100)を追加提示した場合には属性フレーミング効果は生じず，合理的な意思決定がなされる可能性が示唆された．このように，ジェスチャ提示は全般として属性フレーミング効果を弱める傾向があることが示唆されたが，これには他の要因も影響している可能性が考えられる．この点については今後さらに実験を実施して検証していく予定である．

本研究によって得られた知見は，人間の購入意欲などの行動を一定程度維持しつつ，合理的な意思決定を促進する手段となる可能性を含んでいると考える．例えば，「75%が使いやすいと評価したペン」という商品紹介のテキストを提示しつつ，店員が今回対象とした数量の程度を示す適切なジェスチャによってペンについて説明する．このようなペンの紹介方法によって，ペンに対するよい評価を示し，一定程度の購入意欲や関心を維持しながら，消費者が望まない購入行動を抑制し，不必要な出費を避けるなどといった，人間の意思決定を適切な方向に進ませるナッジ[6]として応用できる可能性があるだろう．

文献

[1] Levin, I. P., Schneider, S. L., & Geath, G. J. (1998). All frames are not created equal: A typology and critical analysis of framing effects. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 76, 149–188.

[2] Levin, I. P., & Gaeth, G. J. (1988). How consumers are affected by the framing of attribute information before and after consuming the product. Journal of Consumer Research, 15(3), 374–378.

[3]Garelik, S., & Wang, X. T. (X. - T.). (2017). Multiple framing: Verbal, facial, and vocal cues in risky choice. Journal of Behavioral Decision Making, 30(2), 322 - 331. https://doi.org/10.1002/bdm.1942

[4] 高宗 楓，高島健太郎，西本一志：円グラフやジェスチャなどの非言語情報が属性フレーミング効果に与える影響，情処研報，Vol.2022-HCI-197, No.18, pp.1-7, 2022.

[5] 高宗楓，西本一志：数量を表現するジェスチャの追加提示が属性フレーミング効果に及ぼす影響，日本認知科学会第 40 回大会発表論文集，P3-044A，pp.710-713, 2023.

[6] Thaler, R., & Sunstein, C. (2008). Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness. Const Polit Econ, 19, 356–360

視覚運動反応時間と始動局面の smooth pursuit 応答との共通性
Consistency between visual motion reaction time and smooth pursuit initiation

宮本 健史†, 小野 誠司‡
Takeshi Miyamoto, Seiji Ono
†名古屋大学, ‡筑波大学
Nagoya University, University of Tsukuba
miyamoto@i.nagoya-u.ac.jp

概要
移動物体を追跡する眼球運動（smooth pursuit）と物体運動の知覚との間には，部分的に共通したプロセスが関与することが示唆されている．本研究では，標的速度と独立して網膜像運動を操作可能な視覚刺激により，始動局面の smooth pursuit と移動物体検出の早さとが，個体間と個体内のいずれにおいても高い相関関係にあることを見出した．これらは，少なくとも網膜像運動処理の段階で，両者に共通したプロセスが存在していることを示唆している．

キーワード：物体運動知覚 (object motion perception), 眼球運動 (eye movement), 1 次運動刺激 (1st-order motion), 2 次運動刺激 (2nd-order motion)

1. はじめに

空間を移動する物体の知覚（物体運動知覚）は，生物の行動を支える重要な機能の 1 つである．これと関連する眼球運動として，ヒトを含む霊長類は両眼視と網膜中心窩の発達により，移動物体を滑らかに視線追跡する滑動性眼球運動（smooth pursuit）の能力が備わっている．これらはいずれも視覚運動検出に基づいた機能であり，両者が網膜像の動きの処理を担う大脳皮質領域である MT 野/MST 野の神経活動によってサポートされることが明らかになっている [1].

心理物理学実験においては，smooth pursuit と物体運動知覚との間に関連があることを示す知見 [2]と関連がないことを示す知見 [3]の両方が報告されている．この不一致は，両者に共通および独立した 2 つの異なるプロセスが関与することを示している [4]．他方で，両者に共通したプロセスが視覚運動処理のどの段階に存在するかについては十分な理解が得られていない．そこで本研究では，MT 野/MST 野で行われる網膜像運動の処理に焦点を当て，網膜像運動を主な信号源とする smooth pursuit と物体運動知覚との共通性を明らかにすることを目的とした．

本研究の目的を達成するため，smooth pursuit の始動局面に着目した．Smooth pursuit は眼球運動が開始し速度が増大する始動局面（initiation）と眼球速度が物体速度に達したあとの定常局面（steady-state）に大別できる．このうち，始動局面の smooth pursuit は主に網膜信号に基づいて調節される [5]．実際，サルを対象とした実験では，smooth pursuit 開始から 125 ms までの眼球運動の試技間変動のうち，90%以上が MT 野の神経活動から説明できることが報告されている [6]．つまり，始動局面の smooth pursuit を評価することで，網膜像運動処理を反映した眼球運動を評価することができる．同様に刺激呈示直後の網膜像運動処理を反映すると考えられる物体運動知覚の指標として，視覚運動検出の早さを評価する視覚運動反応時間（RT）課題を採用した [7]．網膜像運動によって駆動される smooth pursuit と物体運動知覚とが視覚運動信号を共有していた場合，(1) 始動局面の smooth pursuit 応答が優れている者は視覚運動 RT が短い（被験者間での相関），および (2) 視覚刺激に応じた始動局面の smooth pursuit 応答と視覚運動 RT の変動は同じパターンを示す（被験者内での相関）ことが予想される．これらを検証するため，本研究では網膜像運動を実験的に操作可能な視覚刺激を用いた心理物理学実験を実施した．

本発表はすでに出版された研究 [8]に新たな解析と考察を加えたものである．

2. 方法

2.1. 観察者

正常な視覚機能を有する成人 12 名が実験対象者として参加した（うち女性 4 名．23.3±1.0 歳）．

2.2. 視覚刺激

Smooth pursuit および視覚運動 RT の評価に用いる標的として，0.4 deg の標準偏差を持つガウス窓によってコントラストが変調された，50%の密度を持つランダムドットキネマトグラム（RDK）を用いた（図 1）．RDK で与えられる輝度は一次運動情報と呼ばれ，網膜像運

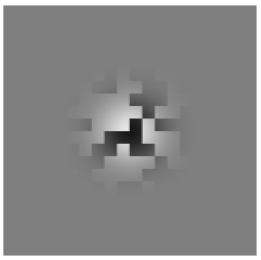


図 1　標的.

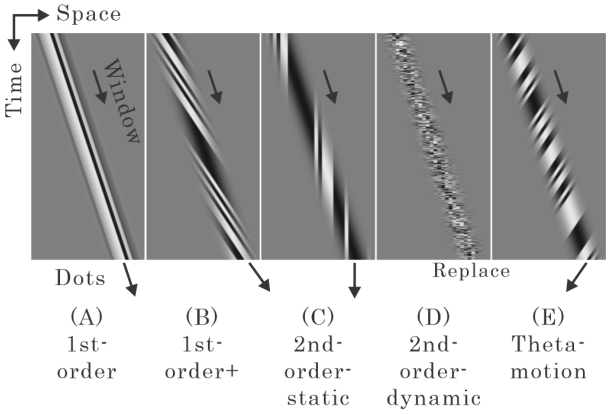


図 2　視覚刺激パターン.

(A) 1st-order 刺激．(B) 1st-order+刺激．(C) 2nd-order-static 刺激．(D) 2nd-order-dynamic 刺激．(E) Theta-motion 刺激．パネル内の矢印はガウス窓 (Window), パネル下の矢印はドット (Dots) の移動方向を示す.

動を引き起こす. 一方で, ガウス窓で与えられるコントラストは二次運動情報と呼ばれ，網膜像運動と独立した標的の運動を引き起こす [9]. これらのうち, RDK の呈示パターンを操作することで，ガウス窓で定義される標的の移動を統一したうえで異なる網膜像運動を誘発することが可能となる. 本研究では, 一次運動情報が標的の移動方向と一致している条件を含め，以下の 5 種類の視覚刺激を設定した．すべての視覚刺激において，標的は 18.5 deg/s の速度で水平方向に移動した.

1st-order 刺激では，RDK はガウス窓と同速度で同方向に移動した（図 2A）．1st-order+刺激では，RDK はガウス窓の 2 倍の速度で同方向に移動した（図 2B）．2nd-order-static 刺激では，静止した RDK 上をガウス窓が移動した（図 2C）．2nd-order-dynamic 条件では，RDK は 1 フレーム毎に再配置され, その上をガウス窓が移動した（図 2D）．Theta-motion 刺激では，RDK はガウス窓と同速度で逆方向に移動した（図 2E）．これらの視覚刺激のうち，1st-order 刺激は網膜像運動（一次運動刺激）と標的（二次運動刺激）の速度および方向が一致していた. それ以外の視覚刺激では, 正味の一次運動刺激が存在しない(2nd-order-static 刺激, 2nd-order-dynamic 刺激)，あるいは網膜像の速度（1st-order+刺激）または移動方向 (Theta-motion 刺激) が標的と一致しないため, smooth pursuit 応答と MT 野/MST 野の神経活動が低下することが報告されている [10][11].

視覚刺激は Matlab（Mathworks）と Psychophysics Toolbox を用いて作成し，観察者の正面 70 cm に設置した CRT モニタ（Diamond Pro 2070SB, Mitsubishi. 22 inch）に 100 Hz で呈示した.

2.3. 実験課題

後述する視覚運動 RT 課題中の眼球運動を記録したところ, 眼球運動を単独で記録した場合と比較して, 始動局面の smooth pursuit 応答が小さかった．これは，視覚運動 RT 課題に含まれるボタン押し動作に多くの注意資源が割かれるためであると考えられる．両者を適切に評価するため，smooth pursuit と視覚運動 RT はそれぞれ独立した課題で評価した.

Smooth pursuit 課題では画面中央に固視点が 3 秒間呈示された後，5 種類の標的のいずれかが画面中央から左右どちらかへ 1.4 deg オフセットした位置に出現し，その後逆方向へ移動した．この手続きはステップランプパラダイムと呼ばれ，smooth pursuit 初期のサッカードを抑制することで，比較的少数の試技で始動局面の smooth pursuit を評価することを可能とする [12]. 観察者はできるだけ正確に標的を視線で追跡するよう指示された. 各視覚刺激に対し, 左右方向への刺激がそれぞれ 10 回となるように試技を行った.

視覚運動 RT 課題では画面中央に固視点が 1-3 秒間呈示された後，5 種類の標的のいずれかが画面中央に出現し, 左右どちらかに移動した. 観察者は標的の移動方向と対応した側の手に持ったボタンをできるだけ早く押すよう指示された. 各視覚刺激に対し, 左右方向への刺激がそれぞれ 10 回となるように試技を行った.

2.4. データ処理

眼球運動は赤外線カメラ（GS3-U3-41C6NIR, FLIR）を用いた角膜反射法で右眼から記録し，サンプリング周波数 1 kHz で A/D 変換した後（CED-Micro 1401, Cambridge Electronic Designs），PC に記録された．眼球位置データにデジタル微分を適用することで眼球速度, 加速度を算出し，80 Hz の FIR フィルタで平滑化した. 眼球運動と視覚運動 RT に左右差が認められなかったため，いずれも左右方向のデータ（各視覚刺激で 20

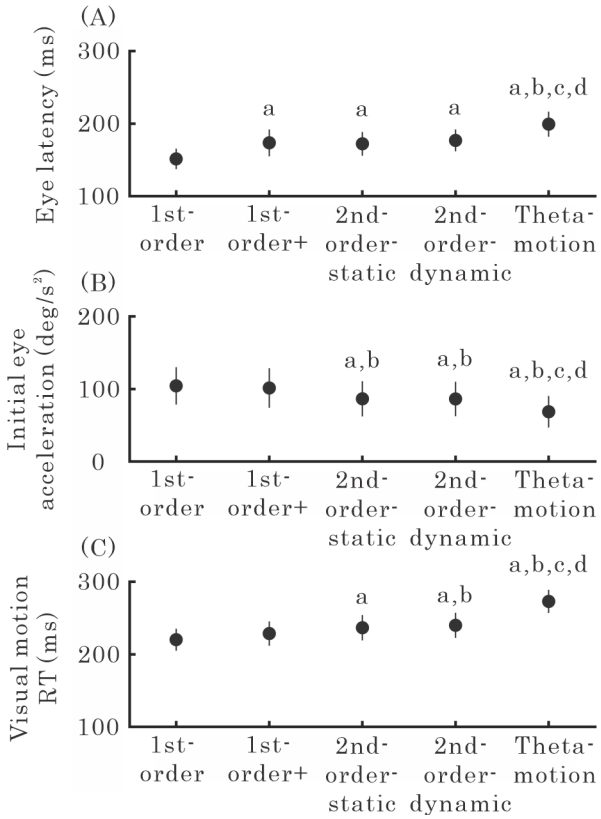


図 3　Smooth pursuit の潜時 (A), 初期加速度 (B), および視覚運動 RT (C) の平均値と 95%信頼区間.
データ点上のアルファベットは多重比較検定 (Bonferroni 法) にて有意差が認められた組み合わせを表す (a: vs. 1st-order 刺激;　b: vs. 1st-order+刺激; c: vs. 2nd-order-static 刺激; d: vs. 2nd-order-dynamic 刺激).

試技) を集計して解析を行った. 眼球速度と加速度は, 標的の移動方向が正となるように符号を揃えたうえで加算平均した. 刺激呈示 0.2-0.3 秒前の眼球速度の平均値に標準偏差の 3 倍を加えた値を閾値とし, 眼球速度が閾値を超えた時点を smooth pursuit の潜時と定義した. また, 得られた潜時から 0.1 秒間の眼球加速度を smooth pursuit の初期加速度と定義した. 視覚運動 RT は各視覚刺激において全試技の平均値を代表値とした.

3.　結果と考察

Smooth pursuit の潜時（$F_{4,44} = 51.39$, $p = 5.01 \times 10^{-16}$, $\eta_p^2 = 0.82$, 図 3A）および初期加速度（$F_{4,44} = 13.25$, $p = 3.64 \times 10^{-7}$, $\eta_p^2 = 0.55$, 図 3B）に視覚刺激の主効果が認められた（反復測定一元配置分散分析）. 先行研究と同様, これらの始動局面の smooth pursuit 応答の抑制は, 2nd-order-static 刺激や 2nd-order-dynamic 刺激, および Theta-motion 刺激で顕著であった [10]. 同

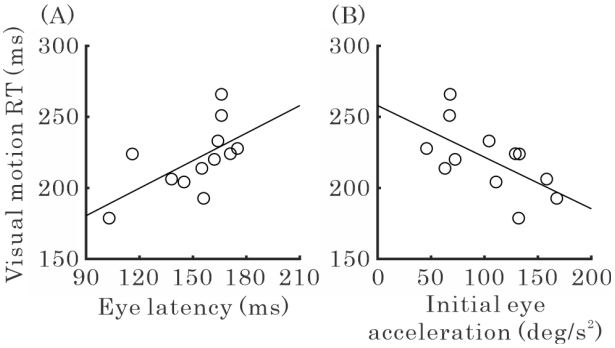


図 4　1st-order 刺激に対する始動局面の smooth pursuit 応答と視覚運動 RT との関係.
(A) Smooth pursuit の潜時と視覚運動 RT との関係.
(B) Smooth pursuit の初期加速度と視覚運動 RT との関係.

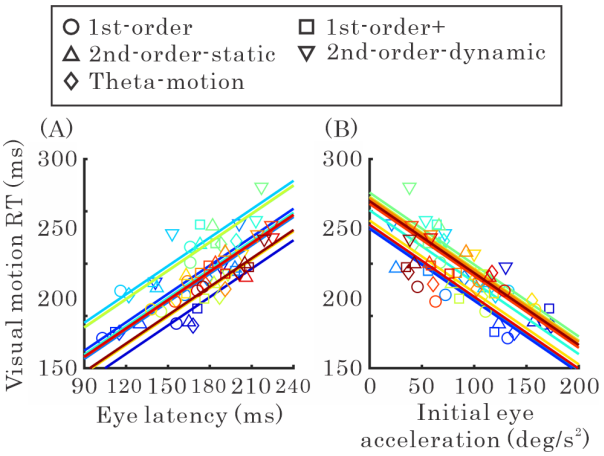


図 5　5 つの視覚刺激に対する始動局面の smooth pursuit 応答と視覚運動 RT との関係.
(A) Smooth pursuit の潜時と視覚運動 RT との関係.
(B) Smooth pursuit の初期加速度と視覚運動 RT との関係. 点と線の色は各観察者を表す.

様の効果は視覚運動 RT にも認められ（$F_{4,44} = 69.32$, $p = 2.02 \times 10^{-18}$, $\eta_p^2 = 0.86$, 図 3C）, 移動物体検出の早さも視覚刺激に応じて遅延することが明らかになった.

続いて, 始動局面の smooth pursuit と視覚運動 RT との関連を評価するため, 以下の 2 つの相関係数を算出した. まず被験者間における両者の関係を明らかにするため, 1st-order 刺激に対する視覚運動 RT と smooth pursuit の潜時, および視覚運動 RT と初期加速度との関係について Pearson の積率相関係数を算出した. その結果, 視覚運動 RT と smooth pursuit の潜時との間に正の相関（$r_{10} = 0.60$, $p = 0.04$）, 視覚運動 RT と初期加速度との間に負の相関が認められ（$r_{10} = -0.62$, $p = 0.03$）, 始動局面の smooth pursuit 応答

が優れている者は物体運動検出も早いことが示された．続いて被験者内における，視覚刺激に応じた視覚運動 RT と smooth pursuit の潜時，および視覚運動 RT と初期加速度との共変関係を明らかにするため，within-subjects correlation coefficient を算出した [13]．Within-subjects correlation coefficient は視覚運動 RT と smooth pursuit の潜時との間で $r_{10} = 0.82$（$p = 8.12 \times 10^{-7}$），視覚運動 RT と初期加速度との間で $r_{10} = -0.74$（$p = 1.85 \times 10^{-5}$）であった．この結果は，始動局面の smooth pursuit 応答と視覚運動 RT における潜在的な個体差に関わらず，両者が同様のパターンで変動していることを示している．

以上の結果は，少なくとも網膜像運動処理の段階で smooth pursuit と物体運動知覚との間に共通したプロセスが存在することを示唆している．これは，始動局面の smooth pursuit と短時間の刺激に対する物体運動知覚とが分散を共有していることを示す心理物理学実験や [14]，MT 野の損傷による smooth pursuit と物体運動知覚の障害に関する知見と一致する [15]．他方で，smooth pursuit の調節に重要な役割を担う前頭眼野（FEF）においても，物体運動知覚に関する知覚的意思決定の情報が符号化されていることを踏まえると [16]，より下流の脳領域においても両者に共通するプロセスが存在する可能性がある．

4. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 16K01592, 22KJ0454, 23K16671 の助成を受けたものである．

文献

[1] Spering, M. and Montagnini, A., (2011) "Do we track what we see? Common versus independent processing for motion perception and smooth pursuit eye movements: A review", Vision Research, Vol. 51, No. 8, 836–852.

[2] Matsumiya, K. and Shioiri, S., (2015) "Smooth pursuit eye movements and motion perception share motion signals in slow and fast motion mechanisms", Journal of vision, Vol. 15, No. 11,.

[3] Tavassoli, A. and Ringach, D. L., (2010) "When your eyes see more than you do", Current Biology, Vol. 20, No. 3,.

[4] Spering, M. and Carrasco, M., (2015) "Acting without seeing: Eye movements reveal visual processing without awareness", Trends in Neurosciences, Vol. 38, No. 4, 247–258.

[5] Lisberger, S. G., (2010) "Visual guidance of smooth-pursuit eye movements: Sensation, action, and what happens in between", Neuron, Vol. 66, No. 4, 477–491.

[6] Osborne, L. C.,Lisberger, S. G. and Bialek, W., (2005) "A sensory source for motor variation", Nature, Vol. 437, No. 7057, 412–416.

[7] Ono, S.,Miura, K.,Kawamura, T. and Kizuka, T., (2019) "Asymmetric smooth pursuit eye movements and visual motion reaction time", Physiological Reports, Vol. 7, No. 14, 1–8.

[8] Miyamoto, T.,Miura, K.,Kizuka, T. and Ono, S., (2020) "Properties of smooth pursuit and visual motion reaction time to second-order motion stimuli", PLOS ONE, Vol. 15, No. 12, e0243430.

[9] Lindner, A. and Ilg, U. J., (2000) "Initiation of smooth-pursuit eye movements to first-order and second-order motion stimuli", Experimental Brain Research, Vol. 133, No. 4, 450–456.

[10] Hawken, M. J. and Gegenfurtner, K. R., (2001) "Pursuit eye movements to second-order motion targets", Journal of the Optical Society of America A, Vol. 18, No. 9, 2282–2296.

[11] Churan, J. and Ilg, U. J., (2001) "Processing of second-order motion stimuli in primate middle temporal area and medial superior temporal area", Journal of the Optical Society of America A, Vol. 18, No. 9, 2297–2306.

[12] Rashbass, C., (1961) "The relationship between saccadic and smooth tracking eye movements", The Journal of Physiology, Vol. 159, No. 2, 326–338.

[13] Bland, J. M. and Altman, D. G., (1995) "Statistics notes: Calculating Correlation coefficients with repeated observations: Part 1—correlation within subjects", BMJ, Vol. 310, No. 6977, 446.

[14] Mukherjee, T.,Battifarano, M.,Simoncini, C. and Osborne, L. C., (2015) "Shared sensory estimates for human motion perception and pursuit eye movements", Journal of Neuroscience, Vol. 35, No. 22, 8515–8530.

[15] Cooper, S. A.,Joshi, A. C.,Seenan, P. J.,Hadley, D. M.,Muir, K. W.,Leigh, R. J. and Metcalfe, R. A., (2012) "Akinetopsia: Acute presentation and evidence for persisting defects in motion vision", Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, Vol. 83, No. 2, 229–230.

[16] Ding, L. and Gold, J. I., (2012) "Neural correlates of perceptual decision making before, during, and after decision commitment in monkey frontal eye field", Cerebral Cortex, Vol. 22, No. 5, 1052–1067.

アニマシー知覚と動きの統計量の分析：生物性・意図性・自律性の関係
Analyzing Animacy Perception by Motion Statistics: Relationship among Animacy, Intentionality, and Autonomy

細川 敦司 †，日髙 昇平 †，鳥居 拓馬 ‡
Atsushi Hosokawa, Shohei Hidaka, Takuma Torii
† 北陸先端科学技術大学院大学，‡ 東京電機大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Tokyo Denki University

概要
観察者が観察対象に対して生き物らしさを知覚（アニマシー知覚）の先行研究では，生物性のみならず，意図性や自律性に関する評定も併せて検討されることが多い．しかし，これらの概念の関係は明確ではない．本研究では実験において複数物体の動きを系統的に生成し，生物性・意図性・自律性・随伴性の概念の相互関係を検討した．その結果，グレンジャー因果量と自己共分散比との相関関係の組み合わせから，生物性の評定は他の 3 つの概念の複合概念である可能性が示唆された．

キーワード：アニマシー知覚, 生物性, 意図性, 自律性, ベクトル自己回帰 (VAR), Granger causality

1. はじめに
外見が生き物とはほど遠い単純な幾何学図形（円や三角形）の動きに対しても，人は生き物らしさを感じることが知られている．Heider & Simmel [3] では，三つの幾何学図形（大きな三角形，小さな三角形，小さな円）が長方形の近くを移動する動画を実験参加者に見せ，図形について説明させたところ，参加者は指示が与えられていないにも関わらず，内気やいじめっ子といった性格特性，および不満や怒りといった感情を図形に帰属させて説明を行った．このように，観察者が観察対象に対して生き物らしさを知覚することをアニマシー知覚という．

Heider & Simmel [3] による研究以来，アニマシー知覚に関連する特定の動きの特徴を調べた研究がある．Bassili [1] は，「ある物体が動いた後に少し遅れて他の物体がつられてついてくる」という時間的随伴性がアニマシー知覚の要因であることを示唆した．一方，近年では同期の度合いとアニマシー知覚の関連が調べられている．Takahashi & Watanabe [8] は，二つの物体の動きが高い度合いで同期するほど，観察者が物体の生物性を低く評価するという傾向を示した．これらの結果は，同期と時間的随伴性はどちらも複数物体間における相互作用を捉える点で似ているが，アニマシー知覚に及ぼす影響は異なることを示している．

時間的随伴性や同期のような類似した概念を区別して扱うためには，これらを定量化する必要がある．Oguma, Torii, & Hidaka [6] や小熊 [7] は，2 物体の動きにおける一種の時間的随伴性の度合いの Granger causality [2] (GC) による定量化を提案し，GC と生物性知覚の関係を実験的に検討した．小熊らは，ベクトル自己回帰 (Vector Auto-Regressive; VAR) モデルに従って運動する 2 つの点の動画を実験刺激として用いた．小熊 [7] の実験では，二つの点を表示した動画と，一方の点のみを表示した動画を提示した．その結果，GC と知覚された生物性の度合いの間には有意な相関が認められた．また，一方の点のみ表示しても観察者は同程度に生物性を知覚した．

小熊ら [7] の実験結果は 1 点の運動系列に潜在する統計量が生き物らしさと関連する可能性を示していたため，細川ら [5] は GC で定量化される時間的随伴性に加えて，1 点の運動系列のもつ特徴を自己共分散比 (Auto-Covariance Ratio; ACR) により定量化した上でアニマシー知覚との相関を検討した．その結果，ACR は GC よりも生物性の評定と高い相関を持つことが示された．

アニマシー知覚の先行研究では，時間的随伴性 [1], 同期性 [8], 生物性, 意図性など複数の指標が相互に関連すると想定される概念が調べられている．多くの研究ではこれらの概念は明確は区別されず，類義語のように扱われる場合もある．本研究では，GC と ACR という 2 つの動きの特徴量の組み合わせにより，従来明確には区別されてこなかった生物性，意図性，自律

表 1: 各質問項目を表す一対の動きの表現

概念	高い表現 (評定値=1)	低い表現 (評定値=7)
生物性	いきいきと	たんたんと
意図性	何かをめざして	あてもなく
自律性	みずからすすんで	しかたなく
随伴性	何かにつられて	かってに

性，随伴性の概念を特徴づけ，その関係を分析する．

関連先行研究の精査の末，これらの 4 つの概念を表 1 に示す 4 つの尺度による評定を行った．生物的である (i.e., いきいき) 状態の反義語として機械的である (i.e., たんたん) であること，意図的である (i.e., 目標指向的であり, 何かをめざす) ことの反義語としてさまよっている状態 (i.e., あてもない)，自律的である (i.e., 行為を開始する主体であり，みずからすすんでいる) ことの反義語として動きを他から強制されている状態 (i.e., しかたなく)，随伴的である (i.e., 何かにつられて) の反義語として他と無関係な動き (i.e., かってに) とした．

2. VAR モデル：GC と自己共分散比

小熊ら [6, 7] は，二つ一組の点が相互作用する度合いを操作して時系列データを生成するために，確率的な時系列生成モデルである 1 次 2 変量のベクトル自己回帰 (VAR) モデル（式 (1)）を用いた．

$$v_0 = \mathbf{0}_2,\ v_t = Av_{t-1} + \epsilon_t \tag{1}$$

ここで $\mathbb{R}$ をすべての実数の集合とすると，$v_t = \binom{R_t}{B_t} \in \mathbb{R}^2$ は時刻 $t = 0, 1, ...$ における 2 変量の状態変数ベクトル，$\mathbf{0}_2 := \binom{0}{0}$ は 2 次元ゼロベクトルであり，$A \in \mathbb{R}^{2\times 2}$ は係数行列，$\epsilon_t \in \mathbb{R}^2$ は各時刻 t ごとに平均 $\mathbf{0}_2$，基本共分散行列 $\Sigma \in \mathbb{R}^{2\times 2}$ の 2 変量正規分布 $N(\mathbf{0}_2, \Sigma)$ に従う攪乱項である．つまり，VAR は過去の状態変数ベクトル v_{t-1} から現在の状態変数ベクトル v_t を確率的に決定するモデルである．

$t \to \infty$ において状態変数ベクトル v_t が従う定常確率分布が定まるとき，VAR モデルは安定であるという．その定常確率分布は定常共分散行列 $\Sigma_* \in \mathbb{R}^{2\times 2}$ を持つ 2 変量の正規分布 $N(\mathbf{0}_2, \Sigma_*)$ である [4].

小熊ら [6, 7] は，時間的随伴性の指標の一つとして Granger causality（GC）を提案した．GC は過去の時点でのある変数が，将来の他の変数の予測にどの程度役立つかを定量化する．GC には向きがあり，B から R への GC と B から R への GC は一般には異なる．Hidaka & Torii [4] では状態変数ベクトル $v_t = \binom{R_t}{B_t} \in \mathbb{R}^2$ を持つ安定な VAR モデルにおいて，B から R への GC $G_{B\to R}$，R から B への GC $G_{R\to B}$ はそれぞれ条件付き相互情報量 $I(X;Y|Z)$ により以下の通り定義される．

$$G_{B\to R} := 2\lim_{t\to\infty} I(R_{t+1}; B_t|R_t),\ G_{R\to B} := 2\lim_{t\to\infty} I(B_{t+1}; R_t|B_t)$$

VAR モデルの各変数を周辺化すると，R 時系列と B 時系列の自己回帰 (AR) モデルがそれぞれ得られる．R と B の時系列の AR モデルの k 次の自己共分散係数は $e_0 := \begin{pmatrix}1 & 0\end{pmatrix}^\top, e_1 := \begin{pmatrix}0 & 1\end{pmatrix}^\top$ を用いて

$$\alpha_k := e_0 A^k \Sigma_* e_0,\ \ \beta_k := e_1 A^k \Sigma_* e_1 \tag{2}$$

と定義できる．これらの比 $-1 \le \frac{\alpha_1}{\alpha_0} \le 1,\ -1 \le \frac{\beta_1}{\beta_0} \le 1$ をそれぞれ R, B の自己共分散比 (Auto-covariance ratio) という．以下，R, B の自己共分散比をそれぞれ ACR-R, ACR-B と略記する．2 変量 VAR モデルでは，ケーリー・ハミルトンの定理より，任意の $k \ge 0$ に対し自己共分散係数に関して以下の式が成り立つ．

$$\alpha_{k+2} - \alpha_{k+1}\mathrm{tr}A + \alpha_k \det A = 0. \tag{3}$$

対称性よりこの恒等式は α_k を β_k に置き換えても成り立つ．従って，A, α_0, α_1 が決まれば，任意の $k \ge 0$ に対して自己共分散係数 α_k が定まる．特に安定条件下では k に対して，

$$\lim_{k\to\infty} \frac{\alpha_{k+1}}{\alpha_k} = \frac{\alpha_1}{\alpha_0} \tag{4}$$

が成り立つ．本研究では，この自己共分散比 ACR-R を $\frac{\alpha_1}{\alpha_0} \propto \cos\theta_0$, ACR-B を $\frac{\beta_1}{\beta_0} \propto \cos\theta_1$ と定義する．

3. 実験

本研究では「ある物体が他の物体から受ける時間的随伴性は，観察者がその物体に知覚する生物性の度合いに影響を及ぼす」という仮説を検証し，アニマシー知覚に影響を及ぼす要因が時間的随伴性以外に存在するかどうかを確かめる．二つの物体間における相互作用のうち，時間的随伴性は過去の動きと将来の動きの関連性であり，GC に相当する．一方で，同期は同時点における動きの関連性であり，相関に相当する．したがって，二つの点の動きにおける相関を固定したうえで GC を操作して刺激動画を作成し，動画内の点の動きに対する生物性を評定する実験を行う．

3.1 実験刺激

実験では小熊ら [6, 7] と同様に，VAR モデルの状態変数 $v_t = (R_t, B_t)^\top$ に対応した動きを視覚刺激として

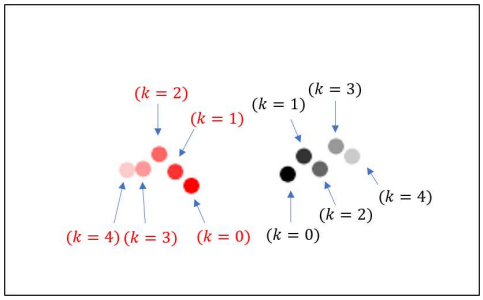


図 1: 実験刺激例 [7]

提示する．具体的には，2 個の異なる物体を表す赤い点 R と黒い点 B が一定の長さの履歴を示しながら上下に運動する動画（図 1）である．それぞれの点は 2 次元平面上において，水平方向には固定した位置に表示され，垂直方向には VAR モデルに従って運動する．時刻 $t = 0, 1, \ldots$ における点 R と B の垂直方向の位置座標がそれぞれ R_t, B_t である．

小熊 [7] の知見に基づき，観察者が知覚する生物性は B の表示の有無によらないかを確かめるため，二つの物体 R と B が表示されている動画（R-B 動画）と，物体 B を隠して一つの物体 R のみが表示されている動画（R 動画）を作成した．R 動画は R-B 動画から黒い点 B だけを非表示にした動画として作成した．

また，それぞれの物体の 5 時点前までの過去の軌跡を水平方向に表示した．k 時点前の R は画面中央から $-(10k + 20)$ pixels の位置，R-B 動画における B は画面中央から $+(10k + 20)$ pixels の位置に表示した $(k = 0, 1, ..., 4)$．つまり，これらの点は水平方向に履歴（軌跡）を伸ばしながら，垂直方向に移動した．また過去であればあるほど点の色の透明度を上げた．動画のフレームレートは 6Hz に設定した．

3.2 モデルのパラメータ設定

本実験では時間的随伴性の効果を検証するため，R_t と B_t の相関を一定にする必要がある．そこで，安定な VAR モデルにおいて定常共分散行列 Σ_* が一定となるように係数行列 A を操作する．具体的には，Hidaka & Torii [4] に基づき，VAR モデルのパラメータを以下の通り設定する．

定常共分散行列 Σ_* と基本共分散行列 Σ,

$$\Sigma_* = \begin{pmatrix} \sigma^*_{0,0} & \sigma^*_{0,1} \\ \sigma^*_{0,1} & \sigma^*_{1,1} \end{pmatrix}, \quad \Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{0,0} & \sigma_{0,1} \\ \sigma_{0,1} & \sigma_{1,1} \end{pmatrix}, \tag{5}$$

は $\sigma^*_{0,0} = \sigma^*_{1,1} = 1$，$\sigma^*_{0,1} = 0$，$\sigma_{0,0} = \sigma_{1,1} = 2/3$ に決めた．係数行列 A は 2 つの角度 $\theta_0 \in [0°, 360°)$ と $\theta_1 \in [0°, 360°)$ を用いて式 (6) で表せる [4].

$$\begin{aligned} A &= \left(S_0 \begin{pmatrix} \cos\theta_0 \\ \sin\theta_0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} S_1 \begin{pmatrix} \cos\theta_1 \\ \sin\theta_1 \end{pmatrix} \right)^\top \\ S_i &:= \sqrt{1 - \frac{\sigma_{i,i}}{\sigma^*_{i,i}}} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{\sigma^*_{i,1-i}}{\sigma^*_{i,i}} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{\sigma^*_{i,i}}{\sqrt{\det \Sigma_*}} \end{pmatrix} \end{aligned} \tag{6}$$

このとき，B から R への $G_{B\to R}$ および R から B への $G_{R\to B}$ は式 (7) である．

$$\begin{aligned} G_{B\to R} &= \log\left\{ \left(\frac{\sigma^*_{0,0}}{\sigma_{0,0}} - 1 \right) \sin^2\theta_0 + 1 \right\} \\ G_{R\to B} &= \log\left\{ \left(\frac{\sigma^*_{1,1}}{\sigma_{1,1}} - 1 \right) \sin^2\theta_1 + 1 \right\} \end{aligned} \tag{7}$$

ACR-R, ACR-B に関して式 (8) が成り立つ．

$$\text{ACR-R} := \frac{\alpha_1}{\alpha_0} = \frac{a_{0,0}\sigma^*_{0,0} + a_{0,1}\sigma^*_{1,0}}{\sigma^*_{0,0}} \propto \cos\theta_0, \tag{8}$$

$$\text{ACR-B} := \frac{\beta_1}{\beta_0} = \frac{a_{1,0}\sigma^*_{0,1} + a_{1,1}\sigma^*_{1,1}}{\sigma^*_{1,1}} \propto \cos\theta_1 \tag{9}$$

3.3 実験条件

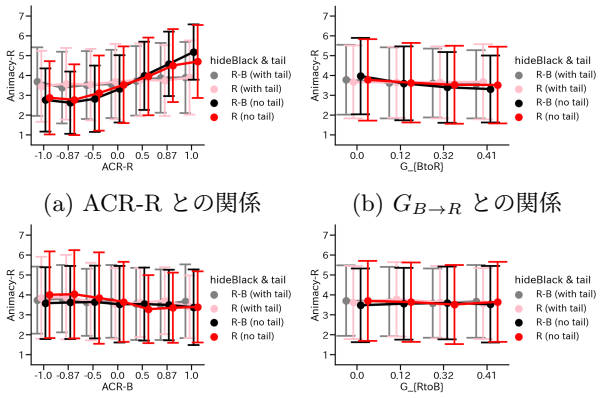
2 変量 VAR のパラメタ θ_0 と θ_1 (各角度 $0°, 30°, \ldots 330°$ の 12 水準)，物体 B の表示の有無，履歴の表示の有無を実験条件として設定した．θ_1 については，$\sin\theta_1$ の意味と $\cos\theta_1$ の意味でバランスが取れるように，次の 4 種類に分割し，各参加者はそのうち 1 つのセットに割り当てられた：(1) $0°, \ldots, 150°$, (2) $90°, \ldots, 240°$, (3) $180°, \ldots, 330°$, (4) $270°, \ldots, 420°$.

3.4 実験参加者・手続き

東京電機大学の学生 52 名が参加した．

実験は 2 つのセッションに分け，先に履歴なし動画を閲覧する試行が連続するセッションを，その後に履歴あり動画を閲覧する試行が連続するセッションを行った．参加者は一人あたり合計で 144 個の動画（履歴なし：72，履歴あり：72）を評価した．動画の提示順は，各セッション内ではランダムであったが，履歴なしのセッションと履歴ありのセッションで同一の係数行列を用い，同一の点の動きを提示した．

参加者は 1 個の刺激動画を閲覧した後に，その動画における赤い点 R の動きについて評価した．具体的には以下 4 項目それぞれの質問に対して，意味差分法（SD 法）により「4. どちらでもない」を中立として 7 段階リッカート尺度で生物性，意図性，自律性，随伴性の各項目に回答した (表 1).



(a) ACR-R との関係　(b) $G_{B\to R}$ との関係

(c) ACR-B との関係　(d) $G_{R\to B}$ との関係

図 2: 赤い点 R の生物性とそれぞれの説明変数の関係

表 2: 赤い点 R の生物性に関する共分散分析の結果

要因	自由度	F 値	p 値
hideBlack	1	1.895	0.169
ACR-R	1	471.144	< 0.001
ACR-R:hideBlack	1	5.590	0.018
$G_{B\to R}$	1	20.107	< 0.001
$G_{B\to R}$:hideBlack	1	4.738	0.030
ACR-B	1	35.741	< 0.001
ACR-B:hideBlack	1	7.771	0.005
$G_{R\to B}$	1	1.356	0.244
$G_{R\to B}$:hideBlack	1	1.153	0.283

3.5 分析

本稿では，紙幅のため，赤い点の生物性評定 (Animacy-R) と ACR-R ($\cos\theta_0$)，$G_{B\to R}$，ACR-B ($\cos\theta_1$)，$G_{R\to B}$，および B を隠したかどうか (hideBlack) との関係の分析のみに絞った．大会発表時にはデータ全体の分析結果を報告する．

3.6 結果

図 2 は，生物性とその他の説明変数の関係を表す．各図において履歴なしを no tail，履歴ありを with tail と表記した．各図のエラーバーは標準偏差を示す．表 2 生物性評定の共分散分析結果を示す．生物性に対して，0.1% 水準で ACR-R, ACR-B, $G_{B\to R}$ の有意な主効果が見られた．

3.7 考察

本実験では，動きの生物性評価を，GC と自己共分散比 (ACR) の指標を用いて分析した．その結果，先行研究 [7] で示された GC のみならず，自己共分散比が生物性評価と強い相関を持つことが示された．GC と ACR はそれぞれ時間的随伴性および自己推進性の指標と考えられることから，生物性の知覚はこれらの動きの特徴によって特徴づけられることが示唆された．

本稿では生物性の部分的な結果のみに絞って報告するが，意図性・随伴性・自律性などのその他の評定項目と相対的に比較すると，生物性は他の 3 種類の評定の持つ特徴を複合的に持つ概念であることも示唆された．意図性は目標指向性とも呼べる動きの特徴と相関しており，自律性は自己推進性とも呼べる動きの特徴と相関を示した．こうした性質は生物性にも見られ，生物性の概念を構成する諸側面が，意図性や自律性に相関する動きで特徴づけられることが示唆された．

謝辞

本研究は科研費基盤研究 B(一般) JP23H0369，挑戦的研究 (萌芽) JP22K19790，JST さきがけ JPMJPR20C9 の助成を受けて行われた．

文献

[1] Bassili, J. N., (1976) “Temporal and spatial contingencies in the perception of social events”, J. Personality and Social Psychology, Vol. 33, No. 6, pp. 680-685.
[2] Granger, C. W. J., (1969) “Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods”, Econometrica, Vol. 37, No. 3, pp. 424-438.
[3] Heider, F., & Simmel, M., (1944) “An experimental study of apparent behavior”, The American Journal of Psychology, Vol. 57, No. 2, pp. 243-259.
[4] Hidaka, S., & Torii, T., (2021) “Designing Bivariate Auto-Regressive Timeseries with Controlled Granger Causality”, Entropy, Vol. 23, No. 6, 742.
[5] 細川 敦司, (2023) “アニマシー知覚に関連する動きの性質：時間的随伴性と速さの検討”, 日本認知科学会第 40 回大会論文集.
[6] Oguma, K., Torii, T., & Hidaka, S., (2021) “Animacy perception of a pair of movements under quantitative control of its temporal contingency: a preliminary study”, The 26th International Symposium on Artificial Life and Robotics, GS12-1, pp.274-279.
[7] 小熊 健一, (2021) “物体間の運動の予測可能性が生き物らしさの知覚に及ぼす効果の実験的検討” JAIST 学術研究成果リポジトリ.
[8] Takahashi, K., & Watanabe, K., (2015) “Synchronous motion modulates animacy perception”, Journal of Vision, Vol. 15, No. 8, 17.

生物性知覚の探究に向けて：4変量ベクトル自己回帰モデルの設計原理
Exploring Animacy Perception: Design Principle of Quad-variate Vector Auto-Regressive Model

日髙 昇平 †
Shohei Hidaka

† 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology

概要

人は運動からそれを生成する系の生物性などを知覚できる。しかし、どのような運動がそうした生物性知覚と関連するのか未解明な点が多い。本研究では、生物性や意図性等の運動知覚を検討する枠組みとして、相互作用する 2 点運動を生成するベクトル自己回帰 (VAR) モデルを提案する。VAR モデルの主要な統計量の一つであるグレンジャー因果を統制した時系列を生成する方法を開発するため、本稿では 4 変量 VAR モデルの数理を解析した。

キーワード：生物性知覚, ベクトル自己回帰モデル

1. はじめに

1.1 運動に対する生物性知覚

外見が生き物とはほど遠い単純な幾何学図形（円や三角形）の動きに対しても，人は生き物らしさを感じることが知られている．Heider & Simmel [2] では，三つの幾何学図形（大きな三角形，小さな三角形，小さな円）が長方形の近くを移動する動画を実験参加者に見せ，図形について説明させたところ，参加者は指示が与えられていないにも関わらず，内気やいじめっ子といった性格特性，および不満や怒りといった感情を図形に帰属させて説明を行った．このように，観察者が観察対象に対して生き物らしさを知覚することを生物性知覚 (Animacy perception) という．

1.2 VAR 運動生成法と生物性知覚実験

小熊ら [6, 7] や Hosokawa ら [4, 5] は Hidaka & Torii [3] の提案する 2 変量 VAR モデルの設計法を用いて生物性知覚の要因特定を目指した認知心理学実験を行った。これらの実験では、1 次元上を運動する 2 点の運動を参加者に提示し、参加者はそのうち 1 点の運動に関してその生物性を評定する課題に取り組んだ。こうして得られた生物性や意図性などの心理尺度に対して、提示した運動のもつグレンジャー因果量 [1] などの統計量との関係を分析することで生物性と関連する運動の特徴量を特定した。

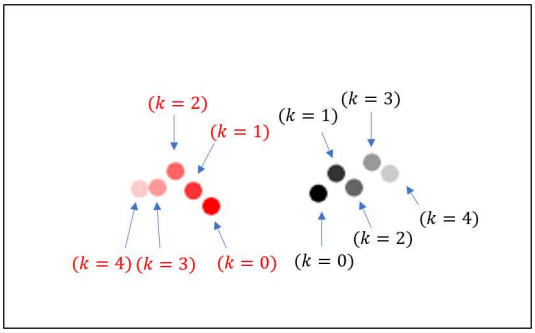
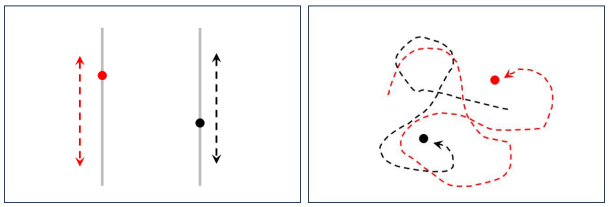


図 1: 小熊ら [7] の実験刺激の一例。k は離散時間を表し $k = 4$ は 4 ステップ過去, $k = 0$ が最新の点の位置を示す。

1.3 VAR モデル設計における技術的課題

しかし、これらの先行研究で用いた 2 変量 VAR モデル [3] にはいくつかの方法論的な課題・限界がある。第一の課題は、2 変量 VAR による運動生成法では、各点の運動を 1 次元上の運動に制限する必要がある (図 1)。こうした制限の下で生成した 2 点の運動は、同じ空間を共有して “交差” することがなく、異なる直線上を運動することになるため、2 点間の相互作用を表現する上では自然な運動とは言い難い (図 2(a))。例えば、Heider & Simmel [2] が用いた動画のように “追いかけっこ” を表現することはできない (図 2(b))。2 変量 VAR モデルは 2 点間の運動における相互作用を調べるモデルとしては最小の統計的モデルの一つであるが、それゆえに提示可能な運動には強い制限がある。

第二の課題として、2 変量 VAR による運動生成法では、独立には統制できないいくつかの交絡変数が生じ



(a) 2 変量 VAR モデルで表現できる 2 点運動.　(b) 4 変量 VAR モデルで表現できる 2 点運動.

図 2: VAR モデルでの運動生成.

る。2 変量 VAR モデルは 4 変数のパラメタを持つが、2 点の分散と共分散、そして定常分散と定常共分散、そして双方向のグレンジャー因果を含めると 9 つの統計量が存在する。この基本的な統計量以外にも、可能であれば統制することが望ましい統計量として自己共分散比や運動速度などがある。そのためグレンジャー因果を自由に統制しようとすると、代わりに定常共分散などが強制的に特定の値を持つなどの交絡関係が生じてしまう。

以上で述べた 2 つの課題は、主に 2 変量 VAR モデルの自由パラメタが 4 つと十分ではないことに起因している。従って、単純に言えば、4 変量や 6 変量 VAR モデルを用いれば、このような制限を解消でき、2 次元上あるいは 3 次元空間上の運動を自由に生成できるように思える。しかし、高次の VAR モデルはまた別の技術的な問題を抱えている。それは、一般に n 変量 VAR モデルは、その次数によらず、リアプノフ方程式と呼ばれるモデルに内在する方程式を満たす必要があり、大きな n に対してこの方程式を解くことが難しいため、特定のパラメタに対応する時系列の統計量を算出することが困難になるからである。

まとめると、高すぎる次数の VAR モデルは統制が困難であるが、一方で低すぎる次数の VAR モデルには制限に由来する交絡関係が生じてしまう。そこで、本研究では、対称な 2 点運動の相互作用を表現可能であり、かつ交絡関係をほとんどもたない最小のモデルの一つとして 4 変量 VAR の数理を解析し、その設計原理を提示する。

2. VAR モデルの数理

2.1 n 変量 VAR モデルの定義

ある実ベクトル $\mu \in \mathbb{R}^n$ と正定値行列 $\Sigma \in \mathbb{R}^{n\times n}$ に対して、各整数 $t = 0, 1, \ldots$ に対してベクトル変量 ϵ_t が平均 $\mu \in \mathbb{R}^2$、共分散行列 Σ の多変量正規分布 $N(\epsilon_t|\mu, \Sigma)$ に従うとする．初期時点 $t = 0$ のベクトルを $v_0 = \left(v_{0,1}, v_{0,2}, \ldots, v_{0,n}\right)^\top$ とパラメタとして実行列 $A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \ldots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \ldots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \ldots & a_{n,n} \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{n\times n}$ が与えられた場合、任意の整数 $t \geq 0$ に対してベクトル変量 v_t を以下のように定義する

$$v_{t+1} := Av_t + \epsilon_t. \tag{1}$$

つまり、ベクトル自己回帰 (VAR) モデルは組 (A, Σ, μ, v_0) は確率変数の半無限系列 $V = (v_0, v_1, v_2, \ldots)$ を生成する．特に、後述の定常条件を満たすとき定常分布は v_0, μ に依存しないためパラメタ対 (A, Σ) により VAR モデルを定義する。

2.2 n 変量 VAR モデルの基本的な性質

n 変量 VAR モデルは、パラメタ行列 $A \in \mathbb{R}^{n\times n}$ の固有値 $\lambda_1, \ldots, \ldots, \lambda_n \in \mathbb{C}$ が $|\lambda_i| < 1$ を満たすとき、定常確率分布を持つ。本研究ではこの定常条件を仮定する。定常条件を満たす VAR モデルでは、定常確率分布が存在し

$$\lim_{t\to\infty} N(v_t|\mu_t, \Sigma_t) = N(v|\mathbf{0}_n, \hat{\Sigma}), \tag{2}$$

平均 $\mathbf{0}_n$、共分散行列 $\hat{\Sigma}$ を持つ。この $\hat{\Sigma}$ を定常共分散行列と呼ぶ。定常共分散行列は以下のリアプノフ方程式で求められる。

$$\hat{\Sigma} = \Sigma + A\hat{\Sigma}A^\top. \tag{3}$$

一方で、方程式 (3) の解 $\hat{\Sigma}$ が存在するとしても、それは必ずしも VAR モデルが定常条件を満たすことを意味しないことに注意が必要である。Hidaka & Torii[3] は、2 変量 VAR の場合で、リアプノフ方程式の解が存在しても A が定常条件を満たさない場合を示している。

2.3 4 変量 VAR モデルの定常共分散行列の統制

定常共分散行列 $\hat{\Sigma}$ は、VAR モデルにより生成される時系列が長期的に従う共分散行列であるため、運動知覚の実験刺激の提示を念頭におけば、基本的な運動の範囲に相当する。従って、多くの場合、定常共分散行列は異なる刺激・試行の間でも一定になっていることが望ましい。一方、共分散行列 Σ は各時間ステップで生成されるランダムネスであるため、これも 2 点

の運動の間で等しくなるなど事前に設定するのが望ましい。従って、リアプノフ方程式 (3) を、定常共分散行列 $\hat{\Sigma}$ と共分散行列 Σ を与えたときに係数行列 A を未知数として解く必要がある。このリアプノフ方程式 (3) は定常共分散行列と共分散行列の差 $\dot{\Sigma} := \hat{\Sigma} - \Sigma$ が正定値行列である場合のみ実係数行列 A の解が存在するため、これを前提条件として仮定した上で以下の議論を進める。結論から言えば、リアプノフ方程式 (3) の任意の解 A は、ある直交行列 $R \in \mathbb{R}^{n\times n}$ と実正定値行列 $X \in \mathbb{R}^{n\times n}$ のコレスキ行列 $(X)_C$ を用いて以下のように表される：

$$A = \left(\left(\dot{\Sigma}\right)_C\right)^\top R \left(\left(\hat{\Sigma}\right)_C\right)^{-1\top}. \tag{4}$$

ここで直交行列は $RR^\top = R^\top R = I_n$ (I_n は n 次単位行列) を満たし、コレスキ行列 $(X)_C$ は $X = (X)_C^\top (X)_C$ を満たす上三角行列である。

2.4 4 変量 VAR モデルのグレンジャー因果量の統制

VAR モデルにおける相互作用の主要な指標の一つがグレンジャー因果量 [1] である。グレンジャー因果量は n 次ベクトル変量 $v = (u^\top, w^\top)^\top \in \mathbb{R}^n$ において、$m < n$ 変量ベクトル $u \in \mathbb{R}^m$ と $n - m < n$ 変量ベクトル $w \in \mathbb{R}^{n-m}$ をそれぞれ結合変量とみなし、その間の時間遅れを考慮した相互作用を測る統計量である。特に $n = 2m$ で $u, w \in \mathbb{R}^m$ の場合、$w \to u$ のグレンジャー因果量は

$$G_0 := \log\left|\Sigma_{0,0} - A_{0,1} S_0 A_{0,1}^\top\right| - \log\left|\Sigma_{0,0}\right|, \tag{5}$$

逆に $w \to u$ のグレンジャー因果量は

$$G_1 := \log\left|\Sigma_{1,1} - A_{1,0} S_1 A_{1,0}^\top\right| - \log\left|\Sigma_{1,1}\right|, \tag{6}$$

と定義される。ただし、$\left|X\right|$ は正方行列 X の行列式で、$S_i := \hat{\Sigma}_{1-i,1-i} - \hat{\Sigma}_{1-i}\hat{\Sigma}_{i,i}^{-1}\hat{\Sigma}_{1-i}$, $\Sigma_{i,j} \in \mathbb{R}^{m\times m}$, $\hat{\Sigma}_{i,j} \in \mathbb{R}^{m\times m}$ と $A_{i,j} \in \mathbb{R}^{m\times m}$ はそれぞれ共分散行列 Σ, 定常共分散行列 $\hat{\Sigma}$ と係数行列 A を構成するブロック行列である：

$$\Sigma =: \begin{pmatrix}\Sigma_{0,0} & \Sigma_{0,1}\\ \Sigma_{1,0} & \Sigma_{1,1}\end{pmatrix} \hat{\Sigma} =: \begin{pmatrix}\hat{\Sigma}_{0,0} & \hat{\Sigma}_{0,1}\\ \hat{\Sigma}_{1,0} & \hat{\Sigma}_{1,1}\end{pmatrix} A =: \begin{pmatrix}A_{0,0} & A_{0,1}\\ A_{1,0} & A_{1,1}\end{pmatrix}. \tag{7}$$

2.3 節で論じたように、$\hat{\Sigma}$ (式 (5), (6) では S_0, S_1), Σ ($\Sigma_{0,0}, \Sigma_{1,1}$), および G_0, G_1 を固定したときに A ($A_{0,1}$, $A_{1,0}$) を変数として方程式 (5) と (6) を解きたい。証明・導出を割愛して結論だけ述べれば、これらの方程式の解は

$$A_{0,1} =: \begin{pmatrix}x_0^\top\\ y_0^\top\end{pmatrix},\ A_{1,0} =: \begin{pmatrix}x_1^\top\\ y_1^\top\end{pmatrix} \tag{8}$$

と表記すると、パラメタの組 $(u, \theta_0, \theta_1) \in [1, e^{G_0}] \times [0, 2\pi)^2$ を用いて

$$x_0 = \sqrt{(u-1)(\Sigma_{0,0})_{0,0}}\,((S_0)_C)^{-1}\begin{pmatrix}\cos\theta_1\\ \sin\theta_1\end{pmatrix}, \tag{9}$$

$$y_0 = \frac{((S_0)_C)^{-1}}{\sqrt{(\Sigma_{0,0})_{0,0}}}\left[(\Sigma_{0,0})_{1,0}\sqrt{u-1}\begin{pmatrix}\cos\theta_1\\ \sin\theta_1\end{pmatrix} + U_{G_0,u,\theta_1}\begin{pmatrix}\cos\theta_0\\ \sin\theta_0\end{pmatrix}\right].$$

ただし

$$U_{G_0,u,\theta_1} := \left(\left|\Sigma_{0,0}\right|\left(e^{G_0} - u\right)U_{u,\theta_1}^{-1}\right)_C \begin{pmatrix}\cos\theta_1 & 0\\ 0 & u^{\frac{1}{2}}\end{pmatrix}^{-1}$$

$$U_{u,\theta_1} := \begin{pmatrix}u^2\tan^2\theta_1 + 1 & -(u-1)\sin\theta_1\\ -(u-1)\sin\theta_1 & 1\end{pmatrix}.$$

対称性のため、$\Sigma_{0,0} \to \Sigma_{1,1}$, $S_0 \to S_1$, $G_0 \to G_1$ に置き換えることで、x_1, y_1 も同様に表現できる。

2.5 4 変量 VAR モデルの同時統制

(8) は式 (5), (6) の解ではあるが、必ずしもリアプノフ方程式 (3) の解 (4) の形を満たさないことに注意をする必要がある。すなわち最終的に求めたいのは (4) と (8) を同時に満たす係数行列 A である。

そのため、リアプノフ方程式 (3) をグレンジャー因果量に関係する変数と関係ない変数に分離してブロック行列 $A_{0,0}, A_{0,1}, A_{1,0}, A_{1,1}$ により以下のように再表現する。

$$\begin{pmatrix}A_{0,0} & A_{0,1}\end{pmatrix}\hat{\Sigma}\begin{pmatrix}A_{0,0} & A_{0,1}\end{pmatrix}^\top = \hat{\Sigma}_{0,0} - \Sigma_{0,0} =: \dot{\Sigma}_{0,0} \tag{10}$$

$$\begin{pmatrix}A_{1,0} & A_{1,1}\end{pmatrix}\hat{\Sigma}\begin{pmatrix}A_{1,0} & A_{1,1}\end{pmatrix}^\top = \hat{\Sigma}_{1,1} - \Sigma_{1,1} =: \dot{\Sigma}_{1,1}. \tag{11}$$

これはリアプノフ方程式 (3) の対角ブロックに相当する部分方程式である。この部分方程式は $A_{0,1}, A_{1,0}$ を変数として以下のように解ける。

$$A_{0,0} = -A_{01}\hat{\Sigma}_{1,0}\hat{\Sigma}_{0,0}^{-1} + g_0\left(A_{0,1}\right)R_0\left(\left(\hat{\Sigma}_{0,0}\right)_C\right)^{-1\top} \tag{12}$$

$$A_{1,1} = -A_{10}\hat{\Sigma}_{0,1}\hat{\Sigma}_{1,1}^{-1} + g_1\left(A_{1,0}\right)R_1\left(\left(\hat{\Sigma}_{1,1}\right)_C\right)^{-1\top}, \tag{13}$$

ただし $R_0, R_1 \in \mathbb{R}^{2\times 2}$ は任意の 2 次直交行列である。

最後に残っているリアプノフ方程式のブロックは以下の式で表される：

$$\begin{pmatrix} A_{0,0} & A_{0,1} \end{pmatrix} \hat{\Sigma} \begin{pmatrix} A_{1,0} & A_{1,1} \end{pmatrix}^\top = \dot{\Sigma}_{0,1}. \qquad (14)$$

3. 結果のまとめ・整理

ここまでに得られた結果を整理すると以下のようになる。

1. $\Sigma, \hat{\Sigma}, G_0, G_1$ を与えたときに、それを満たす係数行列 A を求めたい。
2. グレンジャー因果量 G_0, G_1 を与えたとき (8) で $A_{0,1}, A_{1,0}$ はそれぞれ (u, θ_0, θ_1) の 3 自由度のパラメタで表される。
3. $\Sigma, \hat{\Sigma}$ を与えたとき、リアプノフ方程式 (3) を満たす必要があり、$A_{0,0}, A_{1,1}$ はそれぞれ (12), (13) の R_0, R_1 で自由度 1 のパラメタで表される。
4. リアプノフ部分方程式 (14) は 2×2 の行列であるため $A_{0,1}, A_{1,0}$ を変数とする 4 つの方程式を与える ($A_{0,0}, A_{1,1}$ は (12), (13) で $A_{0,1}, A_{1,0}$ の関数に置換できる)。

現時点では、4. のリアプノフ部分方程式の解析的な解は完全には得られていない。しかし、この方程式を一部を解くと、いずれも 2 次方程式に帰着できることが分かっている。そのため、4 つの 2 次方程式を同時に満たす解は、(存在すれば) 一般には 16 組存在することになる。ある条件を満たす $\Sigma, \hat{\Sigma}, G_0, G_1$ に対して数値計算によりリアプノフ部分方程式 (14) を解いた場合、16 組の解が同時に存在することを確認した。

4. 考察・展望

数値計算を援用してリアプノフ部分方程式 (14) を解くことで、望ましい VAR モデルを設計できる点は、本研究の貢献である。前述の部分的な解析解によって、元々 16 自由度をもつ係数行列 A が、わずか 4 自由度の変数まで問題を簡約化されている。16 自由度を持つ非線形方程式の解の空間を探索することは高性能な計算機を用いても困難であるが、4 自由度まで簡約化されていれば、現実的な時間で数値計算で解くことが可能になる。

数値計算の援用で解の存在を確認できたことで、1.3 節で述べた 2 つ技術的な課題を 4 変量 VAR モデルの設計により解消できることが示された。すなわち、4 変量 VAR モデルでは (1) 2 次元平面上の 2 点の自然な相互作用を表す運動を表現でき、(2) グレンジャー因果 G_0, G_1 と (定常) 共分散 $\Sigma, \hat{\Sigma}$ を完全に独立に統制することが可能である (モデルの制限上の交絡関係がない)。これに加えて、さらに 4 自由度の変数が残されているため、例えば、2 点の平面運動の速さ (2 自由度) と 2 点の自己共分散比 (2 自由度) を追加的に統制できる可能性もあると考えられる。

本研究では 4 変量 VAR に焦点をあてて解析した。一般に $2n$ 変量の VAR モデルを考える場合でも、リアプノフ方程式のブロック化の手法は有効で、$(2n)^2$ の自由度をもつ係数行列を $A_{0,0}$ と $A_{1,1}$ を $\frac{n(n-1)}{2}$ の自由度をもつ直交行列と n^2 の自由度をもつ $A_{0,1}, A_{1,0}$ へと簡約化でき $n(n-1)+2n^2$ の変数へまで解ける。

一方、数値計算だけでは、どのような $\Sigma, \hat{\Sigma}, G_0, G_1$ に対していくつの解が存在するかはわからず、4 変量 VAR モデルを設計するための明確な枠組みや方針は得難い。そのため、最後に残されたリアプノフ部分方程式 (14) を解析的に解くことが今後の課題である。

謝辞

本研究は科研費基盤研究 B(一般) JP23H0369, 挑戦的研究 (萌芽) JP22K19790, JST さきがけ JPMJPR20C9 の助成を受けて行われた.

文献

[1] Granger, C. W. J., (1969) “Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods”, Econometrica, Vol. 37, No. 3, pp. 424-438.
[2] Heider, F., & Simmel, M., (1944) “An experimental study of apparent behavior”, The American Journal of Psychology, Vol. 57, No. 2, pp. 243-259.
[3] Hidaka, S., & Torii, T., (2021) “Designing Bivariate Auto-Regressive Timeseries with Controlled Granger Causality”, Entropy, Vol. 23, No. 6, 742.
[4] 細川 敦司, (2023) “アニマシー知覚に関連する動きの性質：時間的随伴性と速さの検討”, 日本認知科学会第 40 回大会論文集.
[5] 細川 敦司, (2024) “アニマシー知覚と動きの統計量の関係：多変量自己回帰モデルによる実験的検討” JAIST 学術研究成果リポジトリ.
[6] Oguma, K., Torii, T., & Hidaka, S., (2021) “Animacy perception of a pair of movements under quantitative control of its temporal contingency: a preliminary study”, The 26th International Symposium on Artificial Life and Robotics, GS12-1, pp.274-279.
[7] 小熊 健一, (2021) “物体間の運動の予測可能性が生き物らしさの知覚に及ぼす効果の実験的検討” JAIST 学術研究成果リポジトリ.

活性拡散ネットワークとずれの解消理論に基づく詩の鑑賞過程の計算モデル

A computational model of poetry appreciation based on a spreading activation network and the incongruity resolution theory

亀谷　長太 †，宮本　友樹 †，内海　彰 †
Chota Kameya, Tomoki Miyamoto, Akira Utsumi

† 電気通信大学
The University of Electro-Communications
c.kameya@uec.ac.jp, miyamoto@uec.ac.jp, utsumi@uec.ac.jp

概要

詩の鑑賞の認知過程に着目した研究は少なく，その過程は明らかになっていない．そこで本研究では，鑑賞の認知過程を明らかにするために，詩的効果の喚起過程を説明するずれの解消理論を計算モデル化する．具体的には，詩の鑑賞過程の意味処理を活性拡散ネットワークでモデル化し，ネットワーク全体の活性度から認知的負荷とずれの解消をモデル化した．また，モデルの妥当性を評価するために，被験者実験で得られた詩的効果の評定結果を目的変数とする重回帰分析を実施した．分析の結果，ずれの解消が詩的効果（美しさ）に有意に影響を与えることが示された．

キーワード：詩，鑑賞過程，詩的効果，活性拡散モデル，ずれの解消理論

1. はじめに

文学作品や詩などの言語芸術の鑑賞において，鑑賞に関係のある要因を明らかにするための実験的な研究が多く行われてきた．これらの研究では，個人の状態・特性 (Hitsuwari & Nomura, 2021) や親和性 (Kraxenberger & Menninghaus, 2017)，韻律・押韻 (Obermeier et al., 2013) といった要素が詩の美的評価に影響を与えていることを示した．一方で，鑑賞の認知過程に着目した研究は少なく，その過程は明らかになっていない．その中で，詩的効果を認識する過程を説明するずれの解消理論 (Utsumi, 2002, 2005) が提案され，メタファーを対象とした評定実験 (Utsumi, 2005) も行われている．しかし，ずれの解消理論をモデル化するような研究は行われていない．

そこで本研究では，詩の鑑賞の認知過程を明らかにするために，ずれの解消理論の計算モデルを構築し，その妥当性を検証することを目的とする．まず，詩の鑑賞過程における意味処理を文中の単語とイメージの近い単語を想起する処理と捉え，鑑賞過程の意味処理を意味ネットワーク上の活性拡散過程として計算モデル化する．次に，意味ネットワーク上の活性度の状態からずれの解消をモデル化する．そして，計算モデルによるシミュレーション実験の結果が，被験者実験から得られた詩的効果の評定結果をどれくらい説明できるかを分析することで，提案モデルの妥当性を検証する．

2. ずれの解消理論

詩的効果を喚起する過程を説明した理論の一つに，ずれの解消理論がある (Utsumi, 2002, 2005)．ずれの解消理論は以下の過程を経て詩的効果が生じると説明している．

1. 意図的な表現のずれが読み手に認知的負荷を与える．
2. その負荷を解消するために多様な解釈を生み出すことで詩的効果が生じる．

認知的負荷が高く，かつその負荷が多く解消されるほど，詩的効果がより大きくなる (Utsumi, 2002)．ずれと解消の考え方は，元々ユーモアの面白さを説明するモデルとして提案されたもので，関連性理論における詩的効果の考え方 (Pilkington, 2014) とも矛盾がない．

3. 計算モデル

本研究では，ずれの解消理論をモデル化するために，詩の鑑賞過程における意味処理を，意味ネットワーク上の活性拡散過程の観点から考える．そして，ネットワーク全体の活性度の状態から，認知的負荷とずれの解消を考える．

3.1 鑑賞過程の意味処理のモデル化

通常の文章の読解では単語の意味を理解し文意を把握することが重要であるが，詩では単語の持つイメージが読解に大きな影響を与える．そこで，詩の鑑賞における意味処理を，読んだ単語とイメージの近い単語を想起する処理と仮定する．そして，このイメージの想起処理を意味ネットワーク上の活性拡散過程としてモデル化する．

活性拡散モデル (Collins & Loftus, 1975) は，単語の意味処理の過程を意味ネットワーク上の活性拡散として模倣したモデルである．意味ネットワークは単語を表すノードと，単語間の関係を表すリンクで構成される．活性拡散モデルの意味処理は，ネットワーク上の単語の活性度がリンクの重みに応じて他の単語へ拡散される過程で表現される．

本研究では，先行研究 (Vitevitch, Ercal, & Adagarla, 2011; Siew, 2019) をベースに活性拡散過程を計算モデルとして表現する．この活性拡散モデルの時点 t における単語 i の活性度 $a_i(t)$ を，次式で定義する．

$$a_i(t) = r \cdot a_i(t-1) + (1-r) \cdot fam_i \cdot \sum_j w_{ji} a_j(t-1) \quad (1)$$

$$w_{ij} = \frac{similarity(i,j)}{\sum_k similarity(i,k)} \quad (2)$$

$$similarity(i,j) = \begin{cases} cos(i,j) & cos(i,j) \geq \theta \\ 0.0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

式 (1) の r は次ステップへ保持する活性度の割合，fam_i は単語 i の親密度，w_{ji} は単語 j から単語 i へのリンクの重みを表す．式 (3) の $\cos(i,j)$ は単語 i と単語 j の単語ベクトルから算出されるコサイン類似度，θ は単語間にリンクを貼るかどうかを決めるためのコサイン類似度の閾値を表す．パラメータはそれぞれ $0.0 < r < 1.0$，$0.0 \leq fam_i \leq 1.0$，$0.0 \leq \theta < 1.0$ の範囲を取る．

行全体の意味が複数の単語の意味から構成されていると考えると，行全体のイメージ想起処理の過程は，行の先頭の単語から末尾の単語まで，出現順に単語のイメージの想起していく過程と表現できる．提案モデルでは，以下の過程に従って，一つの単語のイメージが想起される．

1. 一つの単語に 100 の初期活性度を与えて活性化させる．
2. 意味ネットワーク全体で T 回活性拡散を行う．

この処理を，行中の全単語で出現順に実行して，行全体のイメージを想起する．例えば，ある行が 5 つの単語で構成されていたとき，$5 \times T$ 回の活性拡散を経て，行全体のイメージ想起処理が完了する．そして，この行単位の処理をタイトルを含めた全ての行で実行し，詩全体の鑑賞過程を再現する．

3.2 認知的負荷とずれの解消のモデル化

鑑賞過程で生じる認知的負荷とずれの解消をモデル化するために，各行を読み終えた後の意味ネットワーク上の活性度のばらつきを考える．読んだ行から受けるイメージが前行までから想起されたイメージと異なるときは，まだ活性化されていない単語が活性化されるため，多くの単語が活性化されて意味ネットワーク上の活性度のばらつきが一様になる．一方，読んだ行から受けるイメージが前行までで想起されたイメージと似ている場合には，すでに活性化されている単語以外はあまり活性化されないため，意味ネットワーク上の活性度のばらつきが偏る．つまり，表現がずれて認知的負荷が生じると前行より活性度のばらつきが一様になり，意味的なずれが解消されると前行より活性度のばらつきが小さくなると考えることができる．

提案モデルでは，時点 t におけるネットワーク全体の活性度のばらつきを，式 (4) に示す Shannon エントロピーで表現する．ばらつきが一様になると Shannon エントロピーは大きくなり，ばらつきが小さくなると値は小さくなる．

$$H(t) = -\sum_i p_i(t) \log p_i(t) \quad (4)$$

$$p_i(t) = \frac{a_i(t)}{\sum_j a_j(t)} \quad (5)$$

一文を鑑賞して生じた認知的負荷やずれの解消をモデル化するために，隣接する行間のエントロピーの差を考える．ある詩の行 t と前行 $t-1$ とのエントロピー差を式 (6) に示す．前述の議論を踏まえると，エントロピーの差 $\Delta H(t)$ が正のときには行 t を読んで認知的負荷がかかっている状態，負のときには行 t を読んで負荷が解消された状態を表していると考えられる．本研究では，詩全体の認知的負荷やずれの解消の度合いを数量化するために，詩全体の行数で平均を取る．従って，詩全体の行数を s とすると，認知的負荷は式 (7)，ずれの解消は式 (8) で定義することができる．$\mathbb{1}_{(condition)}$ は，条件 $condition$ が真のときに 1，偽のときに 0 を返す指示関数である．

$$\Delta H(t) = H(t) - H(t-1) \quad (6)$$

$$\text{認知的負荷} = \frac{1}{s} \Sigma_{t=1}^{s} \Delta H(t) \mathbb{1}_{(\Delta H(t) > 0)} \quad (7)$$

$$\text{ずれの解消} = \frac{1}{s} \Sigma_{t=1}^{s} |\Delta H(t)| \mathbb{1}_{(\Delta H(t) < 0)} \quad (8)$$

4. モデルの評価

4.1 被験者実験

提案した認知モデルの妥当性を検証するために，被験者実験を実施して詩的効果のデータを収集した．本実験は電気通信大学倫理委員会（倫理管理番号第 23078 号）の承認を得て実施した．被験者はクラウドワークスで募集した．また，実験で使用した詩は，20 世紀から 21 世紀にかけて出版された日本語の叙情詩

表 1　パラメータの値

パラメータ	値
r	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5
T	1 ~ 5
θ	0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4

と叙景詩を，それぞれ 10 篇ずつ選定した．詩の平均行数は 13.05 行で，標準偏差は 4.19 であった．

被験者実験では 20 篇の詩をそれぞれ 20 人の被験者が読み，読了後に読んだ詩について美しさ（”詩を読んで美的な魅力を感じた”），イメージの鮮明さ 1（”詩を読んだときにイメージが容易に浮かんだ”），イメージの鮮明さ 2（”詩を読んで浮かんだイメージは鮮明だった”），好み（”この詩を好きだと思った”）をそれぞれ 7 段階のリッカート尺度（1：全くそう思わない，7：強くそう思う）で評価してもらった．これらの評定項目は先行研究 (Hitsuwari & Nomura, 2021) を参考に決定した．また，それぞれの詩についてこれまでに読んだことがあるかどうか回答してもらった．

4.2　シミュレーション実験

表 1 に実験で使用したパラメータとその値を示す．意味ネットワークの構築には，日本語 Wikipedia エンティティベクトル[*1]の単語ベクトル（200 次元）を用いた．提案モデルでは，詩に含まれる内容語と，エンティティベクトル内で出現頻度が上位の詩に含まれない内容語を合わせて 15000 語になるように，詩ごとに意味ネットワークを構築した．

親密度は NTT データベースシリーズ「日本語の語彙特性」の単語親密度を使用した．この親密度のデータは 1 から 7 の範囲を取るため，0 から 1 の範囲に正規化して使用した．また，詩に登場するが親密度データベースに存在しない単語は 1 として計算した．

4.3　評価方法

本研究では，提案モデルの認知的負荷とずれの解消が，被験者実験で得られた評定結果を説明できるか重回帰分析を用いて検証する．まず，表 1 に示すパラメータの組み合わせで認知的負荷とずれの解消をそれぞれ求めた．各指標を求める際には，タイトルと 1 行目のエントロピー差を考慮しない（$2 \leq t \leq s$）．次に，認知的負荷とずれの解消を説明変数，美しさ・鮮明さ・好みの平均評定値を目的変数として重回帰分析を実施した．

エントロピーの計算には，活性度の大きさが上位 5000 件の単語を用いた．また，初見か既読かどうかで認知的負荷や詩に対する評価が変わる可能性があるので，この詩を読んだことがあると回答したデータを省いて，それぞれの詩の平均評定値を求めた．

表 2　目的変数が美しさの場合の重回帰分析結果（決定係数の上位 5 件）

				標準偏回帰係数	
r	T	θ	R^2	認知的負荷	ずれの解消
0.1	2	0.1	.652	.049	.828***
0.2	3	0.1	.650	.023	.813***
0.2	3	0.0	.628	.034	.804***
0.1	2	0.0	.606	.033	.792***
0.3	4	0.1	.598	-.022	.767***

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

5.　結果・考察

本稿では，詩の美的鑑賞の認知過程を調査するために，評定結果の美しさに着目して分析する．表 2 に決定係数が最も高かったパラメータの組み合わせ 5 件の重回帰分析の結果を示す．いずれもずれの解消が有意に関係するという結果が得られた．また，ずれの解消の標準偏回帰係数はいずれも正の値となった．一方で，認知的負荷は有意な正の相関が得られなかった．

ずれの解消理論に従うと，認知的負荷とずれの解消の値がそれぞれ大きいほど，美しさが高くなると予想できる．重回帰分析の結果，ずれの解消が有意な正の相関を示し，仮説通りの結果となった．この結果から，鑑賞過程における詩的効果はずれの解消によって生じる可能性が示された．

一方で，認知的負荷と詩的効果の間には，仮説とは異なり有意な正の相関が見られなかった．この結果から，認知的負荷の大きさが詩的効果に関係しない可能性と，認知的負荷を適切にモデル化できていなかった可能性の 2 つが考えられる．認知的負荷を適切にモデル化できていないとすると，意味ネットワーク全体の活性度の単調増加が原因である可能性がある．提案モデルでは，新しい行を読むたびに意味ネットワーク上の活性度が蓄積され，総量が単調に増加していく．その状態で活性拡散が進むと，多くの単語に活性度が拡散し，活性度のばらつきが一様になってエントロピーが大きくなっていく．そのため，時間が経過するほどエントロピーの差 $\Delta H(t)$ が小さくなってしまい，認知的負荷を捉えられなくなった可能性がある．

[*1] https://www.cl.ecei.tohoku.ac.jp/~m-suzuki/jawiki_vector/

6. おわりに

本研究では，詩の鑑賞の認知過程を明らかにするために，ずれの解消理論の計算モデルを構築し，その妥当性を検証した．具体的には，意味ネットワーク上の活性拡散に基づいて鑑賞過程の意味処理をモデル化し，意味ネットワーク上の活性度のばらつきから認知的負荷とずれの解消をモデル化した．重回帰分析による検証の結果，ずれの解消が詩的効果に影響を与える可能性が示された．しかし，認知的負荷については，有意な正の相関が得られなかった．

提案モデルでは，詩の単語の意味のみに着目している．しかし，詩の美的評価には音韻が大きく関わっていることが示されている．そのため，意味処理と同時に頭韻や脚韻など韻の認知過程を説明するモデルを検討する必要がある．また，提案モデルでは，鑑賞過程の意味処理を文を構成する単語のイメージ想起と定義しているが，それでは文法やレトリックを考慮できているとは言い難い．今後は文を単語のイメージだけでなく文として処理できる枠組みを考える必要がある．

References

Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, *82*(6), 407-428.

Hitsuwari, J., & Nomura, M. (2021). How individual states and traits predict aesthetic appreciation of haiku poetry. *Empirical Studies of the Arts*, *40*(1), 81-99.

Kraxenberger, M., & Menninghaus, W. (2017). Affinity for poetry and aesthetic appreciation of joyful and sad poems. *Frontiers in Psychology*, *7*.

Obermeier, C., Menninghaus, W., von Koppenfels, M., Raettig, T., Schmidt-Kassow, M., Otterbein, S., & Kotz, S. A. (2013). Aesthetic and emotional effects of meter and rhyme in poetry. *Frontiers in Psychology*, *4*.

Pilkington, A. (2014). Poetic Effects: A relevance theory perspective. In S. Roger D. (Ed.), *Literary Pragmatics (Routledge Revivals).* Routledge.

Siew, C. S. Q. (2019). spreadr: An r package to simulate spreading activation in a network. *Behavior Research Methods*, *51*(2), 910-929.

Utsumi, A. (2002). Toward a cognitive model of poetic effects in figurative language. In *Proc. of 2002 ieee international conference on systems, man and cybernetics.*

Utsumi, A. (2005). The role of feature emergence in metaphor appreciation. *Metaphor and Symbol*, *20*(3), 152-172.

Vitevitch, M. S., Ercal, G., & Adagarla, B. (2011). Simulating retrieval from a highly clustered network: Implications for spoken word recognition. *Frontiers in Psychology*, *2*.

フリーシャッター課題：20秒間の時限状況下における自由意志の歪み
Free Shutter Task: Distortion of Free Will Within a 20-Second Constraint

小鷹 研理 †，児玉 謙太郎 ‡，阿部 真人 ◇，村上 久 ⋆
Kenri Kodaka , Kentaro Kodakama , Masato Abe , Hisashi Murakami
† 名古屋市立大学，‡ 東京都立大学，◇ 立命館大学，⋆ 京都工芸繊維大学
Nagoya City University, Tokyo Metropolitan University, Doshisha University, Kyoto Institute of Technology
kenrikodaka@gmail.com

概要

筆者らは, 自発行為の背景にある文脈が, その行為に与える影響を評価する実験プラットフォームとして, 前方のスクリーンに呈示された時間表示のあるプログレスバーに向けてカメラのシャッターを自由に押させる「フリーシャッター課題」を考案している. 本課題は, 2023 年夏にテレビ番組の企画として, 全国のテレビ視聴者を対象に実施され, 人を扱う心理実験としては異例のサンプルサイズ（N=23630）のデータを得た. 本稿では, 集団の有無にかかわらずに観測されるシャッタースパイクの時系列特性に焦点を当て, 実験結果を報告する.

キーワード：自発行為, リベットの実験, 注意の瞬き

1. はじめに

日常生活における「一度きり」の自発行為の背後には, 外的な時間の制約が潜んでいることが多い. 例えば, 特定の回答を求められた電子メールの返信や特定の授業の課題に取り組むケースでは, 締切日時が事前に明示的に示されていることがほとんどである. あるいは,「告白」や「犯行」といった極めて自発的な性格が強いとみえる「一度きり」の行為もまた, 実際には, 特定の時間の幅（例えばイベントの開始から終了まで, または, 陽の明るいうち等々）によって, 行為可能な時間が条件づけられていることが多い. こうした時間的条件は, 行為の自由を部分的に制約するのものではあるが, それでもなお, 行為のタイミングが, 行為者の自発性に委ねられているのもまた事実である. こうした状況で, 行為はいかにして時間的に動機づけられるのだろうか.

これまでに, 自発行為に対する時間分析の多くは, 実世界において, 何度も繰り返されるような行為（電話／手紙／メール, 図書館の貸し出し, WEB のブラウジング, 顔を触る行為）を対象とするものが多かった. これらの多くで, べき乗分布で特徴付けられるバースト構造が報告されているように, 従来研究の分析は, 行為と行為の間の時間幅に注目する研究が大半を占める. 他方で,「一度きり」の自発行為が, 特定の時間幅の「どこ」で生じるかに注目する研究は, 筆者らが調べる限り存在しない.

実験室環境における「一度きり」の自発行為の認知メカニズムの多くは, 1980 年代に発表された「リベット実験」のパラダイムによって探究されている. リベット実験の標準的な実験系では, 自発行為に関連する各種イベントの主観的な発生時刻を被験者に報告させるために, Libet clock と呼ばれる円盤時計が用いられる. 近年, この Libet clock の視覚的仕様を変更することによって, 主観的な自由意志が感知されるタイミングが有意に影響を受けることが報告されている. こうした結果は, 自発行為が, 並行して受容されている背景的知覚によって脚色されることを示す重要な知見を提供するものである. 他方, これらの分析もまた, 準備電位や身体運動の開始点に対する主観的な自由意志が発動する微小な時間差を問題とするものであり, 時限的状況における「どこ」で行為が発動するかの疑問に答えるものではない.

筆者らのグループは, 自発行為に対する背景的知覚の影響を検証することを目的とした実験プラットフォームとして,「フリーシャッター課題」を新たに考案している. フリーシャッター課題では, Libet clock を, GUI で標準的に使用される横長のプログレスバーに置き換える. このバーが空の状態から充填されるまでの時間（現段階では全て 20 秒に固定）のうち, 好きなタイミングでシャッターを押すことが実験参加者の課題となる. この際, バーの中央には経過時間が小数点第一位まで表示されている. 結果的に, 撮影媒体となったカメラ（多くはスマートフォンに内蔵のものを想定する）には, 行為時刻が正確に記録されることとなる. これを計測値として採用する.

この課題は当初, 集団の同調作用を検証するために考案されたものではあるが, 実際には, 非集団状況下の実験参加者に対しても, 時限状況における自発行為に

係る背景的知覚の影響を探るうえで重要な実験プラットフォームとなり得る. 例えば, プログレスバーによって, 時限的状況が明確に視覚化されている状況で, 自発的シャッターの分布に（一様分布と比較して）偏りは生じるのか否か, 経過時間を明示するディジタルな時間表示がシャッターのタイミングに影響を与えるのか等々は, 筆者らの知る限り, これまでのリベット実験のパラダイムでは扱われてこなかった問題である.

このフリーシャッター課題は, 2023 年 8 月に, NHK の番組「シチズンラボ」の企画の一部として, ゴールデンタイム時に全国のテレビ視聴者に対して一斉に実施され, 人を扱う心理実験としては異例のサンプルサイズ（N=23630）のデータを得た. 本稿では, このテレビ視聴者向けの実験の結果を報告する.

2. 方法

2.1 実験の概要

実験は, NHK の生放送番組「シチズンラボ」の中の企画として, 各視聴環境の TV 画面をスクリーンとして実験を実施した. 実験では, 映像刺激として「5 秒のカウントダウンの後, 画面中央に, 20 秒かけて左から右へと動いていくオレンジ色のバーが表示され, その上に 0.1 秒刻みでカウントアップしていく数字が表示される動画」が用いられた. 参加者には, 自身の好きなタイミングで 1 枚だけ写真を撮影してもらい, そこに写った数字を「シャッターを切ったタイミング」とした. 実験の終了後, 速やかに, シャッターを切ったタイミング, 年齢, 性別の他, 実験に一緒に参加した人が周囲にいたか否かのデータも収集した. データはそれぞれ Web 上のアンケートフォームを利用し送信してもらった. 10 代未満から 80 代以上までの幅広い年齢層の視聴者 23630 名の有効データが集計された.

2.2 分析の方針

分析においては, まず「どのタイミングでどれくらいの人がシャッターを切ったか」を, 0.1 秒単位のヒストグラムで可視化した後に, 以下の 2 つの時間スケールで, シャッター分布の特徴を異なる指標で抽出した.

■大域的なシャッターの歪み 20 秒間の中のどの区間でシャッターを切った人が多いのか, 5 秒ごと 4 区間での人数を各実験の全参加者数で除した「割合」を抽出し, 参加者属性によるシャッターフローの傾向の違いを比較した. 解析では, 特に前半 5 秒のシャッター率（**初動集中傾向**）に注目した分析を行う.

■中間地点・終了間際における集中傾向 TV 実験に先立つ集団環境（授業および NHK ホールによる実験を含む）の実験では, 折り返し地点でもある 10 秒付近, および 20 秒終了間際に特徴的なシャッターの集中傾向がみられた. そこで, これらの区間の集中度の指標として, 8.0〜11.9 秒の 4 秒間に観測された総シャッター数に対する 9.6〜10.5 秒のシャッター数の割合を**中間集中傾向**, および 16.0〜19.9 秒の 4 秒間の総シャッター数における 19.0〜19.9 秒のシャッター数の割合を**駆け込み集中傾向**として, それぞれの区間におけるシャッターの歪みの分析を行う.

■局所的なシャッターの歪み N.0 秒（N= 2, 3, ··· 18）を中心とする前後「0.5 秒」, 合計「1.1 秒」区間（例：1.5〜2.5, 8.5〜9.5, 13.5〜14.5）のシャッター総量を 1 として正規化し, 個々の「コンマ何秒」のシャッター量の割合を, 局所的なシャッターの確率密度として抽出して分析を行なった.

3. 結果

3.1 大域的なシャッターの歪み

図 1 に, 全シャッターのヒストグラムを示す. 点線は一様分布を仮定した場合のベースラインに対応する. 総じて, フラットな分布からは大きく逸脱していることが明らかである. 関連して, 前半と中盤と終盤に相対的なピークが観測されることも読み取れる.

全シャッターを 4 分割領域ごとに割り振ったところ, それぞれの区間ごとに, 37.7%, 25.9%, 20.8%, 15.6% であった. 上位 25% 区間では（一様分布と比較して）実に 12% もの歪みが抽出され, グラフの視覚的印象と合致するように, 序盤にシャッターを押す強い傾向が確認された（適合度検定：$\chi^2(3) = 1203.7, p < 0.001$）.

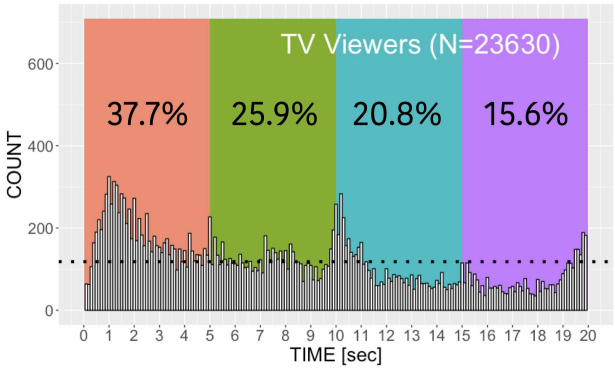


図 1 四分割領域のシャッター量の配分

3.2 初動集中傾向

図 2 上に, **初動集中傾向**を, 各年代および性別毎に集計したグラフを示す. 年齢を無視すると, 女性は男性よりも初動集中が 4.4% 高く, 統計的にも女性は有意に序盤にシャッターを押す傾向にある（独立性検定：$\chi^2(1) = 46.6, p < 0.001$）. この傾向は, ほとんどの年代で一貫して観測された（10 代, 40 代, 50 代, 60 代で

$p < 0.01$）.

年代に注目すると, 早押し傾向が最も強く見られる年代は「10 歳未満」である. ただし「10 歳未満」を除くと, 年代が下がるにつれて「早押し傾向」が逆に減退する傾向性が観測され, 総じて, 年代間の差異については, 20 代を底とする U 字型の分布で特徴づけられることがわかる.

3.3 中間集中傾向

図 2 中に, **中間集中傾向**を, 各年代および性別毎に集計したグラフを示す. 年齢を無視すると, 男性は女性よりも中間地点における集中傾向が 7.0% も高く, 統計的にも男性は有意に 10 秒付近でシャッターが集中する傾向にある（独立性検定：$\chi^2(1) = 26.5, p < 0.001$）. この傾向は, 男女を問わず 20 代で極大化し, その後, 10 歳未満・10 代と同じ程度に落ち着く, 逆 U 字型の分布で特徴付けられる.

3.4 駆け込み集中傾向

同様に, 図 2 下に, **駆け込み集中傾向**を, 各年代および性別毎に集計したグラフを示す. 年齢を無視すると, 男性は女性よりも 6.9% 高く, 統計的にも男性は有意に終了直前にシャッターが集中する傾向にある（独立性検定：$\chi^2(1) = 13.7, p < 0.001$）. この傾向に関して, 年代間では大きな差異は見られなかった.

3.5 局所区間のシャッターの歪み

図 3 に, 局所領域（1.1 秒区間）のシャッター分布に関する結果を示す. まず図 3 左は, 全 18 区間（$n = 2$ から $n = 18$）の全ての確率密度について, ベースラインからの差分を重ね書きしたものである. 図 3 右は, 代表的な区間を取り出して, 個々の確率密度の形状を単独で示したものである. グラフより, 秒数が切り替わるコンマ 0 秒でシャッター量が極大化したのちに, コンマ 1 秒で一旦減少し, その後コンマ 2 秒で再びコンマ 0 秒と同水準の極大化を示したのち, 平均的な水準へと落ち着いていく, いわば「M 字型」の傾向が観測されていることがわかる.

4. 考察

自発行為の背景的文脈として「制限時間」に関する情報を視覚的に付与することで, 行為の生起タイミングが大域的に初動・中間・終了間際に偏る傾向が性別・年齢を問わず観測された. 同時に, この傾向の強さが, 性別・年齢によって異なる点は, 本傾向に対して複数の認知機能が関与していることを示唆するものである. 例えば, 初動集中傾向は, 性差に関して女性よりも男性で強く, 年齢に関して若年層と高年齢層で高まる傾向がみられた一方で, 中間集中傾向は, これとは（性差についての年齢についても）の真逆の傾向がみられた. こうした結果は, 初動に偏る傾向と中間に寄る傾向にに関わる認知特性が, 互いにトレードオフの関係にあることを示唆するものである.

局所区間でコンマ 0 秒付近に生まれた M 字型のシャッター分布特性について, 我々は現段階で 2 つの仮説を有している. 一つは, コンマ 2 秒のピークが, コンマ 0 秒のピークを作り出しているものとは異なる心的過程で生じている, とするものである. 具体的には, コンマ 0 秒のピーク（第一波）は, 「N 秒ちょうどを狙った」被験者によって作り出されている一方で, コンマ 2 秒のピーク（第二波）は, N 秒になったこと（秒数の切替わり）をトリガーとする運動の産物として, 双方を区別しようとするものである. この場合, 第二波の「遅れ」は, simple reaction test の反応時間と関係している. 二つ目の仮説は, コンマ 0 秒が, 他の時間タイミングと比べて突出して観測者の注意を惹きつけるために,「注意の瞬き」（Attentional Blink）と似た認知過程によって, その直後から 0.2 秒程度の「心理的不応期」が生まれるとする見方である. こうした仮説を個別に要因を分離しながら検討することもまた今後の課題である.

謝辞

本研究の実験の企画・実施にあたり日本放送協会（NHK）の番組「シチズンラボ」の関係者の皆さま, 実験にご参加いただいた皆さまには多大なるご協力をしていただきました. ここに感謝の意を表します.

文 献

Libet, B., Wright, E. W., & Gleason, C. A. (1982). Readiness-potentials preceding unrestricted “spontaneous” vs. pre-planned voluntary acts. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 54(3), 322–335.

Haggard, P., Clark, S., & Kalogeras, J. (2002). Voluntary action and conscious awareness. Nature Neuroscience, 5(4), 382–385.

Ivanof, B. E., Terhune, D. B., Coyle, D., & Moore, J. W. (2022). Manipulations of Libet clock parameters affect intention timing awareness. Scientific Reports, 12(1).

Ivanof, B. E., Terhune, D. B., Coyle, D., Gottero, M., & Moore, J. W. (2022). Examining the effect of Libet clock stimulus parameters on temporal binding. Psychological Research, 86, 937–951.

集団フリーシャッター課題, https://www.youtube.com/watch?v=kKj2LOygcOM

児玉謙太郎, 小鷹研理, 阿部真人, 村上久, 集団フリーシャッター課題で観察されるバースト現象, 電子情報通信学会・HCS/CNR 研究会, 工学院大学, 2023.11

Woods, D. L., Wyma, J. M., Yund, E. W., Herron, T. J., & Reed, B. (2015). Factors influencing the latency of simple reaction time. Frontiers in Human Neuroscience, 9(MAR).

Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink? Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 18(3), 849–860.

小鷹研理,『身体がますますわからなくなる』(2024), 大和書房

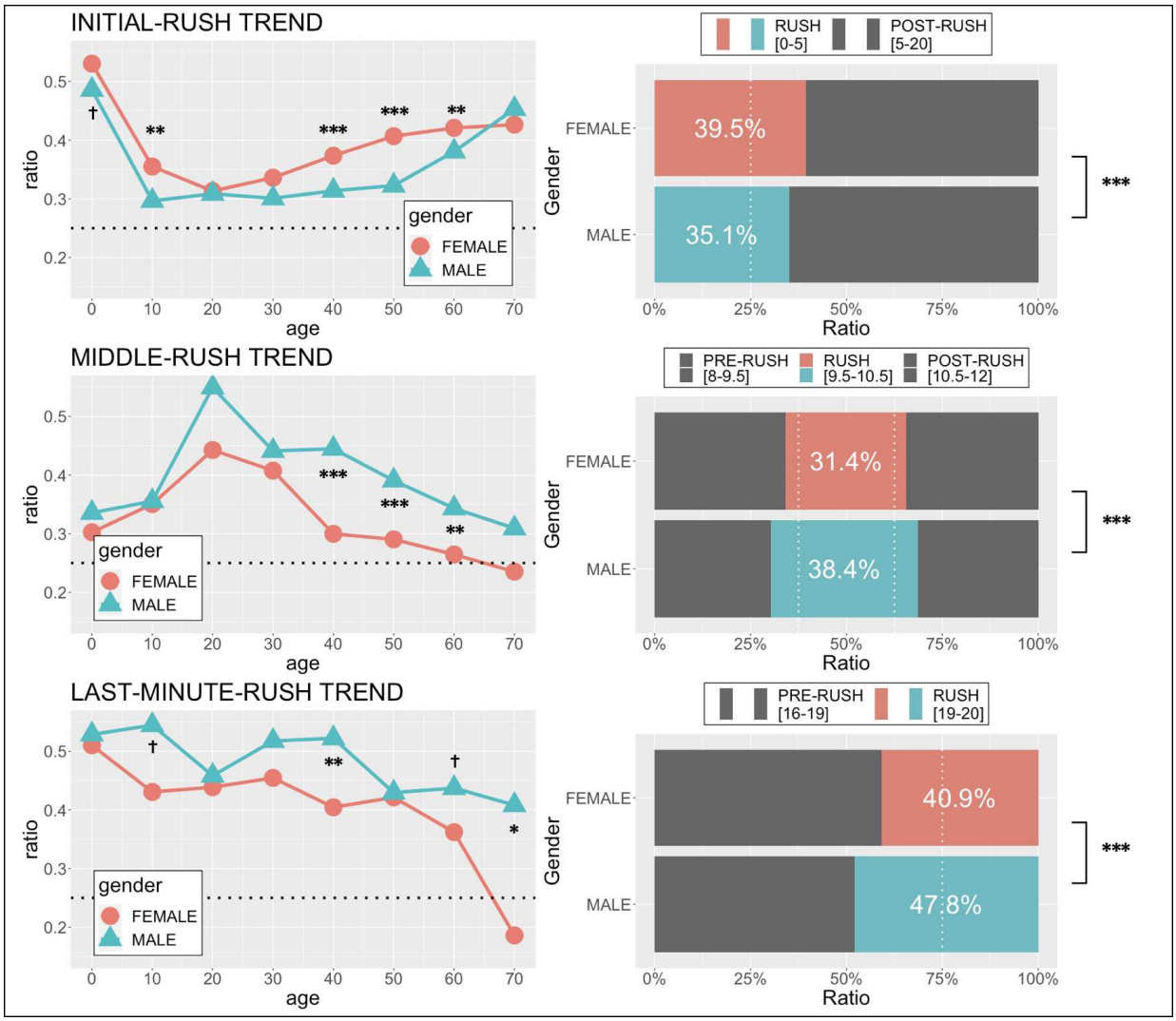


図 2　各々の性別・年代における特定区間のシャッター集中傾向（統計記号は独立性検定の p 値に対応：† $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$）

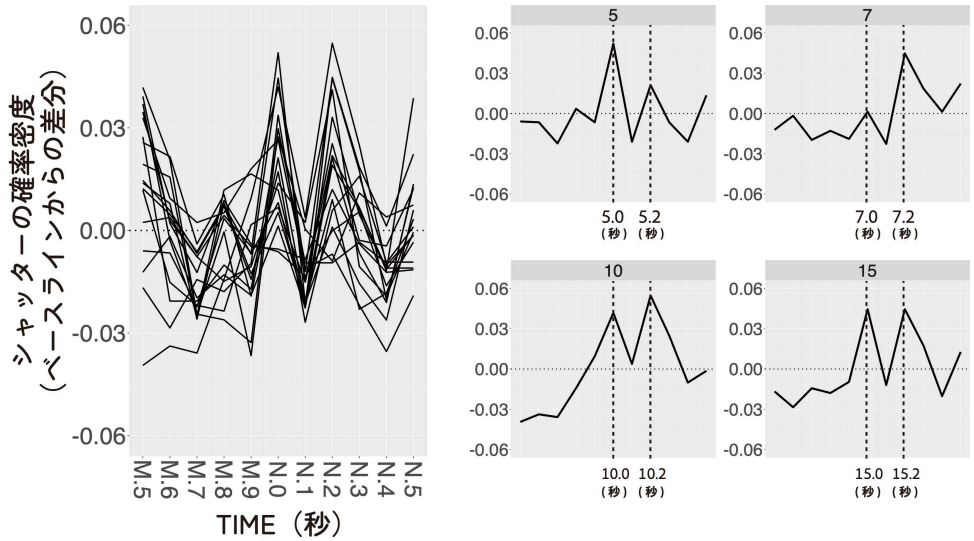


図 3　コンマ 0 秒を中心とする「1 秒区間」のシャッター確率密度を，ベースラインをゼロとして可視化したもの（左図は 18 の区間の重ね書き，右図は N = 5, 7, 10, 15 におけるグラフを単独で取り出したもの）

人間と実世界のインタラクションに眼差しを向ける認知科学の方法論
Cognitive science methodologies that focus on the interaction between humans and the real world

オーガナイザ：藤井 晴行[1]，伝 康晴[2]
Haruyuki Fujii, Yasuharu Den

[1]東京工業大学，[2]千葉大学
Tokyo Institute of Technology, Chiba University

登壇者：清河 幸子[3]，諏訪 正樹[4]，高橋 英之[5]
Sachiko Kiyokawa, Masaki Suwa, Hideyuki Takahashi

[3]東京大学，[4]慶應義塾大学，[5]大阪大学
Tokyo University, Keio University, Osaka University

1. 概要

認知科学は，行動主義心理学が内観を否定して外からの観察が可能な刺激に対する生体の反応（行動や腺からの分泌など）の関係のみに注目する方法をとることに異議を唱える形で生まれた．行動主義心理学が関心を向けていない知覚と行為とを能動的に結びつける知を情報処理過程として理解するところから始まり，心理学，人工知能，社会学，哲学などの境界領域に位置して多様な方法論（理念，研究関心，観点，モデルや理論など）を提案し，知のさまざまな特徴を詳らかにしてきている．

本 OS では，さまざまな方法論を提唱して認知科学に取り組んできている研究者を招き，立場・主張・領域の異なる各研究者が知覚と行為とを能動的に結びつける知をどう捉えているかを披露し，議論する場とする．

2. 各登壇者の立場

議論の出発点として，以下の問いに対する各登壇者（五十音順）の意見を概観する．

1. 解明／実現したいものごとはなにか？
2. それを解明／実現するためにどのような方法論を用いているか？また，その方法論が拠り所とする理論や仮説はどのようなものか？
3. その方法論でできることとできないことはなにか？
4. その方法論以外との組み合わせにより新たにできるようになることはなにか？

2.1. 清河

(1) 私は，新奇なアイデアを生み出したり，目標達成に向けてものごとの捉え方を変化させるといった創造的な問題解決において，他者が果たす役割を明らかにしたいと考えている．以前は，「協同が創造的問題解決に及ぼす影響を明らかにしたい」と表現していたこともあるが，最近では，この表現はやや正確ではないように感じて，上記の表現を用いている．一見すると，2 つの表現の差は微細に思われるかもしれない．しかし，これら 2 つの表現を対比して考えると，私が明らかにしたいことは，「協同するといいのか，悪いのか？」ということではなく，「協同の中で生じるどのような側面が，創造的問題解決のどのようなプロセスに作用して，その結果，何が起こっているか」なのではないかと考える．

なお，協同の中で生じていることは多様であるため，その全てについて詳細な影響プロセスを明らかにできるとは考えていないし，そのことを目指してもいない．そうではなく，これまで見過ごされてきた側面を取り上げたり，問題解決を促進する，あるいは，妨害すると思われてきた側面が実際にはそうではないことをデータで示すことによって，協同に対する新しい捉え方を提供することを目指している．

(2) 主として，実験を用いている．同じ課題を個人で取り組む条件と，他者と協同しながら取り組む条件とで課題成績を比較するだけでは，たとえ差が生じたとしても，それが何に起因するのかを明らかにできない．よって，他者が果たす役割に関する仮説を立てた上で，極力，その役割だけを取り出した条件を設定し，課題成績を比較するというアプローチをとっている．

(3) (2)で述べたアプローチによって，私が立てた「創造的問題解決において他者が果たす役割」に関する仮説が検証できると考えている．特に重要な点は，私の仮説が反証される（期待している影響が見られない，あるいは，異なる方向の影響が見られる）機会が保証されていることである．協同は日々様々な場面で行われており，それに関わる人々は，自身の経験に基づいて，協同に対する「一家言」を持っていると考えられる．私の仮説を，この「一家言」の一つとして終わらせないためには，反証可能性が担保された状況で，繰り返しテストを行っていくことが重要と考える．

このアプローチでできないことは，協同全体を捉えることである．また，現実世界で扱われている課題を実験できる形に変換していることから，それが適切に行われない場合には，現実的には意味のない現象を扱っていることになる危険性がある．

(4) 2 つの可能性があると考えている．一つは計算機モデリング研究との組み合わせであり，もう一つは実践研究との組み合わせである．(1)で述べた目的を達成するためには，創造的問題解決プロセスに関するモデルが必要となる．このモデルを精緻化する上で，抽象的な構成概念のレベルにとどまらず，具体的なパラメータ設定を含むモデル構築が有効であると考えられる．もう一つの実践研究との組み合わせに関しては，実験によって認められた他者の役割を現実世界で活用していく方法を具体的に考えることができると考える．

2.2. 諏訪

(1) 私は「ひとが生きるために学ぶプロセスのリアリティ」を探究している．「生きる」ことは新たな視点を得て学ぶことの繰り返しである．世界を見る眼を手に入れ，よりよく生きるための知を開拓し，学び方を学びながら自分らしい生き方を学ぶ．世界を見る新たな視点を手に入れると，新たな行動を起こしたり，訪れたことのない場所に足を運んだりする．それは新しい出逢い（ひと，土地，できごと）をもたらし[1]，学ぶ機会と動機を増す．

従来の心理学，認知科学，社会科学など知を扱う学問では，そもそも「学び」のプロセスの研究は驚くほど少ない．私は「学びのリアリティ」にしかと向き合う方法論を探究[2]しながら，その種の研究の普及・活性化を目指している．

(2) 学びのプロセスのリアリティに向き合う研究は，客観的なデータに基づいて普遍的な知見を得ることを是とする「科学的方法論」のみでは無力である．なぜならば，学びにおいて心身に生じるものごとは，身体部位の動き，体性感覚，感情，違和感，着眼，疑問，問題点の察知，仮説立脚，意図の生成など[2]，その多くは主観的にアクセスしないとデータにならないからである．主観性を許容し，主観的データの取得法を模索し，個人固有なる知の姿を研究知見として許容する方法論へと拡張する必要がある．

(3) 拡張された方法論による知の研究がもたらす成果は，必ずしも普遍的な知見ではなくなる[2]．しかし，私はそれでよいと考えている．個性・多様性の時代と言われて久しい．それなのに，知の研究が普遍的知見だけを扱っていてよいわけがない．誰にでも成立する普遍的な知は，一人一人のひとが学ぶ「生きるための知」の氷山の一角である．認知科学は普遍領域から出て，主観的で個人固有の世界が織りなす複雑な知の姿の探究にも乗り出すのがよい．

(4) 個人固有性を孕む知見のなかには，従来方法論では気づきもしなかった「知のありよう」がみつかるかもしれない．それを仮説とし，従来方法論によって検証的研究を行うことができるはずである．つまり，中谷宇吉郎が『科学の方法』[3]で主張する「定性的研究と定量的研究の往還」である．単純化していうならば，私が模索する方法論は定性的研究のやりかたであり，従来方法論は定量的研究のやりかたである．前者で「生きるための知の姿」についての新規的な仮説を得て，後者でそれを検証するということの繰り返しは，知の学問を新地へ導く．

2.3. 高橋

(1) 何かに寄り添われている感覚を生み出し，孤独感を減弱化する人工システムの開発を目指して研究をしてきた．特にこだわっている点として，孤独を癒すことそのものを目的とするテクノロジーではなく，個人が孤独を感じないようになることで，社会的な同調や忖度から自由になり，結果として個人の冒険的な態度を育むようなテクノロジーを生み出したい，という点である．このような研究を通じて，一人一人の人間が自分の世界を今よりも自由に広げていける世界を実現したい，という想いがある．

(2) 孤独を減弱化させる手法として，ヒューマンロボットインタラクションの研究手法を用いて，人間の心に寄り添うロボットの研究開発を行っている．具体的には，可能な限り無駄な存在感を減らし，陰から人間の背

中を長期的に支えるためには，どのようなロボットの設計論が必要なのか，というテーマについて，認知心理学や社会心理学の知見を援用しながら研究をしている．
(3) 実験室においては，仮説や構築したシステムの有用性を支持する結果を得ることは決して難しくはない．一方，このような実験室での知見が，人間のリアルな日常生活に溶け込むプロダクトの開発に本当につながるのかと考えると，その間に大きな壁の存在をいつも感じてきた．従って，人間に持続的に寄り添い続けるロボットの設計論を考える上では，実験室の外に飛び出す必要があると考え，産学連携研究にも自分はこれまで積極的に取り組んできた．一方，長期的な人間とロボットの関係性やそれが生み出す価値について議論した既存の理論や仮説がとても少なく，現状の学問分野だけでは自分が実現したいロボットの開発は難しいのではないかと考えるようになった．
(4) 以上のような問題意識から，自分なりの経験や思想にもとづき，拙くてもいいので独自の理論やアプローチを編み出し，それを著書[4]にして多くの様々な分野の人（アカデミア以外の方々にも）に読んでもらうことで，様々な共感や批判を受け取り，そのようなフィードバックを肥やしにして実社会への実装に耐えうる形に仮説や理論を鍛えていければと考えている

このようなプロセスを経ることで，真の意味で人間に寄り添うことが可能なロボットが将来生み出せるのではないかと信じて研究を行っている．

2.4. 伝

(1) 私の関心は，人間同士のコミュニケーション（そこに内在する認知的・社会的仕組みやそれを通じて活動が組織される仕組み）である．近年は，日常場面での会話活動に加えて，武道の教え–学びや伝統文化の伝承といったフィールドを主な対象としている．自己を取り巻く環境の中でも「他者」を特別視している．それゆえ，たとえば「学び」という主題に関しても，「他者からどのように学ぶか」「他者にどのように学ばせるか」にもっぱら関心がある．
(2) 私が依拠する方法論は相互行為分析である．相互行為場面のビデオデータに基づき，人々の振る舞いを微視的に記述する．ここで重視するのは，個々の振る舞いについて，「なぜその特定の文脈・状況・環境で，その特定のやり方でもって振る舞うのか」という問いである．これは相互行為の参与者自身が，他者の振る舞いを前にしてつねに向き合っている問いである．相互行為分析の目的は，このような参与者自身の実践を記述することであり，外部の第三者の視点でデータを記述することではない．

これが可能なのは，参与者が他者を理解する上で用いている知識や規範を分析者も共有しているからである（分析者にとって対象者は「自分によく似た他人」）．このことは，相互行為分析という方法論の独自性を示していると同時に，その限界をも示している．すなわち，参与者同士は熟知しているが分析者には知り得ない私的事情が重要な役割を果たしている現象や分析者に馴染みがない活動は，この方法論では扱えない．

私は相互行為分析のこの弱点を補うために，対象とする人々や活動との二人称的関わり[5]を重視している．武道の教え–学びでは，私自身がその武道の実践者であり，対象とする人々は私自身が通っている道場の先生と練習仲間である．伝統文化の伝承では，長年フィールドワークで通い，多くの人々と交流がある村が対象であり，村のしきたりや村人たちの気質を熟知している．これらの二人称的関わりによって，相互行為分析に内在する弱点を，少なくとも部分的には解決できると考えている．
(3) この方法論によって，日常の様々な実践知を記述できるだけでなく，個々の文化を支える実践まで記述できるかもしれない．その一方で，個人の内的な変化など，当人にしかアクセスできない現象はこの方法論では扱えないだろう．
(4) 相互行為分析は個別事例ばかり扱っていると思われがちである．しかし，そうではない．多くの事例で繰り返し観察される実践は，一般的な規則である可能性がある（もちろん，その一般性が通用する範囲は大小様々に異なる）．一般的な知識や規範を「個別の状況に適合」して援用するから個別性が生まれるのかもしれない．とはいえ，むやみな一般性の追求は，相互行為分析にはそぐわない気がするし，私自身も現状ではできる気がしない．やはり，定量的分析などと補完し合う必要があるのだろう．

2.5. 藤井

(1) 私が実現させたいことはデザインする人間（自分自身を含む）のパートナーとなる人工知能（デザイン・エージェント）を構築し，建築を通して，好ましい世界の創造に貢献することである．私が解明したいことは，デザインに関するものごとで，人間にはできて人工知能にはできないものごとは何か，人工知能にはできて人

間にはできないものごとは何かという問いに対する答えを探究する基盤となる方法論である[6].

(2) ものごとの実現と解明のために私が用いているのは構成的方法論[7]である．デザインに関わるものごとを記号表現し，デザインにおける認知過程を記号表現の上の操作として表現する．これらの記号表現と記号操作によって帰結する概念上のものごとと，現実の世界において，デザインを研究的に実践し，かつ，実践的に研究する私自身のデザインすることについての認識，直感，直観との親和性を高めるべく，記号表現と記号操作を逐次更新している．構成的方法論において，一人称視点，二人称視点，三人称視点を連携させている．一人称視点は（研究のために日常から切り離した文脈ではなく）日常的な文脈でデザインを実践する私の主観的な視点，二人称視点はデザインされたものごとを利用する人たちの気持ちになった視点，三人称視点はいわゆる自然科学的な客観的な視点である．一人称視点は〈科学の知〉として表現できないものごとを自分の経験を通した〈臨床の知〉[8,9]として獲得することを可能にする．私の構成的方法論の実践の仕方はモデル理論的意味論，知覚循環モデル[10]，内在的実在論[11]の影響を強く受けている．構成的方法論の概念的側面と実体的側面との関係性の観方は内在的実在論を根底に置き，関係性の形式表現はモデル理論的意味論を根拠としている．ここで，構造（実体的側面）と表現（概念的側面）の関係性は固定的でなく，状況に応じて変化すると，知覚循環モデルを拠り所として，仮定している．

(3) 上記の方法論でできることは〈科学の知〉ではないと捨象されてしまう〈臨床の知〉に眼差しを向けることである．また，机上で学んだものごとと自分の感覚との相違を昇華することである．困難なことは科学的方法の記号操作的な手法をその意味や根拠を理解することなく適用している人たちと深い議論をすることである．

(4) 学術的な価値があるだけではなく，好ましい世界を創造するデザインの実践に貢献する知見を創出することができると信じている．

3. まとめ

以上のように，認知科学のさまざまな方法論を，それぞれの理念，関心（明らかにしたい知），観点，前提とするモデルや理論，研究事例などを注目して概観することを通して，認知科学の目的と現在のありようを再確認し，これからの認知科学のあるべき姿について，立場・主張・領域の違いを超えて，議論し，認知科学の学際的発展に寄与することを目的としたい．

文献

[1] 諏訪正樹 (2022). フィールドは状況依存的に立ち現れる：心身と外界の出逢いに耳を澄まそう（解説特集「リアル・ワールドにある知駆除を探る：フィールドワーク最前線」）認知科学, 29 (4), 652-660.

[2] 諏訪正樹 (2022). 一人称研究の実践と理論―「ひとが生きるリアリティ」に迫るために 近代科学社.

[3] 中谷宇吉郎 (1958). 科学の方法 岩波書店.

[4] 高橋英之 (2022). 人に優しいロボットのデザイン：「なんもしない」の心の科学 福村出版.

[5] 諏訪正樹・伝康晴・坂井田瑠衣・高梨克也 (2020). 「間合い」とは何か：二人称的身体論 春秋社.

[6] 藤井晴行, 中島秀之 (2010). デザインという行為のデザイン 認知科学, 17 (3), 403-416.

[7] 藤井晴行・中島秀之・諏訪正樹 (2008). 構成的方法論から見たイノベーションの諸相―建築を題材として 情報処理学会誌, 49, 1571-1580.

[8] 中村雄二郎 (1992). 臨床の知とは何か 岩波書店.

[9] 中村雄二郎 (1993). デザインする意志 エッセー集成 6 青土社.

[10] Neisser, U. (1976). *Cognition and reality: Principles and implications of cognitive psychology*, WH Freeman. （古崎敬・村瀬旻訳 (1978). 認知の構図 人間は現実をどのようにとらえるか サイエンス社）

[11] Putnam, H. (1981). *Reason, truth, and history*. Cambridge: Cambridge University Press. （野本和幸・中川大・三上勝生・金子洋之訳 (2012). 理性・真理・歴史――内在的実在論の展開 法政大学出版局）

プロジェクション・サイエンスの派生と展望：あらためて問う、プロジェクションとは何か

久保(川合) 南海子[†]，岡田 浩之[‡]，開 一夫[‡‡]
Namiko KUBO-KAWAI, Hiroyuki OKADA, Kazuo HIRAKI
[†]愛知淑徳大学，[‡]東京情報デザイン専門職大学，[‡‡]東京大学

namikokk@asu.aasa.ac.jp

概要

「心的表象がいかにして世界の中の何かを『意味する』ことができるのか」ということは、認知科学の重要な問題の一つである。これまでにもさまざまな認知モデルが提案されてきたが、プロジェクションは、主体が積極的に世界に意味を与えるという、内から外への能動的な認知プロセスを強調する点で従来の認知モデルとは異なる。これまでの議論では、プロジェクションという概念を用いてさまざまな認知現象を説明してきた。本 OS では「自分がこれまで研究してきた○○とプロジェクションにはこのような関連があるのではないか」という、プロジェクションの新たな捉え方を提唱する。2023 年 12 月に刊行された認知科学誌の鈴木先生追悼特集において上記のような内容を寄稿された方や、プロジェクションと関連すると考えられる研究をされている方に登壇いただき、それぞれの見地からプロジェクションについて議論することで、プロジェクション・サイエンスの派生と展開を図る。

キーワード: プロジェクション, self projection, behavioral projection, 制約(constraint), 投企, アニマシー知覚, からだの錯覚

1. はじめに

2016－2023 年の大会でプロジェクション・サイエンスに関するオーガナイズド・セッションを開催し、たいていは参加者数が 100 人を超えていたことからも、本学会におけるプロジェクション・サイエンスへの関心は高いことがわかる。しかし、2023 年 3 月にプロジェクションの提唱者である鈴木宏昭氏が急逝された。これまで鈴木氏が牽引してきたプロジェクション・サイエンスであるが、今後もこの新たな研究分野を広く普及していきたい。そのためにはこれまでプロジェクションと縁のなかった研究者とともに議論し、プロジェクション・サイエンスの派生と展望につながる機会を設けたいと考える。

本 OS のテーマである「自分がこれまで研究してきた○○とプロジェクションにはこのような関連があるのではないか」という捉え方は、従来の考えに新しい視点を与える。それはつまり、プロジェクションを起点に、認知科学のさまざまな領域への派生や展開を意味する。本 OS を開催することは認知科学会としてプロジェクション・サイエンスを推進するだけでなく、その派生や共有が認知科学研究のさらなる活性化にもつながると考えられる。

2. 鈴木さんの「プロジェクション」と、ほかのプロジェクションや理論の違い（名古屋大学・川合伸幸）

鈴木宏昭さんは、脳内で形成される表象は一義に決定されるものではなく生活体の心的状況や文脈、過去の経験などによって多義的な意味を持つと提唱した。鈴木さんが提案したことの対象は、知覚のような単純な心的過程から記憶や認知バイアス、さらには人類進化にまで多岐にわたり、彼はこれらを包括的に研究すべきだとして、プロジェクション・サイエンス（投射の科学）を標榜した。これは壮大な理論であり、過去の多くの現象を説明できるが、同時に既存の現象や関連する理論との差異が明確でない箇所もある。たとえば、self projection という言葉を使っているが、すでに研究されている同じ言葉との違いや、behavioral projection と呼ばれる「心の理論」と似た他者視点の取得との違いは何であるのか、また Friston の自由エネルギー原理や予測符号化理論との差異などについて明確にされていなかった（本人も気づいていなかったこともある）。これらのことを指摘するとともに、時間が許す範囲で、それらとの違いについて説明する。

3. 投射・想起・投企（青山学院大学・高木光太郎）

本報告では想起をプロジェクションサイエンスの立場から捉えることを試みたい。伝統的な心理学において想起は、出来事の体験時に生成され、脳内に保持されている記憶表象を、事後に検索し参照する過程と捉えるのが一般的である。この場合、想起は基本的に脳内で完結する過程であり、記憶表象は、ビデオや写真とは異

なるものの、何らかのかたちで出来事の内容を保持した一種の記録媒体と捉えられる。一方、プロジェクションサイエンスの立場では、想起は脳内で完結せず、外界への表象の投射が行われることになると思われる。ここで投射されるのは、原体験時に投射された近接項としての表象である。原体験時の投射対象が、想起時の環境に不在の場合、この投射は対象をもたないことになるが、虚投射のように不在の対象の存在が捉えられるのではなく、むしろ現在の環境における対象の不在（＝過去における対象の存在）が前景化することになる。このように投射という視点によって、想起は原体験時の投射の反復によって、あえて現在の環境と投射とのズレを生み出し、これによって「過去」という時間を生成する、投企的な過程として捉えることが可能になる。報告では、想起に対して類似したアプローチをとるものの、内的な表象の存在を想定しないギブソニアンの想起論も参照しつつ、このような想起の捉え方がもつ可能性について考えたい。

4. プロジェクションとサイクル（理化学研究所・橋田浩一）

プロジェクションとは近接項から遠隔項への投射だと言う。たとえば単語が近接項でその指示物が遠隔項であると。さらに、近接項も遠隔項も単独で取り出して論ずることはできず、遠隔項が近接項を生み近接項が遠隔項に投射されるという双方向の関係にある。ここでプロジェクションと制約(constraint)との関係が見えてくる。制約とは、情報の流れの向きや処理の手順を特定しない(多くは暗黙的な)知識のことである。情報処理の順序を問わないということは、実際の情報の流れは多方向であり、認知過程は情報流のサイクルの組み合わせだということである。たとえば言語の発話を産出する過程と解釈する過程は同一の知識に基づく 1 つのサイクルとして不可分である。つまり、プロジェクションも制約も認知過程がサイクルの組み合わせであるという主張を導くが、プロジェクションでは近接項と遠隔項の間のサイクルを考えるのに対し、制約理論が措定するサイクルの構成素は感覚(近接項)とその発生源である外界の事物(遠隔項)とは限らず、たとえば文字の形と読み(両方とも近接項？)などでも良い。しかし、極小なサイクルは常に 2 項(構成素が 2 つ)なのではないか？ 3 項以上の極小なサイクルは思い付かない。もし 3 項以上の極小なサイクルがないとすれば、それはプロジェクション・サイエンスと制約理論の統合による新たな展望ということになろう。

5. アニマシー知覚の構造とプロジェクション・サイエンス（立命館大学・高橋康介）

アニマシー知覚とは、人工物の動きに対して「生き物だ」という感覚が生じる、つまり生物性を感じる知覚現象である。顔も手足もないただの幾何学的オブジェクトが動き回る姿を見て、私たちは容易かつ不可避的にそれらのオブジェクトが生き物のようであるという信念を持つ。言い換えればそれらのオブジェクトの中に意図や社会性を投射する。ランダムに近い運動のダイナミクス、例えば 1/f ゆらぎのノイズ成分を含む点群の運動に対して、その背後に生き物の存在を感じ取る。運動を生み出す原理としての生物性をその背後に投射するのである。このようなアニマシー知覚は必ずしも意識的な推論の上にのみ成り立つものではなく、むしろ、生物性を感じている本人でさえ、なぜそこに生物性を感じるのかわからないこともあるという点で、無意識的かつ自動的な知覚現象と言える。本講演では「動きのエネルギー源」を手がかりに知覚・認知心理学的な視点からアニマシー知覚の構造を紐解く。この構造は基本的にはヘルムホルツの無意識的推論の枠組みである。その上で、アニマシー知覚が生じる場で繰り広げられているであろう「投射」について考えることで、プロジェクション・サイエンスの枠組みからアニマシー知覚について議論する。

6. 「半自己」が媒介する身体像の再編成について（名古屋市立大学・小鷹研理）

発表者の主宰する小鷹研究室 as は、「からだの錯覚」の研究を通して、身体感覚における自己と非自己の中間的な位相（半自己、ボディジェクト、ナムネス）に注目してきた。具体的には、身体が現実と異なる非自己的な様相を獲得するにあたって、自己感の発揮を阻むような要因（皮膚領域の位置センサの不在、骨部の触覚センサの不在、主体感の抑制、空洞領域における視覚情報の信頼性増大など）が、かえって錯覚の誘導を促進しているようにみえる多数の事例を確認している。本発表では、以上の観点に立ち、小鷹研究室の近年の試みとして、ドリフトを抑制する選択的な身体変形錯覚（ダブル

タッチ錯覚、自己溶接錯覚)、錯覚像が一意に定まらない背面セルフタッチ錯覚（BACK HAND LOCK HELPER)、数 10cm の距離オーダーを有する皮膚変形錯覚（スライムハンド錯覚、ブッダの耳錯覚)、頭蓋骨周辺領域への触覚を覚える透触視錯覚（XRAYHEAD、XRAYHEAD GARDEN)、VR 環境における幾何学的な身体イメージの獲得 (キュービック体操) 等について解説を行う。

美術作品と鑑賞者の意味の対話

Dialogue between artworks and beholder through meaning

佐合 道子†
Michiko Sago
†陶芸家
Ceramic Artist
sagomichi@hotmail.co.jp

概要

本稿は，作家が鑑賞者との関係をどう変えるかについて，意味の観点から論じる．作家である筆者は作品を通じて鑑賞者の経験的記憶を呼び起こし，「いきもの」のような感覚を想起させる方法を模索する．この模索の中で自然物や人工物の観察を通じて研究を進め，鑑賞者がどのような感情を持つかを意識しながら作品を制作している．これにより，作品と鑑賞者の間の距離を縮めることが可能になるとしている．

本稿では鑑賞者と作品を意味によって繋ぐとは何かについて論じ，実際の作品の解説を通してそのプロセスがどのようなものであるかを説明する．

人は自ら赴いて取りに行った情報について，できるだけ理解しようと努めると考える．そして理解するためにその周辺や自己の中から意味を見出し紐づけようとする．美術作品についても同様の現象が起きうるのではないか．

本稿は作者が作品制作において，鑑賞者と作品をより意識的に繋ぐためにとっている考えとその手法について具体例を挙げ示す．またこの取り組みから予想される鑑賞者を意識することについて説明する．

1. 鑑賞者と作品をより意識的に繋ぐ

現代の美術教育と文化の中で育った多くの日本人にとって，美術館に陳列されている美術作品はおよそ日常とはかけ離れたものだろう．なぜならば，西欧の美術館が国や王族のコレクションを民衆に解放し，社会的な共有，教育的な資源の提供といった指向をもって生まれたことにより公共性が高いのに対して，日本の古典的な「展示」は寺社による何年かに一度の「ご開帳」のような，持てるものから民衆へ下される恩恵といった色彩をどこかで伴ってきた．その点において日本では，作品は観衆から隔たりのある展示が主流であり，「作品に触れる」という感覚はどうしても薄くなるという印象を受ける．私自身もこの様な文化下育っており，そういった環境下で美術作品を見てきた一人である．

しかし表現する側となり，自らの作品の質を高めることにとどまらず，この作品と鑑賞者との関係をもう少し変えたいと思った時には，その手立てとしてむしろ自分の側が変化することを模索し，作品にその仕掛けを含ませるという発想を重視することになった．詳しくは次節で述べるが，作品から得られる視覚情報の要素に対して，鑑賞者が自身の経験的記憶を結びつけることによって「〇〇らしい」というような感覚を想起させる方法である．ここで重要なのは，鑑賞者が作品を理解しようとする活動が能動的であることであり，鑑賞者が生成する意味がポジティブであれネガティブであれ，何らかの意味を生成することによってその作品が持つ意味を能動的に受け取ることなのである．

2. 具体例と手法

私の制作は「いきもの」らしさをテーマとしている．この時の「いきもの」とは，広く変化あるものと説明することができる．通常生き物と総称される動物や植物などに限らず，水や石，大地などの自然物全般，また経年変化するような人工物も含まれる．制作ではこの「いきもの」の表面の形を写し取り，その集積によって構成された作品は「いきもの」の面影を存分に含んだ物体となる．さらにその集積のさせ方自体にも生物の「分布様式や増え方」「成長・成熟の現れ方」「規則と不規則というゆらぎ」という要素を組み込むことでより「いきもの」らしさが現れるようになる．こうした試みによって作られた作品は鑑賞者の記憶を呼び起こしやすい．自作がしばしば「シダ植物のよう」「サンゴみたい」「動いていそう」（図１，図２）と形容されるのはこうした取り組みの現れである．

図１　「をだまき」2015，作家蔵

図２　「暁露」2023，作家蔵

実際の作品を通して，作る側と見る側の間で起こることについて説明しよう．例えば「Beginning-no.27」(2015)（図３）に対して「何かが出てきそう」といった感想を持った人がいた．これは単に作品表面の形が網目状で広がりそうだからではなく，彼女がモンゴル出身でかつて乾燥干し肉を一つの胃袋に入れて保存・常備食とするという文化的な背景によるアナロジーであった．これは鑑賞者の経験と作品の情報が究極的に合致した事例である．

作品を作る場合，本作の作者は実際のところもっと抽象化した手法を用いている．それが貼花技法の応用である．貼花とは陶芸の伝統技法の一つで，型に粘土を押し付けて写し取った形を壺などに貼り付けるという，いわば立体的なスタンプのような方法である．伝統的には成形した型（木・素焼き粘土・石膏製など）を使用するが，私の場合は自然物・人工物問わず凹凸のあるものを型として用いている．この手法は対象の一部を写し取る行為であり，それを一定のルールに則って集積させる．この様にして作られた作品は鑑賞者が持っている経験的知識と呼応する．これは作品を好き嫌いで観る時と違い，作品をきっかけとして鑑賞者の中で何らかのイメージを想起させているためとても能動的であり，その結果として作品との距離を鑑賞者の側から縮めることができる．

図３「Beginning no.28」2015，作家蔵

3.　対鑑賞者を意識すること

まとめとして，作家が制作において鑑賞者を意識することについて整理する．多くの作品はその発表を以て無数の人の知るところとなる．その出発点としては極めて私的な価値観の支配下にあったものが，一気に公共性を帯びる瞬間である．しかし作家にとって作品が内包する「こうなる未来」は制作以前から予想されたものであり，その予想を踏まえて制作され，あるいは発表される場や機会を演出されるものである．どのように見せ，どのように見られるかを想像し実施すること．それが鑑賞者を意識するということであり，この視点は多くのプロの表現者に共通する視点なのではないかと考える．

先にポジティブでなくても良いとはいったものの，作品から受け取る情報によって生まれる感情の振れ幅が大きければ大きいほど，可能ならばポジティブ

であって欲しいとは思う．そのためには，不快な印象を与える表現はできるだけ避けたいと作り手は思う．そのために作家は，もともと参考にしてきた自然物などの観察を通した研究に加え，人が過去から現在までの間様々な地域や文化圏においてどの様なものを美しいと思い，大切にしてきたかということを考え続けている．

もちろん，鑑賞者を意識しているという視点を持ち得るからといって，作家が必ずプロになれるというわけではないことは指摘すべきである．重要なことは，鑑賞者を意識した上で作家として何をするのかという視点は，その多くがプロになる過程で培われ，プロとなってからも創意工夫・洗練されていくものである．

写実的描画を通じて入門者が理解する意味と創造性
- 作品と制作メモにもとづく探索的検討 -
Beginners' understanding of meaning and creativity through realistic drawing: An exploratory study based on works and production notes

長田 尚子
Naoko Osada

立命館大学
Ritsumeikan University
osada@fc.ritsumei.ac.jp

概要

本研究は，絵画教室で色鉛筆による植物の写実的描画を始めた入門者による一人称研究である．入門者が自らの作品と指導者のコメントをまとめていた制作メモにもとづくエスノグラフィから，描画実践を通じて立ち上がってくる意味と指導者が持つ創造性について理解を深める過程を考察する．芸術分野で行われてきた制約の緩和や創造促進的効果等に関する先行研究の知見を補完できるものとして，当事者の視点が持つ可能性を議論する．

キーワード：写実的描画，入門者，意味，創造性，一人称研究

1. はじめに

本研究では，絵画教室の入門者が指導者の教えをどのように解釈し表現しうるのか，その過程において指導者が持つ創造性をどのように理解し入門者なりに試していくのかについての，探索的な検討を試みる．

絵画の描画や鑑賞における初心者の創造性については，写実性制約とその緩和を手掛かりに研究が進められてきた[1][2][3]．これらの先行研究では，美術の初心者は，描画においても鑑賞においても，現実に存在する事物との視覚的な類似性を重視したり，その事物を中心に考察したりするという「写実性制約」を示す傾向があり，これを緩和することで創造的な描画や鑑賞が可能になることが示されている．制約を緩和するための条件として，抽象画の模写，説明文の提示等が用いられ，制約の緩和は，構図や形式（たとえば，光の当たり具合など）等の解釈や試行として確認されている．

あらためて，以上に示した先行研究の知見を，絵画に取り組み上達したいと考えている主体が師匠から描画のわざを学び取っていくような師弟関係にもとづく正統的な描画実践に照らし合わせてみると，次に示す 2 つの問いが浮かび上がる．第一に，上達を目指す主体は自らの描画実践の中で，先行研究が示したような制約の緩和に相当するプロセスにどのように遭遇し，どのように解決しうるのかである．第二に，写実的描画の中での創造性への気づきがどのように立ち現れるのかである．描画の基本である写実的描画における師弟のやりとりの中で，主体は創造性をどのように捉えるのか．本研究ではこの 2 点について，作品と制作メモにもとづいた探索的な検討を試みる．

2. 絵画教室の概要

本研究がフィールドとするのは，芸術大学出身の画家が主宰するアトリエの中の，色鉛筆教室である[4]．ここには，絵を描くことが好きで，自分が納得できる絵を描きたいと考えている多様な背景の入門者が，体験の機会を経て入会している．本研究では描画に取り組む主体を，初心者ではなく入門者として位置付けている．入門者には指導者の教えを理解し上達したいという動機があると考えられる．

色鉛筆教室は毎回 2 時間で，入門者 5〜6 名が，アトリエを主宰する指導者のもと，植物の写実的描画に取り組む．毎回開始時点に，指導者が用意した季節の切り花の中から，入門者が描きたいと考える花を 1〜2 本選ぶ．それを各自に用意された花瓶に指し，鉛筆でおおよその構図を作成した上で色鉛筆を使って描いていく．画用紙の大きさはハガキサイズから A5 版程度である．指導者は細かな書き方は指示せず，入門者が持つ各々の描き方の特徴を尊重しながら，入門者自身が気づきを持って描画していけるような声掛けを行う．描画中に行き詰まったり疑問が生じたりした場合は，質問することも可能である．教室の最後 10 分程度は合評の時間となり，当日描いた絵をボードに掲示し，指導者のコメントにつづいて，参加者同士が建設的に意見交換する時間が設定されている．選んだ花によっては，2 時間で作品が完成しないこともあり，その場合は次回以降あるいは自宅で完成するまで取り組む．このような環

境で, 入門者は本人の描画技術の可能な範囲で, 指導者の声掛けやコメントを解釈し，主体的に制約の緩和に相当する思考や行動をするものと考えられる.

筆者は, 芸術を専門的に学んだ経験はないが, 描画に対する苦手意識はなく, 植物画に興味を持っており, できれば納得できる絵を描いてみたいと考えていた．指導者の作品の鑑賞や体験の機会を経て，2024 年 1 月に同教室に入門し，月 1 回程度の頻度で色鉛筆教室に通っている. それに加えて, 教室に通わない週は自宅で花を用意して描画に取り組む. これは, 指導者のコメントの意図が具体的に理解できなかったり，自らの描画の中で表現できなかったりした点を検討するために始めた自主的な取り組みである. そのため, 毎回教室で得たコメントや気づきを制作メモとして記録していた.

3. 研究方法

研究アプローチは，入門者としての筆者が制作した作品とそれに関する制作メモをデータとする一人称研究である[5][6]．諏訪は，従来の研究方法で抜け落ちてしまいがちな，一人称視点から見た「世の中の見え」（自身と世の中の関係）という主観に着目することの重要性を提起し, それを収集する方法として「からだメタ認知メソッド」を提唱している[5]．そして，そのような主観こそが，人が自分らしく生きる上で醸成する「意味の世界」であるとする．諏訪のメソッドでは，外界を構成するものの存在や関係性に関する自身の気づきを, 身体を含めて記述し, そこから芽生える問題意識や思考を記述する. 本研究が対象とする制作メモは, 身体を意図的に含めた記述にはなっていないが，そもそも描画は身体を含んだ活動である．制作メモの記述内容は，一人称的に捉えた自らの描画実践の改善過程やコメントの解釈，指導者から感じ取った創造性などの記述を含む. このようなことから, からだメタ認知メソッドに近い視点である.

本報告では，作品と制作メモという記録に残ったものだけを使ってエスノグラフィを記述し[7]，以上に示した 2 つの問いを検討する. なお, 制作メモの記述は, 指導者のコメントをそのまま書き起こしたものではなく，入門者という立場でコメントを受けた筆者による解釈を経で記述されたものであることを断っておく. 分析対象とする期間は入門した 2024 年 1 月から約半年間とする.

4. 事例の分析

事例の分析は次の手順で進める. 最初に, 半年で描いた 16 作品と付随して記述した制作メモを時系列に参照し, この期間に受けたコメントや気づきの中で, 入門者としての筆者にとって新しい知識あるいは重要な気づきだと考えられるポイントを抽出する．次に対象期間を序盤，中盤，終盤の 3 つに分け，それぞれの時期で特に注力して取り組んでいた課題を切り口に，抽出したポイントと作品を関連付けながら考察を進める.

半年という期間を通じて，筆者が大切だと考えたポイントを，制作メモ内での初出の時系列に従って示すと次のようになる. (1) 同じ花でも人によって見え方が違う．(2)「光っているところ」「明るいところ」をしっかり見る. (3) 白さを引き立たせるために周囲の影とその色を見る. (4) 鉛筆の線を少し消すと本物に見える. (5) 花によって葉や茎の色が違う．(6) 小さな花は全部書かなくていい. (7) 花びらの細かいところはあまり気にしなくていい．(8) もっと色々な色がまざっている. (9) 雄蕊や雌蕊, そして茎と葉をしっかり書くことで花らしくなる．(10) レイアウトをしっかり考える. (11) 1 つの花でも, 手前と奥の花びらの見え方は違う. (12) 手前と奥, 光と影を意識する．これらのポイントを確認すると, 写実的な描画を意識しつつも, 植物という存在やその色が持つ意味への着目，花びらの色や質感はそれら単体ではなく相互の違いの中から意味が立ち上がること等が示されている. さらに, アトリエの外からの光線やそこから生じる陰影への着目や全体の構図への関心など，写実性制約を緩和する方向の働きかけが, 描画実践そのものに対して投げかけられ, それを筆者も制作メモとして記述していたことがわかる.

次に, 対象期間の序盤, 中盤, 終盤それぞれの時期に, 筆者が特に意識して取り組んでいた描画実践のテーマについて検討する．序盤は「白の使い方」，中盤は「その花らしさ」，終盤は「手前と奥の表現」である.

4.1 白の使い方

色鉛筆で花を描く場合，白い花を白で描くだけではなく, 光っているところ, 明るく見えているところ等に白を使う．たとえば (2) と (3) に代表されるような光線に関わる声掛けやコメントが指導者から頻繁に提示された. これにより筆者は, フリージアの丸くて細い茎に光があたって明るい部分があることに着目し，緑で

描いた茎の上に，白を使って光っているところを表現したり（2024.1.20），スイセンの白い花びらの陰影にグレーを用いたり（2024.2.23），白の使い方だけでなく，白さを際立たせるために光の加減を意識するようになっていく．色々な色がまざっているという（8）については，白いチューリップの花に紫色を用いるという実技指導があった（2024.3.9）．このチューリップの作品は図 1 に示しているが，つぼみの間は白い部分が多く，咲いてくるとピンク色になる花であった．筆者は色々な色を感じ取るべく，ピンク色の部分，茎に近い部分の黄色や花びらの裏側の筋の黄緑などをぬり込んでいた．それに対し指導者は，白い部分にも色が混ざっていることを示し，紫色や紺色を使うことを示唆した．

図 1　描画例 1（2024.3.9）

この期間筆者は，白の使い方を模索していたが，指導者は白の使い方を事例として，光線の具合に注意を払うこと，そこから花の陰影にも意識を向けるよう促してくれていた．これは写実性制約の緩和につながる働きかけである．またその働きかけを制作メモとして記述した筆者は，一定期間にわたって，描画実践の中で試行錯誤していく．この過程は，当事者自らが主体的に制約の緩和につながるプロセスを踏んでいたと解釈することができる．一方筆者は，白いチューリップに紫色や紺色を使うことに驚き，これを画家としての指導者が持つ創造性であると捉えた．これらの一連の取り組みは，白の使い方の議論ではなく，白いことにどのような意味があるのか，その意味は花を取り巻く周囲の環境や光線の関係を含めてどう実現されているのかを見ることであった．これは入門者にとって新しく出会う見方と描画実践であり，この新しさの中に指導者が持つ創造性の一端を感じ取った．

4.2　その花らしさ

色鉛筆教室の参加者が，意欲的に新しい花に挑戦し，時間をかけて完成していく姿に影響を受けて，花びらの多い花や細かい花がたくさんついている花への挑戦を始めた．ポイントの（5）から（8）に関する振り返りと挑戦の試みとして，自宅でスターチスと八重のトルコキキョウを描いた（2024.4.13）．図 2 の左側に示したように，細かい花の描き方や花びらの多い八重の花に苦戦し，それぞれの花の特徴がなかなか出ない中，教室でユリとデルフィニウムを書く機会があり（2024.4.20），あらためて，(5) 花によって葉や茎の色が違うこと，(9) 雄蕊や雌蕊，そして茎と葉をしっかり書くことで花らしくなることに再挑戦する．図 2 の左側の作品にさらに色を塗り重ねたものが図2の右側となる．右側では，スターチスの茎を丁寧に書き，トルコキキョウの葉の色をスターチスの茎の色と区別し，花の中央部の描写を明確にしたことで，花の特徴が増している．

図 2 描画例 2（2024.4.13）（2024.5.4）

この期間は，序盤に比べると紙面上の花のレイアウトが改善されていることもわかる．図 1 に示した作品では花を先に描いてしまい，葉を描く紙幅がなくなっていた．白の使い方も慣れ，自分なりに様々な色を使って，白い花を表現している．この期間の特徴は，花らしさは，咲いている花そのものだけではなく，それを支える額と茎や葉，雄蕊や雌蕊という存在によって意味が立ち上がることに気づき始めた点である．この頃から，花から先に完成させて，茎と葉に進むという描き方ではなく，ざっと書きあげて全体を見ながら細部を描くというスタイルになっていく．また，(4) に示したように，輪郭を描いた鉛筆の線をどうやって消すのかといった点にも疑問を持ち始める．こうして様々な新しい課題に気づくことは，「触発」であり[1]，入門者であるからこそ，それに挑戦していくものと考えられる．

4.3 手前と奥の表現

対象期間の終盤では，バラ，ヒマワリ，アジサイ等の花びらの多い花を描いていた．図 2 に示したトルコキキョウ以降も，シャクヤク，カーネーションといった花の描画を続けていたが，すべての花びらを細かく書くことは難しかった．このような中，バラを１本だけ選び，すべての花びらを丁寧に観察し詳細に描き出すことに挑戦した（2024.5.31）．指導者からは，1 つの花であっても手前と奥の花びらの見え方が違うこと，奥の花びらは詳細に描かず，それよりも手前の花びらに手数をかけるとよいとのコメントを得た．筆者は (12) が示すように，手前と奥を意識し始めるようになったが，意識しはじめていた光の当たり方に加えた考慮点となった．つまり，手前と奥に関わらず，そこにはいずれかの方向から光が当たっているのである．図 3 では，ヒマワリとセイヨウニンジンボクを描いている（2024.6.28）．ヒマワリの花では，手前と奥をかなり意識して描いたが，さらに意識できるはずとのコメントがあった．一方で，ヒマワリの奥に指したセイヨウニンジンボクは，全体的に柔らかな印象の花であり，ふんわりと描くことができた．これについては指導者から，手前のヒマワリと奥のセイヨウニンジンボクの関係が表現できたことで，花と花との間の空間に意味が出てきたとの評価を得た．

図 3 描画例 3 （2024.6.28）

花の手前と奥の描き方は依然として課題ではあったが，筆者にとっては「空間に意味が出る」という新しい考え方との出会いとなった．以前，指導者が花の周りの空気も含めて描いていくという主旨の表現をしていたことがあったが，花の写実的描画であっても，花だけを描いているのではなく，そのまわりの環境である空気も含めて意味を持たせていくということだと解釈することができた．これは，筆者にとって描画実践の捉え方の変化であり，指導者が持つ創造性への気づきとして考えることもできる．

5. 考察

本研究では，師弟関係にもとづく描画実践を通じたコメントをもとに，入門者が，自らの描画に活かすために試行錯誤する過程を検討した．花そのものや，花の色や形のみにこだわりがちな入門者の見方を拡げようとする指導者の働きかけと，そこから課題を見つけて継続的に挑戦していく入門者の描画実践の中に，写実性制約の緩和に相当する過程が存在していることが示唆された．また，その過程において入門者はそれまで知らなかった様々な考え方や意味の持たせ方を知り，それを指導者が持つ創造性であると考えていた．本研究は一人称研究であり，入門者の主観的な解釈とはなるが，本人にとって新しいものと出会い，その持ち主に敬意を払い，自らの実践へも取り入れる過程は，指導者が持つ創造性との出会いである．このような過程を経て，ある名前と色を持つ花に，その花の周りの光や空気とともに意味を生み出す入門者の描画実践には，先行研究に対して、当事者の視座を補完できる可能性がある。

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費 20K02954 の助成を受けた．本研究で色鉛筆画を題材にするにあたり，アトリエ・セン主宰の則武千鶴氏に貴重なコメントをいただいた．

文献

[1] 石橋健太郎・岡田猛，（2010）“他者作品の模写による描画創造の促進”，認知科学, Vol. 17, pp. 196-223.
[2] 田中吉史・松本彩季（2013）“絵画鑑賞における認知的制約とその緩和”，認知科学, Vol. 20, pp. 130-151.
[3] 田中吉史，（2018）“美術初心者は海外から何を読み取るか？− 具象絵画鑑賞時の発話による探索的な検討”，認知科学, Vol. 25, pp. 26-49.
[4] アトリエ・セン，（2014）色鉛筆教室, https://atelier1000.com/page-653/ （2024 年 7 月 15 日）
[5] 諏訪正樹，（2022）一人称研究の実践と理論ー「ひとが生きるリアリティ」に迫るために，近代科学社.
[6] 諏訪正樹・鈴木宏昭・堀浩一，（2017）“一人称研究対談：「一人称研究とはなんぞや」上篇”，人工知能, Vol. 32,No.4, pp. 437-447.
[7] 土倉英志，（2020）“変わりゆく実践研究と実践研究における研究者の役割：サイエンスカフェの実践研究のエスノグラフィ”，認知科学, Vol. 27, pp.192-205.

音楽への関与の深さは音楽の捉え方にどう影響するか？
How does the depth of your involvement in music affect how you perceive music?

田中 吉史†，高村茉里†
Yoshifumi Tanaka, Mari Takamura

†金沢工業大学心理科学科
Kanazawa Institute of Technology
tanakay@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

音楽に対する態度や音楽に関する行動が、音楽への関与の深化に伴ってどのように変化するかを、音楽への関与度が様々な10人に対するインタビューを通して検討した。その結果、低関与群では、音楽を環境音の一部としてとらえたり、好きなコンテンツの要素の一つとしてとらえる傾向があること、中関与群では、気分や感情への影響など、音楽聴取に伴う内面的変化に着目すること、高関与群では、自立したコンテンツとして、音楽を作り手からのメッセージとしてとらえたり、自分の人生において重要な位置に置いたりすることが示唆された。

キーワード：日常的創造性, 趣味, 音楽への関与度, 意味づけ, 感情調整

1. はじめに

近年の創造性に関する認知科学的研究での一つのトピックに、一般的な人々が日常的な場面で発揮する創造性がある。こうした日常場面での創造的活動の一つは「趣味」(hobby)である（Silva et al., 2017）。特に音楽鑑賞や楽器演奏など音楽に関わる活動は、さまざまな趣味の中でも最もよく言及されるものの一つであり（北田, 2017）、特に音楽鑑賞は趣味の少ない人が挙げる傾向が強いことが指摘されている（北田, 2017）。また、松田（2013）によると、大学生の1日の平均音楽聴取時間は2時間44分、最長は12時間にも及び、多くの人々が日常生活の中で頻繁に音楽に接していることがわかる。

一言で「音楽」といっても音楽との関わり方は非常に多様である。人々の音楽との関わり方を分類する試みはこれまでいくつか行われている（Chin & Richards, 2011; 池上他, 2021; Ter Bogt, et al., 2010）。その中でも、池上他(2021)は、音楽聴取の心理的機能に関して、133項目を用い、幅広い年代の916人を対象とする大規模な質問紙調査を行った。彼らは因子分析を通して、音楽聴取の心理的機能に7種の類型（自己認識、感情調節、コミュニケーション、道具的活用、身体性、社会的距離調節、慰め）があることを見出した。そのうち、第1因子に当たる「自己認識」に最も負荷量の高かった項目は44個にも上り、その内容を見ると「自己認識」のあり方だけでも極めて多様であることが示唆される。

Ter Bogt et al.(2010) は人々の音楽の利用方法のパターン（気分の高揚、ストレスや抑うつ感情への対処、アイデンティティ構築、社会的アイデンティティ構築）と関与の深さに基づく質問項目を用い、オランダ人を対象とする大規模調査(N=997)によって音楽の聞き手を類型化する試みを行った。その結果、高関与群（回答者の約19%）では、他の群と比べて「社会的アイデンティティの構築」以外の項目でも評定値が高いパターンを示した。中関与群（回答者の約74%）は「社会的アイデンティティの構築」以外の項目でややポジティブな評定をしていた。それ以外の低関与群（回答者の約6%）では、「気分の高揚」については中関与群と同程度の得点であったがそれ以外の項目はすべてかなり低い評定得点というパターンになっていた。

このように音楽への関与度によって音楽に対する態度や行動に違いがみられることは示されているものの、こうした違いがどのようにして形成され、維持されるのか、といった個人内のプロセスに関しては、充分検討されているとは言えない。例えば、音楽に関するその人の周辺環境は、音楽への関心を持つきっかけや関心の維持、深化に影響を与えると考えられるが、質問紙調査を中心とする先行研究では必ずしも十分にはとらえられない。また、音楽をどのように使用するか、ということはこれまでの研究でも注目されているが、そうした使用の背景にある、その人の音楽についてのとらえ方についても検討する必要があるだろう。

そこで本研究では、音楽への関与度が様々に異なる若い世代（20歳代前半）の人々を対象とし、音楽と関

わることになったきっかけや、音楽に関する周囲の環境がどのようなものであったか、といった背景から、現在の関わり方までの来歴、音楽についてのとらえ方について、インタビューを通して検討し、音楽への関与とその深化のプロセスを理解するための手がかりを得ることを目的とする。

2. 方法

参加者 音楽への関与度が様々に異なる大学生と社会人 10 名（年齢 : 20〜22 歳）で、第 2 著者の知人を中心に、スノーボールサンプリングで募集した。

質問項目 インタビューに先立って回答してもらう調査票（オンラインアンケートシステム Qualtrics を使用）では、Ter Bogt et al.（2010）の質問項目を日本語に訳して使用した（表１）。インタビューでは、音楽を始めたきっかけ、周囲の音楽環境、過去から現在までの音楽との関わり、生活の中の音楽の意味づけ、対象者の価値観について問う質問項目を用いた（表２）。

表１ 事前質問票の項目（Ter Bogt et al. (2010)に基づく）

質問項目	質問内容
音楽の重要度	
1	常に新しい音楽を探している
2	音楽について他の人たちより詳しいほうだ
3	自分の好みの音楽を友人に勧める
4	音楽なしでは生きられない
気分の高揚	
5	音楽があれば退屈せずに作業できる
6	音楽は退屈を感じさせない
7	音楽は他の人といるときに良い雰囲気を作り出す
8	音楽を聴くとリラックスし、あれこれ考えなくなる
ストレス･抑うつ感情への対処	
9	音楽は人生を乗り切るのに役立つ
10	音楽があれば、一人でいても寂しくなくなる
11	悲しい時はいつも音楽を流している
12	音楽でイライラを発散できる
アイデンティティの構築	
13	好きなアーティストの歌詞と自分を重ねる
14	音楽の歌詞は、しばしば自分の気持ちを表現している
15	好きなアーティストのアイデアは、私にとって魅力的である
16	アーティストは私にとって見習うべき存在である
社会的アイデンティティの構築	
17	自分と友人たちが同じ音楽を聴いていることは重要だと思う
18	自分の好きな音楽が嫌いな人とは友達になれない
19	私の友人は私と同じ音楽の趣味を持っている

全く当てはまらない–完全に当てはまる の5件法で回答

手続き 参加者に、音楽への関与度を測定する質問項目に回答してもらうこと、音楽との関わり方についてインタビューをするという趣旨や、インタビューの録音、オンラインでのインタビューの場合には録画をすることも伝え、同意してもらえる場合には同意書に署名をしてもらった。表 1 の音楽への関与度についての質問項目に回答してもらい、その後、第 2 著者により表 2 の質問項目を用いて半構造化面接法を用いてインタビューを実施した。質問順は会話の流れにより適宜入れ替えてすべての項目について尋ねた。対面で実施した場合はボイスレコーダーで録音、Zoom でのインタビューの際には録画も行った。インタビューの時間は 1 人につき 30 分から 1 時間であった。

表２ 半構造化面接での質問項目

質問項目	質問内容
1	音楽は好きか
2	音楽をいつ・どのくらいの時間聴くか
3	どんな音楽を聴くか
4	何のために音楽を聴くか
5	好きなアーティスト
6	好きになったきっかけ
7	家族や友人に演奏活動をしている人はいたか
8	今までしてきた習い事・部活
9	音楽の授業の思い出
10	現在の音楽と関わる行動（カラオケやライブ）
11	音楽と主体的に関わった経験があるか
12	質問紙の結果の掘り下げ
13	好きなこと、ハマっていること
14	自身にとって大切なことは何か
15	自身にとって音楽はどういうものか
16	年齢や職業（社会人か学生か）

3. 結果

分析方法

10 人の参加者を、事前調査票の合計点と Ter Bogt et al.（2010）による各群のパターン（「はじめに」参照）の両方を考慮した上で、高関与、中関与、低関与の 3 群に分けた（表 3）。

さらに、インタビューで得られた音声データを書き起こし、Steps for Coding and Theorization (SCAT; 大谷, 2008) を用いて分析を行った。個人を特定できる情報（地名、個人名など）は書き起こしの際に匿名化した。

表３ 音楽への関与度の各得点と面接対象者の分類

参加者	性別	年齢	職業	音楽の重要度	気分の高揚	ストレスや抑うつ感情の対処	アイデンティティの構築	社会的アイデンティティの構築	合計点	関与度
J	男性	21	社会人	18	19	20	18	9	84	高
A	女性	22	社会人	18	19	17	20	6	80	高
F	女性	22	学生	16	18	18	13	8	73	高
G	女性	22	社会人	14	19	16	19	12	80	中
C	女性	22	学生	12	15	15	18	9	69	中
H	女性	22	社会人	8	13	17	20	7	65	中
E	女性	21	学生	15	19	8	16	6	64	中
B	女性	20	社会人	10	18	11	12	6	57	低
D	男性	22	学生	11	16	11	12	6	56	低
I	女性	21	学生	12	11	6	11	6	46	低

結果と考察

図 1 に、各参加者を音楽への関与度の順に並べ、面接で得られたそれぞれの対象者の特徴を示した。図 1 より、音楽への関与度が高くなるにつれて、音楽を重要な存在だと考え、音楽の捉え方も変化し、また音楽への好意の度合いも高まる傾向がみられた。

音楽の捉え方と関与度　低関与群の I さんは、ドラマの主題歌のように、音楽そのものではなくその周りも含めて存在するもの、という認識を持っていた。また、D さんは音楽を「良い意味の騒音」であると述べていたことから、音楽を環境音として捉えていたと考えられる。B さんと I さんはドラマ鑑賞やゲームなど、自分の好きなことができない場面で音楽を聴取する、と述べており、音楽を好きなことができない時の代替物と考え、音楽それ自体を自立した鑑賞対象としてはとらえていないことが考えられる。つまり、音楽への関与が低い人は、音楽を言わば自分とは切り離された外部にある存在だと捉えていると考えられる。

関与度が中程度に上がると、気分調節を主として音楽を聴くようになっていくことが読み取れる。中関与度の人は、音楽を聴く際の自分の感情や気分など、自分の内面に着目して音楽を利用していると考えられる。

さらに高関与群になると、音楽には作った人の見聞きしたことや考えが反映されている、と捉えるようになることが示唆された。高関与群の語りを見ると、

絶対に一曲は、どんな時の自分に対しても寄り添ってくれる曲がある。だから、常にその味方でいてくれるもの、自分の味方やね。（A さん）

頼るべきもの。今自分があるのはすごく音楽があったからだと思うし、吹奏楽やってなかったらこんな人間になってないと思うし。だから俺を支えてくれてるものだと思ってる。（J さん）

など、音楽に対する信頼や感謝の気持ちを持っていることが分かった。このように、音楽への関与度が高い人は曲を 1 つの世界と捉えていたり、寄り添ってもらったり、頼ったりなど、自分と音楽の双方でのコミュニケーションのような役割を求めていることが考えられる。

このような関与度の違いは、漠然と音楽が自身にとって重要な存在かどうかということだけではなく、自身にとってどのような側面で重要か、音楽に何を求めているのかということが大きく影響していることが考えられる。例えば中関与群の E さんは、

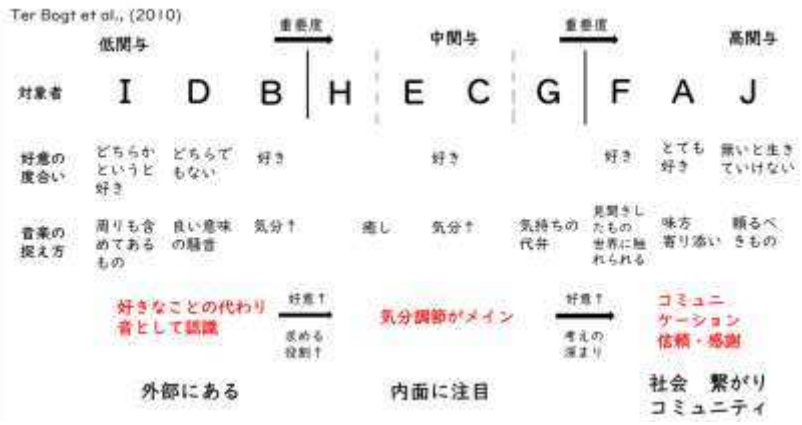
結構私の中では気分と音楽は関係してて、音楽聴くだけで全然 1 日の気分が変わったり、私はするから（E さん）

と話しており、音楽聴取が趣味の 1 つで音楽を重要な存在であると考えてはいるものの、それは自身の気分調節の役割として重要なのであり、高関与群の人のような役割を求めているわけではないことが示唆される。

関与度の深化のきっかけ　こうした関与度が深まるきっかけとして、ライフイベントやアイデンティティの形成に関わるような経験やエピソードに音楽が関与することが考えられる。例えば、高関与群の J さんは吹奏楽部の部活推薦試験で高校に入学し、全国規模の大会に出場するなど熱心に活動し、現在の自分があるのは吹奏楽のおかげと感じている。また、A さんと F さんは歌詞に深く共感できる邦ロックのバンドと出会い、ハマったことで音楽への関与も深まっていった。このように、特定のアーティストや楽曲との出会いが、その後のアイデンティティの形成に繋がっていることなどがインタビューで語られることが散見された。

また、そうしたアーティストや曲との出会いには、友人や家族の音楽の好み、幼少期からの音楽聴取環境が影響することが示唆された。吹奏楽部に所属していた J

図 1　インタビュー結果のまとめ



さん、C さんは吹奏楽曲、E さんはクラシックを日常的に聴取するなど、音楽に関わる習い事や部活を通して、出会う音楽のジャンルの幅が広がり、聴取する音楽にも影響することが分かった。

演奏経験、音楽の聴取時間との関係　一方、演奏経験や音楽の聴取時間の長さは必ずしも音楽の関与の深まりとは関係がないことが示唆された。演奏経験年数についてみると、高関与群の J さんの楽器演奏の経験年数は 6 年以上、中関与群の C さんは 7 年間、低関与群の B さんは 6 年間と同程度であったものの、関与度は異なっていた。音楽の聴取時間は、音楽を流しっぱなしにすることが多い高関与群の F さん、無音の空間が苦手なため、ながら聴きをすることが多い高関与群の J さんと低関与群の D さんで長くなっていた。つまり、音楽聴取の時間が長いからと言って、必ずしも関与度が高くなるというわけではなく、むしろ音楽聴取時の姿勢が音楽への関与の高まりに影響を与えることが示唆される。このことから、音楽の関与には音楽を利用する頻度や、音楽活動の経験値の多さなどの単純な行動指標だけでは測れない特性があると考えられる。

4. まとめ

この研究では、Ter Bogt et al.(2010)による分類を手掛かりとして、音楽への関与の深さが、音楽に対する捉え方や音楽に関わる行動とどのように関わるのかを、インタビューをもとに検討してきた。

音楽の捉え方と音楽への関与の深さとの関係は、大まかには以下のようにまとめられるかもしれない。低関与群では、音楽は環境音の一部や自分の好きなコンテンツの一側面として、いわば自己の外部にあるものとしてとらえるが、中関与群では、音楽は自分の内面（気分や感情）に変化をもたらすものとして、つまり自分の内面の変化に注目することを通して音楽を捉えるようになる。高関与群では、音楽を単に自己の内面との関わりとしてよりも、作り手からのメッセージや、音楽を通してのアイデンティティ形成、仲間とのつながりなど、コミュニケーションの関与するものとしてとらえるようになる。また、一日当たりの音楽聴取時間や楽器の演奏年数のような音楽に関する行動の単純な指標では、音楽への関与度の違いは現れず、むしろ音楽に対する意義づけ（あるいはその人の生活の中での位置づけ）のような質的側面の違いが音楽への関与の深さと関わっていることが示唆された。

音楽はしばしば言語と同じようなコミュニケーションの媒体というメタファーでとらえられている。しかし、今回の研究結果からは、必ずしもすべての人が音楽をコミュニケーションの媒体としてとらえているのではなく、むしろ関与度の高い人に限られる可能性が示唆される。音楽から何らかの意味を読み取ろうとすること自体が、実は普遍的なものではない、ということかもしれない。また、音楽は実社会の中で頻繁に BGM として用いられ、メッセージとしての機能を期待されずに使われることが多いことによる影響もあるだろう。

さらに、音楽への関与の深さは、必ずしも音楽演奏の経験歴によって決まるわけでもないことが示唆された。これまで、特に音楽認知の研究において音楽経験の効果をコントロールするために、音楽演奏の経験年数などが指標として用いられることが多かった。この方法では、研究目的によっては充分に音楽に関わる認知処理を統制することができない可能性があるのかもしれない。

文献

Chin, T.C, & Rickard, N.S.(2011). The Music USE Questionnaire-An Instrument to Measure Engagement In Music- *Music Perception*, 29(4), 429-446.

池上真平・佐藤典子・羽藤律・生駒忍・宮澤史穂・小西潤子・星野悦子(2021). 日本人における音楽聴取の心理的機能と個人差 心理学研究, *92*(4), 237-247.

北田暁大(2017). 社会にとって「テイスト」とは何か―ブルデューの遺産をめぐる一考察 北田暁大+解体研(編著) 社会にとって趣味とは何か―文化社会学の方法規準 河出書房新社

松田 健(2013). 音楽のデジタル化と音楽聴取形態の変化について――デジタル世代のミュージッキング―― 関西外国語大学研究論集, *97*, 181-198.

大谷 尚(2008). 4 ステップコーディングによる質的データ分析手法 SCAT の提案 ―着手しやすく小規模データにも適用可能な理論化の手続き― 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要：教育科学, *54*(2), 27-44.

Silva, P.J., Cotter, K.N., Christensen, A. P. (2017). The creative self in context: Experience sampling and the ecology of everyday creativity. Karwowski, M. & Kaufman, J.C.(Eds.) *The Creative Self*. Academic Press. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809790-8.00015-7

Ter Bogt, T. F. M., Mulder, J., Raaijmakers, Q. A. W., and Gabhainn, S. N. (2010). Moved by music: a typology of music listeners. *Psychology of Music, 39*, 147–163. doi: 10.1177/0305735610370223

インバウンド観光客と情報環境（言語景観・意味景観・ナラティブ）とのインタラクション
Interaction between Inbound Tourists and the ITC Environment

伊藤　篤†
Atsushi Ito
†中央大学
Chuo University
atc.00s@g.chuo-u.ac.jp

概要
本稿では、オーガナイズドセッション「異文化接触状況における食と文化：固有性・共通性・翻訳可能性・翻訳不可能性を考える」の概要を説明する。

キーワード：異文化接触、言語景観、インバウンド、食文化、翻訳可能性、インターラクション

1. 企画の趣旨

本オーガナイズドセッションでは、「異文化接触状況における食と文化：固有性・共通性・翻訳可能性・翻訳不可能性を考える」をテーマに議論を行う。

OS 企画の目的：

2023 年 5 月、新型コロナウイルス感染症の位置づけが「新型インフルエンザ等感染症」から「5 類感染症」へと移行し、コロナ禍が開けた。これに伴い、「旅行・観光消費動向調査 2023 年 7-9 月期（速報）」によれば、2023 年 7-9 月期の日本人国内旅行消費額（速報）は 6 兆 2,899 億円にのぼる。これはコロナ禍前の 2019 年同期比では 6.0%減少しているが、前年同期比では 15.7%の増加となった。また、インバウンドを見ると、訪日外国人消費動向調査（観光庁、2024.1）によれば、2023 年暦年の訪日外国人旅行消費額(速報)過去最高となった。

● 訪日外国人旅行消費額(速報)は 5 兆 2,923 億円(2019 年比 9.9%増)

● 訪日外国人(一般客)1 人当たり旅行支出は 21 万 2 千円(2019 年比 33.8%増)

費目別に訪日外国人旅行消費額の構成比をみると、宿泊費が 34.6%と最も多く、次いで買物代(26.4%)、飲食費(22.6%)の順で多い。

訪日外国人(一般客)1 人当たり旅行支出は 21 万 2 千円(2019 年比 33.8%増)である。

別の観点では、訪日ラボの調査（https://honichi.com/news/2021/05/17/monokoto/）によれば、インバウンド市場では、日本製品に価値を見出す「モノ消費」から、その製品やサービスから得られる体験に価値を見出す「コト消費」へのニーズが高まっている。コトを楽しむようになった背景として、訪日観光客におけるリピーター客の増加が挙げられている。

観光庁が 2016 年～2019 年に行った調査によれば、観光レジャー目的の訪日回数が 2 回以上の「訪日リピーター」の割合は、2019 年は 2016 年から約 1.6 倍に増えている。また観光庁が発表した、訪日外国人の消費動向に関する 2019 年の年次報告書によれば、来訪目的の 1 位は 96.6%で「日本食を食べること」となっている。

これに対して、ショッピングは「今回したいこと」では 82.8%であるものの、「次回したいこと」では 42.9%へと下がっている。別の言い方をすると、モノ消費への欲求はオンラインで解消され、実際に日本を訪れなければ満たされない、体験や経験といったコト消費への欲求が高まっていると言える。

このことから、これまでのような、観光名所やお土産品のリスト的な情報提供ではなく、より感情や欲求に訴えるような「日本食」や「日本ならではのお土産」に関する情報提供が必要となってきていると言える。

しかし、提案者のこれまでの調査では、日本のメニューを外国語（主に英語）に変換した場合、少なからぬ割合で、意味がつたわらなかったり、間違った情報になる場合が見られている。

東京都多言語メニュー作成支援ウェブサイト（https://www.menu-tokyo.jp/menu/）のようなサービスを使えば、簡単に外国人客向けのメニューブックを作成できるようになった。しかし、日本語の料理名の翻訳には限界があり、追加情報をどのように店側が提供できるかによって、料理を通して伝えられる食文化的情報の質や量が変わってくることが予想される。

別の観点では、情報収集のストレスの軽減も課題である。株式会社旅工房が 2018 年に全国の 20～40 代 600 名の女性を対象として「旅行計画」実施した調査では、

旅行計画における情報収集の実態やそれに伴うストレス、またより良い旅行をするためのニーズについての調査によれば、以下のようなことが分かった。

まずは約 7 割の人が旅行の「計画疲れ」に悩んでいる。「旅行の計画を手間がかかる、難しいと感じたことがあるかについては、ある（24.5%）、どちらかといえばある（46.0%）と回答している。

また、その原因は、1 位：情報や選択肢が多いため（66.7%）、2 位：すぐに好みの情報が見つからないため（52.5%）となり、情報や選択肢が多い程、旅行の計画にもストレスを感じている「計画疲れ」の実態がある。

これは国内での調査であるが、インバウンドに関しても同様、また、それ以上のストレスがあることが想像される。

このような疲れを解消し、情報に対する納得感をもたらす方策として、提案者はナラティブの導入を調査しており、現在、その効果を調査している。

認知科学と ICT を融合した新しい観光案内サービスのありかた、特に、食とそれに関する情報提供に焦点をあて、議論することを目的に、本 OS を提案する。

本大会の OS として開催する意義：

COVID-19 後は、これまでの、新奇性を求める観光だけでなく、「もの」から「こと」へと、観光の主眼が変化している。また、特にインバウンドでは食べものに関する興味が高まっている（96.6%）。このような状況で、これまでの、項目羅列的な情報提供では十分でなく、情報検索疲れにつながっているという問題点がある。そこで、これまで以上に旅を楽しんでもらうにはどうしたらよいかについて、認知科学の知見を踏まえて検討する必要がある。

例えば、以下のような論点がある。

＊日本の地方の伝統食に関する観光情報は、これまで流通しているガイドブックやインターネット上の情報には含まれていないものが多いが、それらの情報を、どのように提示するのが良いだろうか？

＊情報提供において、ナラティブは、どこまで有効だろうか？

＊言語景観の観点から、メニューや道案内の標識はどのような表示をするのが良いだろうか？

＊未だに残る福島の風評被害、今後心配される北陸の風評被害に関しては、どのような対応をすればよいだろうか？

そこで、これらの検討結果に基づき、認知科学と ICT を融合した新しい観光案内サービスのありかたについて議論することを目的に、本 OS を提案する。

2. 本企画の構成

本 OS は、以下のように構成される。

1. 「インバウンド観光客と情報環境（言語景観・意味景観・ナラティブ）とのインタラクション」（企画趣旨説明）：伊藤篤（中央大学）

2. 「異文化受容と創造ー日光の食文化の継承と変遷を言語景観から探るー」：平松裕子（中央大学）
日光の世界遺産地域に至る約 1km の道に展開され る店頭のメッセージの中に，日光における観光の伝統 と変遷の一端が垣間見られる.2017 年から 2024 年に至 る調査結果をもとに，門前町日光に展開する言語景観 に焦点を当てて，食文化を中心に継承される要素及び 変化に関して考察を進める.

3. 「インバウンド旅行者に対する原発被害・風評被害への対応と課題」：高橋善幸（料理マスターズ倶楽部）、伊藤篤（中央大学）
東日本大震災の後の福島における風評被害は、まだ収束したとは言えない。とくに、原発の汚染水の海洋放出は、収まりかけた風評被害を再度拡大する可能性がある。本稿では、風評被害の状況を示すとともに、それに対して、料理人や生産者がどのように対応しているのかを示すとともに、その解決策を提案する。

4. 「食文化の翻訳可能性：呼称と統制」：原田康也（早稲田大学）、森下美和（神戸学院大学）
食文化の翻訳可能性を考える前に、どのような社会文化的変数がコミュニケーションを可能にしているのかを考える必要がある。また、食品の様々な名称が誤解を招く可能性があるため、呼称の管理も考慮される必要がある。
特に、コミュニケーションにおいては、言語的な表現以上に相互関係と認識が重要な場合も多い。教室内外における教員と学生、教員と職員、職員と学生のやり取りにおいても、相互のスタンスの違いがコミュニケーションの成立に大いに関与

し、ハラスメント認定にかかわる時代となっているが、国内定住者・インバウンド 観光客などへの対応も、ことば以前の相互の意識に着目する必要がある。
来訪者側に着目しつつ、ざっくりと関係しそうな要素を整理してみる。

5. 「外国人観光客を受け入れる飲食店の異文化接触状況への対応と課題」：福留奈美（東京聖栄大学)
訪日客にとって料理の注文は難しく、訪日客を増やしたい飲食店の中には、メニューの多言語翻訳サービスの導入や SNS での情報発信を促す工夫等、様々な取り組みを行って店もある。しかし、飲食店の現場での対応は店舗毎の事情によって異なる。
本発表では、訪日客へのメニュー提示の対応策を想定し、その現況と課題について論じる。また、最低限の情報ではなく、異文化接触の機会を満足度の高い体験につなげるような情報提供のあり方について考える。

6. 参加者全員による全体討議

異文化受容と創造
ー日光の食文化の継承と変遷を言語景観から探るー
Cross-cultural acceptance and creation
Exploring the inheritance and transition on linguistic landscapes in Nikko

平松　裕子
Yuko Hiramatsu

中央大学
Chuo University
Susana_y@tamacc.chuo-u.a.jp

概要

日光の世界遺産地域に至る約 1 km の道に展開される店頭のメッセージの中に，日光における観光の伝統と変遷の一端が垣間見られる.2017 年から 2024 年に至る調査結果をもとに，門前町日光に展開する言語景観に焦点を当てて，食文化を中心に継承される要素及び変化に関して考察を進める.

キーワード：見立て, 言語景観, 文化, 和菓子，茶道

1. はじめに

J R 日光駅から日光橋に至る約 1 km の沿道における言語景観調査を 2017 年より実施してきた[1-3].「言語景観」は「道路標識，広告 看板，地名表示，店名表示，官庁の標識などに含まれる可視的な言語の総体」(バックハウス，2005[4])とされるが，特に上記の中から店頭に張り出される看板に着目して調査をつつけてきた. 期間中, コロナ蔓延に起因する外国人観光客の急減, その後の急増という日本の多くの観光地における状況の変化に加え，当該調査地域は無電柱化工事に伴う沿道店舗の建て替えがあった. それに伴った店舗の形式の変化もあり，店舗に掲示される言語内容自体も変化してきた.

以下に具体的な事例を上げつつ，食を中心とした継承されていく日本文化と変化していく状況を言語景観から捉えていく.

「食文化」とは，「民族・集団・地域・時代などにおいて共有され，それが一定の様式として 習慣化され，伝承されるほどに定着した食物摂取に関する生活様式をさす」（江原, 2019 [5]）という定義のもと，さまざまなジャンルを含む. 特に本稿では, 客に提供された食物の命名 (名前) に着目し, 食するという行為だけでなく，そこから展開される思考的創造や作成者との共感の中に日本的な手法を特に和菓子の命名から見ていく.

以下，2 章では日本文化の中でも特に「見立て」に見るものの捉え方及び日光における実例, 3 章では変化しつつある調査区域の現状から見える文化的特徴に関して述べていく.

2. 日本文化における「見立て」と日光

J R 日光駅から日光橋に至る国道 119 号線の両側には土産物屋，また，酒屋，湯葉屋，羊羹屋，食堂など食を扱う店舗が多く並んでいる. 献立の名称には「見立て」と限らないが，外国人観光客には直訳が伝わらない名称も散見する.「きつねうどん」「たぬきそば」は全国的だが,「けっこう漬」という名称もある.「百年ライスカレー」という記載もある. 菓子には「KAGEROU」（パッションフルーツ),「RIKKA」（ゆず）という命名もある. 最後の２つは見立ての技法の例でもある.

幾つもの店舗で「見立て」がなされた菓子が販売されている. 古歌に基づくもの，自然に由来するもの，季節の風物を捉えたものなど多岐にわたる. 日光の調査区域にならぶ店舗の中でも特に和菓子店の店頭には「見立て」の手法を凝らした商品名が記載されている.酒饅頭には「四神」，どら焼きには「くろかみ山」，老舗和菓子店の創作チョコレートには「曙」というような命名が見られる. 手のひらに乗る小さな菓子になぜこのような名前が呈せられるのか. 和菓子が供される場, 茶道の影響もあると考えられるが，そのものを遡れば古今和歌集, また有名は龍安寺の石庭など, 日本の文化にはさまざまな「見立て」が見られる.

日光の沿道に残された和菓子の命名はこのような歴史を継ぐもので，例えば菓匠おしやまの正面のガラスには「くろかみ山」と大きく書かれている. ここで販売されている栗どら焼きの名称である. これは河合曾良の俳句をもとに名付けられたと，どら焼きの袋にも記載がある（図 1）.

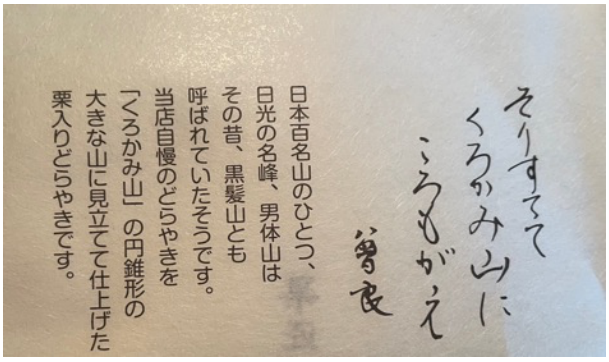


図１　栗どら焼き「くろかみ山」の袋に書かれた説明文

しかしこのように，命名の起源を古に求めるとも限らない. 確かに，「見立て」の定義には「見立ては２つの物事に類似点を見いたすといふ点では確かに譬喩と同じ方法であるが，類似点以外はできるだけ飛躍してみることが望まれる」(早川, 1995[6]). とあるように，２つのもののギャップの大きさをよしとする傾向がある. したがって, 時代を遡って遠く昔に思いをはせる，あるいは四畳半の狭い茶室の中から外の広く美しい自然を想像させるのが，見立ての妙であるが，それでは，日光の和菓子屋が夏の和菓子に「笹の雫」と名付けるのは良いが，クリスマスの時期にサンタクロースに見立てた練り切りを作るのは急増する観光客に迎合したことになるのだろうか. 見立てとは言えないのだろうか.

選考論文の中には「見立て」

茶道における「見立て」に関しを論ずる際、近世前に遡るものが多いのは当然であるが，昭和の時代の一般書の中にも茶席の中の見立てがある。『茶の湯　趣向ともてなし十二ヶ月（佐方宗礼，1988[7]）』の中には以下のような記載がある.「今月の見立て　菓子椀　明治時代のフィンガーボールです」とあり，蒔絵の施された塗りのフィンガーボールを銘々皿として使用したり，イースターには十字架のある器を咬合に見立てたりしている. 塩月弥栄子著『くらしに生きる茶の湯十二月』[8]の中にも，ブラジル製やイタリア製の器も見立てて使用する例もある.

また，表千家不審菴による茶の湯の道具：「見立て」[9]には，以下のような説明がある.

「見立て」という言葉は，「物を本来のあるべき姿ではなく，別の物として見る」という物の見方で，本来は漢詩や和歌の技法からきた文芸の用語なのです. 利休は，この文芸の精神であった「見立て」の心を大いに生かして，日常の生活用品を茶道具に採り入れました.たとえば，水筒として使われていた瓢箪を花入として用いた逸話や船に乗るために出入りする潜り口を茶室のにじり口とするに採り入れた逸話などは有名です.

上記の文章に続く部分でも，当時の南蛮貿易でもたらされた品を茶道具に転用したり，外国の陶磁器やガラス製品なども茶道具として「見立て」られていると宗家は述べ, 何かを採り入れて, 新鮮で趣のある試みを加えようとするのが「見立て」の心であるとしている. たとえば，旅先でその土地の伝統工芸品などを眺めつつ，これを蓋置や香合として見立てられないかなど考えながら歩くのも旅の楽しみであり，すぐれた美意識を伴った「見立て」の心が，各地の伝統工芸や伝統産業を活性化させる可能性もあるともここでは述べられている.

つまり，「見立て」は実際に生きて，想像を掻き立てる手法として, また自分の文化に他文化を引き入れ, 新しみを出す手段の１つとして，自由に想像するものでもある.今の日光の調査区域の菓子店が見立ての手法を使用して命名を行うこともこの一端で，２つの異なるものを組み合わせることで作り合わせられる意外性，自分の従来の視点を変えてものを見ることの新奇性は旅の喜びを受動的なものから機知による能動的な創造性につながる.

和菓子店が自由に自作の菓子に名をつけるのはその一旦であるし，その題材が必ずしも古歌や自然である必要はない. むしろ自由に今の世の中や国外のものを取り入れるのも見立てである. サンタクロースでもあり得るだろう.

3. 変化しつつある調査区域の現状と継承されていく対象

2017 年以降の調査期間中に無電柱化は進行し，多くの店舗が一旦取り壊され，再建築された.その際に幾つかの変化が見られた.

老舗の店舗による新しい商品展開，イートインのスペースの増設が主な変化であった. 老舗の和菓子店が洋菓子の展開を始めたり，饅頭屋がスープの店を開いたりした. 以前からイートインスペースのあった和菓子店の中には蔵を和菓子カフェとして新たに展開したところもある.山椒など地場の食材を使用した食事を新たに提供したり，羊羹もイートインのスペースを作ることで，外国人観光客や若者に食体験を提供する場を

作り理解・馴染みを図っている． Raw fish が Sashimi になったように Tofu Skin から Yuba になるだろうか. 和風の店構えを生かしたまま洋風の菓子を売る店も登場し, 沿道の言語景観には調査か指示に比べ, アルファベット表記が増加した.

以下に具体的に記載していく.

・山椒店のイートインスペース

TAKE OUT あつあつ握りたての山椒お結（ふりがな：むす）び

SANSYO Rice Ball

REGULAR 100g ¥400

LARGE 140g ¥450

・洋菓子販売店（建て替え前：精肉・加工品販売店が以前のものも一部販売）

Patissrerie ＊＊（店名）

パティスリー＊＊ OPEN 11:00~18:00

ケーキ Cakes, 無添加ソーセージ sausages, デリ Deli food, パン Bread

＊Take out Drink 有ります！

・和菓子店

SHISHIKI SAKAMANJU- *Four Colors & Four Tastses-*

1 week if not opened, please eat while they are fresh!

Onece it is opened, please eat while they are fresh!(赤字)

You can enjoy four different tastes of Japan's traditional sweets-SAKAMANJU

（以上，スペル及び大文字小文字は記載通り）

アルファベット表記と日本語表記の併記が多い.中にはアルファベット表記と日本語表記が補い合って意味をなすものもある.依然として誤りも含むが，外国人観光客に向けての説明，また日本人観光客に対しても和洋を織り交ぜた表記をすることで，古いままではない新たな印象を与える.このような混用はそれ自体は見立てとは言えないが，日本流の外国要素を取り入れる日本流の展開である.

その中に見立ては生かしていけるのか. 沿道の菓子に付けられた「曙/AKEBONO/ Strawberry 」という表記の中で何が残っていくのだろうか.

創意工夫することで対象を取り込んでいく日本文化の１つの形「見立て」の表出が沿道に展開された商品，和菓子の名称にも見られたがその部分は受け継がれていくのか.和菓子店の四色饅頭の説明には依然あった四神の説明はなくなっていた.

日常遣いから離れたものではなく，新たな日常として創造し直していくギャップを楽しむ文化性は情報をありのままで迅速にに伝えようとする今の情報化社会の中で継承されていくだろうか.

情報の溢れる今日, むしろ, 想像していく力は対象に対する興味を惹くことがある． 山のような情報ではなく「なんだろうか」と観光客が立ち止まる情報の提供から入り，次の段階として観光客の視点で新たな「見立て」が展開されるような, 新鮮な日本文化の伝統的な手法が継承されていくことがあるだろうか．言語景観に見られるアルファベット表記は今は間違いはあるものの記載者は英語やフランス語の表記に忠実に，間違わないように書こうとするだけで，それ以上の部分は調査結果には現れていない.翻訳アプリが精度をあげ，誤訳の減少は見込まれる一方，日本の伝統的な受け取る側の想像を掻き立てるような手法が生かされる時は来るか調査を継続していく.

謝辞

. 本研究は 18K11849 及び 22K12598 の助成を得て実施した. 謝意を表す.

4. 文献

[1] Yuko Hiramatsu, Yasunari Harada, Miwa Morishita, Atsushi Ito, Masashi Saraki, “SURVEYS ABOUT LOCAL TRADITIONAL OBJECTS IN NIKKO, THE WORLD HERITAGE SITE -INTERCULTURAL CONTACTS AND UNDERSTANDING OTHER CULTURES-“ EDULEARN Proceedings pp1723-1728 ,2020 年 7 月

[2] 平松 裕子, 原田 康也, 伊藤 篤, 森下 美和, 上田 一貴, 佐藤 文博, “日光沿道に展開された観光客向け英語表記：言語景観の現状調査と今後の課題−",信学技報 117(519) 7-12 2018 年 3 月 19 日

[3] 平松裕子(2018), “日光の沿道における言語景観調査結果から見える文化交流の可能性と課題”, 日本認知科学会第 35 回大会, pp264-273,

[4] バックハウス, 2005 (2005)「日本の多言語景観」真田真治・庄司博史(編)『辞典 日本の多言語社会』岩波書店，p. 53-56.)

[5] 江原絢子(2019), [食文化研究の歩みと研究方法], 日本家政学会誌, Vol.70 No.5,pp298,

[6] 早川聞多 (1995) “見立て絵について一見立ての構造と意味”,『美術史の断面』, 清文堂出版, 1995 年

[7] 佐方宗礼（1988),『茶の湯 趣向ともてなし十二ヶ月』, p96,主婦の友社

[8] 塩月弥栄子（1974）,『くらしに生きる茶湯十二月』主婦の友社

[9] 表千家不審菴：茶の湯の道具：「見立て」URL:http://www.omotesenke.jp/list6/list6-3/list6-3-1/

インバウンド旅行者に対する風評被害への対応と課題
Provide Information to Inbound Travelers by Solving Problems Relating to Harmful Rumors

高橋喜幸[†]，伊藤　篤[‡]
Yoshiyuki Takahashi, Atsushi Ito
[†]料理マスターズ倶楽部，[‡]中央大学
Ryori-Masters Club, Chuo University
takahashi@food-japan.jp, atc.00s@g.chuo-u.ac.jp

概要
東日本大震災の後の福島における風評被害は、まだ収束したとは言えない。とくに、原発の汚染水の海洋放出は、収まりかけた風評被害を再度拡大する可能性がある。本稿では、風評被害の状況を示すとともに、それに対して、料理人や生産者がどのように対応しているのかを示すとともに、その解決策を提案する。

キーワード：東日本大震災、風評被害、インバウンド

1.　はじめに

東日本大震災のあと、福島県の経済は、原発の風評被害により大きな影響を受けてきた。資料[1]には、以下のように定義されている。

「福島県では、原発事故のあと、放射性物質の検査結果が基準値を下回っているのに農産物や水産物などが売れなくなったり、原発から離れた地域まで放射線量を気にして観光客が来なくなったりする状況が続きました。こうした状況が「風評被害」と呼ばれています。」

図 1,2 に示すように、食品は、概ねもとに戻りつつあるが、桃や柿などの果物、牛肉が、まだもとに戻っていないのがわかる。また、観光客ももとに戻りつつあるが、海に近い（＝原発や地震の影響が大きかった）浜通りは、まだ戻っていないのがわかる。

2.　風評被害の現状

風評被害をもたらしているのは、原発事故とそのときに拡散したセシウムであるが、昨年から開始された汚染水の海洋放出が新たな課題となっている。

事故から 13 年がたち、空間線量はかなり下がってきている。内部被曝の原因となる、食品中の放射性セシウムの量を図 3,4 に示す。2016～2017 年の調査で放射性セシウムが検出された野生のきのこ、河川の魚についても安全性が示されている。しかし、牧草については、まだ、放射性セシウムが検出されている。このことが、未だに牛肉に対する風評被害が残っている原因と思われる。

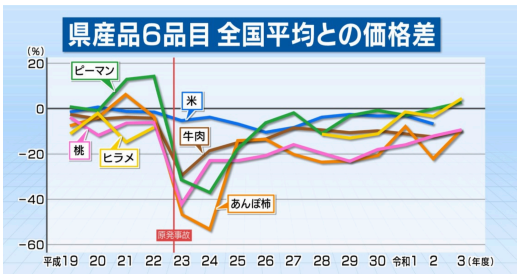


図 1　食品価格の変化から見る「風評被害の現在地」([1]から引用)

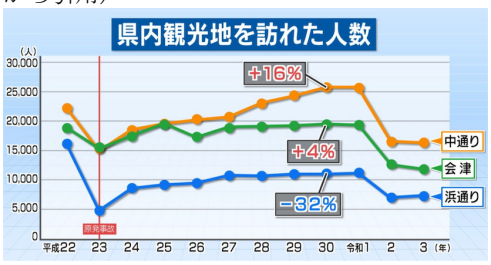


図 2　観光客数の推移から見る「風評被害の現在地」([1]から引用)

種別	検査数	基準値超過数	超過数割合
玄米(2016年産)	約1,023万点	0点	0.00%
野菜・果実	3,763件	0件	0.00%
畜産物	4,026件	0件	0.00%
栽培山菜・きのこ	1,026件	0件	0.00%
海産魚介類	7,785件	0件	0.00%
内水面養殖魚	103件	0件	0.00%
野生山菜・きのこ	762件	2件	0.26%
河川・湖沼の魚類	577件	4件	0.69%

図 3　農林水産物のモニタリング検査（2016～2017）（[3]から引用）

食品群	品目数	基準値※2以下件数	基準値※2超過件数	検査件数
玄米※3	1	1,062	0	1,062
穀類(玄米除く)	5	171	0	171
野菜	181	1,711	0	1,711
果実	34	426	0	426
原乳	2	97	0	97
肉類	5	1,723	0	1,723
鶏卵	2	150	0	150
はちみつ	1	35	0	35
牧草・飼料作物	–	608	1	609
水産物(海産)※4※5	148	3,849	0	3,849
水産物(河川・湖沼)※5	14	219	0	219
水産物(内水面養殖)	5	26	0	26
山菜(野生)	16	406	0	406
山菜(栽培)	1	121	0	121
きのこ(野生)	40	88	0	88
きのこ(栽培)	21	488	0	488
果実(野生)	1	4	0	4
樹実類	2	23	0	23
合 計	477 ※6	11,207	1	11,208

図 4　令和４年度の農林水産物の緊急時モニタリング検査結果（[5]から引用）

福島県内の主要都市の放射線量（2020 年）を図 5 に示す。0.05 マイクロシーベルト/時くらいが安心できるレベルであるが、まだ、若干高めのところがあるが、福島市を除けばm，かなり低くなっている。このことが、次章に示すように、インバウンドの増加にも好影響をもたらしていると考えられる。

3. インバウンドへの影響

震災と COVID-19 の影響で激減した日本を訪れるインバウンド旅行者は、この 1, 2 年、急激な円安と COVID-19 の収束により急増している。

2024 年 3 月 29 の資料[6]によれば、「2023 年の福島市への観光客数は８28 万 7240 人で、過去最多だった前年を約 78 万人上回った。

（中略）

インバウンド（訪日客）の宿泊者数は 2 万 3950 人で、過去最多だった 2019 年を約 6 千人更新した。

市は各種テーマ観光事業やインバウンド誘致推進の成果が表れたのに加え、新型コロナウイルス感染症の５類移行が数字を押し上げたとみている。」

このように、インバウンド向けの施策も実を結びつつある。

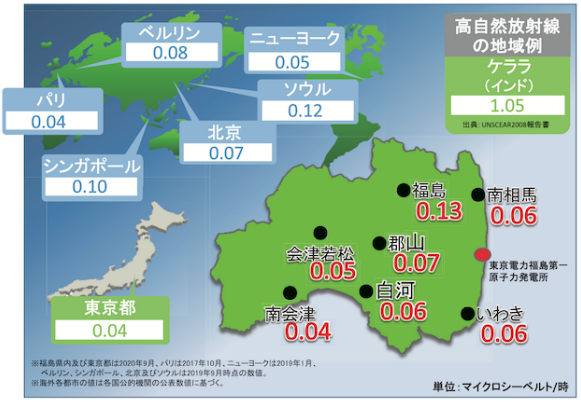
図 7 に、福島に宿泊した外国人観光客の国籍別の人数を示す。2022 年は、2021 年に比べ、伸び率が 1,000%を超えているのは、タイ、シンガポール、マレーシアであり、200%を超えたところとしては、台湾、ドイツ、インド、フランス、スペインがある。

比較のため、資料[8]から、隣の栃木県にある日光市の外国人宿泊者数を確認すると、2022 年と 2023 年を比較した場合に1,000%を超える増加率となっているのは、台湾、香港、シンガポール、タイ、インドネシア、スペイン、オーストラリア、200%を超えたところとしては、韓国、中国、マレーシア、ベトナム、アメリカ、カナダ、イギリス、フランス、ドイツ、ロシア、アフリカとなっている。

シンガポール、タイについては、両地域で重なっているが、やはり、東京に近く、また風評被害もない日光を訪れている人が多いことがわかる。

4. ヒアリング

以下に、2024 年 3 月に、福島県いわき市と郡山市で、レストランと生産者を対象に実施した、風評被害に関するヒアリングの結果を示す。



出典：「ふくしま復興のあゆみ（第30版）」を基に復興庁作成

図 5 福島県内の空間線量率の現状（[4]から引用）

（単位：人泊、%）

国籍	令和4年		令和3年		増減数	伸び率
	計	構成比	計	構成比		
タイ	4,870	15.7	320	1.6	4,550	1421.9%
アメリカ	2,230	7.2	1,220	6.0	1,010	82.8%
中国	2,200	7.1	1,480	7.3	720	48.6%
台湾	2,100	6.8	370	1.8	1,730	467.6%
ベトナム	1,640	5.3	3,570	17.5	△ 1,930	−54.1%
ドイツ	1,200	3.9	290	1.4	910	313.8%
韓国	1,110	3.6	470	2.3	640	136.2%
インド	870	2.8	240	1.2	630	262.5%
シンガポール	770	2.5	40	0.2	730	1825.0%
インドネシア	650	2.1	290	1.4	360	124.1%
香港	640	2.1	460	2.3	180	39.1%
フランス	580	1.9	60	0.3	520	866.7%
マレーシア	490	1.6	40	0.2	450	1125.0%
イタリア	440	1.4	350	1.7	90	25.7%
オーストラリア	330	1.1	520	2.6	△ 190	−36.5%
フィリピン	280	0.9	780	3.8	△ 500	−64.1%
イギリス	280	0.9	300	1.5	△ 20	−6.7%
カナダ	220	0.7	170	0.8	50	29.4%
スペイン	220	0.7	70	0.3	150	214.3%
ロシア	210	0.7	140	0.7	70	50.0%
その他	6,850	22.1	8,670	42.5	△ 1,820	−21.0%
合計	30,950		20,390		10,560	51.8%

図 6 福島県の外国人国籍別宿泊客数（[7]から引用）

レストラン HAGI（いわき市） ：

萩シェフは、日本人として初めてフランスエリゼ宮の料理人をつとめた腕を持つが、自然が生み出す地元の食材を、鮮度の良いうちに食することを目指し、地元のいわきに戻り、レストランを持った。しかし、いわき市は、原発に近く影響が大きかった。このため地元の食材があまり調達できず、震災後は 1 日 1 組だけに料理を提供してきたが、5 年前から 1 日 10 名を受け入れができるようになった。

地元の食材だけでなく、地元の薪を使って調理している。ベースは楢の薪であるが、これに、地元の竹やぶどうのつるなどをくわえることで、様々な味を作り出している。

ファーム白石（いわき市）：

ファーム白石は、江戸時代から続く農家で、現在は、

8 代目である。農薬や化学肥料を使わず、自然と共生し、野菜本来の力強さと美味しさを最大限に引き出す自然農法に取り組んでいるところに特徴がある。その中に、祖父の代から 100 年上栽培を続けている里芋「長兵衛」がある。里芋は土の中にあるため、残留するセシウムの影響を受けやすいが、この里芋は 2m の深さの地中で保存されていたため、影響を免れ、現在も生産を続けている。

レストラン catoe （郡山市）：
郡山で育てられた新鮮な野菜や、相馬の魚介など、福島の食材をベースにした料理を提供している。震災直後の 2013 年にオープンした。原発事故の影響が心配されたが、幸いなことに畑の土壌には大きな被害はなかった。福島全体の風評被害はあったが、地元の食材を使い続けている。

5. 支援対策

日本政府観光局（JNTO）が福島県は、2018 年の「福島県インバウンド調査レポート」[9]の中で、「風評被害払拭を目指すデジタルマーケティングを活用したプロモーション」を提案している。これは、映像メディアを作成しオンラインで配信することを中心に行われた。

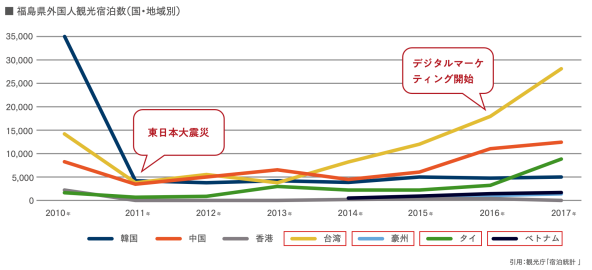


図 7 ディジタルマーケティング（[9]から引用）

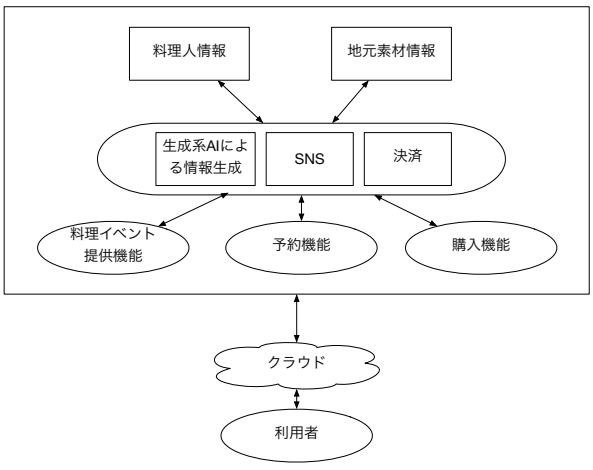


図 8 観光資源としての食を提供するクラウドサービス

その効果を示すグラフが図 7 である。台湾、タイ、中国などへの効果が高く現れていることがわかる。

そこで、我々は、料理マスターズという、料理人を顕彰するだけでなく、新鮮な素材を提供する生産者を紹介する活動を行っており、この枠組みを利用することで、地元の料理人・料理店、特色ある素材を ICT を利用して紹介する仕組みを構築することで、国内外からの旅行者を呼び込む仕組みの構築を検討している。そのシステム概要を図 8 に示す。

この中の、生成系 AI を利用した情報生成には、これまでに開発した、ナラティブを応用したコンテンツ生成技術 [10]を利用し、料理人や生産者から提供された、文字、音声、写真などの断片的な情報をもとに、情報提供を行う予定である。

謝辞

本研究は、科研費 17H02249, 18K111849, 20H01278, 20H05702, 22K12598, 23H03649, 23K28338 の支援を得て進めている。

文献

[1] NHK 福島, “【解説】東日本大震災・原発事故「風評被害」”, https://www.nhk.or.jp/fukushima/lreport/article/000/24/
[2] 福島県庁, “福島復興情報ポータルサイト”, https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/kankou.html
[3] 復興庁, “風評被害の払拭に向けて”, https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat15/nuclear/pdf/201608_huhyou-higai-husshoku_J.pdf
[4] 復興庁, “放射線リスクに関する基礎的情報”, https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20230331_kisoteki_jouhou13.pdf (2023.1)
[5] ふくしま復興情報ポータルサイト, “令和４年度の農林水産物の緊急時モニタリング検査結果（令和５年３月３１日現在）”, https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/89-4.html
[6] 福島民報, “福島市への観光客 過去最多 828 万 7240 人 2023 年、インバウンド宿泊者数は 6000 人増”, https://www.minpo.jp/news/moredetail/20240329115522#:~:text=主要-,福島市への観光客%20 過去最多８２８万,数は６０００人増&text=２０２３（令和５）年,１倍）が訪れた%E3%80%82 （2024.3.29）
[7] 福島県, “統計資料一覧”, https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/32031a/kanko-koryu3.html
[8] 日光市, “観光に関する統計”, https://www.city.nikko.lg.jp/soshiki/6/1024/4/2461.html
[9] JNTO, “福島県インバウンド調査レポート”, https://www.jnto.go.jp/projects/regional-support/images/2018/12/fukusima_inbound_0312.pdf
[10] 工藤 遥, 高橋喜幸, 福留奈美, 原田康也, 平松裕子, 伊藤篤, “食文化の記述への ICT 応用とナラティブ”, 2023 年度日本認知科学会第 40 回大会 OS-04-3

食文化の翻訳可能性：呼称と統制
Appellation and Control of Wasabi and Krab Meat

原田　康也[†]，森下　美和[‡]
Yasunari HARADA，Miwa MORISHITA
[†]早稲田大学，[‡]神戸学院大学
Waseda University, Kobe Gakuin University
harada@waseda.jp

Abstract

Before considering the translatability of food culture, it is necessary to consider what socio-cultural variables make communication possible. It also goes without saying that control of appellations may also be considered, as the various names for food can be misleading.

Keywords — Appellation, Control, Translatability, Socio-cultural Variable

1.　コミュニケーションの前提

コミュニケーションにおいては、言語的な表現以上に相互関係と認識が重要な場合も多い。教室内外における教員と学生、教員と職員、職員と学生のやり取りにおいても、相互のスタンスの違いがコミュニケーションの成立に大いに関与し、ハラスメント認定にかかわる時代となっているが、国内定住者・インバウンド観光客などへの対応も、ことば以前の相互の意識に着目する必要がある。以下に、来訪者側に着目しつつ、ざっくりと関係しそうな要素を整理してみる。

1）日本語に対する理解と関心
・日本語が全然わからないし興味もない
・日本語の単語をいくつか覚えたが、意味はよくわからない
・日本語の表現をいくつか覚えて、その意味もある程度わかっている
・日本語を本格的に勉強しようとしている
・日本語にかなり熟達している
2）生活習慣に対する理解と関心
・日本人や日本の生活習慣には理解も興味も全く ない
・日本人や日本の生活習慣には多少の知識があるが、違和感しかもっていない
・日本人や日本の生活習慣にある程度の理解があり、若干の親和性を感じている
・日本人や日本の生活習慣に深い理解があり、個人的に強い親和性を感じている
3）日本のサービスと製品に対する親和度
・日本の商品やサービス全般に不満を持っている
・個別の日本の商品やサービスに不満を持っている
・日本の商品やサービス全般におおむね満足している
・日本の商品やサービス全般が大好きである
4）順法精神・社会意識
・規則、ルール、習慣を守る意識がまったくない
・規則、ルール、習慣を守る意識がほぼない
・規則、ルール、習慣を守る意識がある
・規則、ルール、習慣を守る意識が高い

日本に来るインバウンド観光客の数が限られていた時代には、そもそも日本に興味・関心があり理解しようとしていた人たちの割合が多かったかもしれないが、円安・ドル高の時代となり、そうした前提は成り立たなくなってきた。むしろ、日本のことが嫌い、日本を貶めたいという人たちが、わざわざ日本に旅行しにくる時代となっている。そうした中で、相手の善意を前提としたコミュニケーションは危険かもしれない。

以下では、Facebook の reels (short videos) を中心に、インターネット上で目にする言説を紹介するが、これはその内容が正しいという観点からではなく、日本にとって無視できない問題を孕んでいるという観点から紹介している。

2.　ワサビとカニカマ

炊飯器・洗濯機・テレビは当たり前になっても、冷蔵庫はそれほど普及していなかった 1960 年前後、山葵ではなく粉わさびが一般的であったのは当然という気もする。しかし、消費者が変わった今の時代に、ワサビといえば代替品でいいのか、食品の呼称統制を見直す必要が生じているかもしれない[1][2]。

カニカマについても、同様に再検討が必要かもしれない[3][4][5]。日本語でかにかまといえば、多くの日本人はかまぼこであると認識するかもしれないが、英語の crab meat や中国語の蟹肉棒などについては、誤解を招く表現と判断される時代が来るかもしれない。

アレルギーの観点からも、飲食物の素材に誤解や誤認を招く表現があるのは、消費者にとっても生産者・販売者にとっても避けるべき事態である。

Wikipedia でカニカマおよびこれに対応する英語と中国語の項目を見ると、以下のような記載が見られる。

https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AB%E3%83%8B%E3%82%AB%E3%83%9E

英語名としては"crab stick"、"imitation crab meat"、"seafood stick"などがあるが、そのほかに"surimi"（すり身）という名称で知られている。日本語では表記上の都合で「カニカマ」と片仮名で記されることも多い。かにぼこ（蟹鉾）という別名も見られる。インターネット上にはかに棒（かにぼう、蟹棒）という別名も散見されるが、これは本物の「蟹棒（蟹脚の流通名の一つ）」と区別できず、問題がある。

https://en.wikipedia.org/wiki/Crab_stick

Crab sticks, krab sticks, snow legs, imitation crab (meat), or seafood sticks are a type of seafood made of starch and finely pulverized white fish (surimi) that has been shaped and cured to resemble the leg meat of snow crab or Japanese spider crab. It is a product that uses fish meat to imitate shellfish meat.

Originally known as kanikama (カニカマ) in Japanese, from kani (蟹) "crab" and kamaboko (蒲鉾) "fish sausage", in the United States the product is often simply called kani.

https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9F%B9%E8%82%89%E6%A3%92

蟹肉棒（Crab stick），又稱蟹条、蟳味棒、蟹棒[a]、蟹柳，是一種以魚漿（如狹鱈）、澱粉、螃蟹口味的調味料、紅色食用色素（如胭脂紅）所合成的條狀食材，形状类似蟹脚中的蟹肉，常用於火鍋或壽司，以及中華料理的什錦燴飯之中。1973 年，「珍味かまぼこ・かにあし」，由日本株式会社スギヨ所發明。

謝辞

本稿の執筆にあたって、著者たちは以下の科研費等の支援を受けている。

- 科研費基盤研究(B)：研究課題/領域番号 23H03649「森林浴の癒やし効果を活用した観光資源開発支援:COVID-19後に楽しく観光するために」（研究代表者：(伊藤篤)
- 科研費基盤研究(C)：課題番号 22K12598『言語景観観察に基づく文化情報伝達の研究及び応用：掲示から文化認知へ』（研究代表者：平松裕子）

参考文献等

* online 情報については原則として 2024/07/18 に最終アクセス。

[1] Foods You're Eating That Are Probably Fake #food #fake #foods #syrup #cheese #education #global #kitchen #sambucha https://www.facebook.com/reel/1150197506023526

[2] Watch this before buying wasabi https://www.facebook.com/reel/1495739964365989

[3] 外国人「東京でカニの串焼きを食べたよ！」→「それカニカマじゃね？」 http://www.all-nationz.com/archives/1082411113.html

[4] There’s no crab meat in a crab stick? #fish #food #usa #tiktokMichael https://www.facebook.com/reel/434128565771167

[5] 🚩 Don’t be fooled by these 7 commonly faked seafoods! From imitation crab to Maryland blue crab, make sure you’re getting the real deal and not being scammed. Stay informed and be a smart seafood consumer! 🦀🐟 https://www.facebook.com/reel/419257371105491

外国人観光客を受け入れる飲食店の異文化接触状況への対応と課題
Responses to Cross-Cultural Interaction Situations and Challenges in Restaurants Hosting Foreign Tourists

福留奈美†
Nami Fukutome
†東京聖栄大学大学
Tokyo Seiei College
fukutome-n@tsc-05.ac.jp

概要

訪日客にとって料理の注文は難しく、訪日客を増やしたい飲食店の中には、メニューの多言語翻訳サービスの導入やSNSでの情報発信を促す工夫等、様々な取り組みを行っている店もある。しかし、飲食店の現場での対応は店舗毎の事情によって異なる。

本発表では、訪日客へのメニュー提示の対応策を想定し、その現況と課題について論じる。また、最低限の情報ではなく、異文化接触の機会を満足度の高い体験につなげるような情報提供のあり方について考える。

キーワード: 多言語翻訳, 飲食店, 異文化接触, 食文化

1. はじめに

インバウンド需要拡大により多くの外国人観光客が日本を訪れ、さまざまな場面で異文化接触を繰り広げている。

来日の目的として飲食を挙げる人が多い中、日本の食を真に楽しむ体験とは、ただ食べるだけでなく、それらを理解し、よく知った上で味わい、楽しみ、思い出として記憶してもらえるものであって欲しい。高い満足感があってこそ、次の来日や口コミ発信にもつながる。安全で質の高い日本の食べ物は、既に豊富に準備できていると思われるが、足りないものは何なのか。

本発表では、飲食店の現場における言語情報の提供と接客場面でのコミュニケーションのあり方に焦点をあて、多言語翻訳サービスの活用とその制限的要素、飲食店の成功事例の分析による対応策の考え方、食文化的背景をふまえた高次の情報提供への課題等について報告する。

2. 飲食店の多言語対応の課題

訪日外国人旅行者の受け入れ環境整備における国内の多言語対応に関する調査（観光庁）【1】によると、2017年に訪日外国人客が旅行中に困った場所で最も多かったのは飲食店（3,225人中28.5%）で、その飲食店のコミュニケーションで困った場面としては、料理を選ぶ・注文する際（920人中65.8%）が最も多かった。この傾向は、コロナ禍を経てインバウンド需要が回復した現在においても同じで、対応が不十分であることがわかる。しかし、来店客と店側の双方で携帯端末での翻訳アプリの利用が進む等、対応が進んでいる点もある【2】。

料理を選ぶ・注文する際に困った理由として複数回答で選ばれた内容と内訳を【1】より転記し、店舗での対応として考えられる対応策①～⑩を示す（表1）。

表1　訪日客が困難を感じる飲食店の多言語表示とコミュニケーション場面の対応策

料理を選ぶ・料理を注文する際に困った理由【1】		回答割合	店舗での対応策
多言語表示に関する理由（計55.3%）	表示言語数の不足	29.5	①メニュー表や店内表示の英訳および多言語化（各種多言語翻訳サービスの活用）
	多言語で書かれているが記載量が少ない	14.0	②メニュー表のデザイン変更と店内表示を増やす検討 ③モバイルオーダーシステム導入
	多言語で書かれているが誤訳がある	8.3	④有償の多言語翻訳サービスの利用（自動翻訳の限界） ⑤ネイティブチェックの必要性 ⑥店のこだわりを多言語化にどう適用させるかの検討
	多言語で書かれているが固有名詞等の表現が統一されていない	3.7	
コミュニケーションに関する理由（計44.7%）	スタッフが全く言葉を話そうとしてくれなかった	6.4	⑦店の方針を接客に反映させる（受入れに積極的か消極的かにもよる）
	スタッフが話そうとしたがスキル不足	33.1	⑧多言語翻訳アプリ等の活用 ①②多言語表示の充実 ⑨サービスオペレーションの定型化
	スタッフのスキルは問題ないが内容が理解できなかった	5.0	①②多言語表示の充実 ⑩料理・食材ごとに背景情報も含めて多言語翻訳と表示方法を改善
計		100	

※平成29年度「訪日外国人旅行者の受入環境整備における国内の多言語対応に関するアンケート」【1】
※回答割合(%)は複数回答で選ばれた全回答数を100として算出

3. 対応策の現況と課題

表 1 に示した対応策①～⑩を要約して示す。

① 英訳および多言語化
② 多言語情報の付与
③ モバイルオーダーシステムの導入
④ 有償の多言語翻訳サービスの利用
⑤ ネイティブチェックの必要性
⑥ 「店のこだわり」の多言語化への適用
⑦ 店の方針と接客スタイルへの反映
⑧ 多言語翻訳アプリ等の活用
⑨ サービスオペレーションの定型化
⑩ 食文化的情報等の付与と表示方法の検討

訪日客の動向やインバウンドに関する最新のニュースやデータ、事例、対策を紹介するサイト【3】では、企業が提供する多言語翻訳サービスのいくつかが紹介されている。しかし、有償サービスは、通常業務以外に資金を投入しづらい中小規模の飲食店では導入が難しい。そうした飲食業界の状況に対応し、東京都では無償の多言語メニュー作成支援サイトを一般公開しサービスを提供している【4】。本サイトには、おいしそうに見える料理写真の撮り方のアドバイスもある。料理名だけでなく使用食材名の多言語翻訳もでき、アレルギー対応のマーク等を入れて簡単にメニューデザインができ、自分でプリントアウトすればすぐに使える。

以上のような無償・有償の翻訳システムを活用すれば、対応策①については、メニュー情報や店内に掲示する情報を充実させることが可能となる。

正しく英訳することができれば、多言語翻訳もある程度しやすいと考えられるが、誤訳や多言語での固有名詞の不統一をあげる訪日客もおり【1】、自動翻訳に頼るだけでは不備が残る。多様な業種・業態が存在する飲食業では、訳しやすい料理内容もあれば、訳しにくいものもある。比喩の多い日本語の料理名や多様な食材名をわかりやすく適切な語に翻訳するのは難しい【5】。日本の食文化を反映した料理名や多様な食材名を含む料理名の翻訳には課題が残るため、④⑤で示したように、プロの翻訳家や日本の料理・食文化に詳しいネイティブに、正しい翻訳になっているかのチェックとバックトランスレーションをしてもらう必要があるだろう。

また、料理人や店側が料理名や食材の説明にこだわりをもつ場合⑥には、どこまでは日本語の原語表現を残し、どこの部分は単純な英訳で良しとするのかといった翻訳のレベルを精査するような検討と対応が必要となる。

②の対応として、表示する言語の種類を増やし、メニュー表以外にも店内掲示等の多言語化を進めるためには、メニューのデザインを変えたり、店内の掲示スペースを確保するなど、検討すべきことが増える。多くの言語情報を提供しやすい対応③のモバイルオーダーシステムは、オーダー専用のモバイル端末を店に設置したり、QR コードを読み取って携帯端末からオーダーしてもらう仕組みであるが、一度構築してしまえば更新も簡単でサービス人員に余裕を持てるという大きな利点がある反面、導入には経費面での負荷がかかる。

コミュニケーションの場面のやりとりの改善については、そもそも来日客の誘致に積極的なのかという⑦の対応検討や、コミュニケーション力の不足を⑧翻訳アプリを使って補足したり、短時間のトレーニングと引継ぎ作業だけで高い水準のサービスを均一に提供できるような⑨サービスオペレーションのよい意味での定型化が考えられる。

スタッフのスキルが十分であるにも拘わらず料理や食材の内容が理解できない状況への対応は、翻訳が難しい日本語の料理名や食材を正しく翻訳することだけに注力するのではなく、その背景にある食文化的な事柄も含め、背景知識のない訪日客にどのように、何を伝えるべきなのかの議論や方策⑩が必要になるだろう。

文献

【1】 平成 29 年度「訪日外国人旅行者の受入環境整備における国内の多言語対応に関するアンケート」, https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11863014/www.mlit.go.jp/common/001226100.pdf （2024/7/1）

【2】 令和 5 年度「訪日外国人旅行者の受入環境整備に関するアンケート」調査結果（令和 6 年 6 月 28 日）, https://www.mlit.go.jp/kankocho/content/001747174.pdf, (2024/7/1)

【3】 東京都多言語メニュー作成支援ウェブサイト, https://www.menu-tokyo.jp/menu/ （2024/7/1）

【4】 訪日ラボ, https://honichi.com/ （2024/7/1）

【5】 福留奈美（2018）：料理の日本語の翻訳とその課題：和風料理の名称の英訳について，電子情報通信学会技術研究報告，117 (519), 13-18

Compare: Wild food has played a significant role in the cultural food practices of Thailand and Japan

Rochaporn Chansawang†, Yuko Hiramatsu‡, Atsushi Ito‡
Rochaporn Chansawang†, 平松 裕子‡, 伊藤篤‡
†Sukhothai Thammathirat Open University †Chuo University
†Sukhothai Thammathirat Open University †中央大学
chansawangr@gmail.com
atc.00s@g.chuo-u.ac.jp
susana_y@tamacc.chuo-u.ac.jp

概要

Food is essential for humans. People used to forging plants in the forest close to their houses. Wild mushrooms can be classified as non-timber forest products, representing a significant economic resource for many nations. Wild mushrooms have been consumed throughout human history (Suazo & Viana-Lora, 2022). Foraging for wild mushrooms is a practice enjoyed in many countries worldwide. It is often rooted in tradition and culture, allowing people to connect with nature, enjoy unique flavors, and participate in community and family activities. Whether for personal consumption or culinary excellence, wild mushrooms hold a special place in the diets and cultures of these regions. For example, the most popular wild mushrooms in the world have unique flavors and aromas. They can be very expensive, like truffles, widely recognized and celebrated in Western cuisine and often associated with luxury and high-end dining. At the same time, matsutake is a highly sought-after delicacy in East Asian countries, particularly Japan, valued for its specific autumnal flavor and cultural significance.

キーワード：Wild mushrooms, 異文化接触、言食文化、翻訳可能性、インターラクション

1. Comparison of Mushrooms in Thailand and Japan

In this case, we will compare the cultural foraging of wild mushrooms in Thailand and Japan, which have similar and different characteristics in Table 1.

(1) Termite mushrooms

The flavor and aroma of termite mushrooms can vary depending on the species and how they are prepared. Termite mushrooms are known for their earthy flavor, reminiscent of the forest floor. A mild sweetness often accompanies this earthiness. They may also have subtle woody notes, enhancing their overall earthy character. Many termite mushroom species have a pronounced umami taste, which is often described as savory and meaty. This umami quality adds depth and richness to dishes.

When properly cooked, some termite mushrooms

Table 1. Comparison of the cultural foraging of wild mushrooms in Thailand and Japan

Similar/different characteristics	Thai wild mushroom (Termite mushroom)	Japanese wild mushroom (Matsutake)
Natural condition in which mushrooms grown	Sand, loam, termite mounds	????
Cultivation characteristics	grow naturally	grow naturally
Time to Spoilage	Perishes easily. Food preservation must be provided.	?????
Specific taste/smell	Flavor and aroma combinations	Pine aroma
Type of food	Salad, Soup	Soup, in rice
Seasonal Food	rainy	autumn
Pricing compare with cultivate mushroom	Higher than typical mushroom	Very expensive
Mushroom Festival	Yes	Yes
Traditional food	Usually have in September to October during Vegetarian Festival	Special occasion or New Year
Secret method to foraging	From family	
Mushroom foraging tour	No	No

can develop nutty notes in their flavor profile. This nuttiness can be subtle but adds an extra layer of complexity. The texture of termite mushrooms is unique, often described as spongy or sponge-like. This texture can absorb the flavors of other ingredients in dishes.

These foods, foraged from natural environments like forests, rivers, and mountains, have been part of Thai cuisine for generations and play a significant role in traditional dishes. Here are some examples of wild foods in Thailand that are fundamental to its cultural food heritage.

(2) Matsutake

Matsutake was historically plentiful in Japan, with production exceeding 6,000 tons in the early 1950s. Since the 1960s, domestic production has dropped to less than 100 tons. Japan now relies heavily on imports to meet demand, with China supplying the majority (60-70%) of Matsutake in the Japanese market. Matsutake are the fruiting bodies of ectomycorrhizal fungi, fungi that live mutualistically with the roots of certain species of trees. They are eaten as a gourmet delicacy, primarily in Japan. Humans find the mushrooms elusive for a variety of reasons. The matsutake fungus is difficult to pin down geographically, having been discovered with a range of different hosts in sites as far-flung as Turkey, Korea, Canada, Japan, China, Norway, and Mexico (Wang et al. 1997).

The primary host of matsutake fungi in Japan is the red pine (Pinus densiflora). However, they have also been found in relationships with other kinds of pines and with some oaks, firs, spruce, cedar, chinkapin, and other trees. Despite considerable scientific efforts, matsutake has thus far eluded humans' attempts at their cultivation. They fruit fleetingly and unpredictably, evading human plans for control and instead popping up in relation to their life-world agendas.

They are also challenging to find. Hidden in the forest duff, they are often invisible to the untrained eye. The challenges of procuring the mushrooms have made them prohibitively expensive for most consumers. Moreover, because matsutake growth depends on fungal relationships with trees and other forest dwellers, scientists and would-be cultivators need help to

Figure 1. Termite Mushroom and Termites [6]

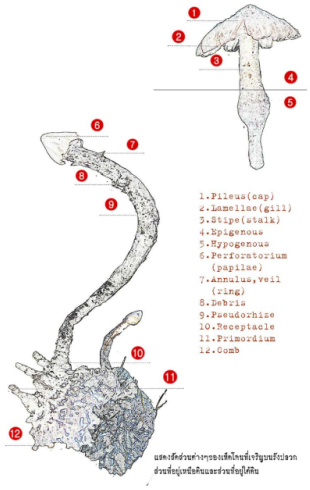


Figure 2. Termitomyces, Comb, Epigenous, and Hypogynous [6]

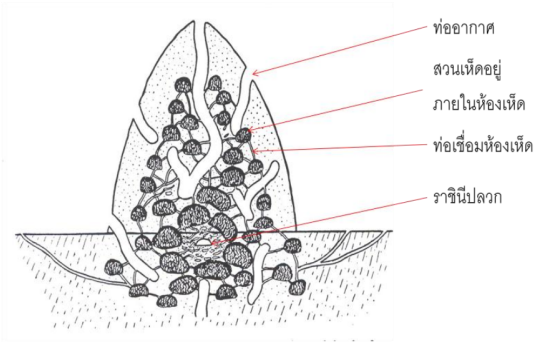


Figure 3 Fungus growing termite (Source: Bels & Pataragetvit, (1982 cited in Sangwanit, 2024))

conceptually isolate the mushrooms from the web of natural-social relationships through which they grow.

2. Conclusions

Foraging for wild mushrooms is becoming a form of travel and leisure activity. This unique and innovative form of tourism, known variously as "mushroom tourism," "mycotourism," or "mycological tourism," offers a distinct experience for travelers. (Suazo & Viana-Lora, 2022). In Thailand, the municipality of Kanchanaburi province organizes the Termite Mushroom Festival every year, but sometimes, the mushrooms cannot bloom during the event. However, organizing the foraging for wild mushroom trips as food tourism will be a challenge. Which is similar to Matsutake's trip to Japan.

References

[1] Allen, K., & Bennett, J. W. (2021). Tour of truffles: aromas, aphrodisiacs, adaptogens, and more. Mycobiology, 49(3), 201-212.

[2] Büntgen, U., Latorre, J., Egli, S., & Martínez-Peña, F. (2017). Socio-economic, scientific, and political benefits of mycotourism. Ecosphere, 8(7), e01870.

[3] Cai, M., Pettenella, D., & Vidale, E. (2011). Income generation from wild mushrooms in marginal rural areas. Forest Policy and Economics, 13(3), 221-226.

[4] Faier, L. (2018). Introduction: Elusive Matsutake. Social Analysis, 62(4), 1-16.

[5] Jalinik, M., Pawłowicz, T., Borowik, P., & Oszako, T. (2024). Mushroom Picking as a Special Form of Recreation and Tourism in Woodland Areas—A Case Study of Poland. Forests, 15(3), 573.

[6] Kayikananta, A. & Mukorn, L. (2009). Termite Mushroom, Termite and Termite Mushroom Culture, Forest Research and Development Bureau, Bangkok. (in Thai)

[7] Latorre, J., de Frutos, P., de-Magistris, T., & Martinez-Peña, F. (2021). Segmenting tourists by their motivation for an innovative tourism product: Mycotourism. Journal of Ecotourism, 20(4), 311-340.

[8] Madrazo, F. P., Martínez-Peña, F., & Esteban, S. (2012). Edible wild mushroom tourism as a source of income and employment in rural areas. The case of Castilla y León. Forest Systems, 21, 81-89.

[9] Pérez-Moreno, J., Mortimer, P. E., Xu, J., Karunarathna, S. C., & Li, H. (2021). Global perspectives on the ecological, cultural and socioeconomic relevance of wild edible fungi. Studies in Fungi, 6(1), 408-424.

[10] Sangwanit, U. (2024). Explanation the Meaning of Termite Mushrooms. Retrieved from thaimushroomsoc.com/images/column_1340595246/Oudemansiella ssp Uthaiwan.pdf

[11] Suazo, P., & Viana-Lora, A. (2022). The Contribution of Mycological Tourism to Well-Being, the Economy and Sustainable Development. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(24), 17027.

合奏研究がもたらす貢献と課題 —ヴァイオリン合奏におけるリード・フォロー関係に着目して—

Contributions and issues of studies on music ensemble: Focusing on leader–follower relationship of violin ensembles

板垣 寧々 †,‡
Nene Itagaki
† 早稲田大学, ‡ 日本学術振興会
Waseda University, Japan Society for the Promotion of Science
nene64kt1214@akane.waseda.jp

概要

本稿では事前にリーダーが想定できない初対面同士（ほぼ共演経験がない場合も含む）の同パートのアマチュア奏者によるヴァイオリン合奏に着目し，合奏の成り立ちを奏者間の身体動作から抽出された LF 関係から探索的に検討した著者らの研究 (板垣他，2023)を概観する．上記をふまえ，合奏研究の展望を生態学的妥当性と個性の 2 点から述べることで，認知科学における合奏研究の貢献や課題の一端を示す.

キーワード：ヴァイオリン合奏，アマチュア奏者，リード・フォロー関係，生態学的妥当性，個性

1. はじめに

人間は日常生活の中で多くの音楽にふれる．店内に流れる BGM など，無意識的に音楽にふれている機会も多い．一方で，意識的に音楽と向き合う例として演奏が挙げられる．とりわけ合奏は他者と共に演奏することによって，一つの曲を完成させるための社会性や創造性などを要する点において，認知科学においても着目できるテーマであると考えられる.

合奏において，音のタイミングや表現を揃えるためには身体動作の調整が非常に重要である．奏者間における身体動作の調整の中でも先導する奏者の存在に着目した研究では，弦楽四重奏において奏者の頭部とアンサンブルの中心におけるユークリッド距離の変位にグレンジャー因果性分析（Granger causality analysis，以下，GCA）を適用すると，演奏において先行するリーダー，後行するフォロワーが存在し，特に主旋律となる奏者がリーダーになることや，楽譜が複雑な場面で LF 関係を密に構築することが明らかになっている[1]. 上記の研究では，プロの奏者が対象となっているが，合奏は部活動や市民オーケストラなど様々な場面で多くのアマチュア奏者も取り組んでおり，プロ奏者と比較して人口も多く，またプロ奏者と比較して合奏上の多くの課題を抱えているアマチュア奏者を対象とすると，合奏の調整過程はどのように異なるのであろうか. また，他パート同士による合奏は楽譜に規定された演奏上の役割（主旋律・伴奏など）が前提となるが，同パートの奏者同士による合奏など事前に役割の違いが想定できない合奏もある．本稿では事前にリーダーが想定できない初対面同士（ほぼ共演経験がない場合も含む）の同パートのアマチュア奏者によるヴァイオリン合奏に着目し, 合奏の成り立ちを奏者間の LF 関係から探索的に検討した板垣他 (2023)[2]を概観し，合奏研究の展望を述べることで，認知科学における合奏研究の貢献や課題の一端を示す.

2. 方法

ヴァイオリン演奏経験のある大学生・大学院生 12 名を対象に演奏実験を行った（表 1）．参加者には，成人用ソーシャルスキル自己評定尺度の質問紙[3]に事前に回答させ（LF 関係とソーシャルスキルの関連を検証するために回答させたが，本稿の議論では用いない），男女毎に 6 組のペアに分けた．初対面ペアが 4 組（ペア 2・3・4・5），知り合い同士ではあるが相手と個人的に演奏を合わせたことがほぼなかったペアが 2 組（ペア 1・6）であった．なお，本研究は，所属機関における倫理審査で承認を得ており（承認番号:2019-010），実験参加者には実験内容について事前に説明を行った上で，インフォームド・コンセントを得て，実験を行った.

表 1 実験参加者詳細

ペア番号	1		2		3		4		5		6	
参加者	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
性別	女性		女性		女性		男性		男性		女性	
年齢（歳）	22	21	21	21	21	21	22	22	22	24	21	24
経験歴（年）	17	12	16	14	2.5	5	15	16	20	14	16	9
首席奏者の経験	あり	なし	あり	あり	あり	あり	なし	あり	あり	あり	なし	あり

課題曲として，E. H. Grieg 作曲，「組曲『ホルベアの時代から』作品 40」[4]より第 5 楽章 1st ヴァイオリンを指定した．実験参加者には，事前に楽譜を配付し，

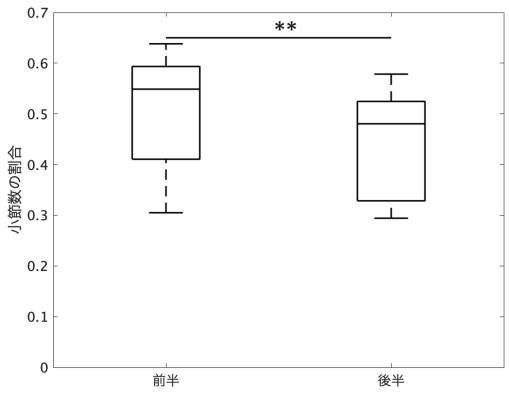
実験前に練習時間を 30 分（個人練習 10 分，ペア練習 20 分）設けた．演奏は電子ヴァイオリン（YAMAHA 社製 YSV-104S）を用いて立奏で 3 試行実施し，参加者の全身・楽器・弓の 3 次元動作を計測した．計測には，光学式の動作計測装置（Natural Point 社製 Optitrack）を用いて，標本周波数 100Hz で計測した．なお，課題遂行中は，カムコーダ（Panasonic 社製 HC-W585M）を用いて記録も行った．また，実験前後に質問紙を配付し，参加者に回答させた．本稿では，難しいと感じた部分，簡単であると感じた部分を楽譜上で囲ませ，理由を記述させた曲の難易度に関する回答を用いる．

奏者の身体動作による LF 関係の抽出には，GCA を用いた．また，GCA で得られた F 値を用いてある奏者から他の奏者への影響量を示す指標である Musician Driving Force（以下，MDF）[1]を算出した．さらに，GCA において得られた因果性が偶然に得られたものではないことを検証するために，サロゲートデータを作成してオリジナルデータとの比較を行った．その後，算出した MDF と動画の対応づけを行って LF 関係が抽出された小節数を算出した．さらに，奏者が評価した難易度に合わせて課題曲を前後半に分け，前後半で LF 関係が抽出された小節数の割合に差があるか検定にかけた．また，各奏者の頭部同士・楽器同士・弓同士における LF 関係が抽出された小節数の差を検定にかけ，各ペアにおける部位による動作の類似度の違いを検討した．ヴァイオリン奏者 2 名の間で演奏回数を重ねる毎にどのように LF 関係を構築しているのかについては，試行間・ペア間における LF 関係が抽出された小節数の差を検定にかけた上で，リードしていた小節数の推移における定性的な検討を行い，ペア毎の差を明らかにした．なお，本稿においては課題曲の難易度による差，部位間における差，試行・ペアによる差の定性的な検討に絞って議論する．

3. 結果

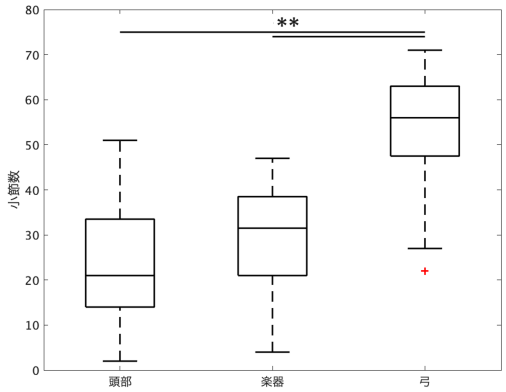
LF 関係が抽出された小節数の割合は楽曲の前半と後半で差があるのか，Wilcoxon 符号順位検定を適用したところ，有意差があった（$z = 2.94, p = .003$）．したがって，難しい部分の多い楽曲の前半は後半に比べ，LF 関係が抽出される小節数の割合が多い（図 1）．

図 1 前半・後半による LF 関係が抽出された小節数の割合の違い



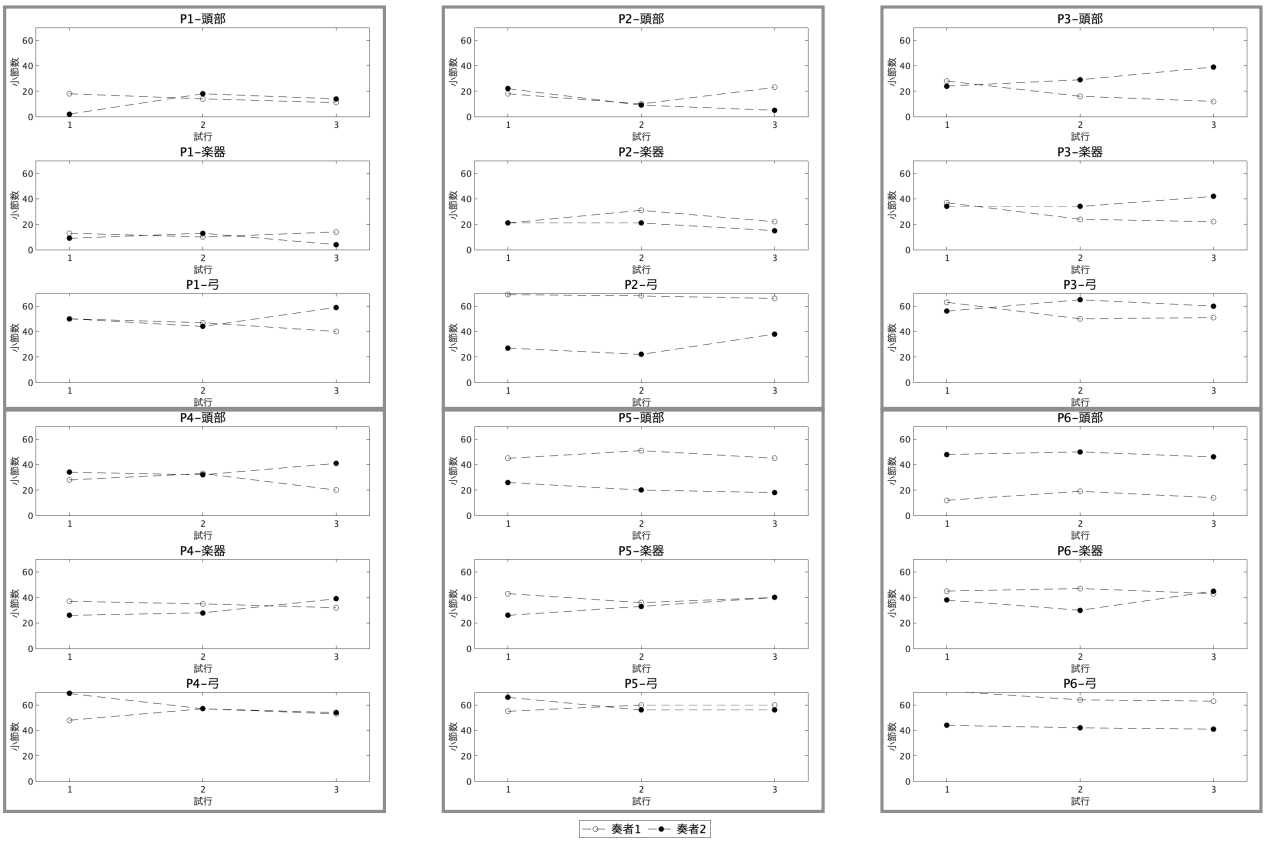
各奏者の LF 関係が抽出された小節数は，部位（頭部・楽器・弓）によって差があるのか，Friedman 検定を適用したところ，有意差があった（$\chi^2(2) = 51.01, p < .001$）．そこで，下位検定として，Wilcoxon 符号順位検定を適用したところ（p 値補正は BH 法），頭部と弓・楽器と弓の間に有意差があった（弓 > 頭部, $p < .001$; 弓 > 楽器, $p < .001$）．したがって，弓は頭部や楽器よりも，LF 関係が抽出される小節数が多い（図 2）．

図 2 部位による LF 関係が抽出された小節数の違い



ペア別の各奏者・各部位によるリードが抽出された小節数の推移は，図 3 の通りである．ペア 1 は，奏者 1 の頭部によるリードが徐々に減少し，2 試行目以降で奏者 2 の頭部によるリードが奏者 1 を上回っていた．また，楽器によるリードは，共演者と増減の傾向が対称になっている．さらに，奏者 1 の弓によるリードが徐々に減少し，奏者 2 の弓によるリードが 2 試行目から 3 試行目にかけて増加している．ペア 2 は，奏者 2 の頭部・楽器によるリードが減少していて，弓によるリードが一貫して少ないことから，概ね奏者 1 がリードしている小節数が多い．ペア 3 は，1 試行目は奏者 1 がリードしている小節数が全部位で多いものの，2 試

図 3 ペア別の各奏者・各部位によるリードが抽出された小節数の推移



行目以降は奏者 2 がリードしている小節数が全部位で多い．ペア 4 は，弓の 3 試行目は該当しないものの，奏者 1 がリードしている小節数が減少すると，奏者 2 のリードしている小節数が増加するといった，増減傾向が逆転している．ペア 5 は，頭部・弓において，2・3 試行目における二者の変動が小さい．楽器については，奏者 1 のリードしている小節数が 1 試行目から 2 試行目にかけて減少していて，3 試行目で増加したものの 1 試行目の小節数には至らなかった．一方で，奏者 2 の楽器は一貫して増加傾向であった．ペア 6 は，頭部・弓において，一貫して片方の奏者がリードしている小節数が多い．ただし，頭部では奏者 2，弓では奏者 1 がリードしている．楽器は，リードしている小節数の増減傾向が逆転している．

4. 考察

先行研究では，楽譜の複雑さ・感情的な表現の有無に応じて，奏者間のコミュニケーション量が変化する可能性を示している[1][5]．以上をふまえ，難しい課題曲前半では，より相手と示し合わせながら演奏を成立させ，簡単な課題曲後半では， LF 関係をフレーズの区切りなどの必要な箇所でのみ構築して演奏を成り立たせていたと考えられる．

また，弦楽合奏はボウイングを合わせることが多いため，弓は他の部位より動作の類似度が高くなる．一方で，頭部・楽器は各奏者の体格差・個性などに応じて類似しない場合もある．GCA は線形的な予測の概念に基づき LF 関係を抽出する[6]．有り体に言えば，比較する動作の波形が類似し，かつ位相がずれている場合に LF 関係が抽出されることから，動作が類似している部位ほど LF 関係が抽出されている可能性がある．

さらに，リーダー/フォロワーが演奏中に交代する可能性[7]に基づき，各奏者・部位における LF 関係が抽出された小節数の変化を試行毎に検討したところ，身体動作が調整されていく過程で，よりリードしている奏者が変わる，相手の傾向と類似するなどの LF 関係構築過程にも変化が見られた．上記より，演奏回数を重ねるうちに，各奏者が共演者との関わり合いの中で，安定した合奏ができる協応状態を構築するために，個人内・個人間で調整を行っていた可能性がある．個人間で身体動作のタイミングを揃える場合，より安定してタイミングを揃えられる動作に不随意的に移行することが報告されている[8]．合奏も同様に，楽曲の特徴・身体的特性・各奏者の共演者との合わせ方といった様々な構成要素に基づいたずれを内包しつつ，その合

奏にとって安定して合奏を継続できる LF 関係に収束していき，奏者のミスや聴き手の反応といった突発的に対応が必要となる状況が生じた場合に適宜調整が行われていくと考えられる．上記の点から，合奏においても，共演者との関わり合いの中で二者がより安定して合奏できる身体の協応状態を構築していたと言える．

5. まとめと展望

本研究は，同パートの二者によるヴァイオリン合奏の成り立ちを奏者間の LF 関係から探索的に検討した．その結果，課題曲の中でも奏者が難しいと感じた部分が多い課題曲前半に LF 関係をより密に構築していた．また，動作の類似度が高い弓が他の部位より LF 関係を構築していた．さらに，ヴァイオリン奏者 2 名の間で演奏回数を重ねる過程で，LF 関係の役割交代など，二者がより安定して合奏できる身体の協応状態を構築していた．以上より，同パートの合奏においても LF 関係は構築され，楽曲の難易度や部位に合わせた調整といった，合わせ方に共通する傾向がある一方で，合奏毎の個性がその役割調整の中にも生じていると言える．

本研究の今後の展望を 2 つの観点から示す．1 点目は，生態学的妥当性である．本研究では，合奏全体の中でも譜面台を共有する同パートの二者（合奏ではプルトと呼ぶ）を想定し，合奏における LF 関係を探索的に検討した．しかし，実際の弦楽合奏においては 1 パートを担当する奏者も多くなり，さらに他パートの奏者との関わりもある中で，合奏における奏者間の関係性はより複雑になる．今後は，より実際の大規模合奏に近い形式で，奏者間の関係性を検討することで，合奏の熟達に貢献できるであろう．より実情に近い合奏場面を対象とするためには，先行研究をふまえた学術的な検討に，奏者が現場で得た経験や課題を取り込んでいく必要がある．熟練者の主観という着眼点の重要性は既に示されているが[9]，合奏はアマチュア奏者も多く，職業的に音楽に関わっているわけではないものの技術が非常に高い奏者や，アマチュアであるが故に熟達に課題を抱えている場合も多く，科学的な知見と現場の知識の融合は芸術の探究に非常に重要である．2 点目は，芸術において重要な要素である個性の追究である．本研究において，課題曲の難易度に応じた調整や部位毎に調整される LF 関係など共通する傾向がある一方で，ペアによって調整過程が異なることが示された．音楽演奏に関わらず，芸術においては作品や作成者毎の個性は非常に重要な要素である一方で，実験的な統制を行う過程でそれらの共通性に焦点が当てられる傾向にある．芸術において個性に着目した検討を行うことで，より作成過程に隠された熟達プロセスや，鑑賞者の認知プロセスの細部を明らかにすることができるであろう．特に，本研究が対象としたクラシックの合奏は，ある程度の共通した解釈に基づき，奏者間の個性を調整していく過程も内包されている．合奏研究をさらに発展させることで，芸術が作成者・鑑賞者双方にもたらす豊かさや，より良い作品を生み出すための集団の調整プロセスを明らかにすることに貢献すると考えられる．

6. 謝辞

本研究は，早稲田大学人間総合研究センター研究プロジェクト（D プロ）による助成を受けました．最後に，本研究にご参加いただいたヴァイオリン奏者の皆様に記して感謝申し上げます．

文献

[1] Badino, L., D'Ausilio, A., Glowinski, D., Camurri, A., & Fadiga, L. (2014). Sensorimotor communication in professional quartets. *Neuropsychologia*, *55*, 98–104. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.11.012

[2] 板垣 寧々・谷貝 祐介・三浦 哲都・三嶋 博之・古山 宣洋 (2023).ヴァイオリン合奏中の動作に現れるリード・フォロー関係　認知科学, *30* (3), 285-302. https://doi.org/10.11225/cs.2023.030

[3] 相川 充・藤田 正美 (2005). 成人用ソーシャルスキル自己評定尺度の構成 東京学芸大学紀要第 1 部門教育科学, 56, 87-93.

[4] Grieg, E. H. (1886). Aus Holberg's zeit op.40 [Study score]. C.F. Peters. https://imslp.org/wiki/Holberg_Suite, _Op.40_(Grieg, _Edvard)

[5] Chang, A., Kragness, H. E., Livingstone, S. R., Bosnyak, D. J., & Trainor, L. J. (2019). Body sway reflects joint emotional expression in music ensemble performance, Scientific Reports, 9 (1), 205. https://doi.org/10.1038/s41598- 018- 36358- 4

[6] D'Ausilio, A., Badino, L., Li, Y., Tokay, S., Craighero, L., Canto, R., Aloimonos, Y., & Fadiga, L. (2012). Leadership in orchestra emerges from the causal relationships of movement kinematics. *Plos One*, *7* (5), e35757. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035757

[7] 板垣 寧々・谷貝 祐介・古山 宣洋 (2020, September 17-19). ヴァイオリン合奏における奏者間のリード関係とその要因 日本認知科学会第 37 回大会 オンライン

[8] Schmidt, R. C., Carello, C., & Turvey, M. T. (1990). Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *16* (2), 227–247. https://doi.org/10.1037/ 0096- 1523.16.2.227

[9] 三浦 哲都・惠谷 隆英・三嶋 博之・古山 宣洋 (2022).「リズム感」と表現する身体 認知科学, *29* (4), 606-629. https://doi.org/10.11225/cs.2022.053

人間中心から人間「性」中心デザインへ：Donald A. Norman と戸田正直の足跡を辿る
From Human-centered to "Humanity”-centered design

尾関 智恵[†], 宮田 義郎[‡], 上芝 智裕[‡], 近藤 秀樹[§]
Tomoe Ozeki, Yoshiro Miyata, Tomohiro Ueshiba, Hideki Kondo
[†]岐阜大学, [‡]中京大学, [§]神田外国語大学
Gifu University, Chukyo University, Kanda University of International Studies
ozeki.tomoe.m1@f.gifu-u.ac.jp

概要
本オーガナイズドセッション（以下 OS）では，人間中心から人間「性」中心デザインへ転換の必要性を示すに至ったプロセスを追いながら，昨今過熱気味の AI 技術との共生について検討し，参加者同士で意見交換をする機会とする．その際，くれぐれも以下に言及する 2 人の偉大な先生方の考えを確認したり思い出話に浸るのではなく，本大会のテーマである「生身の身体と脳を備えた人間同士が，AI との共生を通して，互いを尊重しながら心豊かに交流するような未来」の創生に向けて建設的な議論を行うことを目標とする．

キーワード : 人間性デザイン，アフォーダンス，心理学の将来，感情，AI との共生

1. はじめに

正直，執筆している今になって，なんと大それたことを始めてしまったのかと，冷や汗が止まりません．お叱りを受けるのは承知で，私のこの浅はかな気軽さが今回の議論のきっかけになればと思っております．「思い出の会」にしたくないのですが，中京大学在学時に三宅なほみ先生から不真面目太鼓判を押されていた私が，なぜこのオーガナイズドセッション（以下本 OS）を提案するに至ったかの言い訳を少しさせてください．

そもそも，中京大学情報科学認知科学科の開設時から牽引されていた一人である宮田義郎先生が 2023 年度で退官されると耳にしたので，「いい機会だし，あらためて認知科学の話を聞きておこう」と思い，かなり気楽に宮田先生を誘って本 OS に応募したのが始まりです．宮田先生は「いいですよ」と昔と変わらぬ調子で応じてくれたので，これまた気楽に宮田先生とコンビで活動されている上芝先生と，博士後期課程同期で三宅芳雄先生を師事していた近藤さんも共著者として誘い，準備を進めることとしました．ちょうど昨年「より良い世界のためのデザイン」が出版されたので，「ホットなテーマですし戸田先生の心理学の将来と併せて考えてみたいですよね」と，またまた気楽に直感的に内容を設定していった次第です．気軽に始めてしまいましたが，後述する Norman 先生とのオンラインでの対話も実現し，デザイン学会では最終日の最後のセッションにも関わらず 6 節で提示している図 2 のように多くの研究者・デザイナーが集まり，若手実践者の報告も交え，熱い議論が展開されることとなりました．

2. OS の狙いと活動デザイン

ここで言及しておきたいこととしまして，私が体感的に解釈している認知科学コミュニティの特徴は「既有知識の程度に関係なく，疑問や解釈を自由に発言できる」ことや，「発言に対して面白みの咀嚼に挑戦し，理解を共有する」といった開かれたインタラクションの場があることです． つまり，本 OS は２人の先生が作り上げてきた開かれたインタラクションの実践として，領域・世代・文化的背景の垣根なく，“Witty”な議論（決して Humor ではなく）を実践することを狙いとしています．大会当日の趣旨説明の際に Norman 先生のビデオレターを共有する予定ですが，こういった活動の重要性についても言及されていました．

開かれた議論の一環として後述する日本デザイン学会情報デザイン部会との議論だけでなく，２つのコミュニティから出てきた意見や質問についても Norman 先生に投げかける予定をしております．

3. OS の目的

今年度の全国大会の「開催にあたって」で言及されている「生身の身体と脳を備えた人間同士が，AI との共生を通して，互いを尊重しながら心豊かに交流するような未来」の実現のためには，どのようなデザインを社会の中で創り上げていけるのかも検討する必要があると考えます．認知科学において人間の知的活動と人工物のデザインを第一線で論じてきた Donald A. Norman 先生と，人類と技術との共生について感情の側面からアプローチした戸田正直先生の足跡を追いながら，二

人の視点を統合することでどのような可能性が生まれるのかについて参加者と議論する中で，理解を深めたいと思います．Norman 先生が著書で述べている人間中心から人間「性」中心のデザインとは何か，参加者間の意見交換を通じて理解深化を促すことを目的とします．

4. 「より良い世界のためのデザイン」について

2023 年に出版された著書は以下のとおりです．本著作はこれまで出版されてきた「誰のためのデザイン」や「エモーショナルデザイン」と異なるアプローチと構成となっており，デザインの捉え方の転換が起こっているようにも読めます．この点について 6.で後述する Norman 先生への質問に含まれています．本 OS 当日に改めて触れますので，ぜひご一読の上ご参加ください．

Norman, Donald A(2023). Design for a Better World Meaningful, Sustainable, Humanity Centered : Meaningful, Sustainable, Humanity Centered. The MIT Press 2023/03.

D. A. ノーマン(2023). より良い世界のためのデザイン 意味、持続可能性、人間性中心. 新曜社.

5. 「心理学の将来」について

本論文については多くの先生方が資料の共有や解釈，そこから発展した議論が数多く重ねられてきたことはご存知のことと思います．オンラインでアクセスできる資料等については引用いたしますので，ぜひ原著を再訪いただく機会としてください．

戸田 正直 (1971). 心理学の将来. 日本児童研究所(編). 児童心理学の進歩. 335-356. 金子書房
（日本語訳および波多野誼余夫先生によるコメントをまとめた資料はここから読めます
https://jcss.gr.jp/meetings/archive/toda-hatano-future.pdf）

戸田 正直 (1987). こころをもった機械:ソフトウェアとしての「感情」. システムダイヤモンド社.

戸田正直. (1992). 特集 「認知科学の動向」 にあたって. 人工知能, 7(5), 744-745.

三宅なほみ. (2006). 追悼 戸田正直氏 (1924-2006). 認知科学, 13(4), 497-498.

高橋康介, & 青山征彦. (2021). 特集 「戸田正直 『心理学の将来』 から半世紀」 編集にあたって. 認知科学, 28(3), 329-335.

宮田義郎(2021). 戸田正直の文明論の再構築：生態学的検討. 認知科学. 28 (3), 351–363.
https://doi.org/10.11225/cs.2021.032

6. 日本デザイン学会情報デザイン部会の OS の様子

2024 年 6 月 21 日～23 日まで九州産業大学にて行われた第 71 回日本デザイン学会において，6 月 23 日に情報デザイン部会を中心とした OS「WHY 人間「性」中心デザイン？：私たちは人間中心デザインの道を抜け、人間「性」中心デザインの原野に立てるのか」（以下 JSSD の OS）が開催されました．

この JSSD の OS の開催にあたり，本 OS に招待公演としてご登壇いただく横溝賢先生（札幌市立大学）と元木環先生（公立はこだて未来大学）を中心に，2024 年 4 月より週 1 度「より良い世界のためのデザイン」の読書会と両 OS に関係する議論を継続的に続けてきました．参加者の著書内に対する疑問や解釈の発散収束を繰り返した後，それらの要点を宮田先生が中心にまとめ，Norman 先生にメールで問いかけを行いました．これに応じて 5 月 24 日に約 90 分に渡り Norman 先生とオンラインの対話を行いました（図 1）．その際投げかけた 4 つの質問について共有します．

図 1 Norman 先生とオンラインで話を伺う様子

＜Norman 先生に投げかけた 4 つの質問＞

- あなたの新著には、『誰のためのデザイン』のような具体的なエピソードがもっと盛り込まれてもよかったように思います。デザインの実践者、研究者として、本書を執筆するに至った個人的な経験をお聞きしたいと思います。新刊に**具体的なエピソードをあまり盛り込まなかった理由**はありますか？
- 新刊では、主にデザイナーの視点から書かれているようですね。『誰のためのデザイン』や以前のいくつかの本は、ユーザーの視点から書かれることが多かったので、多くの読者があなたの議論についていけ

たのだと思います。新刊では、ユーザーからデザイナーへと視点を変えるつもりだったのですか？もしそうなら、なぜですか？

- 私たちは人々と協力し、彼らが自分自身にとって意味のある方法で環境をデザインする手助けをしようと努めています。ですから、この本の中でお話されている「デザインの民主化」については、同意できる点がたくさんあります。しかし、大学や学会、企業のような既存の組織、特に組織内で大きな責任を負っている人たちと仕事をする場合、私たちはしばしば協力することが非常に難しいと感じます。ですから、組織全体を変えようとするのではなく、個人としてアプローチし、組織とは別に個人のネットワークを作ることで、間接的に組織に影響を与えることができればと考えています。また、多くのユーザーが自分たちに必要なものをデザインし始めれば、大きな組織にも変化を迫ることができるはずです。私たちのアプローチについてどう思いますか？似たような例をご存知ですか？
- 私たちは今、デザイン学会と認知科学学会のコラボレーションを試みています。このコラボレーションは、学会全体ではなく、あくまで個々の研究者のネットワークを作り、新しい方向へのムーブメントを起こそうとしています。あなたは認知科学者としてデザインを研究し始め、認知工学で認知理論を提唱し、『誰のためのデザイン』では一貫した理論的根拠を持っているように見えました。新しい本では、いくつかの認知理論に触れていますが、一貫した認知理論に基づいて書いているようには見えません。認知科学とデザインのコラボレーションの可能性をどのようにお考えですか？また、認知科学とデザインはどのように互いに貢献できるとお考えですか？

図 2　JSSD の OS 実施風景

なお，この質問の回答は JSSD の OS 内でビデオレターと共に共有されました（図 2）．本 OS でも何らかの形で当日共有できるよう調整をしております．JSSD の OS で議論された内容をもとにした認知科学会コミュニティへの問いかけも当日紹介いただく予定です．

7.　当日の公演・口頭発表について

本 OS では次のスケジュールで話題提供を行い，参加者全体で議論を深化できるよう情報提供もしくは問題提起をしていただく予定です．

1. 趣旨説明　：上芝智裕（中京大学），
   近藤秀樹（神田外国語大学），
   尾関智恵（岐阜大学）
2. 企画側講演：宮田義郎（中京大学）
3. 招待講演　：横溝賢（札幌市立大学）
   日本デザイン学会 理事，同学会 情報デザイン研究部会 幹事
4. 公募講演者１（認知科学的アプローチとして）：
   阿部 廣二（東京都立大学），大山 星馬（青山学院大学大学院）「虫屋の採集道具とそのデザイン：脱人間中心主義の観点から」
5. 公募講演者２（デザイン学的アプローチとして）：
   元木 環（公立はこだて未来大学）
   「我々は人間性中心デザインの原野にともに立てるのか」
6. 全体議論

司会：尾関智恵（岐阜大学）

8.　OS を通じて議論したいこと

対話的な生成 AI の登場により，人は自分を取り巻く環境や社会的な存在と積極的に今までにないインタラクションができるようになりつつあります．これは対話による新たな可能性が開かれたのか，魅力的な袋小路に入っただけなのか，参加者皆様とまずは気軽に考えを交流させることから出発し，協調的に議論を深め

る過程を経ることでより良い共生の道を探る機会としたいです.

最後に，共著者の宮田先生が JSSD の OS 直前に Norman 先生に送付されたメールを掲載いたします．これは，日本デザイン学会情報デザイン部会で 4 月から続けられてきた議論と 5 月 24 日にオンラインで行われたNorman先生との対話をもとに宮田先生がまとめてくださったもので，本 OS でも論点になる可能性もあるため，許可を得て共有いたします．これに対し Norman 先生は，日本の認知科学コミュニティが活発であることを喜んでいるご様子と，いつでも連絡をくださいと返信いただいていることも共有いたします.

Don,

Thank you so much for taking your time to meet with us and answer our questions. The meeting with you helped us to reflect on the direction of our research and to broaden our perspective.

After the meeting, we have been discussing how best to use our conversation with you in our session in the design society conference on June 23.

We are still editing the recorded video of our conversation to share in our session with summaries in Japanese to help the audience understand. Because it is too much for a single session to discuss the whole book with such a broad scope, we have decided to focus on some topics from your book that are most relevant to our direction of research.

We have decided to share some concrete episodes of young designers in our team working in some companies or communities and discuss their experiences based on our conversation with you and some parts from your book. So far, we are planning to focus on the following questions and issues.

- How does meaning emerge in a community through co-designing the local environment? How can we characterize the construction of meaning among local people?
- How do public social services create social affordances and path-dependencies in a local community that suppress the perception of new possibilities of avoiding undesired outcomes?
- How can we help an organization to overcome its path-dependencies by introducing activities to encourage redesign of the workplace?
- How can we redesign or reuse tools in ways to convey meaningful stories from a generation to the next?
- How do activities with natural affordances, such as composting, fermentation or farming encourage people in a community to help each other?
- What is the difference between natural/ecological affordance and artificial/social affordance? How do they co-evolve and influence each other?
- What are the important theoretical underpinnings that can help us understand “Humanity Centered Design” and “Democratization of Design”?

We are hoping that our discussion on these points will become the basis for our organized session in the Cognitive Science Conference in October.

If you have any comments or advice for our session on June 23, we would appreciate it very much.

We will let you know what we discuss after the session and questions and issues we would like to develop for the Cognitive Science Conference.

Thank you so much for your valuable support for our team and the design community in Japan.

Yoshiro

文献

Norman, Donald A. jnd.org. (https://jnd.org).

佐伯胖. (1989). インタフェースと認知工学. 情報処理, 30(1).

宮田義郎・杉浦学・亀井美穂子(2013). ワールドミュージアム一志を広げる多文化異年齢コラボレーション. 日本教育工学会誌.1, 37 (3) ,299-308

宮田義郎(2014). 進化論的視点からみた日常のモノのデザイン―グローバルに視野を拡げるデザイン原理に向けて―. 認知科学 21(1) . 187-200.

宮田義郎, 鈴木真帆(2022). 創造性の社会的意味. 認知科学 29(2). 281‐284.

第 71 回日本デザイン学会 情報デザイン部会. オーガナイズドセッション 4. WHY 人間「性」中心デザイン？：私たちは人間中心デザインの道を抜け、人間「性」中心デザインの原野に立てるのか. https://confit.atlas.jp/guide/event/jssd71/static/organizedsession

虫屋の採集道具とそのデザイン：脱人間中心主義の観点から
Collecting Tools and designs for Insect Collector: Post Anthropocentric Perspective

阿部 廣二[†]，大山 星馬[‡]
Taro Ninchi, Hanako Ninchi
[†]東京都立大学，[‡]青山学院大学
Tokyo Metoropolitan University, Aoyama Gakuin University
koji.abe03@gmail.com

概要
本報告では，虫屋の採集道具とそのデザインの事例を通して，脱人間中心主義的な観点から，Norman が近年主張している人間性中心デザインについて考察することを目的とした．事例では，虫屋の採集道具が，虫の形態や生態，採集環境や自身の身体に合わせてデザインされ，しばしば他文化からの流用されることが示された．これらの事例を元に，脱人間中心主義的立場の人類学者である Gell の議論を参照しながら，ヒトと環境の結びつきを変化させる道具やそのデザインのあり方について考察を行った．

キーワード: 虫屋 (mushiya), 道具デザイン (tool design), ナヴィゲーション (navigation), エスノグラフィ (ethnography), 脱人間中心主義 (post anthropocentric perspective)

1. 目的

虫屋と呼ばれる人々がいる．昆虫採集など，虫に関わる実践を行う人々である．虫屋たちは，採集の際に，多様な道具を利用する．また，既製品のみならず，自ら道具をアレンジして使用することもある．本報告では，日常的な創造的行為[1]にかかわる事例として，こうした虫屋が使用する採集道具のデザインにかんする実践事例を報告する．

Norman[2]によれば，人工物には，二つの見え方が存在する．第一に，人工物が我々の能力を量的に向上させているように見えるシステムビューがある．第二に，あくまでヒトの主観的な観点において，人工物が作業に質的に変更させる存在として立ち現れるパーソナルビューである．本研究では，パーソナルビューの観点に立ち，虫屋の採集道具が，どのように虫屋の作業を変更するのかを検証する．

ただし，こうした虫屋の「作業」を捉える際，人間中心的な観点からの分析では限界があるように思われる．道具についての認知科学的研究は，ユーザビリティなど，まさに人間中心デザインの観点[3]から検討が行われてきた．しかし，虫屋の道具は，ユーザビリティに志向するのみならず，環境内に存在する昆虫を捕獲すること，まさにそのことに志向している[4]．したがって，こうした道具使用は，近年盛んに主張されている，環境や生態系など人間以外の存在を含みこんだ脱人間中心主義的な観点[6][7]から説明される必要がある．一方，Norman も，単に人間中心主義的な使いやすさにフォーカスしたデザインのみならず，その背景にある複雑さを意識したデザインの重要性を指摘している．したがって，生態系への視野の拡張が原理の一つである人間”性”中心デザインへの転換[8]は，脱人間中心主義などの近年の思想的潮流と無関係ではないだろう．そこで本報告では，虫屋の道具使用を事例として，人間性中心デザインについて，脱人間中心主義的観点から理論的考察を行う．

2. 方法

阿部・大山[5]で使用したデータに，2024 年 7 月までのデータを追加したものを分析に使用した．基本的なデータは，第一著者が虫屋の採集フィールドワークに同行した際に取得した映像の撮影とフィールドノートである．以下で示す事例は，データから虫屋たちの採集道具に関する興味深いと考えられる事例を抜粋したものである．また，筆者も昆虫採集を積極的に行ったことから，筆者が実際に道具を使用した際の作業の質的変化の直感的理解についても解釈の参考にしている．なお，記述の根拠となったデータ種別については，() で事例記述後に示した．

3. 結果

3.1 虫の形態・生態に合わせた道具デザイン

第一に，虫屋の道具は，虫の形態や生態に合わせてデザインされていた．例えば，阿部・大山[5]では，流水性の昆虫は，流されると途中にある掴まれるモノならなんでもしがみつく性質を利用した特殊な網のデザインおよび使用法について報告している．この網は，流れの

ある水から極小の昆虫を摘み出すといった作業から，流れている昆虫をしがみつかせるといった作業に変更しているといえる．なお，筆者もこの網を購入し使用したところ，上記の流水性の昆虫を捕獲することができた（2024年7月6日フィールドノート）．虫屋初心者の筆者にとっては，こうした道具は，作業の質的変容というより，作業可能性の生成をもたらしているというべきなのかもしれない．

なお，上記のような作業可能性の変更・生成は，認識の生成でもある．例えば，柄の長い網（長竿）を入手することで，それまで筆者が気にも止めていなかった頭上の遥か高い位置に咲く花が，訪花するカミキリムシの採集場所に見えてくることがあった．一方，カミキリムシが来る花があったとしても，長竿を持っていなければ，はるか頭上のカミキリムシを手づかみで捕まえなければならない．当然ながらこうした採集は現実的でない．したがって，長竿を持っていなければ，頭上の花は採集場所としては認識されないことがあった（2024年4月13日のフィールドノート）．これらのことから，道具による作業の変更は，認識の変質と不可分に結びついているといえよう．

3.2 身体・環境に合わせた道具の調整

第二に，虫屋の道具は，環境や自身の身体に合わせて調整されていた．例えば，素早く飛行するハチを捉える際は，少し小さめの口径の網が用いられていた（2024年4月13日のフィールドノートおよびビデオデータ）．これは，素早いハチを採集する際に，狭い場所で枝等に極力引っかからないようにするためである．しかし，ただ口径が小さければよいというわけではない．虫屋たちは，しばしば網を頭から被り，網の中で虫を捕獲する．よって，できる限り口径が小さく，かつ被ることができるサイズが選択しているとのことである（2021年5月11日のビデオデータおよび024年4月13日のフィールドノートおよびビデオデータ）．ここでも道具を通して空中を素早く動くハチを摘むといった作業から，ハチを網の中に入れ，網を被って網の中を歩くハチを摘むといった作業に変更されているといえる．

一方，上述した花を叩くことで訪花しているカミキリムシを落として採集する花掬いなどは，落ちるカミキリムシを取りこぼさないよう，大きな口径の網が好まれる．これらのことから，道具が採集作業を変更し，さらにその作業をスムーズに行えるように，道具が最適化されるといったプロセスがあると考えられる．

3.3 他文化からの流用

第三に，虫屋の道具は，他文化の道具をうまく流用することで仕立て上げられている．例えば，上述した長竿はしばしば釣り用に販売されているものが流用されていた．また，木の葉や枝を叩き，樹上のカミキリムシを下に配置したマットに落とすビーティングと呼ばれる採集法がある．この採集方には専用の機材が存在しているのだが，筆者が同行した採集において，専用の機材を持参しなかった虫屋が，折りたたみ傘を利用してビーティングを行っていた．そしてこのやり方で実際に狙いのカミキリムシを採集していた[5]．また，筆者も折り畳み傘で樹上のカミキリを落とすことに成功している（2024年7月6日のフィールドノート）．これらのことから，作業を変えることができれば，必ずしも専門の道具でなくてもよいことがわかる．

4. 考察

4.1 Normanの人間性中心デザイン

Norman[8]によれば，近代においてヒトは，本来人が自然に利用していた資源を，経済性・科学的合理性に基づいた尺度から基準化し，利用するようになった．具体例として，Normanは時間を挙げている[8]．本来であれば「長い／短い」といった体感的なものであった時間を，分や秒など時計的なものとして基準化することで，全世界に共有可能な情報として利用できるようになったというわけである．無論，基準ができることによって物事の共有可能性が高まり，その結果，著しく科学や経済が発展した側面はあるだろう．しかし，基準はその数値のみに着目することを許容する．そして，我々が本来関わってきた数値化されえない生態系や自然を「外部性」としてブラックボックス化することで，無視することを可能にした．また，数値による表現は，様々な数値が羅列されることにより，数値を評価する知識を持たない一般人にはアクセスできないような印象を与え，更に現状を無視させることに寄与した．Normanはこうした基準化やそれに付随する現象によって，デザインの際に我々が本来重視していた人間性が失われたと指摘する[8]．ここでいう人間性とはすべての生物，世界の生態系，そして我々すべてが暮らす複雑なシステムのなかにあったはずのものであり，数値では捉えきれないような基準の狭間，あるいは背後にあるものである．数値化によって，経済性・合理性のみが強調され，数値では捉えきれないような側面が無視されるに至ったとい

うわけである．そして Norman が従来指摘していた人間中心デザイン[3]は，外部性に対する視座を有しておらず，結果として，上記の経済性や合理性をより加速させるものであったと考えられる．

こうした人間性を回復するために，Norman は「意味」に着目する[8]．ここでいう意味とは，数値や科学的・論理的説明から導出されるものではなく，我々が日常のなかで直感的に理解できるような表現のことである．Norman は，直感的に理解可能な「意味」のなかに，数値や論理によって置き去りにされた人間性を回復させる道筋を得ようとしている[8]．こうした直感的な理解を可能にするデザインの具体例として，Norman は情報ダッシュボードを挙げている[8]．例えば，地球の生態系への脅威を示すダッシュボードでは，矢印の太さや向きなど，数値ではなく質的な表現によって構成され，非専門家でも簡単にアクセスできるように工夫されている．また，Norman は意味の背後にあるナラティヴやストーリーの役割を評価しており，こうした議論は近年の質的心理学の方向性とも親和性があると考えられる[8]．

4.2 脱人間中心主義

また，こうした Norman の人間性中心思想は，近年人類学を中心に展開してきた，脱人間中心主義とも類似性があるように思われる[6]．脱人間中心主義とは，人間の認識から議論を出発させることにより，世界内に存在するモノや動物などが人間の認識によって構築される二次的なものとして位置づけられてしまっていたことへの反省から，世界内の存在を対称的に取り扱うことを企図した試みである．認識論ではなく存在論の次元から議論を開始する点において，こうした試みを総称して「存在論的転回」と呼ぶこともある．

道具に関連した脱人間中心主義的な議論として，人類学者 Gell の研究がある[9]．Gell は，古代タヒチの人々は，「赤い羽根」という人工物を作り出す宗教儀礼を通して，神と人々のネクサス（連結）を作り出すことで，神の力を日常生活の中に導入していたという[9]．Gell は，こうしたネクサスを作り上げる上で，人間のみならず，モノである羽根にエージェンシーを認める．一度宗教儀礼を通して神の化身となった羽根は，例えばその羽根を持つ人間を敬うようになるなど，人間の行動を変容させるように作用する．すなわち，人間がモノに働きかけるのみならず，モノが人間に対して働きかけることもありうるといえる．このようなヒト・モノのエージェンシーが循環することで，ネクサスが形成・維持され，神の影響力も維持されるのである．

Gell の研究は，人々が Norman の指摘する意味を中心としてネクサスを作り出し，日常的な実践を組織することを示すラディカルな事例を示していると考えられる．例えば，Gell の事例における羽根は，「神」という数値では表現されない外部性の意味が的確に表現されている．それゆえ，こうした事例は，Norman が捉えようとした人間性に配慮されたデザインの原型が見て取れるように思われる．

ただし，上記の Gell を始めとする脱人間中心主義の思想と Norman の人間性中心思想には，相違点も見られる．例えば，Norman のダッシュボードは，既に明らかになっている生態系への脅威を，人々が理解できる「意味」へと変換するデザインの事例であった．ここでは表現されるべきことは予め存在しており，デザインはあくまでの表現の問題に介入していると考えられている．それゆえ，Norman の議論は，表現されるべき生態系の問題と，それを認識する人間という，二元論的な認識が前提となっているように思われる．一方，脱人間中心主義では，ヒト・神・羽根といったそれぞれの存在は，独立して存在し得ず，あくまで関係の中で存在している．無論，羽根はヒトがいなくても存在しうるが，それはただの羽根に過ぎない．他ならぬ「神の影響力を伴った羽根」は儀式という実践を通してヒトや神と関係づけられることで初めて存在として生成されるのである．そして，この羽根との関係から「神の影響力があるヒト」が生成され，神自体も生成される．このように、脱人間中心主義においては，様々な存在が，あくまで関係論的に把握される．したがって，脱人間中心主義の観点から考えれば，道具やそのデザインは，外部性を表現するのみならず，外部性を生成する存在であるといえる．

4.3 脱人間中心主義とデザイン

上記の相違点から、デザイン、あるいは人間性中心デザインについてどのような示唆を得られるだろうか。

まず、Norman が指摘した「パーソナルビュー」[2]の見方は，脱人間中心主義の観点から，以下のようにアップデートできるように思われる．すなわち，道具は，ヒトやモノを含みこんだネクサスを変化させることで，様々な存在を生成し，結果として作業を質的に変えると考えられる．上記の結果部で示したのは，虫屋たちが，道具を通して昆虫・環境・ヒトのネクサスを変質させ，作業を変化させてきた過程であった．例えば，3.1

説で示した長竿は，高所の花へアクセス可能にすることで，頭上の花を採集場所へと生成していたといえる．また，3.3 節で示した事例では，折りたたみ傘というモノによってビーティングを可能になり，当該フィールドが狙いのカミキリムシの採集地として生成されていたといえる．また，生成されるのは，採集場所のような対象だけではない．例えば，3.2 節で示した事例では，網の口径との関係から，「網を被ることができる身体」が生成されていた．道具を通してネクサスが変化することにより，様々な存在が関係論的に生成されていくのである．

さらに，上記の道具が他文化から流用[10]されていた点は，道具を考える上で興味深い現象であると考えられる．こうした事例から専用に作られた道具でなくても，機能的に等価であれば，ネクサスを変質させ，様々な対象を生成できることがわかる．むしろ，ネクサスの変化を駆動し，新たな存在を生成しうるものこそ，道具であるといえるのかもしれない．

4.4 議論を呼ぶデザイン

最後に，ここまでの議論が人間性中心デザインに与える示唆について考察を行う．上記において，Norman の人間性中心デザインの思想は，表現されるべき自然や生態系と，それを認識する人間という二元論に陥る可能性を指摘した．しかしながら，脱人間中心主義者たちが主張するように，ヒトと自然は明確に区切れるものではなく，不可分に結びついている．本研究では，こうした脱人間中心主義的観点から，道具やそのデザインが，こうした結びつきを変質させる存在であることを示唆した．

Gell と同様に脱人間中心主義的な立場に立つ社会学者の Latour は，様々な存在を媒介し，関係性を変質させるような存在を，「媒介項」あるいは「議論を呼ぶ事実」と呼んだ[4]．こうした観点から，ここではヒトや環境との結びつきを変化させるようなデザインを，「議論を呼ぶデザイン」と呼んでみたい．議論を呼ぶデザインにおいて，道具は，既存の凝り固まった結びつきを変質させ，新たな存在を生成させる．例えば，ブラックボックスとされていた生態系などの外部性は，採集道具や虫屋的観点という議論を呼ぶデザインがあれば，たとえ人工的な場所であっても生成しうる．Norman は自宅の窓からの眺めを「人工的」だと記述している[8]．しかし，虫屋たちは Norman がいうような人工的な街中からも虫を見つけ，生態系を見出す．こうした風景でも，採集道具やある種の観点を媒介項とすれば，「自然」と出会うことができるのである．

無論，このような道具を手にするために，わかりやすくその必要性が示される可能性がある．したがって，Norman が主張する「意味」が重要である点に異論はない．また，急速に進む環境破壊に対して，多くの人々にわかりやすく意味を表現していくデザインは，言うまでもなく重要である．しかし，人々が採集道具や虫屋的観点を通して人工的な世界から「自然」を生成していくことは，ブラックボックス化された生態系との結びつきを回復させることにつながるのではないだろうか．広域に意味を表現していくだけでなく，議論を呼ぶデザインを通してブラックボックス化された自然や生態系を新たに生成していくことで，生態系に関わるより大きな議論を呼ぶ事実を生成することにもつながるかもしれない．人間性中心デザインとは，こうしたミクロ／マクロレベルのデザインをめぐるダイナミックな運動として捉えられるべきであるように思われる．

文献

[1] 宮田 義郎・鈴木 真帆 (2022). 創造性の社会的意味. 認知科学, 29, 281-284.

[2] Norman, D. A.（1991）Cognitive artifacts. In J.M. Caroll (ed.), *Designing Interaction: Psychology at the Human-Computer Interface*. Cambridge University Press. (ノーマン, D.A. 野島 久雄（訳）(1992). 認知的な人工物 安西 祐一郎・石崎 俊・大津 由紀雄・波多野 誼余夫・溝口 文雄 (編) 認知科学ハンドブック(pp.52-64). 共立出版)

[3] Norman, D. A. (1988). *The Psychology of Everyday Things.* Basic Books. (ノーマン, D.A. 野島 久雄 (訳) (1990). 誰のためのデザイン?：認知科学者のデザイン原論 新曜社)

[4] Latour, B. (2007). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford University Press. （ラトゥール, B. 伊藤 嘉高 (訳) (2019). 社会的なものを組み直す: アクターネットワーク理論入門 法政大学出版局)

[5] 阿部 廣二・大山 星馬. (2024). 虫屋の採集技法:「野生のナヴィゲーション」としての昆虫採集 認知科学, 31. 269-288.)

[6] 床呂 郁哉・河合 香吏 (編) (2019). ものの人類学 2 京都大学学術出版会.

[7] Norman D. A. (2010). *Living with Complexity.* The MIT Press.（伊賀 聡一郎・岡本 明・安村 通晃 (訳) (2011). 複雑さと共に暮らす：デザインの挑戦. 新曜社.)

[8] Norman, D. A. (2023). *Design for a better world: Meaningful, sustainable, humanity centered*. MIT Press. (ノーマン, D.A. 安村 通晃・伊賀 聡一郎・岡本 明(訳) (2023). よりよい世界のためのデザイン : 意味, 持続可能性, 人間性中心 新曜社)

[9] Gell, A. (1998). *Art and agency: An anthropological theory.* Oxford University Press.

[10] Certeau, M. D. (1984). *The Practice of Everyday Life.* University of California Press.（セルトー, M. D. 山田登世子 (訳) (1987) 日常的実践のポイエティーク，国文社)

我々は人間性中心設計の荒野にともに立てるのか
Can we stand together in the wilderness of humanity centered design?

元木 環[†]
MOTOKI Tamaki

[†]公立はこだて未来大学
Future University Hakodate
mtktmk@fun.ac.jp

概要

現在特に美術的なデザイン実践にはさまざまなツールがあり，デザインプロセスを進める各種手法に関しても簡単に情報を得ることができる．本発表は，このようなデザイン教育の現場において，人間中心から人間「性」中心デザインへの転換をどのように捉え，これからデザイン実践の経験を積んでいく人に向けて，どのように具体的に伝えうるのかということについて事例を交えて話題提供する．

キーワード: 人間性中心デザイン，情報デザイン，デザイン教育

1. はじめに

私は現在，各種情報システムやプロダクト，UI/UX，サービス等のデザイナーを志す大学生と日常的に接している．私が勤務する大学において，Norman 氏の著書「誰のためのデザイン？」は，特に情報デザインを学ぶ学生の誰もが知っている参考書である．書籍で提唱されていた「ユーザー・センタード・デザイン」（人間中心デザイン）は『情報デザインの基礎となるデザイン理論と手法の一つである』とされ，情報デザイン教育のカリキュラムの中に位置付けられている[1]．本学に限らず，デザイン教育のカリキュラムは産業界でデザイン職に就く専門家の排出を想定し組まれており，人間中心デザインは現在デザイナーが仕事をする上で基礎となるデザイン理論と手法の一つという共通認識があるともいえるだろう．

Norman 氏の近著「より良い世界のためのデザイン」（以下，本書）では，人間中心デザインから人間性中心デザインへと作り手であるデザイナーが配慮すべき観点をユーザーが存在する生態系まで広げている．現在のデザイン教育，特に私が関わっている情報デザインの分野のデザイン実践研究および教育においては，すでにそのようなアプローチの必要性を感じている．

2. 「より良い世界のためのデザイン」を読む

私が本書を読もうとしたきっかけは，「誰のためのデザイン？」で示した原則に手を加えるような新しい本らしい，と人伝に聞いたことである．デザイン教育の参考書が更新されたということか？と読み始めた．

本書は，パートⅠで，産業につながる広範囲な「人間の行動」に焦点を当てると述べられており，それを支える「社会的な主要問題」は扱わず，各種システムの問題にどのように対抗するかについては論じない，と前置きしている．私は「誰のためのデザイン？」と同様に産業の中にあるデザインを扱っていると理解したが，読み進めるうちにパートⅠで「触れないこと」と想定していた産業デザインが直接関与できないような範囲の話題がしばしば出現するように読めてしまい，本書のスコープを捉えることに困難を感じていた．

人間「性」中心デザインで加わったデザイン原則「コミュニティとともにデザインし、コミュニティによるデザインを可能な限り支援する。」は，私が大学という産業界とは一定の距離がある活動や組織の中のデザイン実践の経験と重ねて素直に共感できた．このような原則が追加されたなら（産業デザインには引け目を感じてしまう）自分の経験を教育に活かしていけるのだろうかと思えたが，具体例が挙げられていないため，果たして自分が経験してきたような産業界とは異なる世界の中でのデザインと同様に捉えて理解しても良いものか，読みながら迷いを抱えた．

3. InfoD での議論と研究紹介

私が会員である日本デザイン学会情報デザイン研究部会（以下，InfoD）でも本書のオンライン読書会が企画され，参加した．そこでは話題のひとつとして，「誰のためのデザイン？」や，「エモーショナル・デザイン」では語られていたデザインの個別具体的な事例が，本書ではあまり具体的には出されていないことが指摘され，人間「性」中心設計をどのように理解するか，難しさを感じるという声が上がっていた．

読書会後に参加者の一部で集まった際，「人間中心デザインでデザイナーは，ものやことといった人工物を

作ることで, ユーザーをアフォードしてきたけれど, そのようにアフォードすべき，という前提に囚われているのでは」「自分たちのより良い生活のためにルールやシステムを作ったはずなのにコンヴィヴィアリティでなくなっていくことにも通じるのでは」などと話す機会があった．日頃 Info だろうことは確信できたがどこか捉えきれてないもやもやがあり，人間「性」を中心とするデザイン知を自分（たち）ごととして描き出せるよう，本書には書かれていない具体的なデザイン実践を各々もちよることでアプローチしたいと，デザイン学会の春季研究大会に向けて，オーガナイズドセッション（以下，OS）を企画応募することとなった.

OS 実施に向けた準備では，どのようなデザイン実践例をどのように出すかを検討した. 最終的に, 企画者からみて，いままさにデザイン実践を通じて人間性中心デザインを学びとっていると思った 3 組の若手実践者たち（OS 登壇者のゼミで学んでいた学生・卒業生）に声をかけ，各自のデザイン実践研究を紹介してもらうこととした. これは, 安易に登壇者が一人づつ連れてきたというわけではなく，元から登壇者同士学生を含めた交流があり，それぞれの実践に関わったり伴走をしながら,「やってみてわかる[2]」というプロセスで研究を進めていたことや，進めていたデザイン実践研究の内容について理解していたことからの選択であった.

私のゼミの卒業生も若手実践者のひとりとして登壇し，卒業研究をまとめた発表[3]をベースに，さらに深めた思索を含めて自身の実践を紹介してくれた.

4. 学生への助言

今思えば，OS で実践紹介をしてくれた卒業生は，卒業研究を開始した当時興味関心のあることがある程度言語化されており，具体的に実践してみたいことも経験もあったことから，どこへ向かうかわからないなりに「やってみて考える」ことに入っていけたのかもしれないと思い返す.

しかし，むしろ何からやってみればよいかが決めきれなかったり, 迷ってしまう学生の方もいる. 今の大学では，地域や具体的な課題に取り組む実践やそれを研究にしたいという学生にしばしば出会う．そのような学生は，例えば地域で行われる活性化関係の講演会やアイデアソン的イベントに参加したり，関連しそうな図書を読み, 関心のある地域の活動や店舗, 人などの情報をインターネットで検索し, 情報を得ており, デザインされたものやことについての知識は持っている.

あるとき学生のひとりから「(卒業研究として）地域のブランディングの実践をするにはどうやったらできるのか」「地域のデザインの仕事は，例えば地域の人がデザインのことがわからない場合，どうやってはじまるものなのか」と質問を受けた.

わたしは，これまで結果的に地域や組織のコミュニティの一員として自分の存在が馴染んでからデザインすべきことを共に把握し，取り組めたデザイン実践が多立ったため, そのようなことで悩んだ経験はなく, たしかに自分の都合（卒業研究のタイミング）に合わせて行うにはどうすれば良いかということは難しい質問であった.

人間性中心デザインといわれなくても，地域などにおいてはデザイナーもデザインするコミュニティと共に関係性を育み，そこで行う必然性を見出しながらデザイン実践をすることがより良いデザインに近づける方法であることと言えるだろうが，一般的に産業界におけるデザイナーやデザインを学ぶ学生は時間的な制約や期限がある中でデザイン実践に取り組むことになるため, そのような始め方も続け方も容易ではない. 実際のところ偶発的にある状況に居れた人しか関われないとしても，何から始めれば良いのか，と考えた.

結果的に私が最初に伝えたのは次のことである.

- 自分と自分の関心事の関係について，できるだけ遡り最初の記憶から今に至るまでの作文を書くこと.
- 調べて出てきて興味をもった場所や人で，特段問い合わせをしなくても訪れることができる場であれば行ってみること.

私は，作文することにより，学生が，自分がどういったことで，地域のデザインというような関心が生まれてきたのかを内観して言語化することにより，何が興味関心の軸にあるのかがわかり，具体的に何がやれるのか見えるのではと考えたことと，興味関心の軸や程度がわからないうちに, 例えば現場の人に「話を聞かせてください」といったようなお願いをすることは避けるべきではと「調査される迷惑」ならぬ「デザインされる迷惑（しかもされない可能性も高い）」といったことが起きることを恐れてしまったからだ.

そして，地域でデザインをしたいといった時に教員の紹介がある上でしか成立しない状況は，学生の実践研究であっても良くないのではないか，と考えていたこともある. ただし, 関心がある場にたまたま居合わせ

ることで，関係が生まれる機会に出会えないとも限らない，と計算したため，とりあえず見ず知らずの人間が問い合わせを必要としない形で居られる場なら，訪れてみればどうかと提案したのだった．（具体的には興味のある活動を行なっている人がされているお店で買い物をしにいく，公道を散歩してみる，ワークショップに申し込んで参加してみる，などということであった．）

このような作文を書くことは，今の所ゼミの最初に推奨しており，結果的には私自身がその学生の関心事を形成する世界をできるだけ理解するために行なっている側面もあると感じている．大体の学生は，最初は簡潔にまとめて，段階を省略，飛躍させて書くことから始まるが，読み上げると書かれていない行間にある状況や思考が吐露されることも多く，それをその場で追記してもらったり，細かく尋ねてくと言葉として出てきたりということがある．関心事の分野や対象を年齢が上の私の視点で知っていることもあるため，私の側にできるだけ引き寄せないようにしたいということの表れでもあり，いわば，彼らが今から分け入るデザインの荒野に伴奏者が一緒に立つために必要なプロセスに捉えているように思う．

5. デザインを教育することへの悩み

他にも，大学で授業を担当するなかではさまざまな悩みが生じることがある．例えば，学生が自分たちで設定したペルソナがその制作過程で機能等の取捨選択に結びつかないという場に出会したり，フィールドワークで何をどうみたらいいかわからないという学生へのアドバイスに悩んだり，あるいはグラフィックデザインの課題のブラッシュアップを助言するため，なぜ現状のレイアウトになっているのか尋ねると，ネット上の画像集から何か良いと思ったものを検索しそれを真似ているといった回答を受け，参考にするタイミングが違うのではと思いつつそれをどのように伝えれば良いか悩む，といったことだ．その都度，学生のやっていることを「ちょっと違うのではないか」と思うこともしばしばあるが，どのようになぜ違うのか，をどのように伝えるか，例示できるのかは常に悩ましい．

6. デザインを教育することの難しさ

デザイン教育の難しさの一つの側面は，デザイン初学者が「やってみてわかる」ことを体感するには，デザインプロジェクト（初めから終わりまで，作る前から作り使われる工程）全体をまずは一人でやってみることが肝要であるということだ．デザイン教育において，授業の前にいくら説明を受けてもわからなかったことが，やってみてから読み聞きするとわかる，デザインしたものやされたものを見る目が変わって見えるようになる，ということは常に起こり，それが起こるタイミングは個人によって変わってくる．

また，自分の体感であるが，デザインを始める初期段階で，今見えている情報だけを手がかりにデザインをしているわけではなく，無意識に裏にある生態系が透けて見えた時に，デザインすべきものやデザインの方向性を垣間みている．すでに見えている情報に，デザイン手法や理論を用いて，進むべき方向を見ているというよりも，むしろその時々により「こちらに進むべきではない」といったみえ方が起こり，この手法を用いれば見えるだろう，より確信が持てるだろうといった気づきを得て，そのデザイン実践に働く手法や理論であるかを判断しているふしがある．

教育においては取り組む学生がデザイナー本人であり，必ずしも教員にその世界が見えているわけではない．主体となって今見えないものやことに意識を巡らせる術を，どうやって伝えられるかを考えることは，自分がどのようにデザイン実践をしてきたのかを捉え直すことにもなるだろう．

文献

[1] 浅野智，上平崇仁，木村博之，櫛勝彦，小池星多，島村隆一，小路晃嗣，寺沢秀雄，根巣透，山崎和彦，カリキュラムの事例，「情報デザインの教科書」p.164-165,情報デザインフォーラム，丸善株式会社，2010.

[2] 原田泰，「やってみてわかる」プロセスからデザイン・プロジェクトをとらえ直す，デザイン学研究特集号（2014）21 巻 3 号，p. 48-53，日本デザイン学会.

[3] 元木環，佐々木皓大，“DIY により自分たちの場が創られたデザイン実践の考察”，第 71 回日本デザイン学会春季研究発表大会，日本デザイン学会研究発表大会概要集，日本デザイン学会，2024 年 6 月 22 日.

なぜ先達は技に対する言語使用に注意を諭したのか？ ～ 前頭前野の脳活動に注目して ～

Why did Masters Admonish Caution in Word Usage about Skills? - Focusing on Brain Activity in the Prefrontal Cortex -

山田 雅敏[†]，高田 亮介[‡]
Masatoshi Yamada, Ryosuke Takata
[†] 常葉大学，[§] 東京大学
Tokoha University, University of Tokyo
yamada-m@sz.tokoha-u.ac.jp, takata@sacral.c.u-tokyo.ac.jp

概要

技を上手く実践するためには，状況を正しく判断し，素早く動くことが大切となるが，古来，先達の多くが技に言語が介在すると，一瞬の迷いや遅れを生じる場合があるため，言語の使用に注意するよう諭していた．そこで本研究は，動作中の認知的な発話行為により知覚対象を弁別することが，身体動作にどのような影響を及ぼすのかについて，前頭前野の脳活動に注目し実証的に検証することを目的とする．方法として，ある知覚の刺激には指定の発話を行いながら反応し，他の刺激には反応を要求しない Go/No-go 課題を用いて検証した．結果の分析から，認知的な発話行為による知覚対象の弁別によって，身体動作の反応時間が遅くなることが明らかとなった．また，認知的発話が前頭局部の脳活動の賦活と関連していることが示されたことから，動作中の言語使用によって動作の反応に影響を及ぼす可能性が示唆された．

キーワード：技，言語使用，認知的発話，前頭前野，脳活動

1. 序論

1.1 背景

技を上手く実践するためには，状況を正しく判断し，素早く動くことが求められる [1]．この時，身体動作に利用されている知覚情報のほとんどは意識にのぼらない潜在的情報であり，非意識的に行われている．一方で，様々な研究領域において，身体動作に伴う知覚と言語が関連しているという報告も多く蓄積されており，意識的な言語処理が身体動作に影響を及ぼすことも同様にたしかである．

> 私が時に手足の運び方などを質問すると，即座に質問の技で私を投げ飛ばし『つまり』こうじゃよ，わかったかな』と破顔一笑されるのでした．技は本来，口では説明できぬものであり，何百回となく投げ飛ばされているうちに自得せよとの意味であったと思います．技は同じように見えても，実はたびごとに方向も速度も力も相違する．相手により，時と場合によって微妙に変化する．口での教えは，それを一つの型にはめてしまうことを嫌われていたようでした．
> 【出典】植芝吉祥丸（著），植芝守央（監修）（2016）“合気道開祖 植芝盛平伝” 出版芸術社，pp.16-22.[2]

この一節は，合気道を創始し，無我の神技を持つと評された植芝盛平氏による稽古を回想した弟子の文脈である [2]．古来，先達の多くが技に言語が介在すると，一瞬の迷いや遅れを生じる場合があるため言語の使用に注意するよう（言葉を通して）諭していた．武道に精通した島田明徳氏（1992）は，言語では人間が感じている一部しか表現できず，言語使用によって動作に影響を及ぼすと説いている．そして「考えるな，感じろ！」の表現が示す通り，感覚的な身体動作の「感じる」と，人工的な「思う」を混同している場合が多いと指摘している [3, 4]．同じく武道家の茂呂隆氏は「脱・主観」の重要を指摘し，思い込みが身体動作を阻害すると伝えている [5]．また，バンクーバーオリンピック・スピードスケートコーチの結城匡啓氏は，言語化が感覚を狂わし陥穽に陥る可能性があるため，技

を言葉により表現することを控えるように指導したと述べる [6]．たしかに指導者は，技に関する身体動作を（言葉により）指南する一方で，その主眼は身体動作に伴う（言葉に表現し難い）感覚を学習者が体感することを期待している．

1.2 リサーチクエスチョン

言語が身体動作に影響を及ぼすことについては，学術的領域でも同様の知見が指摘されており [7]，たとえば，言語処理が色を弁別する反応時間を遅らせることや [8, 9]，知覚情報に関する言語化の試行が知覚内容の再認を阻害する言語隠蔽効果 [10] が報告されている．一方で，スポーツオノマトペ [11] やシャウト効果 [12] など動作中の発話によりパフォーマンスが向上する知見もあり，言語処理が技の反応やパフォーマンスに及ぼす影響については十分に解明されていない．

そこで，本稿では認知科学の視座から，身体動作中の認知的な発話行為によって知覚対象を弁別することが身体に動作に及ぼす影響について，実験室実験により実証的に検証することを目的とする．

2. 方法

2.1 実験

2024 年 1 月 16 日〜2 月 17 日の期間に，健常者 30 名（男性 14 名，女性 16 名），平均年齢 19.7 歳（SD = 0.95）から実験協力を得た．被験者に対して知覚反応テスト以外の刺激を与えないように，直接日光が当たらない屋内の静かな教室を準備した（図 1 参照）．

図 1 実験環境

2.2 Go/No-go 課題

本実験では，ある知覚の刺激には指定の発話を行いながら反応し，他の刺激には反応を要求しない Go/No-go 課題に注目する [13]．本実験で使用した課題は，画面上に赤円と青円のどちらかがランダムに表示され（出現確率はそれぞれ 50%），赤円が表示されている 1 秒間にスペースキーを押した場合に True が自動的に記録される．対して，赤円が表示されている間にスペースキーを押さなかった場合，または青円が表示されている間にスペースキーを押すと False が記録される．被験者に対して，赤円が表示された場合のみスペースキーをできるだけ速く押下するよう教示した．これを 1 タスク当たり 20 回繰り返し，全 6 タスクの計 120 回試行した．

2.3 タスクデザイン

日本光脳機能イメージング学会 [14] の推奨するブロックデザインに倣い，赤円と青円どちらが表示されても「はい」と発話する場合をコントロールタスク（以下，CT），赤円が表示された時には「赤（あか）」，青円が表示された時には「青（あお）」と発話する場合をターゲットタスク（以下，TT）として，両タスクを交互に 3 ブロック（2 タスク× 3 ブロック＝全 6 タスク）を行った（図 2 参照）．

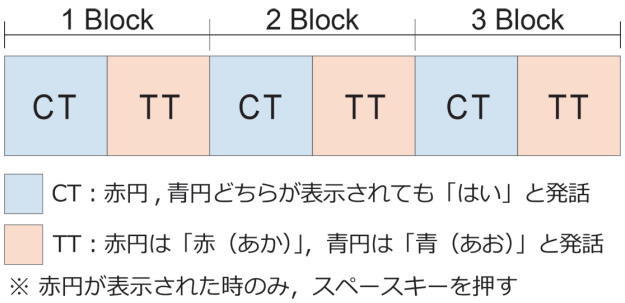


図 2 実験のタスクデザイン

2.4 脳活動の計測

本実験では，認知的な発話的行為が身体に及ぼす影響について，生理学的指標からも検討するために，近赤外分光法（Near-Infrared Spectroscopy）を用いた脳活動計測装置（株式会社 NeU：HOT-2000[15]）を使って脳血流変化を計測した．同装置の計測ターゲットは短期記憶や意思決定，思考，注意，行動の抑制など人間的な高次機能を司る前頭前野の大脳皮質で（図 3 参照），左前頭局部（以下，Fp1）と右前頭局部（以下，Fp2）の 2 チャンネルをモニタリングし（図 2-3 参照），100msec の間隔でサンプリングした．分析方法として，両タスクでサンプリングしたデータの平均値をそれぞれ算出し，比較検証した [14].

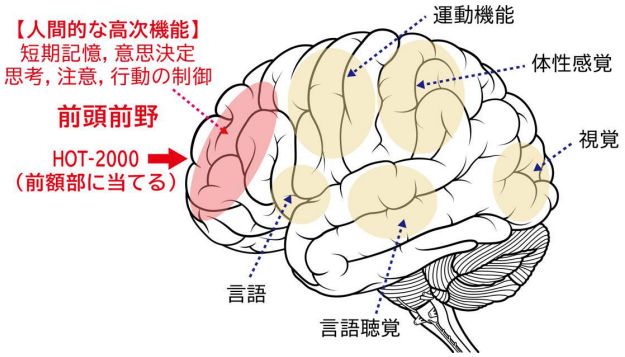


図 3　脳活動の計測部位 [15]

3.　結果

すべての被験者の CT と TT との反応時間について，両タスク間で等分散性が認められたことを確認した上で，スチューデントの t 検定を行ったところ，CT と比較して TT の反応時間が有意（$t(1735)=6.57$, $p<.05$）に遅い結果が示された（図 4 参照）．また，被験者ごとの CT と TT の反応時間の差分を確認したところ，被験者 30 名中 25 名の反応時間について CT と比べて TT の方が遅い結果が示された．両タスクの反応時間について t 検定を行った結果，被験者 30 名中 12 名に有意差（5%水準）が認められた．

続いて脳活動の結果として，Fp1 は 30 名中 20 名，Fp2 は 30 名中 26 名の脳血流変化に関して，CT と比べて TT が低い傾向が示された（表 1 参照）．

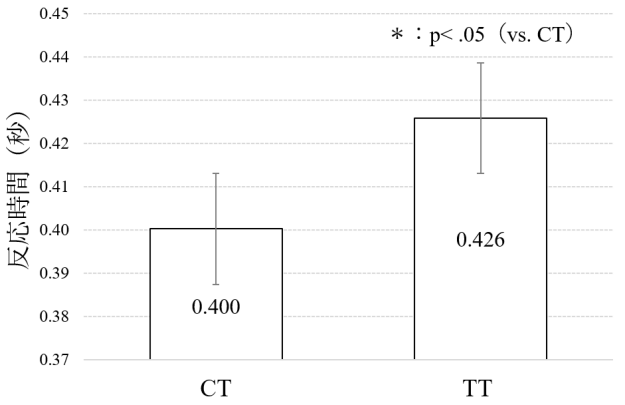


図 4　両タスクの反応時間の比較（付録 A 参照）

4.　考察

Go/No-go 課題の反応時間について，CT と比べて TT の方が遅い結果が示されたことから，認知的発話による知覚対象の弁別が，身体動作の反応時間を遅らせる可能性が示唆された（表 1 参照）[1]．次に脳活動に関して，TT と比べて CT が高く，賦活する傾向が示された．先行研究によると，認知症やうつ病を罹患すると理解・判断力などの前頭前野の機能低下が起こり，脳血流が減少する傾向にあることが報告されている [16]．本実験においても，CT に比べて TT の脳活動が低い傾向であったことは，Go/No-go 課題の TT の反応時間が遅かったことを支持しており，認知的な発話行為の判断が，前頭前野の賦活に影響を及ぼすことが示唆された．

[1]詳細は，「山田雅敏，高田亮介：言語使用が身体スキルの反応に与える影響；2024 年度人工知能学会全国大会 (第 38 回)，3Xin2-114」を参照されたい．

5.　結論

本稿では，認知科学の観点から動作中の認知的な発話行為により知覚対象を弁別することが，身体動作に及ぼす影響について実証的に検証することを目的とした．実験の結果から，認知的な発話行為による知覚対象の弁哲により，身体動作の反応時間が遅くなることが明らかとなり，さらには発話の認知的な判断が前頭局部の脳活動の賦活に影響を及ぼすことが示された．

今後の課題として，実験後に収集した運動感覚的印象のリフレクションと反応時間，ならびに脳活動との関連について検討することを射程に入れ，稿を閉じる．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費「禅的実践による無我の状態と技に対する効果の解明（22K17681）」の助成を受けたものです．

文献

[1] A. P. McRobert, A. M. Williams, P. Ward, D. W. Eccles,（2009）“Tracing the process of expertise in a simulated anticipation task” Ergonomics, vol.52, no,4, pp.474-483.
[2] 植芝吉祥丸（著），植芝守央（監修），(2016）“合気道開祖 植芝盛平伝” 出版芸術社，pp.16-22.
[3] 島田明徳,（1992）“心悟りの意味” 地湧社，pp.94-95.
[4] 島田明徳,（2001）“秘伝「猫の妙術」 極意とは何か 武の奥義書から学ぶ人生の極意” BAB ジャパン.
[5] 茂呂隆,（2011）“護身は護心にあり” BAB ジャパン，pp.181-186.
[6] 生田久美子，北村勝朗,（2014）“わざ言語 感覚の共有を通しての「学び」へ” 慶應義塾大学出版会株式会社，永山貴洋（執筆），pp.65-100.
[7] 今井むつみ，佐治伸郎，山崎由美子，浅野倫子，渡邊敦司，大槻美佳，松井智子，喜多壮太郎，安西祐一郎，岡田浩之，橋本敬，増田貴彦,（2014）“言語と身体性” 岩波書店，pp.63-91.
[8] M. O. Glaser, W. R. Glaser,（1982）“Time course analysis of the Stroop phenomenon” J. Exp. Psychol., Human Perception and Performance, vol.8, pp.875–894.
[9] C. M. MacLeod,（1991）“Half a century of research on the Stroop effect” An integrative review. Psychological Bulletin, vol.109, pp.163–203.

表 1　Go/No-go 課題と脳血流変化の結果（付録 A 参照）

No.	年齢	性別	反応時間 [秒]			検定統計量	p値	脳血流変化の平均 [mM･mm]（標準偏差）			
								Fp1		Fp2	
			CT	TT	差分			CT	TT	CT	TT
S01	18	M	0.343	0.337	-0.006	-0.42	0.675	1.879 ↑ (0.21)	1.702 ↓ (0.24)	0.318 ↑ (0.15)	0.273 ↓ (0.17)
S02	19	M	0.387	0.427	0.040	2.20 *	0.033	-0.113 ↑ (0.10)	-0.137 ↓ (0.11)	0.180 ↑ (0.09)	0.116 ↓ (0.06)
S03	19	M	0.375	0.428	0.053	4.12 *	<0.001	0.219 ↑ (0.14)	0.176 ↓ (0.05)	0.219 ↑ (0.15)	0.180 ↓ (0.07)
S04	19	M	0.387	0.417	0.030	2.36 *	0.022	1.042 ↓ (0.16)	1.067 ↑ (0.13)	-1.110 ↑ (0.46)	-1.473 ↓ (0.26)
S05	19	M	0.406	0.400	-0.006	-0.35	0.725	0.515 ↑ (0.30)	0.367 ↓ (0.14)	0.517 ↑ (0.27)	0.361 ↓ (0.10)
S06	20	M	0.400	0.404	0.004	0.25	0.805	0.902 ↑ (0.25)	0.883 ↓ (0.20)	-0.081 ↑ (0.21)	-0.102 ↓ (0.20)
S07	20	M	0.368	0.392	0.024	1.61	0.112	0.400 ↑ (0.10)	0.296 ↓ (0.07)	0.410 ↑ (0.09)	0.339 ↓ (0.09)
S08	20	M	0.404	0.417	0.013	0.73	0.466	-0.313 ↓ (0.09)	-0.245 ↑ (0.12)	0.528 ↓ (0.10)	0.864 ↑ (0.28)
S09	19	M	0.395	0.446	0.051	2.79 *	0.007	0.485 ↓ (0.09)	0.610 ↑ (0.10)	0.257 ↓ (0.13)	0.318 ↑ (0.12)
S10	20	M	0.473	0.481	0.008	0.54	0.588	0.440 ↑ (0.08)	0.364 ↓ (0.07)	0.573 ↑ (0.05)	0.454 ↓ (0.07)
S11	20	F	0.397	0.386	-0.010	-0.64	0.523	0.076 ↑ (0.03)	0.069 ↓ (0.04)	0.083 ↑ (0.05)	0.053 ↓ (0.06)
S12	22	M	0.479	0.494	0.015	0.45	0.653	-0.404 ↓ (0.28)	-0.287 ↑ (0.36)	-0.077 ↓ (0.18)	0.025 ↑ (0.21)
S13	20	M	0.335	0.345	0.010	0.64	0.525	-0.315 ↑ (0.23)	-0.505 ↓ (0.12)	-0.097 ↑ (0.10)	-0.211 ↓ (0.07)
S14	19	F	0.442	0.455	0.013	0.67	0.506	0.007 ↓ (0.12)	0.053 ↑ (0.11)	0.865 ↑ (0.09)	0.779 ↓ (0.11)
S15	19	F	0.364	0.386	0.023	2.04 *	0.046	0.105 ↑ (0.07)	0.092 ↓ (0.07)	-0.102 ↑ (0.07)	-0.149 ↓ (0.04)
S16	19	F	0.421	0.460	0.039	1.99	0.052	-0.166 ↑ (0.08)	-0.203 ↓ (0.08)	-0.269 ↑ (0.11)	-0.324 ↓ (0.12)
S17	20	F	0.409	0.432	0.023	1.35	0.182	-0.016 ↓ (0.16)	-0.015 ↑ (0.12)	-0.374 ↑ (0.21)	-0.437 ↓ (0.12)
S18	21	M	0.429	0.477	0.048	3.05 *	0.004	0.039 ↑ (0.07)	0.035 ↓ (0.08)	0.418 ↑ (0.12)	0.291 ↓ (0.11)
S19	19	F	0.436	0.430	-0.007	-0.41	0.680	-1.755 ↓ (0.18)	-1.720 ↑ (0.15)	0.561 ↓ (0.16)	0.603 ↑ (0.17)
S20	19	F	0.399	0.458	0.059	2.66 *	0.010	0.628 ↑ (0.06)	0.584 ↓ (0.08)	-0.084 ↑ (0.05)	-0.096 ↓ (0.04)
S21	21	F	0.465	0.508	0.043	1.82	0.074	0.099 ↑ (0.16)	0.097 ↓ (0.13)	-0.195 ↑ (0.16)	-0.203 ↓ (0.12)
S22	21	F	0.411	0.460	0.050	2.51 *	0.015	-0.024 ↓ (0.14)	-0.018 ↑ (0.14)	0.456 ↑ (0.13)	0.396 ↓ (0.09)
S23	21	F	0.475	0.446	-0.030	-1.17	0.246	0.243 ↓ (0.11)	0.277 ↑ (0.06)	0.547 ↓ (0.06)	0.560 ↑ (0.07)
S24	19	F	0.407	0.474	0.067	2.57 *	0.013	1.186 ↑ (0.14)	1.169 ↓ (0.07)	-0.130 ↑ (0.27)	-0.253 ↓ (0.11)
S25	20	F	0.371	0.414	0.043	1.75	0.088	0.067 ↓ (0.29)	0.139 ↑ (0.25)	0.126 ↑ (0.27)	-0.158 ↓ (0.16)
S26	20	F	0.300	0.332	0.031	2.21 *	0.031	0.100 ↓ (0.10)	0.173 ↑ (0.13)	0.176 ↓ (0.10)	0.246 ↑ (0.11)
S27	21	M	0.420	0.448	0.028	1.77	0.082	0.290 ↑ (0.16)	0.274 ↓ (0.18)	0.444 ↑ (0.10)	0.444 ↓ (0.12)
S28	19	F	0.435	0.439	0.004	0.20	0.844	0.346 ↑ (0.05)	0.323 ↓ (0.05)	0.021 ↑ (0.05)	-0.006 ↓ (0.04)
S29	20	F	0.310	0.343	0.033	2.96 *	0.004	0.456 ↑ (0.07)	0.421 ↓ (0.05)	-0.215 ↑ (0.06)	-0.274 ↓ (0.07)
S30	18	F	0.387	0.425	0.038	2.30 *	0.025	-0.347 ↑ (0.12)	-0.389 ↓ (0.09)	-0.039 ↑ (0.11)	-0.102 ↓ (0.10)

M: 男性，F: 女性，CT: コントロールタスク，TT: ターゲットタスク，Fp1: 左前頭前野，Fp2: 右前頭前野

*: p <.05 等分散が認められた場合：スチューデントのt検定，等分散性が認められない場合：ウェルチのt検定

※ データは脳血流量の相対的指標であり，絶対値を示すものではない．CTとTTを比較し、高い場合には"↑"、低い値には"↓"を割り当てた．

[10] J. W. Schooler, T. Y. E.-Schooler,(1990)“Verbal overshadowing of visual memories: Some things are better left unsaid” Cognitive Psychology, vol.22, no.1, pp.36-71.
[11] 藤野良孝,（2008）“スポーツオノマトペ: なぜ一流選手は「声」を出すのか）” 小学館.
[12] 田中絵梨, 伊藤祥史, 藤村昌彦，（2017）“重量物持ち上げ動作における Shout 効果に関する筋電図学的研究”Japanese journal of occupational medicine and traumatology，vol.65，no.4，pp.184-189.
[13] 綾部早穂, 井関龍太, 熊田孝恒 (編集),（2022）“心理学, 認知・行動科学のための反応時間ハンドブック” 勁草書房.
[14] 日本光脳機能イメージング学会,（2017）“より良いfNIRS[機能的近赤外分光法] 計測のため” 一般社団法人日本光脳機能イメージング学会，pp.2-13.
[15] 株式会社 NeU“HOT-2000 携帯型脳活動計測装置” https://neu-brains.co.jp/solution/nirs/hot-2000/ (閲覧日 2024/4/21UTC)
[16] 高橋真悟，児玉直樹，小杉尚子，竹内裕之,（2013）“近赤外光を用いた認知症患者における前頭前野血流量の検討” 電気学会論文誌C（電子・情報・システム部門誌），vol.134，pp.35-40.

A　著作物利用許諾について

本稿は，一般社団法人電子情報通信学会（英文誌）に投稿（2024/4/16 付）した研究（M. Yamada, R. Takata: Effects of Discrimination of Perceptual Objects by Cognitive Speech Acts on the Reaction Time of Body Motion; IEICE, copyright(c) IEICE）の一部を掲載したものである．学会の投稿規程に倣い，本稿への掲載に関する著作物利用許諾を申請し，許諾済である（許諾番号：24RB0018）.

すれ違い時の注視が思いやり評定と理解評定に与える影響
Gaze Promotes Consideration and Impairs Understandability

松林 翔太 †，二宮 由樹 †，三輪 和久 †，寺井 仁 ‡
Shota Matsubayashi, Yuki Ninomiya, Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai
† 名古屋大学，‡ 近畿大学
Nagoya University, Kindai University
matsubayashi.shota.v0@f.mail.nagoya-u.ac.jp

概要

交通におけるすれ違い状況において，相手からの注視時間の長さが，その相手にどれほど思いやりを感じるか，その動きをどれほど予測・説明できたかの各評定に与える影響を検証した。その結果，注視時間が長くなるほど思いやりは高く評定された。相手の行動に対する予測・説明に関しては，相手が道を譲ってくれた場合は注視時間が長くなるにつれて評定が高くなったが，相手が先に通過した場合は評定が低下した。

キーワード：交通 (traffic), すれ違い (crossing), 注視 (Gaze), 思いやり (Consideration)

1. 導入

交通においては，物理的な制約によりしばしば space-sharing conflict (Markkula et al., 2020) が起こる。例えば，合流においては，本車線ドライバと合流車線ドライバのどちらが先行し (以降，二者が交差する点を先に通過する側を Leader と呼ぶ) どちらが後行するか (以降，後に通過する側を Follower と呼ぶ) を一定の時間内に決定しなければならない。将来的に自動運転技術が普及すると，自律移動モビリティと人間が思いやりながらこれを行うこともあるだろう。

二者が直交にすれ違う状況における conflict 解消のひとつの手段として，本研究では注視の効果に着目する。注視がすれ違い相手にもたらす効果については実は意見が分かれている。狭窄路では注視を通して，自身が譲る意図または譲らずに先に通過する意図のいずれも伝えることができる (Youssef et al., 2024)。また，歩行者がドライバを注視することは，両者の関係性の不確実性を下げ，どちらが優先されるかが明確にすることができる (Uttley et al., 2020)。しかし一方で，道路横断中の歩行者とドライバ間では加減速などは幅広く活用されていたが，注視やハンドジェスチャーはほぼ活用されていなかったとの報告もある (Lee et al., 2021)。また，歩行者同士のすれ違い実験では，注視よりも体や足の向きなどの身体情報 (Lynch et al., 2018) が主に活用されることも示されている。

二者の直交すれ違いで注視が Leader/Follower の意思決定に影響するか否かは意見が分かれている。しかしその意思決定に至る前の過程として，その相手に対する認知や理解，具体的にはその相手にどれほど思いやりを感じるか，動きをどれほど予測・説明できたかの評定にどのような影響があるのかは明らかではない。そこで本研究では，相手からの注視時間を独立変数として統制した動画を作成し，その相手に対する評定を従属変数として測定する。

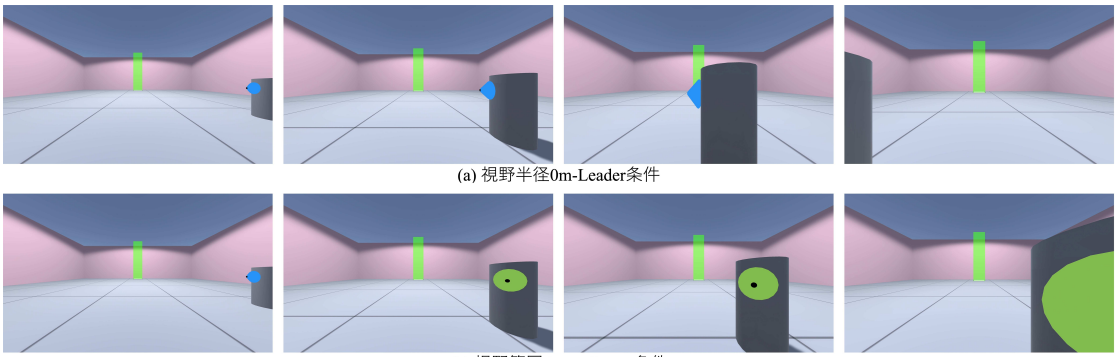
その際，別の独立変数として，相手が先行して参加者の前を横切る Leader か，停止して道を譲る Follower かという交差順序も同時に操作する。これは，Leader/Follower で注視の量やタイミングに違いがあることが示されており (Ninomiya et al., 2024)，評定にもこの順序が影響することが予測されたためである。

2. 方法

クラウドサービスを用いて，120 名の参加者を募集した (M_{age} = 41.51, SD_{age} = 8.35)。Unity を用いて一人称視点の動画を作成した (Figure 1)。動画は，参加者が正面にあるゴールに等速で直進する途中で相手と直交にすれ違うものであった。相手からの注視時間要因として，その視野の半径の大きさを 0m から 8m まで 5 水準設けた。また相手の交差順序要因として，Leader 条件と Follower 条件を設けた。実験は 3 ブロックに分けられ，1 ブロックごとに以下のいずれかの評価観点が与えられ，7 件法で評定が行われた。「相手があなたのことを思いやってくれていたと感じた」「相手の行動を予測できた」「相手の行動を説明できた」。1 つの条件につき相手の初期位置・進行方向が異なる 2 本の動画が作成され，参加者は 1 ブロックで，5 (注視時間) × 2 (交差順序) × 2 本の計 20 本を評価した。ブロック順序および動画順序はともにランダムであった。

3. 結果

3 つの評定それぞれについて，2 要因分散分析を実施した (Figure 2)。思いやり評定については，視野範



(a) 視野半径0m-Leader条件

(b) 視野範囲6m-Follower条件

図 1　実験刺激の動画のスクリーンショット

囲と順序の交互作用が有意で ($F(4, 476) = 37.90, p < .001, \eta_p^2 = .241$)，BH 法によると Leader 水準では 0m-2m 間のみ，Follower 水準では 0m-2m と 2m-4m 間のみで有意差が見られた (ps $< .05$)。予測評定についても交互作用が有意で ($F(4, 476) = 137.76, p < .001, \eta_p^2 = .536$)，Leader 水準では 0m-2m 間のみ，Follower 水準では 0m-2m と 2m-4m 間で有意差が見られた (ps $< .001$)。説明評定も交互作用が有意であったが ($F(4, 476) = 132.49, p < .001, \eta_p^2 = .526$)，Follower 水準における 0m-2m のみで有意差が見られた ($p < .001$)。

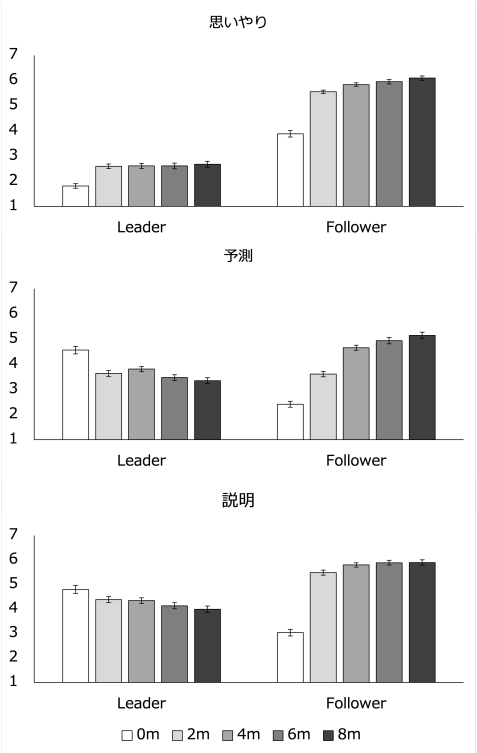


図 2　評定の平均値 (エラーバーは標準誤差)

4.　考察と結論

相手からの注視時間が，その相手に対する認知や理解に与える効果は，その相手が Leader か Follower かに依存することが明らかになった。Follower から向けられた注視が長くなるほど，思いやり・理解いずれの評定も上昇した。つまり，こちらを長く注視しながら道を譲ってくれた相手に対して思いやりを感じ，その行動をうまく予測・説明できたと感じたことを示している。一方，Leader からの注視は思いやり評定は上昇させるものの，理解評定は逆に低下した。つまり，Leader が注視を向けてくる場合，その行動は予測・説明できないと感じるが，注視を向けてくれたこと自体には思いやりを感じていた。注視がすれ違い相手に与える効果は一様ではないことが示唆された。

文　献

Lee, Y. M., Madigan, R., Giles, O., Garach-Morcillo, L., Markkula, G., Fox, C., ⋯ Merat, N. (2021). Road users rarely use explicit communication when interacting in today's traffic: implications for automated vehicles. *Cognition, Technology & Work*, *23*(2), 367–380. urlhttps://doi.org/10.1007/s10111-020-00635-y

Lynch, S. D., Pettre, J., Bruneau, J., Kulpa, R., Cretual, A., & Olivier, A.-H. (2018). Effect of Virtual Human Gaze Behaviour During an Orthogonal Collision Avoidance Walking Task. *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 136–142.

Markkula, G., Madigan, R., Nathanael, D., Portouli, E., Lee, Y. M., Dietrich, A., ⋯ Merat, N. (2020). Defining interactions: a conceptual framework for understanding interactive behaviour in human and automated road traffic. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, *21*(6), 728–752. https://doi.org/10.1080/1463922X.2020.1736686

Ninomiya, Y., Matsubayashi, S., Miwa, K., Terai, H., Akai, N., Deguchi, D., & Murase H. (2024). Gaze and Coordination in Collision Avoidance between Personal Mobilities. *The Thirteenth International Conference on Advances in Vehicular Systems, Technologies and Applications (VEHICULAR 2024)*

Uttley, J., Lee, Y. M., Madigan, R., & Merat, N. (2020). Road user interactions in a shared space setting: Priority and communication in a UK car park. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *72*, 32–46. https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.05.004

Youssef, P., Plant, K. L., & Waterson, B. (2024). Narrow passage interactions: A UK-based exploratory survey study to identify factors affecting driver decision-making. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *100*, 402–418. https://doi.org/10.1016/j.trf.2023.12.009

日常会話場面におけるスマホの持ち替え
Switching smartphones from one hand to another in everyday conversation

千田 真緒†，伝 康晴†
Mao Chida, Yasuharu Den
†千葉大学
Chiba University
g2183119c@gmail.com

概要
本稿では，日常会話場面において，スマホを持ち替えることがどのような相互行為の機能を果たしているのかを考察した．スマホの持ち替えは頻繁に行なわれるものではないが，持ち替え直後の行為としてジェスチャーや画面の共有がよく行なわれていることが分かった．スマホの持ち替えによって，関与や相互行為空間を調整していることが観察された．

キーワード：スマートフォン，観察，日常会話

1. はじめに

本稿では，日常会話場面において，スマートフォン(スマホ)を持ち替える際，どのような相互行為が行なわれ，会話をつくりあげているのかを分析対象とする．

スマホやタブレットなどの人工物とともに行なわれる会話を対象とした研究の多くは，これまで，会話中のスマホ利用を問題としているものが中心であった．例えば，進行している会話とは無関係なスマホやタブレットの使用が維持されることで，会話に再参加することが難しくなったり，会話を途切れさせてしまったりすることが指摘されている(Porcheron et al., 2016).

しかし，会話中にスマホや携帯電話を手に取り，利用することは，必ずしも会話に支障を与えるものではない．Brown et al. (2015)は，スマホでの検索が会話のなかでどのように進行するかを分析した．複数人の会話で1人が検索する場面は，忘れたことを他の参加者に質問することで始まる．もの忘れを利用することで参加者の関与を管理し(Goodwin, 1987)，検索活動を共同で行なうように構築する．検索結果を読み上げたり，それに対する評価によって，1人の検索活動でも会話から離脱することなく，検索活動を終える．スマホが会話の一部として機能していることが示されている．

また，Mantere (2022)は，スマホの持ち方(片手か両手か)や画面の向き，置く場所によってスマホの位置を13種類に分類し，参与者は，スマホの持ち方によって，会話への関与を示すことを明らかにした．スマホを片手で持つときは，スマホ使用が副次関与(Goffman, 1963)となり，会話で発話権を得る．片手から両手にスマホを持ち替えることで，スマホが主要関与(Goffman, 1963)となり，他の参与者に発話権を委ねる．

以上の研究から，スマホ使用が会話活動に様々な影響を与えることが観察されている．そのなかで，スマホを右手から左手，あるいは左手から右手へと持ち替えることに着目した研究は少ない．スマホをいじりながらも続けられる会話場面では，スマホの持ち方だけではなく，その持ち替えるタイミングや発話との関係を分析することも，日常会話とともにあるスマホに着目した研究の発展に繋げられるだろう．

これらの背景のもと，本稿では，「スマホを持ち替えること」が，どのように日常会話の場で機能しているのかを検討する．

2. 方法

2.1 分析データ

分析データには，『日本語日常会話コーパス』(Corpus of Everyday Japanese Conversation，以下 CEJC) (小磯他, 2023)を用いた．CEJC は，多様な場面における 577 会話，200 時間を収録した大規模なコーパスである．

形式(雑談)と活動(休息，食事，食事・休息，食事・付き合い，付き合い)を限定した 304 会話中，スマホやタブレットが出現する 134 会話を分析対象とした．スマホに触れていなくとも，スマホが机上に置いてある場合も含めた．撮影場所や人数，話者間の関係性などは限定していない．

2.2 分析の手続き

CEJC のデータを参照するとともに，映像分析ソフト ELAN を用い，「視線」，「スマホに関連する行為」，「スマホに関連しない行為」に注釈をつけた(発話に関しては，CEJC の ELAN ファイルをそのまま用いた)．「スマホに関連する行為」は，主にスマホを操作している状態のことを指す．スマホを机に置いたり，保持していたりする行為も含む．「スマホに関連しない行為」とは，飲食や身体そのものの動きを指す．トランスクリプトの記

号については, 西阪(2008), Mondada (2018)を参照した. 「名前-ス」行は，参与者の「スマホに関連する行為」を記している．スマホに主に着目するため,「スマホに関連しない行為」は議論に関連する箇所のみ記す.

3. 結果と考察

3.1 持ち替えデータの概要

分析対象とした 134 会話中，本稿で扱う「スマホの持ち替え」が発生した事例は 15 会話 47 事例であった．持ち替えがみられた会話は分析対象中，約 11.2%であり，スマホの持ち替えはさほど頻繁に行なわれないことがわかる．スマホいじりはどちらか一方の片手のみの操作, または両手で完結している. スマホを持ったまま会話している場合でも，ほとんど持ち替えないことが明らかとなった.

また，持ち替えた直後に何が為されているのかを観察し，分類した(表 1)．その結果，指さしや発話の説明を想起させるようなジェスチャーが最も多く，全 47 例中，18 例みられた．次に，スマホの画面を他の参与者と共有する(見せる)際に, 持ち替えが発生しているのが 13 例であった．その他に分類されたものとして，スマホの置き場所との関係や，受け渡しされたスマホの所有者との位置関係による持ち替えが観察された.

以下の質的分析では，持ち替え直後の行為として多かったジェスチャーと画面共有を取り上げ，スマホの持ち替えとともに為される行為と発話の関係をみていく.

表 1 持ち替え直後の行為の分類

行為	事例数
ジェスチャー	18
画面共有	13
どこかを掻く	5
スマホの操作	4
飲む	3
その他	4
計	**47**

3.2 質的分析

3.2.1 ジェスチャーと持ち替え

事例 1 (T006_009，12:16.34〜12:32.412)では，指さしなどのジェスチャーとともに，スマホの持ち替えが行なわれていた．事例 1 (図 1)の直前，根本と尾形は，以前焼肉屋で出てきたナポリタンの話をしていた．食事場面から，根本の利き手は右手であることがわかっている．また，データ全体で，根本は(少なくともこのデータ内では)ジェスチャーのほとんどを右手を使って行なうことが観察されている.

図 1 事例 1 のトランスクリプト

```
01 尾形     あれ あれちょっと
02 尾形     歴代ナポリタ*ンでも#ちょっと上位に入るよね
根_ス              *右手でいじるのをやめ，持つ
fig                      #fig1
03          (0.31)
04 根本     あっ
05          (0.16)
06 根本     *もっと$うまいと#こ$教えようか
根_ス       *右手から左手に持ち替える->L.29
根_他             $指さしをする$
fig                      #fig2
07          (0.24)
08 尾形     何＝
09 根本     ＝下町にあんのよ
10          (0.31)
11 根本     なんかニュースでやってた
12          (0.84)
13 尾形     下町?＝
14 根本     ＝うんうん
15          (0.08)
16 尾形     う[ん
17 根本       [どっかにあんだよ
18          (0.42)
19 根本     $よ[んチャンで#やってたもん$
根_他       $数字の4を示す----------$
fig                      #fig3
20 尾形       [hhh
21 根本     俺$帰り車でうい::んって#[見てたもん$
根_他         $車のハンドルを再現する---------$
fig                              #fig4
22 尾形                          [うん
23          (0.45)
24 根本     エブリーで @報道番組「news every.」
25          (0.13)
26 尾形     う[ん
27 根本       [特集[で
28 尾形           [た- 下町広[いよね?hh
29 根本                     [hhh*うそ#
根_ス                        ->*左手から右手に持ち替える
fig                              #fig.5
（約17秒後スマホいじり再開）
```

01-02 行目で尾形は, 過去に根本と焼肉屋で食べたナポリタンが, 歴代上位に入ると発話する．その際, 根本は右手(利き手)で行なっていたスマホいじりをやめ, 04 行目で「あっ」と発話し，何かを想起したことを示す．想起された内容として，06 行目で「もっとうまいとこ教えようか」と，ナポリタンの美味しいお店を教えることを提案する．このとき, 根本は右手に持っていたスマホを左手(非利き手)に持ち替え, 右手の人差し指で聞き手の尾形を指さしながら発話する．安井(2017)は，話し手が意見などを述べた後，次の話し手が直前の話し手に対して指さしをすることで, これから話すことが, 直前の発話から直接引き起こされたものであることを参与者に理解可能な資源として伝えているという．実際, 06 行目で根本は，直前の尾形の発話を引き継ぐ形で, 自身の経験をもとに「もっとうまいナポリタンの店」を尾形に教えようとしている．ここでの根本の指さしは, まさにこのような資源として用いられている．重要な点は，この(利き手による)指さしは，スマホを右手から左手に持ち替えたことによって可能になっているとい

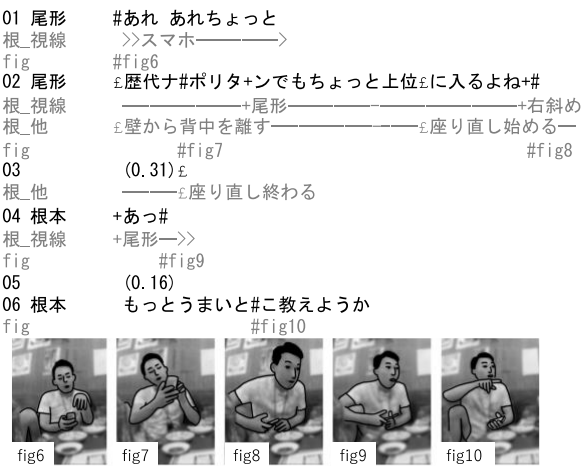
う点である.

08 行目で尾形が根本の提案に興味を示すと，09 行目から根本が「もっとうまいナポリタンの店」について説明を始める．09 行目で「下町にあんのよ」と場所を示し，11 行目で「なんかニュースでやってた」と情報の出どころを説明する．しかし，13 行目で尾形は根本の発話の一部である「下町」を繰り返すことで修復を開始し，11 行目までの根本の説明が尾形にとって不十分であることを示す．それに対し，17 行目で根本は「どっかにあんだよ」と再び説明する．さらに 19 行目で，テレビの 4 番チャンネルでやっていたのを見たことを発話する．この発話は，11 行目の「ニュース」をより具体的に言い換えたものである．この際，根本は右手で「4」を示し，チャンネルの数字を尾形に明確に示している. 根本の情報源の説明は21 行目からも続けられる. 21 行目でも，根本は「車でうい::んって見てたもん」と発話する際，車のハンドルを示すジェスチャーを両手で行なう．24 行目では具体的な番組名が，27 行目ではその番組の特集で出ていたことが発話される．28 行目で尾形が「下町広いよね?hh」と根本による場所の説明の不十分さをもう一度示すと，29 行目で根本が笑いながら「うそ」と驚きを示し，左手で保持していたスマホを右手へと持ち替える. その後，スマホに視線を向けることなく，「下町がどこか」という話題が展開され，17 秒後再びスマホをいじり始める.

ここで，01-06 行目の根本の上半身の動きと視線(図 2)をより詳細に検討する．02 行目で尾形が「歴代ナポリタンでもちょっと上位に入るよね」と，根本に同意を求める際，根本は上半身を壁から離し，前傾し，座り直し始める．座り直した後，04 行目で「あっ」と発話しながら尾形に視線を向け，06 行目で指さしを行なう．指さしに先立つ根本の上半身の動きと視線から，根本はスマホいじりを中断し，会話へ従事(engagement) (Goodwin, 1981)することを予示していると言えるだろう．あるいは，話し手性(speakership)を示しているとも言えるだろう. ただし，スマホを机に置くのではなく，左手に持ち替えて持ち続けたままであることから，会話に完全に従事しているわけではなく，スマホの操作がいずれ再開されることが予測される．詳細は省略するが，根本は自ら話題を進行させた後(04, 06 行目)，スマホに視線を向ける場面がみられた(17 行目)．尾形が根本の説明が不十分であることを何度か示しても(13, 28 行目)，スマホで調べようとすることもなく，根本の関心はもっぱらスマホでの私的活動にも向けられていたと考えられる.

事例 1 では，指さしをする際に最初のスマホの持ち替えが行なわれ，その後も一連の説明のあいだ中，片方の手でスマホを保持しつつ，もう片方ではチャンネルの数字を示したり(「よんチャン」)，車のハンドルを表していたり(「車でうい::んって」)するジェスチャーを行なっていた. どのジェスチャーも，スマホを持ち替えずとも行なえるものであるが，スマホを持ち替えた理由として，根本の利き手が右手であることが挙げられる. 前述の通り，根本はデータ内でのジェスチャーを利き手で行なう傾向にあり，スマホの操作も利き手で行なっていた. このことから，一連の説明に先立って，利き手である右手から非利き手である左手にスマホを持ち替えることは，右手をジェスチャーに利用可能にし，説明という活動への主要関与を予示するものと理解できるだろう. しかし，スマホを置いたりしまったりするのではなく，片手に保持したままであることから，スマホの私的利用への関与も同時に示唆していると考えられる.

図 2　根本の上半身の動きと視線



3.2.2 画面共有と持ち替え

事例 2 (C001_001，19:03.170〜19:15.640)では，スマホ画面の共有とともに，スマホの持ち替えが行なわれていた(図 3)．事例 2 の前まで，夏樹が欲しかった「からす天狗」のパスケースについて話されていた.

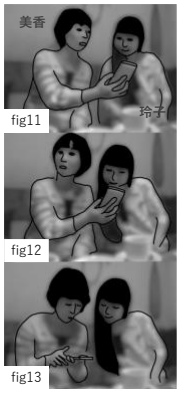
01 行目で美香は，パスケースの評価を述べる．このとき，左手でスマホを持ち，右手で操作している. 05 行目で操作していた右手に持ち替え，美香の左隣に座っている玲子にスマホの画面を見せ，「なんかかっこよくない?」と同意を求める．玲子に近い側の左手からわざ

わざ右手に持ち替えて，スマホの画面を共有するのは，一見不自然にみえる．しかし，実際には，玲子から遠い側の右手を差し出すことで，横並びの状態からやや向き合う形になり，美香の操作領域(transactional segment) (Kendon, 1990)を拡張し，玲子との道具的 F 陣形(instrumental F-formation) (McNeill, 2006)を構成している．その後，玲子と美沙から同意が得られると，10 行目で美香は玲子にスマホを見せたまま，まだ反応のない夏樹を見ながら「ね:↑」と同意を求める．夏樹も 12 行目でこれに同意を示し，16 行目でパスケースの具体的な柄の説明を始める．美香は 12 行目で夏樹の同意を得た後，玲子に見せていたスマホを自分の方に戻し始め，16 行目で再び左手に持ち替え，右手で操作し始める．

事例 2 において，美香はスマホを持ち替えてから画面共有することで，隣にいる玲子とのを拡張していた．このように，スマホの持ち替えは身体配置と結びつくことで，相互行為空間の調整にも用いられることがわかる．

図 3　事例 2 のトランスクリプト

```
01 美香     めっちゃかっこい[んだよ
美香_ス     >>左手で持ち，右手で操作する->L.05
02          (0.57)
03 玲子                  [うん うん うん[うん
04 美香                              [ほらほら
05 美香   ±なんかかっこよくない?#
美香_ス   ±右手に持ち替え，玲子に画面を見せる->L.12
fig                          #fig11
06          (1.20)
07 美沙     [°うんと°
08 玲子     [ほんとだ
09          (0.28)
10 美香     ね:↑#
fig               #fig12
11 玲子     う[:::ん
12 夏樹       [ね±::
美香_ス       ->±右手で画面を自分の方に寄せ始める
13          (0.77)
14 夏樹     そう:
15 美香     [そ:う↓
16 夏樹     [そうゆう写実的なやつが±:#
美香_ス                    ±左手に持ち替える
fig                          #fig13
```



4.　おわりに

以上の分析から，スマホの持ち替えが関与の示しや(事例 1)，相互行為空間の調節(事例 2)になっていることが明らかとなった．

スマホの持ち替えと利き手との関係について，特に事例 1 では当該参与者において，ほぼ全てのジェスチャーが利き手でなされていた．ジェスチャーと利き手の関連性について，本研究では 1 例にとどまっているため，今後さらに検討する必要がある．

謝辞

本研究は，JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム J24HJ00001 の支援を受けたものである．

文献

Brown, B., McGregor, M., & McMillan, D. (2015). Searchable objects: Search in everyday conversation. In D. Colsey & A. Forte (Eds.), *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing*. 508–517.

Goodwin, C. (1981). *Conversational organization: Interaction between speakers and hearers.* Academic Press.

Goodwin, C. (1987). Forgetfulness as an interactive resource. *Social Psychology Quarterly*, *50* (2), 115-130.

Goffman, E. (1963). *Behavior in public places: Notes on the social organization of gatherings*. The Free Press.

小磯 花絵・天谷 晴香・居關 友里子・臼田 泰如・柏野 和佳子・川端 良子・田中 弥生・伝 康晴・西川 賢哉・渡邊 友香 (2023).『日本語日常会話コーパス』設計と構築　国立国語研究所論集，*24*, 153-168.

Kendon, A. (1990). *Conducting interaction: Patterns of behavior in focused encounters (Studies in International Sociolinguistics, 7)*. Cambridge University Press.

McNeill, D. (2006). Gesture, gaze, and ground. In Renals, S & Bengio, S. (Eds.), *Machine learning for multimodal interaction (Lecture Notes in Computer Science, 3869),* 1–14. Springer.

Mantere, E. (2022). Smartphone moves: How changes in embodied configuration with one's smartphone adjust conversational engagement. *Social Sciences*, *11* (5), 216.

Mondada, L. (2018). Multiple temporalities of language and body in Interaction: Challenges for transcribing multimodality. *Research on Language and Social Interaction*, *51* (1), 85-106.

西阪 仰・串田 秀也・熊谷 智子 (2008).　特集「相互行為における言語使用：会話データを用いた研究」について　社会言語科学，*10* (2), 13–15.

Porcheron, M., Fischer, J.E., & Sharples, S. (2016). Using mobile phones in pub talk. In *Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work & Social Computing (CSCW '16)*, 1649–1661.

安井 永子 (2017). 直前の話し手を指さすこと : 直前の発話との関連を示す資源としての指さし　社会言語科学，*20* (1), 131-145.

第一言語の物語文の発達過程における内容的特徴・言語的特徴の変化

Developmental Changes in Content and Linguistic Features in First-language Narratives

稲葉　みどり
Midori Inaba
愛知教育大学
Aichi University of Education
mdinaba@auecc.aichi-edu.ac.jp

概要

本研究では、3 歳から 11 歳、大人の発話資料を縦断的に分析し、言語発達や物語談話を構成する能力等について考察した。発話データは KH Coder 3 を用いてテキストマイニングにより解析し、物語文の使用語彙の変化、内容的特徴、言語的特徴に焦点を当てた。11 歳以降の発達の特徴として、情報を加えて描写を豊かにして話を面白くする工夫等、子どもの創造性の発達と物語を独自のものにしたいという希求が示唆された。

キーワード : 物語文、内容的特徴、言語的特徴、ナラティブ・スキル

1.　研究の目的と背景

本研究では、日本語を母語とする子どもが物語を構成する能力（ナラティブ・スキル）の発達過程を考察する。 一般に物語を構成する能力は 3 歳頃から発達し始め、9 歳頃には結束性と統括性を備えた物語文を語ることができるようになると言われている（Berman & Slobin , 1994; Stein & Albro, 1997; Heilmann et al., 2010）。先行研究（稲葉, 2017, 2020, 2021a, 2021b、2021c）でも、9 歳頃までには局所構造、全体構造が整うことを明らかにしている。そこで本研究では、物語文の内容的特徴と言語的特徴の発達変化に焦点を当て、3 歳から 11 歳、及び大人を含めた発話資料を縦断的に分析し、言語発達や物語談話を構成する能力等について考察する。

2.　研究の方法と研究課題

言語資料は、文字のない絵本 Frog, Where Are you ?（Mayer, 1969）を用いて収集した口頭の物語文である。物語の構成は、物語文法(Thorndyke, 1977)を基に考察の柱を設けた。参加者は 3 歳から 11 歳までの日本語母語話者の子ども(各年齢 10 人、合計 90 名)、及び、大人(10 人)である。物語文のテキストは、KH Coder 3(樋口, 2020)援用して解析した。発話データは、頻出語彙の抽出、関連語検索、KWIC コンコーダンスによる使用語の文脈の確認、対応分析等の検出を行った。研究課題は以下の点である。1）使用語の量的変化の分析 : 使用語（「段落数・文数」「総抽出語数・異なり語数」等）の年齢による推移と談話構成能力の発達過程の関わり、2）物語文の内容的特徴の分析 : 年齢別の特徴語(動詞)の分析、動詞の対応分析等から物語の内容的特徴の変化、3）言語的特徴の分析 : 発話の語彙や語り方の特徴等を探る。

3.　結果と考察

3.1　使用語彙の分析

使用語の量的変化の分析から、物語を語るのに必要なごく一般的な語、語彙の大部分は、5 歳頃にまでに出揃うことが分かった。よって、3〜5 歳児では、語彙の発達は、物語の局所構造を構成する能力の発達と相まっていると考えられる。語数が急激に増加するのは、11 歳以降で、語彙等の増加の要因の一つとして、子どもは、局所構造と全体構造が整った物語文を構成できるようになると、物語を面白くしようとして、背景情報等を付け加えたり、話を膨らめたりすると考えられる。

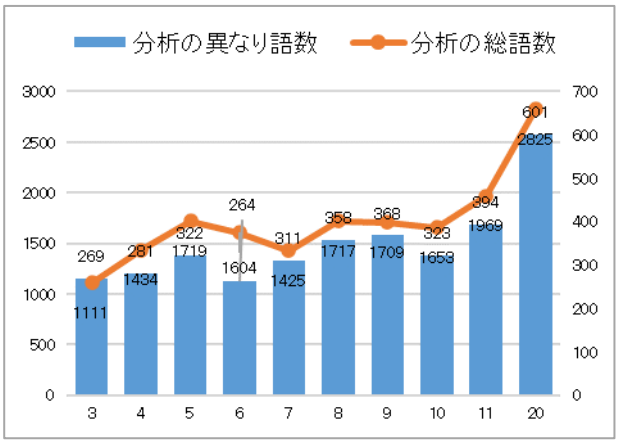


図 1. 分析の対象となる総語数･異なり語数の推移

3.2 物語文の内容的特徴の分析

物語文の内容的特徴の分析では、発達初期の 3〜4 歳頃には、物語の発端、展開の前半の部分に語りの中心があり、登場人物の個々の言動、行動に言及して話を構成していることが分かった。

5 歳頃になると、物語の展開の中盤の出来事に言及し、登場人物の心情なども織り込むようになることが分かった。これは、この時期の物語の局所構造を構成する能力の発達と相まっていると考えられる。6〜7 歳頃には、物語の展開からクライマックスの部分に言及し、8〜9 歳頃には、物語の結末まで全体を主題に沿って展開していることが示された。

これらの一連の発達の流れは、稲葉の先行研究における共起ネットワーク等の分析から得られた結果と概ね一致する。また、一般に物語を構成する能力は 3 歳頃から発達し始め、9 歳頃には高いレベルに達すると言う主張（Berman & Slobin, 1994 他）とも概ね一致する。

3.3 言語的特徴の分析

言語的特徴の分析では、「言う」「思う」「怒る」の 3 つの動詞の使われ方や文脈を KWIC コンコーダンスで確認した。その結果、言語表現は、発達初期の登場人物等の行動の絵描写的な説明から、次第に客観的な語り文へと変化していくことが示された。

さらに、年齢が上がると、物語を牽引する登場人物等の心理・思考・感情などにも言及し、出来事の因果関係等も表現するようになることが分かった。その後、20 歳に見られるような多様な言語表現へと近づくことが推察された。

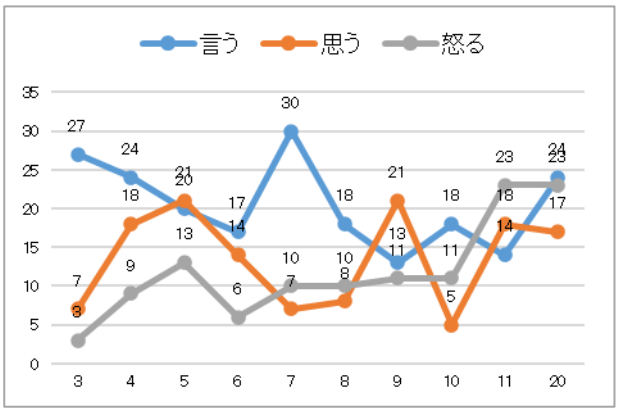


図 2.「言う・思う・怒る」の年齢別出現頻度

4. まとめと課題

本研究で得られた結果は、この日本語を母語とするこの物語文（Frog Story）について、明らかになった結果である。今後は、他のジャンルの物語文の発達や他の言語における発達過程の研究等を比較して、さらなる考察をすることが必要である。

謝 辞

本研究では、発話資料の収集、整理等で多くの方々のご協力を得ました。また、査読で有益な助言を賜りました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

樋口耕一(2020).『社会調査のための計量テキスト分析第2版』ナカニシヤ出版.

Berman R. & Slobin, D. I. (1994). Relating events in narrative: A crosslinguistic developmental study. Hillsdale, NJ: LEA Publishers.

Heilmann, J., Miller, J. F., Nockerts, A., & Dunaway, C. (2010). Properties of the narrative scoring scheme using narrative retells in young school-age children. American journal of speech-language pathology, 19(2), 154–166.

稲葉(2017).「日本語の物語文における言語知識の発達過程の考察―発話数・単語数・形態素数・平均発話長の解析―」『教科開発学論集』5, pp. 23-32.

稲葉(2020).「物語文の萌芽－3 歳児の Frog Story の分析から－」『愛知教育大学教職キャリアセンター紀要』4, 91-98.

稲葉(2021a).「物語文における 4 歳児・5 歳児の発達に見られる特徴－Frog Story の分析から－」『教科開発学論集』9, 23-32.

稲葉(2021b).「6 歳児・7 歳児の物語文の構造－共起ネットワークによる発達過渡期の特徴の分析」『愛知教育大学研究報告. 人文・社会科学編』70, 10-18.

稲葉(2021c).「物語談話を構成する能力の発達－8 歳児・9 歳児の Frog Story の分析から－」『愛知教育大学教職キャリアセンター紀要』6, 61-68.

Mayer, M. (1969). *Frog, where are you?* New York: Dial Press.

Stein, N. L., & Albro, E. R. (1997). Building complexity and coherence: Children's use of goal-structured knowledge in telling stories. In M. G. W. Bamberg (Ed.), *Narrative development: Six approaches* (pp.5-44). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Thorndyke, P. W. (1977). Cognitive structures in comprehension and memory of narrative discourse. *Cognitive Psychology*, *9*, 77-110.

田島啓子(2003).「物語能力の発達：児童期から青年期にかけて何が発達するのか」『日本女子体育大学紀要』33, 91-99.

「空間近接、遠方探索、対話促進の要件を備えた場のデザインと創造活動の実態[1]」

Relationship between the setting of a place with spatial proximity requirements, distant search requirements, and dialogue promotion requirements, and creative activities

廣田章光
Akimitsu Hirota
近畿大学　経営学部　商学科
近畿大学デザイン・クリエイティブ研究所
法政大学イノベーション・マネジメント研究センター

KINDAI University (Osaka Japan)
Faculty of Business Administration
Design Creativity Lab.
HOSEI University The Center for Business and Industrial Research (CBIR).
akhirota@bus.kindai.ac.jp

概要

本研究は、対話を促進する媒体であるフィジカルプロトタイプを活用し、開発者が日常活動では出会わない人々との対話が行われる状況を設定した。その対話によって生成される「今まで気づかなかった」５タイプの情報に対して、①有用情報の獲得との関連、②有用情報の獲得にする開発者の対話時の「態度」、「状況」との関連について調査を実施した。遠方探索につながると判断される行動であるの程度は、プロトタイプを通じた（日常とは異なる分野の）他者との対話によって、開発者がそれまで気づかなかった（プロトタイプの）「価値」および、「提案先」の創造について有効であることが確認され、遠方探索の効果を確認した。

1. はじめに

イノベーションには異質な要素の組み合わせ必要であり（Schumpeter 1929）、一見，無関係に見える知識を使用して発想すること（Holyoak & Thagard 1995）が重要とされている。同じ分野の知識の探索は「近接探索」（Local search）と呼ばれる。一方，分野の境界を越え知識を探索する体系的取り組みは「遠隔探索」（Distant search）と呼ばれる（Leckel, A. et al.2022）。遠隔探索は「（開発者が日常的に活動する）領域を超え、異なる産業分野や学問領域における知識を探索する体系的な行動」である（Lecke, et al. 2022、Pollok, et al. 2018）。つまりイノベーションにつながる異質な要素の組み合わせの実現には「遠方探索」を意図的に組み込むことが求められる。そのため、イノベーション研究の分野でも開発者あるいは開発組織が熟知している分野の知識とは離れた分野の知識から、アイデアや具体的な解決方法を得ることの有効性が指摘されている（Piller et al. 2022）。本研究では、開発者と他者との対話を通じて生成される情報に注目する。そして他者との対話によって遠方探索を促進する場を人工的に設定し生成される情報について、開発者が有用と判断する程度を調査する。そのデータをもとに、以下の 2 点を確認する。①開発者が有用と判断する新規性の高い情報の種類。②有用な情報が対話によって生成される場合の開発者の態度、状況。

2. 研究の目的

現在の状況をより良い状況に変化させる行動は「デザイン行動と」されている（Simon 1969）。デザイン行動は新たな価値を生み出す行動であり（Simon 1969）、その実現には思考ツール、言語・非言語表現が用いられる（Owen 1993、Beckman and Barry 2007）デザイン行動は、問題を発見ながら解決を発見するプロセスである。そしてそのプロセスには「対話」が重要であることが示されている（石井 1993,2009,Lester and Piore2004、廣田 2024）。この対話を促進する媒体としてフィジカルプロトタイプなどの非言語による表現物の有効性が示され

[1] 本研究は、科学研究費助成金「ハイブリッド・イノベーション」型開発行動にむけた開発者と AI との共創に関する研究（課題番号 24K05147）、および「デザイン・ドリブン型開発促進のためのインサイトと対話プロセスの解明」（課題番号 19K01974）の成果の一部である。

ている（Star and Griesemer 1989、藤本 2003、Rhinow,Koppen and Meinel 2012、廣田 2022、Hirota 2023）。

本研究は、対話を促進する媒体であるフィジカルプロトタイプを活用し、開発者が日常活動では出会わない人々との対話が行われる状況を設定した。その対話によって生成される「今まで気づかなかった」情報を5つ設定し、①有用情報の獲得との関連、②有用情報の獲得にする開発者の対話時の「態度」、「状況」との関連について調査を実施した。そのデータをもとに、従来とは異なる人々との対話を通じて遠隔探索が行われ、一見，無関係に見える知識を使用した発想（Holyoak & Thagard 1995）による異質な要素の組み合わせにつながる可能性について考察をする。

3. 調査：遠方探索が促進する開発者と他者との対話の場の設定

多様な分野、多様な組織に所属する人々が「プロトタイプ」（試作品）を持ち寄り同じ空間において来場した人々に対してプロトタイプ関する情報を伝え、質問や意見のやり取りを行う（対話）場を設定した。このような場において開発者と他者とのプロトタイプを介した対話の実態を確認した。開発途上 にある 40 企画に対し、対話を通じてどのような有効な情報につながるのかについて調査を行った。そして日常活動では接点がない人々との対話おいて発生する開発者に生成される情報（気づき）と、その情報の有用性の程度について調査した。

調査対象者は、出展 40 ブースのプロトタイプの開発に関与し当日、ブースで説明を行った 84 名である。そして出展者 84 名からの回答を得た。

多様な開発に携わる人々が同一空間の隣接する場において、プロトタイプを使って他者と対話をする状況において、生成された情報のうちどの情報が開発者にとって有用なのかを確認した。

4. 場の設定と調査：「プロトフェス」

プロトフェスは、近畿大学デザイン・クリエイティブ研究所が主催する、イノベーション・プラットフォームである。多様な分野、多様な組織に所属する人々が「プロトタイプ」（試作品）を持ち寄り一定時間同じ空間において持ち込んだプロトタイプを他のプロトタイプを持ち寄った人々と来場した人々に対してプロトタイプのスペック、実現する体験、開発プロセスに関する情報を伝え、質問や意見のやり取りを行う対話の場である。さらに、プロトタイプによって遠隔探索において異質な人々が初対面で対話が促進される環境を設定した。すなわち、組織間の情報共有手段としての「非言語の表現物 」の存在と、境界をつなぐような共有基盤（「黒板 」のようなものと表現している）（Star and Griesemer 1989)の要件を整えた。

プロトフェスは、遠方探索要件、空間近接要件そして対話促進要件を満たした空間である。

空間近接要件として、同一空間に 40 ブースの開発者を集積し、近接するレイアウトに従ってブースを設置した。また、遠方探索要件（出展者の集積要件：同一空間に集積した開発者は異なる組織（異なる企業規模、異なる産業分野、異なる所属組織（企業、研究機関））、異なる経験年数を有する開発者を集積した。そして参加者は、異なる年齢層、産業分野、異なる職業経験を有する人々の集積を実現した。さらにこの仕組みは、もう 1 つの要件を加えている。対話促進要件である。異質な人々が近接空間に集積しても自然発生的に対話が生まれることは考えられる。しかし異質な人々であるほど、短時間で対話が促進する状況をつくりあげることは難しい。そのため、プロトフェスでは、ブース出展者は、必ずフィジカルプロトタイプ（現物）をブースに持ちこむことを要件としている。さらにプロトタイプの概要を直感的に理解できるよう、表現する言語と非言語情報を指定し、同一フォーマットに表現するポスターフォーマットを設定し各ブースに設置し開発担当者が説明を実施した。そして、プロトタイプのバウンダリー・オブジェクトとしての効果および補完するポスター情報によって情報の粘着性を低下させて、開発者同士、開発者と参加者の対話が促進する状況をつくりあげた。

5. 考察

1. 開発者の有用情報の獲得に対するプロトタイプ説明中に生成された情報

多様な開発に携わる人々が同一空間の隣接する場において、プロトタイプを使って他者と対話をする状況において、生成された情報のうちどのような情報が開発者に有用な情報としてもたらされるかを明らかにするため、プロトタイプ説明中に獲得した情報の有用性の程度を目的変数として、これまで気づかなかった情報（5 タイプ）に気づいた程度を説明変数とする回帰分

析を実施した。その結果が表 1 である。今まで開発者が気づかなかったプロトタイプの「価値発見」、「提案先発見」の生成が有意（共に５％水準）である。多様な人々とのプロトタイプを通じた対話を通じて、開発者も気づかなかった新たな特徴の発見および、プロトタイプを誰に説明するかという提案先の発見につながり、プロトタイプを早期に広く公開することが特徴発見や提案先発見に有効であることが示された。

表 1　開発者の有用情報の獲得に対するプロトタイプ説明中に生成された情報の影響（全体）

全体	非標準化係数 B	非標準化係数 標準誤差	標準化係数	t 値	有意確率
(定数)	2.964	0.371		7.989	0.000
ユーザー発見	0.000	0.088	0.000	0.004	0.997
用途発見	−0.022	0.094	−0.031	−0.231	0.818
価値発見	0.209	0.102	0.279	2.055 **	0.043
提案先発見	0.225	0.101	0.286	2.222 **	0.029
アライアンス先発見	0.108	0.085	0.155	1.267	0.209

N=84,F=8.518***,調整済み R2 乗 0.514
*P<0.1,**P<0.05,***P<0.001

2. 有用情報獲得に対する開発者の経験、態度状況

有用情報獲得の程度に対して、開発者の出展およびプロトタイプ説明時の経験、態度およびその時の状況との関連についての回帰分析を行った。その結果が表 2 である。有効情報の獲得には、出展時に「目的を明確」にして参加していること（１％水準）、および説明時に「日常活動とは異なる人々との会話」（５％水準）の程度が有意であることが確認された。「日常活動とは異なる分野の人々と会話をした頻度」は遠方探索につながる行動であり、遠方探索によって有効情報の獲得につながることが示される可能性があると考えられる。

表２　開発者の有用情報の獲得に対する開発者の経験、態度、状況（全体）

		非標準化係数 B	非標準化係数 標準誤差	標準化係数	t 値	有意確率	VIF
	(定数)	2.082	0.788		2.641	0.010	
経験	出展経験	0.026	0.062	0.047	0.423	0.674	1.152
態度	目的明確	0.211	0.074	0.311	2.839 ***	0.006	1.116
状況	日常活動とは異なる分野の人々との会話	0.259	0.127	0.229	2.038 **	0.045	1.170
状況	説明の絶え間なさ	0.084	0.098	0.099	0.850	0.398	1.269

N=84,F=5.273***,調整済み R2 乗 0.184
*P<0.1,**P<0.05,***P<0.001

3. 有用情報に対する価値発見、提案先発見に関する開発者の経験、態度、状況の影響

有用情報の獲得に効いている価値発見、提案先発見の２つの生成情報に対して開発者の経験、態度、状況の影響を確認するため、をそれぞれ目的変数として、開発者の経験、態度、状況を目的変数とする回帰分析を実施した。その結果が、表 3 である。

価値発見については、「説明の絶え間なさ」すなわち多くの人々に対して説明をしている状況が有意（５％水準）であることが確認された。また提案先の発見については、「日常とは異なる分野の人々との会話」が有意（５％水準）であることが確認された。

表 3　価値発見、提案先発見に対する開発者の経験、態度、状況の影響

価値発見　全体		非標準化係数 B	非標準化係数 標準誤差	標準化係数	t 値	有意確率	VIF
	(定数)	1.598	1.135		1.408	0.163	
経験	出展経験	−0.077	0.090	−0.102	−0.858	0.393	1.152
態度	目的明確	0.114	0.107	0.124	1.060	0.293	1.116
状況	日常活動とは異なる分野の人々との会話	0.099	0.183	0.064	0.539	0.591	1.170
状況	説明の絶え間なさ	0.332	0.142	0.291	2.338 **	0.022	1.269

提案先発見　全体		非標準化係数 B	非標準化係数 標準誤差	標準化係数	t 値	有意確率	VIF
	(定数)	0.166	1.058		0.157	0.876	
経験	出展経験	0.007	0.084	0.010	0.089	0.929	1.152
態度	目的明確	0.029	0.100	0.032	0.290	0.773	1.116
状況	日常活動とは異なる分野の人々との会話	0.383	0.171	0.255	2.241 **	0.028	1.170
状況	説明の絶え間なさ	0.312	0.132	0.279	2.357 **	0.021	1.269

N=84,F=4.602**,調整済み R2 乗 0.159
*P<0.1,**P<0.05,***P<0.001

6. まとめ

遠隔探索と創造性には正の相関があることが確認されている（Mednick, S.1962）。つまり、遠隔探索を組み込むことによって、斬新な製品を開発することができる（Mednick 1962）。そのため創造的な問題解決には遠隔探索が重要であり（Kenett et al. 2014）、遠隔探索によって「すぐに思いつかない知識」との関連づけが促進される。そして遠隔探索を組み込むことによって、斬新な製品を開発することができる（Mednick 1962）。しかし一般に人々は無意識のうちに自身が抱えるテーマに関連しない（思われる。あるいは思い込んでいる）情報の探索を抑制し、テーマに有用である（と思われる。あるいは

思い込んでいる）情報に注意を振り向ける傾向がある。このような行動特性は「潜在抑制」と呼ばれる（阿部2019）。開発者には「潜在抑制」が働くため、近接探索に行動が限定してしまう。そのため遠隔探索の実現は容易でないことが想定される。そのため近接探索と遠隔探索を切り替えることは容易ではない。

「認知的抑制」（Carson 2011）とは、取り組んでいる問題とは直接関係しないような情報に注意が向く状態である（阿部 2019）。デザイン行動において従来活動における問題発見、解決行動とは異なる視点による探索行動がより広い領域への探索（拡散）行動につながると考えられる。しかしつまり潜在抑制を克服し認知的抑制を実現するためには、何らかの工夫が必要となる。本研究では認知的抑制を実現し、遠隔探索を実現する環境設定を行った。さらに遠隔探索において異質な人々が初対面で対話が促進される環境を設定するため、組織間の情報共有手段としての「非言語の表現物 」の存在と、境界をつなぐような共有基盤（「黒板 」のようなものと表現している）（Star and Griesemer 1989)の要件を整えた。それは各出展者が持ち寄る、フィジカルプロトタイプである。このような場を設定し、「遠方探索」の実現を確認（表２）した後、対話によってもたらされた価値について確認を行った。その結果、開発者がそれまで気づかなかった（プロトタイプの）「価値」および、「提案先」の創造について有効であることが確認され、遠方探索の効果を確認した。

7. 文献

阿部慶賀（2019）『創造性はどこからくるか: 潜在処理,外的資源,身体性から考える』,共立出版。

石井淳蔵（2009）『ビジネスインサイト―創造の知とは何か』,岩波新書。

鈴木宏昭(2016)『教養としての認知科学』,東京大学出版会。

諏訪正樹・藤井晴行(2016)『知のデザイン』,近代科学社。

諏訪正樹(2017)『身体が生み出すクリエイティブ』,ちくま新書。

廣田章光（2017）「ニーズとソリューションの同時性と対話のトライアングルーユーザー・イノベーションによる踏み間違い動作を解消する自動車ペダル「ナルセペダル」の開発」,廣田章光,マーケティングジャーナル 36(4) pp.6-23。

廣田章光（2024）「「ハイブリッド・インテリジェンス」促進にむけた「意外な関係」情報による「遠隔探索」効果」マーケティングジャーナル/43（3）pp.44-54.

Hirota,Akimitsu(2024), Developer ideas created by AI-generated information and developer interaction, XXXV ISPIM Innovation Conference, held in Tallinn, Estonia,pp.1-10, ISBN 978-952-65069-6-8.

Leckel, A. & S. Veilleux & F.Piller (2023).How spatial proximity facilitates distant search – a social capital perspective on local open innovation. Industry and Innovation 29(3)

Star, S. L. (2010). This is not a boundary object: Reflections on the origin of a concept. Science, Technology, & Human Values, 35, 601–6

Suwa,M. and T. Purcell (1998), Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions , Design Studies 19(4):455-483

こころの始まりに関するジェンダーステレオタイプ
Gender stereotypes regarding the developmental origin of mental life

孟 憲巍[†]，小國 龍治[‡]，仁科 国之[§]，村上 太郎[〃]，水野 佑佳[†]
Xianwei Meng, Ryuji Oguni, Kuniyuki Nishina, Taro Murakami, Yuka Mizuno
[†]名古屋大学，[‡]立命館大学，[§]大阪大学，[〃]常葉大学
Nagoya University, Ritsumeikan University, Osaka University, Tokoha University
meng@i.nagoya-u.ac.jp

概要
ヒトの心的機構の発達機序を理解するために，乳幼児を対象とした認知実験などが盛んに行われている。また，ここ十年の間に一般の人々がヒトのこころをどのように捉えているかについて検討されるようになり，その重要性が国際的に強調されてきた。しかし，こころの発達的起源に関する検討やそこにジェンダーステレオタイプがみられるかどうかについては未だ不明な点が多い。本研究では，成人を対象とし，様々な認知能力の出現時期に関する信念にジェンダーバイアスが存在するかどうか，また，その傾向が回答文脈により異なるかどうか検討した。その結果，認知能力の出現時期が男児と女児とでどちらが早いか男女を比較させて評定させる場合には，「女の子が早い」というジェンダーステレオタイプが見られた一方，男女を独立に評定させる場合はジェンダーステレオタイプがみられないことがわかった。このことは，こころの始まりに関するジェンダーステレオタイプが存在するものの，それは男女比較という文脈においてみられる信念である可能性が示された。

キーワード：認知能力，発達的起源，ジェンダーステレオタイプ

1. はじめに

「知る」，「わかる」，「感じる」などの機能を持つ「こころ」の起源は古くから人々の大きな関心を集めてきた (Locke, 1847)。また，現代科学においてもそれは人間理解の重要な切り口として心理学や社会学，神経科学などの様々な領域で重要視されてきた。この数十年，発達科学などの諸領域は洗練された実験法を駆使し，特定の状況に置かれた乳幼児がどのように反応するかを調べることでこころのパーツである様々な認知能力が人生のどのタイミングに出現するかを明らかにしてきた (e.g., Slater et al., 1990)。しかし，私たちの直感は必ずしもこころの起源について正しく認識できているわけではない。Meng et al. (2022) は日本人とアメリカ人を対象に認知能力の出現時期に関する信念を調査したところ，文化を問わず，大人は子どもの様々な認知能力の出現時期を科学的に示されている時期よりも遅く推定し，科学的知見と直感的信念との間に認知能力の起源の理解についてのギャップがあることを明らかにした。こころに関する直感的な信念は，教育現場における子どもに対する態度や行動だけではなく，科学研究においてどのような仮説を立て，どのようなアプローチをとるかなどにも影響を与える可能性がある。

これまで，「男性 = 知性的」や「女性 = 優しい」，「男性 = 社会的優位」などのいくつかのドメインにおいて，ジェンダーステレオタイプが存在することが示されてきた (Okanda, et al., 2022; Meng et al., in revision)。しかし，こころの発達的起源においてジェンダーステレオタイプがみられるかどうかは不明なままである。本研究では，こころの Body-heart-mind 構造 (Weisman et al., 2017) をベースとしてそれぞれのドメインにおける認知能力の出現時期が男児と女児とでどちらが早いと考えているかどうかを，成人を対象に調査した。また，男女を比較させて回答させる場合 (Study 1) と男女を独立に回答させる場合 (Study 2) とで異なる結果が得られるかどうか検討した。

2. 方法と結果

男女比較調査

日本人成人 300 名 ($Range_{age}$ = 22-69, M_{age} = 40.60, N_{female} = 139, N_{male} = 157, $N_{sex\ unanswered}$ = 4) を対象としたオンライン調査を実施した。サンプルサイズは調査実施前に G*Power を用いて算出した。具体的には，男児と女児のどちらか一方の発達が早いという現象があるかどうかを One-sample *t*-test (d = 0.15, power = 0.80, α = 0.05) を用いて検討するためには 290 名以上のサンプルが必要であった。

Body-heart-mind 構造 (Weisman et al., 2017) を参考に，40 種類の認知能力を提示し，それらの出現時期が男児

と女児とでどちらが早いかどうかを尋ねた。例えば「人間は空腹を感じることができます。人間が初めて空腹を感じるようになるのは男の子と女の子で」という質問文を提示し，「だいぶ男の子が早い」から「だいぶ女の子が早い」までの 7 件法で回答を求めた。また，「男の子」が先に出てくる教示文と選択肢を一つの条件として，「女の子」が先に出てくる教示文と選択肢を別の条件として設定し，参加者にどちらか一方の条件を割り当てた。

Weisman et al. (2017) と同様の探索的因子分析を行った結果 (Varimax 回転) を行った結果，2 つの因子が抽出された (Figure 1)。それぞれのドメインにおいて，認知能力の出現時期に男女差があると考えられているかを t 検定で調べた (Figure 2)。その結果，因子 1 (F1; ($t_{(299)} = 17.2, p < .001, d = 0.99$) においては女児の発達がチャンスレベル（「どちらも同じ」と回答する）よりも早いと考えられていることがわかった。一方，因子 2 (F2) においては男児の発達がチャンスレベルよりも早いと考えられていることがわかった ($t_{(299)} = -3.4, p < .001, d = -0.20$)。

Item	Factor 1	Factor 2
having thoughts	**0.614**	0.234
understanding how others are feeling	**0.566**	- 0.229
being self-aware	**0.550**	0.070
feeling calm	**0.532**	- 0.254
exercising self-restraint	**0.499**	- 0.085
telling right from wrong	**0.466**	0.244
communicating with others	**0.461**	- 0.146
having intentions	**0.459**	0.195
recognizing others	**0.416**	- 0.071
feeling depressed	0.271	0.091
detecting odors	0.360	- 0.055
feeling embarrassed	0.351	- 0.055
remembering things	0.386	0.016
experiencing guilt	0.389	0.257
making choices	0.290	0.205
doing computations	- 0.194	**0.610**
experiencing pride	- 0.012	**0.410**
having desires	- 0.111	**0.473**
having free will	0.125	0.341
reasoning about things	0.175	**0.470**
working toward a goal	0.066	0.387
perceiving depth	- 0.162	**0.420**
holding beliefs	- 0.022	0.384
feeling love	0.300	- 0.319
feeling disrespected	0.303	0.358
feeling tired	- 0.015	0.334
being conscious	0.232	0.286
feeling happy	0.242	- 0.233
experiencing fear	- 0.072	- 0.204
getting angry	0.140	0.198
experiencing pleasure	- 0.089	0.189
seeing things	0.253	- 0.168
getting hungry	- 0.080	0.131
having a personality	0.235	0.104
experiencing joy	- 0.037	- 0.095
feeling safe	- 0.091	- 0.069
sensing temperatures	0.207	0.067
detecting sounds	0.269	- 0.042
experiencing pain	0.212	0.034
feeling nauseated	0.147	- 0.033

Figure 1. 男女比較調査の因子分析の結果 (Items belonging to the factors were in bold, and factor loadings with an absolute value greater than 0.3 were colored.)

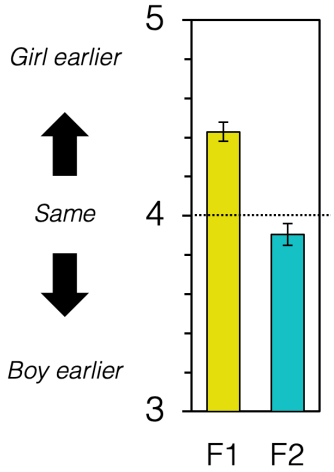


Figure 2. 男女比較調査のジェンダーステレオタイプの結果

男女独立調査

日本人成 547 名 (年齢推定調査: $Range_{age}$ = 19-68, M_{age} = 40.87, N_{female} = 128, N_{male} = 128, $N_{sex\ unanswered}$ = 2; 写真推定調査: $Range_{age}$ = 20-75, M_{age} = 42.27, N_{female} = 143, N_{male} = 142, $N_{sex\ unanswered}$ = 4) を対象としたオンライン調査を実施した。サンプルサイズは調査実施前に G*Power を用いて算出した。具体的には，Body-heart-mind 構造 (Weisman et al., 2017) を参考し，3 つのドメインの全てもしくは一部において男児と女児のどちらか一方の発達が早いという現象があるかどうかを analysis of variance (ANOVA) (f = 0.1, power = 0.95, α = 0.05) を用いて検討するためには 260 名以上のサンプルが必要であった。

調査では，Body-heart-mind 構造 (Weisman et al., 2017) を参考に，40 種類の認知能力を提示し，それらの出現時期について男女独立に推測させた。質問文は「ヒカルくんは男／女の子です。… ヒカルくん／ちゃんは空腹を感じることができます。ヒカルくん／ちゃんが初めて空腹を感じるようになるのはいつだと思いますか？」という形式で提示した。被験者は男児条件と女児条件のいずれかに割り当てられた。

年齢推定調査では，Meng et al. (2022) の方法を踏襲し，発達段階を「<0.5 歳未満」「0.5~1 歳」「1~2 歳」「2~4 歳」「4~7 歳」「7 歳以上」の 6 段階に分けて選択肢を提示した (Figure 3, 上)。写真推定調査では，これらの文字情報のみの選択肢だと参加者が児の発達状態をイメージできない可能性を排除するために，Meng et al. (2022) の方法を踏襲し，それぞれの年齢グループに対応する児の写真を提示した (Figure 3; 下)。

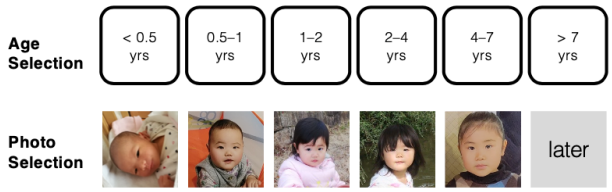


Figure 3. 男女独立調査の選択肢

年齢推定調査と写真推定調査とでは類似する結果が見られた。具体的には，Weisman et al. (2017) と同様の探索的因子分析 (Varimax 回転) を行った結果を行った結果，2 つの因子が抽出された (Figure 4)。

Item	年齢推定調査 Factor 1	年齢推定調査 Factor 2	写真推定調査 Factor 1	写真推定調査 Factor 2
experiencing pride	**0.743**	0.184	**0.819**	0.084
reasoning about things	**0.671**	0.150	**0.756**	0.041
experiencing guilt	**0.744**	0.246	**0.747**	0.208
telling right from wrong	**0.629**	0.309	**0.727**	0.226
understanding how others are feeling	**0.664**	0.327	**0.720**	0.313
exercising self-restraint	**0.661**	0.263	**0.673**	0.178
holding beliefs	**0.726**	0.138	**0.660**	0.064
working toward a goal	**0.690**	0.217	**0.647**	0.257
feeling disrespected	**0.617**	0.333	**0.644**	0.233
feeling depressed	**0.639**	0.286	**0.607**	0.255
having thoughts	**0.708**	0.379	0.590	0.405
making choices	0.598	0.470	0.586	0.437
feeling calm	**0.568**	0.357	**0.565**	0.363
having intentions	0.591	0.400	**0.564**	0.213
having free will	0.574	0.419	0.524	0.452
doing computations	**0.520**	0.174	**0.515**	0.130
being self-aware	0.594	0.404	**0.508**	0.308
feeling embarrassed	**0.574**	0.278	**0.500**	0.265
perceiving depth	0.440	0.500	**0.446**	0.297
feeling tired	0.465	0.548	**0.473**	0.356
remembering things	0.560	0.426	**0.471**	0.331
having a personality	0.518	0.482	0.448	0.497
feeling safe	0.279	**0.727**	0.260	**0.582**
experiencing pain	0.207	**0.723**	0.161	**0.578**
experiencing joy	0.308	**0.720**	0.364	**0.599**
detecting odors	0.259	**0.703**	0.205	**0.575**
sensing temperatures	0.254	**0.700**	0.245	**0.585**
seeing things	0.161	**0.680**	0.028	**0.519**
detecting sounds	0.139	**0.673**	0.044	**0.702**
having desires	0.330	**0.664**	0.295	**0.639**
getting hungry	0.142	**0.654**	- 0.059	**0.562**
recognizing others	0.414	0.648	0.313	**0.558**
experiencing pleasure	0.383	**0.603**	0.490	0.458
feeling love	0.333	**0.596**	0.395	**0.532**
being conscious	0.391	**0.589**	0.338	**0.552**
feeling nauseated	0.346	**0.576**	0.241	**0.443**
communicating with others	0.484	0.574	0.446	0.538
feeling happy	0.427	0.549	0.498	0.476
experiencing fear	0.395	**0.536**	0.313	**0.492**
getting angry	0.503	0.532	0.457	0.525

Figure 4. 男女独立調査の因子分析の結果

出現時期の推定を従属変数として，性別 (被験者間：男児，女児) とドメイン (被験者内：因子 1，因子 2) を独立変数とした ANOVA を行った結果 (Figure 5)，ドメインの主効果のみが有意だった (年齢推定調査: $F_{(1, 256)} = 3305.32$, $p < .001$; 写真推定調査: ($F_{(1, 287)} = 3536.93$, $p < .001$)。児の性別の主効果 ($ps > .247$) や，児の性別とドメインの交互作用 ($ps > .568$) は有意ではなかった。

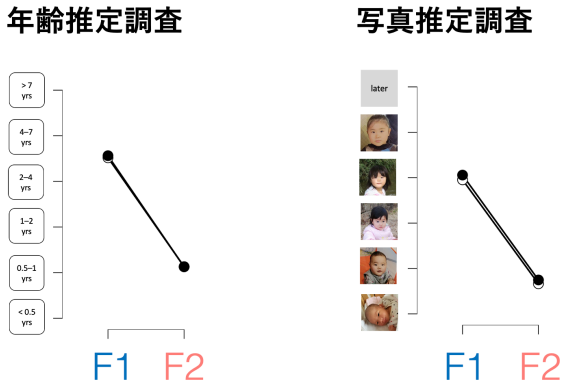


Figure 5. 男女独立調査のジェンダーステレオタイプの結果

3. 考察

本研究の結果から、認知能力の出現時期が男児と女児とでどちらが早いか男女を比較させて評定させる場合には，「女の子が早い」というジェンダーステレオタイプが見られた一方，男女を独立に評定させる場合はジェンダーステレオタイプがみられないことがわかった。このことは，こころの始まりに関するジェンダーステレオタイプが存在するものの，それは男女比較という文脈においてみられる信念である可能性が示された。また、認知能力の出現時期に関する推定には 2 因子構造があることが示された。

文献

Locke, J. (1847). *An essay concerning human understanding*. Oxford University Press.

Meng, X., Wang, J. J., Yoshikawa, Y., Ishiguro, H., & Itakura, S. (2022). A cross-cultural investigation of people's intuitive beliefs about the origins of cognition. *Frontiers in Psychology*, 13, 974434.

Okanda, M., Meng, X., Kanakogi, Y., Uragami, M., Yamamoto, H., & Moriguchi, Y. (2022). Gender stereotypes about intellectual ability in Japanese children. *Scientific Reports*, 12(1), 16748.

Slater, A., Mattock, A., & Brown, E. (1990). Size constancy at birth: Newborn infants' responses to retinal and real size. *Journal of experimental child psychology*, 49(2), 314-322.

Weisman, K., Dweck, C. S., & Markman, E. M. (2017). Rethinking people's conceptions of mental life. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(43), 11374-11379.

VR を用いた経路選択傾向の研究
Study on route-selection tendencies using virtual reality

宮野 修平 †，金 慧隣 ‡，愛甲 哲也 ‡
Shuhei Miyano, Hyerin Kim, Tetsuya Aikoh
† セコム株式会社 IS 研究所，‡ 北海道大学 大学院農学研究院
†Intelligent Systems Laboratory, SECOM Co., Ltd., ‡ Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University
shu-miyano@secom.co.jp

概要

ルールへの遵守性や長時間移動に対する許容度など，歩行者の経路選択には個人差がありうる．したがって，群衆制御による誘導効果を予測するためには，誘導対象である群衆中における経路選択傾向の分布を知る必要がある．本研究では，VR を用いた群衆実験によって，経路ごとの移動時間や混雑度合い，誘導の有無が経路選択に与える影響を測定し，階層クラスタリングによって経路選択傾向の分布を分析した．さらに，フォーカスグループインタビューによって仮想の混雑緩和施策に対する意見を収集し，クラスタリング結果との整合性を分析することで，VR 実験結果の妥当性を評価した．

キーワード：経路選択 (route selection),VR, フォーカスグループインタビュー (focus group interview)

1. はじめに

不特定多数の群衆が集まる空間において，人々の安全性や快適性を確保するためには，人々の移動を適切に制御する必要がある（Gayathri et al. 2017）．適切な群衆制御を実施することで，過密化を防止して群衆事故の発生リスクを下げつつ，その空間を利用する歩行者の快適性を高めることができると期待される（Fruin 1971）．

実施する群衆制御を最適化するためには，群衆制御の誘導効果を予測する必要があり，群衆制御を実施したときの人々の経路選択傾向をあらかじめ知っておく必要がある．ここで，群衆の経路選択に影響を及ぼす要因については広く研究されており，群衆制御の誘導以外にも，たとえば経路ごとの移動時間や混雑度合いなどが要因として知られている（Daamen 2002）．

しかしながら，これらの要因が経路選択傾向に与える影響の個人差については研究の余地がある．現実の群衆においては，同じ群衆制御に対してルールを遵守する人としない人がいたり，長時間歩いても平気な人もいればそうでない人もいたりするなど，各要因が経路選択に及ぼす影響は個人ごとに異なりうる．したがって，群衆制御の誘導効果をより正確に予測するためには，どのような経路選択傾向をもつ個人がどれだけの割合含まれるのかを調査する必要がある．

そこで本研究では，VR を用いた仮想的な群衆誘導実験を実施し，経路ごとの移動時間と混雑度合い，誘導の有無を変えながら被験者ごとの経路選択傾向を調査し，階層クラスタリングによって典型的な経路選択傾向を推定しその分布を調査した．さらに，フォーカスグループインタビュー（FGI）によって仮想の混雑緩和施策に対する意見を収集し，クラスター特徴と FGI 回答結果の整合性をみることで，VR 実験で得られた経路選択傾向の妥当性を評価した．

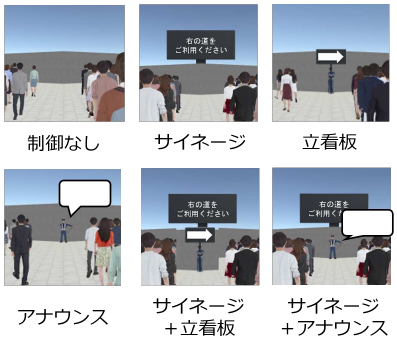
2. 実験方法

本研究では，25 名の被験者に対して，VR を用いた経路選択実験を行った．実験では，仮想のイベント終了後に最寄り駅まで向かう途中という設定の下で，駅までの移動経路が左右に分岐した仮想的な空間内を歩くシーンを提示し，シーンごとに左右経路ごとの移動時間や混雑度合い，長時間側への誘導方法に関する設定を変えながら，それぞれのシーンにおいて左右経路のどちらを歩きたいか回答させた．被験者に提示した VR シーンの例と経路選択の回答画面を図 1 に示す．

左右経路ごとの移動時間に関する設定としては，短

図 1 （上）VR シーンの例と（下）経路選択回答画面

図 2　誘導方法のパターン



時間側は常に 5 分とし，長時間側を 8 分，13 分，20 分の 3 通りとした．左右経路ごとの混雑度合いについては，左右それぞれの経路を歩く歩行者数を 50 人，100 人，200 人の 3 通りずつ，合計 $3 \times 3 = 9$ 通りとした．また，誘導方法については，図 2 に示す 6 通りとした．なお，誘導がある場合，常に長時間側へ誘導することとした．以上の設定の組み合わせとして，被験者ごとに合計 $3 \times 9 \times 6 = 162$ 個の VR シーンを提示した．

次に，VR 実験で得られた経路選択データを用いて，被験者ごとの個人差を考慮したロジスティック回帰分析を実施した．ここで，回帰に用いたモデル式は以下の通りである．

$$Y \sim Bernoulli_logit\left(\beta_0^{(s)} + \beta_{T_d}^{(s)} T_d + \beta_{N_d}^{(s)} N_d + \beta_C^{(s)} C\right)$$

$$\beta_0^{(s)} \sim Normal(\mu_0, \sigma_0),\ \beta_{T_d}^{(s)} \sim Normal(\mu_{T_d}, \sigma_{T_d})$$

$$\beta_{N_d}^{(s)} \sim Normal(\mu_{N_d}, \sigma_{N_d}),\ \beta_C^{(s)} \sim Normal(\mu_C, \sigma_C)$$

ここで，Y は長時間側が選択されるとき 1，そうでないとき 0 をとるダミー変数であり，s は被験者ごとのインデックスである．T_d は長時間側の移動時間から短時間側の移動時間を引いた差であり，N_d は長時間側の歩行者数から短時間側の歩行者数を引いた差である．また，C は長時間側への誘導があるとき 1，そうでないとき 0 をとるダミー変数である．このモデル式に対して，それぞれの回帰係数を確率変数とみなし，マルコフ連鎖モンテカルロ法によって確率分布のベイズ推定を行った．

次に，回帰結果を用いて被験者のクラスタリングを行うことで，経路選択傾向における特徴的なパターンを調査した．ここで，被験者ごとの特徴量として，被験者ごとの $\beta_0^{(s)}, \beta_{T_d}^{(s)}, \beta_{N_d}^{(s)}, \beta_C^{(s)}$ の平均値をそれぞれ計算した 4 次元量 $(\overline{\beta_0^{(s)}}, \overline{\beta_{T_d}^{(s)}}, \overline{\beta_{N_d}^{(s)}}, \overline{\beta_C^{(s)}})$ を用い，この特徴量間のユークリッド距離を非類似度として，ウォード法による階層クラスタリングを実施した．

さらに，仮想の混雑緩和施策に関する意見を FGI によって収集し，各クラスターの特徴との整合性を分析した．なお，FGI は VR 実験を行う 1 週間前に実施

図 3　FGI 設問 1 で提示した画像

した．ここで，FGI では次の 3 点に関する意見を収集した：

1）他の歩行者との距離に対する許容度合い：人数制限によって他の歩行者との距離を調整するとき，他の歩行者との距離がどこまでの状況が望ましいと思うか

2）最短ルート以外の経路への誘導に対する許容度合い：最短ルートよりどの程度長い経路に誘導されても構わないと思うか

3）退場までの待機時間に対する許容度合い：規制退場があるイベントで，イベント終了後に座席で待機するとき，どの程度の時間であれば待っても構わないと思うか

なお，設問 1 については図 3 の画像を示しながら質問した．

3.　実験結果

それぞれの被験者ごとに，長時間側の経路を選択した割合を長時間側率 p_L とする．図 4 において，移動時間差 T_d，歩行者数差 N_d および誘導の有無 C に対する被験者ごとの p_L の変化とその平均値を示す．

図 4 の左列より，p_L の平均値は T_d や N_d が大きくなるにつれ下がり，制御がないときよりあるときの方が上がっている．これは平均的には移動時間がより小さく，混雑度合いがより小さく，誘導されている経路が選ばれやすいということを意味しており，日常感覚に合致している．一方，図 4 の右列によると，T_d, N_d, C に対する被験者ごとの p_L の変化傾向については必ずしも平均的な傾向と一致しておらず，経路選択傾向に個人差があることが示唆されている．

図 5 に，それぞれの被験者ごとの回帰係数 $\beta_0^{(s)}, \beta_{T_d}^{(s)}, \beta_{N_d}^{(s)}, \beta_C^{(s)}$ の推定結果を示す．ここで，推定結果は各回帰係数の確率分布で示されている．それぞれの回帰係数の符号および確率分布について被験者ごとの個人差があり，それぞれの要因が経路選択に与える影響に個人差があったことが示唆されている．たとえば，多くの被験者について $\beta_0^{(s)}$ は負の値に偏り，T_d, N_d, C に関係なく長時間側を選びにくい一方で，被験者 20 と 23 については $\beta_0^{(s)}$ が正の値に偏っており，これらの要因に関係なく長時間側を選びやすい傾向にある．

図 4　（左列）T_d, N_d, C に対する長時間側率 p_L の平均値および（右列）被験者ごとの p_L（右列の図において被験者ごとに異なる色分けをしている）

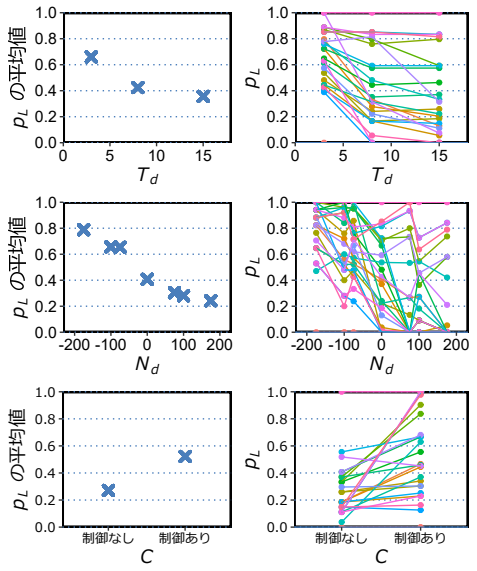
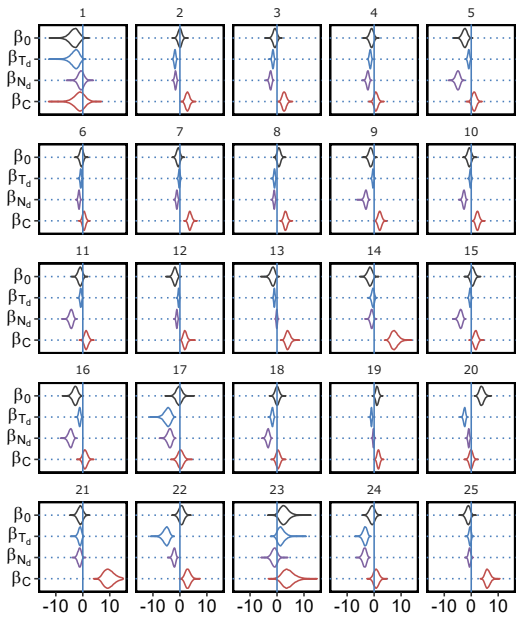


図 5　被験者ごとの $\beta_0^{(s)}, \beta_{T_d}^{(s)}, \beta_{N_d}^{(s)}, \beta_C^{(s)}$ の推定結果．各ボックス上の数字は被験者のインデックス s を表す



回帰結果に基づく被験者のクラスタリング結果を図 6 に示す．それぞれの色分けはクラスターを表す．ここで，クラスターのサイズと解釈性のバランスを考え，5つのクラスターに分類した．

図 7 にクラスターごと各被験者の特徴量分布を示す．特徴量分布から，クラスターごとの特徴は以下のように解釈できる：

- クラスター 1（3 人）:「楽な経路優先」 β_{T_d} が特に小さく β_{N_d} も小さいことから，移動時間が小さく混雑していない，楽に移動できる経路を優先している

図 6　階層クラスタリング結果

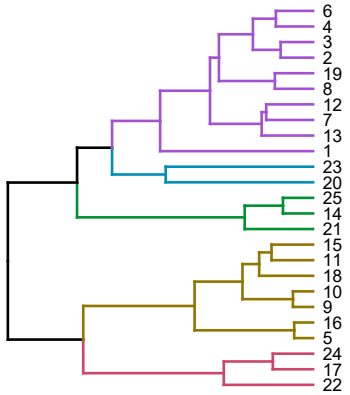
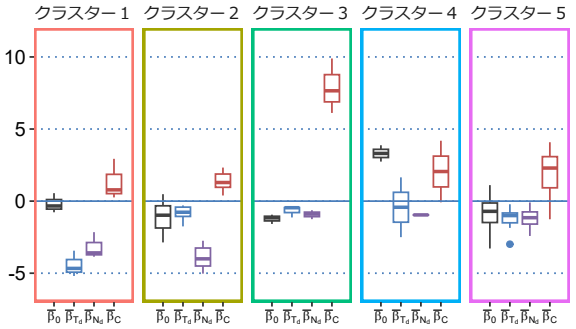


図 7　クラスターごとの特徴量分布



- クラスター 2（7 人）:「混雑回避優先」 β_{N_d} が特に小さいことから，混雑回避を優先している
- クラスター 3（3 人）:「ルール優先」 β_C が特に大きいことから，ルール遵守を優先している
- クラスター 4（2 人）:「長時間優先」 β_0 が正の値であることから，長時間側を優先している
- クラスター 5（10 人）:「こだわり少」 他クラスターに比べて β_{T_d}，β_{N_d}，β_C の絶対値が小さいことから，それぞれの要因に対して比較的こだわりが少ないとみなせる

最後に，FGI の回答結果をクラスターごとにまとめたものを表 1 に示す．

設問 1 について，クラスター 1（楽な経路優先）やクラスター 2（混雑回避優先）であっても，他者との距離を大きく取る方が望ましいと考える被験者が多いという傾向はみられない．これは，VR 実験と FGI とで混雑状況の示し方に差があり，混雑度合いの認識が異なったことが原因である可能性がある．

一方，設問 2 についてはクラスター 1（楽な経路優先）では全ての被験者が最短ルートがよいと回答しているが，クラスター 4（長時間優先）は 600m および 1,100m と比較的長い距離を許容できると回答しており，クラスター特徴と FGI 回答の間に整合性がみられ

表1　クラスターごとのFGI回答結果

	クラスター1（楽な経路優先）	クラスター2（混雑回避優先）	クラスター3（ルール優先）	クラスター4（長時間優先）	クラスター5（こだわり少）	総数
クラスター人数	3	7	3	2	10	25
1）他の歩行者との距離に対する許容度合い						
2 m 間隔	0	1	0	1	1	3
1 m 間隔	2	5	1	1	7	16
従来通り	1	1	2	0	2	6
2）最短ルート以外の経路への誘導に対する許容度合い						
最短ルート	3	0	0	0	2	5
200 m まで	0	1	0	0	3	4
600 m まで	0	4	3	1	4	12
1,100 m まで	0	2	0	1	1	4
3）退場までの待機時間に対する許容度合い						
待ちたくない	3	1	0	0	2	6
10 分	0	5	0	0	6	11
15 分	0	0	1	0	0	1
20 分	0	1	1	0	2	4
30 分	0	0	1	0	0	1
40 分	0	0	0	2	0	2

る．また，設問3についても，クラスター1（楽な経路優先）は全員待ちたくないと回答している一方で，クラスター4（長時間優先）は全員が最大の40分を回答しており，歩行における移動時間と座席での待機時間という差はあるが，こちらもクラスター特徴とFGI回答結果が整合している．

設問2や3におけるクラスタリング結果とFGI回答結果の整合性から，VR実験で得られた経路選択傾向の妥当性が示唆されている．しかしながら，今回の実験結果の普遍性については，異なる被験者群や実験設定を対象としたさらなる検証が必要である．たとえば今回の実験では「こだわり少」の被験者が最も多く，次いで「混雑回避優先」の被験者が多いという結果になったが，異なる被験者群や実験設定下では，クラスタリングで得られる経路選択傾向の特徴やクラスターのサイズ分布が変わる可能性がある．

4.　おわりに

本研究では，経路選択における個人性を明らかにするため，VRを用いた仮想的な誘導実験を実施し，25名の被験者に対し162通りのVRシーンを提示し，VRシーンごとに経路ごとの移動時間や混雑度合い，誘導の有無を変えながら被験者の経路選択を測定した．また，回帰分析によって各要素が経路選択に与える影響を個人ごとに評価し，階層クラスタリングによって5種類の特徴的な経路選択傾向とその分布を求めた．さらに，フォーカスグループインタビュー（FGI）によって仮想の混雑緩和施策に対する意見を収集し，それぞれのクラスターの特徴とFGI回答結果との整合性を分析した．分析の結果，最短ルート以外への誘導や待機時間に対する許容度合いについて整合がみられ，VR実験で得られた経路選択傾向の妥当性が示唆されている一方で，今回発見された経路選択傾向分布の普遍性については，異なる群衆や実験設定を対象とした検証が必要である．また，今回はクラスター単位での分析を行ったが，今後は被験者個人ごとのVR実験結果とFGI回答結果を比較することで，経路選択傾向における個人差をより詳細に分析していきたい．

本研究はJST未来社会創造事業JPMJMI20D1の支援を受けたものである．

文　献

H. Gayathri, P. M. Aparna & A. Verma (2017). A review of studies on understanding crowd dynamics in the context of crowd safety in mass religious gatherings. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *25*, 82–91. http://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.07.017

J. J. Fruin (1971). *Pedestrian planning and design*. Metropolitan Association of Urban Designers and Evnvironmental Planners.

W. Daamen (2002). Modelling passenger flows in public transport facilities [Unpublished doctoral dissertation]. Delft, Netherlands: Delft University of Technology.

手で操作可能な物体の記憶に対する利き手拘束の影響
Does restraint of the dominant hand affect memory for lateralized hand-manipulable objects?

丹羽 晴香[†]，月元 敬[‡]
Haruka Niwa, Takashi Tsukimoto
[†]大阪公立大学大学院，[‡]岐阜大学
Osaka Metropolitan University, Gifu University
sa24236e@st.omu.ac.jp

概要
本研究は，利き手の拘束が，利き手側に持ち手のある物体の長期記憶に与える影響を検証した．実験の結果，右利きの参加者では，利き手拘束条件において，利き手側に持ち手のある物体が，非利き手側に持ち手のある物体よりも多く想起できることが示された．これは不十分な手の拘束によるものだと考えられ，運動による記憶干渉効果を検証する実験において，適切な運動妨害や認知負荷を与えることの重要性について考察した．

キーワード : 運動シミュレーション (motor simulation), 利き手 (dominant hand), 長期記憶 (long-term memory)

1. はじめに

Gibson (1979) の提唱した「アフォーダンス」という概念は「環境が動物に提供している意味や価値」のことである．これに基づけば，我々が知覚するのは対象の性質ではなく，対象のアフォーダンスである[1].

Tucker & Ellis (1998) はこのアフォーダンス概念を，物体への行為の意図が形成される前に対象物やその特性の表象が引き起こす運動パターンに拡張し，実験を行った[2]．参加者に，提示される物体が直立しているか倒立しているかを両手のキー押しで反応させた結果，持ち手が右側にある物体には右手の反応が，持ち手が左側にある物体には左手の反応が速いことが示された．これにより，物体の表象には動作要素が含まれており，その物体のアフォーダンスと適合する運動パターンが活性化することが論じられた．

「対象がアフォードする行為」が知覚される際，実際に行動する時と同様に運動皮質が活性化することは「運動シミュレーション」と呼ばれている[3]. 例えば，腹側運動前野 (F5 野) は，サルが物体を把持する時だけでなく，物体を視覚的に提示された時も活性化することが示されている[4]．また，ヒトが道具の絵を見たり命名したりする際に左腹側運動前野 (BA6) が活性化することも明らかになっている[5].

運動シミュレーションを妨害すると，行動概念の認知や記憶が干渉されることが確認されている．例えば，下頭頂小葉 (IPL) に経頭蓋磁気刺激 (TMS) を行うと，操作可能な物体の命名が遅れるが，操作不可能な物体の命名は遅れない[6]．また，物体がアフォードする行動と適合しない動作を課すことにより運動シミュレーションを妨害すると，日常的に頻繁に触れる物体の命名のパフォーマンスが低下すること[7]や運動が妨害された手の方向に持ち手が向いた道具の命名が遅くなること[8]が示されている．これらは運動シミュレーションの因果性を支持する証拠である．

他方，Matheson et al. (2014) は運動干渉の効果を追認できず[9]，Saccone et al. (2021) は，手の位置や利き手の考慮などの要因を変更し，操作可能な物体のみを対象とした実験を行ったが，処理パフォーマンスに差は認められなかった[10]．このように，運動シミュレーションの因果性を支持しない報告もある．

運動シミュレーションの解釈は一貫していないが，操作可能な物体の長期記憶と運動システムが処理資源を共有しているかという観点で，近年は意味記憶課題からエピソード記憶課題へと展開している．Dutriaux & Gyselinck (2016) は，両手を後ろで組むことが操作可能な物体の記憶成績に干渉効果を与えることを示した[3]. また，大西・牧岡 (2020) は，手の可視性や位置に関わらず，手の拘束が操作可能な物体の長期記憶に干渉効果を与えることを示している[11]．これらの実験の違いは提示される物体の向きであった．前者は利き手側に配置し，後者ではランダムであり，利き手と物体の持ち手の向きの潜在的な適合性の影響が存在する可能性がある．そのため，物体の持ち手の向き及び利き手という要因を考慮する必要がある．

Casasanto (2009) が提唱した「身体特異性仮説」によると[12]，利き手で行う動作は右利きと左利きで異なる神経認知表象を形成しており，これに基づけば，右利きは持ち手が右側の物体に，左利きは持ち手が左側の物体に対して運動シミュレーションが容易になると推測される．持ち手の向きと利き手の適合性効果は，持ち手

のあるコップに対する移動指示の記憶実験において右利きのみ確認されている[13].

以上を踏まえ，本研究では右利きの参加者を対象に，利き手の拘束が手で操作できる物体や操作できない物体の長期記憶に与える影響を検証する．操作できる物体として，持ち手が右側と左側にあるものを用いる．これにより，利き手と物体の相互作用が物体の長期記憶(エピソード記憶) に与える影響を検討する．

本研究の仮説は，以下の通りである．

1. 「完全な右利き」参加者は左手を拘束するよりも右手を拘束する方が，持ち手が右側にある物体の記憶成績が低くなるだろう．
2. 「完全な右利き」参加者は右手拘束により，持ち手が左側にある物体や操作不可能な物体よりも，持ち手が右側にある物体の記憶成績が低くなるだろう．

2. 方法

2.1. 実験参加者

岐阜大学学部生 45 名が実験に参加した．

2.2. 実験計画

拘束 (参加者間計画 : 右手，左手) ×物体 (参加者内要因 : 持ち手右，持ち手左，操作不可能) の 2 要因混合計画だった．

2.3. 視覚刺激

手で操作できる物体 27 個 (例:歯ブラシ，ラケット)，手で操作できない物体の 13 個 (例 : 踏切，ベッド) のイラスト画像を用いた．操作できる物体 3 個と操作できない物体 1 個はフィラーとして系列位置の初めと終わりに固定して置かれた．残りの操作できる物体は 12 個ずつ 2 つのリスト (A と B) に入れ，半数の参加者はリスト A の持ち手が右向き，リスト B の持ち手が左向きで提示され，半数の参加者はその逆で提示された．リスト A，B，手で操作できない物体のリスト間で語彙使用頻度[14]，文字数，心像性[15]の均等化を図った．練習試行，本試行共に画像刺激は白い背景上に 300×300 ピクセルでランダムな順序で提示された．

2.4. 装置

実験の制御には lab.js (Henninger et al., 2020; https://lab.js.org/) を用いた．手の拘束のために黒のボード，スポンジ，クランプを用いた．机の上に置いた両手のうち，片方を黒のボードで押さえつけることによって手を拘束した (図 1).

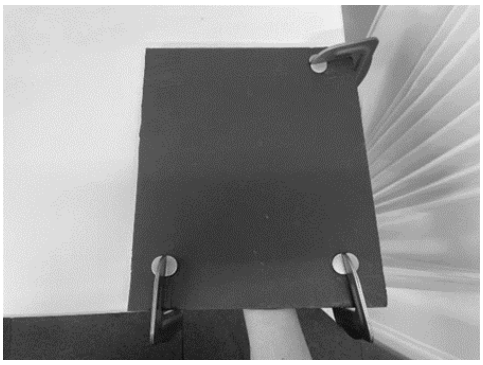


図 1　手の拘束状況 (右手の場合)

2.5. 手続き

参加者にインフォームドコンセントを行い，紙面で同意を得てから実験に移った．割り当てられた拘束条件で練習試行を開始した．実験の流れが理解できたことを確認した後，本試行を行った．実験中は参加者の視界に手で操作できる物体 (マウス，キーボード等) が映らないようにした．本試行は次の 3 段階で構成された．

1. 学習段階 : 参加者は右手または左手が拘束された状態 (図1) で提示される物体を記憶した．5秒のカウントダウンと0.5秒のブランク後，物体の画像提示を開始した．物体は1つずつ3秒間提示され，1.5秒のブランク後，次の物体に切り替わった．
2. 妨害課題 : 両手を無拘束状態で机の上に置き，妨害課題を約90秒間行った．課題は，提示されるアルファベットの大文字と小文字のペアが「同じ」文字か「違う」文字かを口頭で答えるものであった．5秒のカウントダウンと0.5秒のブランク後，アルファベットのペアが1.5秒間提示され，0.75秒のブランク後，次のペアが提示された．
3. 再生課題 : 参加者は両手を無拘束状態で机の上に置き，学習段階で覚えた物体の名前をできるだけ思い出し，口頭で回答した．参加者がこれ以上思い出せないことを示したら終了した．

本試行終了後，2 つの項目に変更点を加えた FLANDARS 利き手テスト[16]に回答した．一人あたりの実験時間は約 20 分だった．

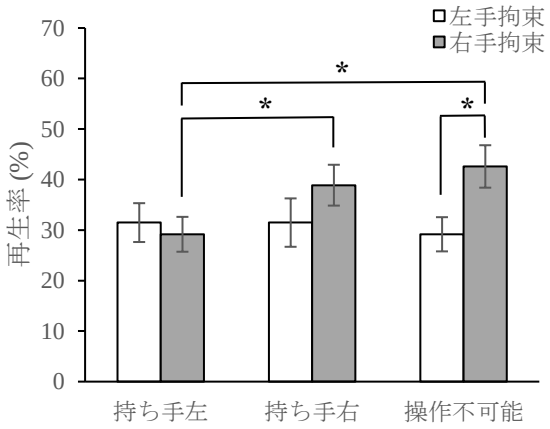


図 2　各条件における物体の平均再生率

3.　結果

利き手テストの10項目すべてを右手で使用すると回答した36名を「完全な右利き」とし，分析対象とした．

分析には R 4.1.3 (R Core Team, 2022)， RStudio 2022.02.3 (RStudio Team, 2022) を使用した．

参加者の物体の平均再生率について，拘束 (左手，右手) ×物体 (持ち手左物体，持ち手右物体，操作不可能物体) の 2 要因分散分析を行った結果，拘束と物体の主効果 (拘束：$F(1, 34) = 2.00, p = .17$; 物体：$F(2, 68) = 1.94, p = .15$) は有意ではなかったが，拘束と物体の交互作用 ($F(2, 68) = 3.33, p = .04, \eta_p^2 = .09$) は有意であった (図 2)．下位検定の結果，操作不可能な物体における有意な拘束の単純主効果が認められ ($F(1, 34) = 6.19, p = .02, \eta_p^2 = .15$)，右手拘束の方が左手拘束よりも平均再生率が高いことが示された．さらに，右手拘束における有意な物体の単純主効果が認められた ($F(2, 34) = 6.26, p < .01, \eta_p^2 = .27$) ため，Shaffer 法による多重比較を行ったところ，操作不可能な物体は持ち手左物体よりも平均再生率が高く ($t(17) = 3.27, p = .01$)，持ち手右物体は持ち手左物体よりも平均再生率が高い ($t(17) = 2.43, p = .03$) ことが示された．これら以外の単純主効果は有意ではなかった (Fs < 1.41, *ns*)．

4.　考察

実験の結果，右利きの人が右手を拘束することで，持ち手右物体の記憶成績が低くなるという結果は得られず，仮説は両方とも支持されなかった．これは先行研究の結果と異なっており，運動シミュレーションが行動概念の想起に因果的な役割を持つという見方と一致していない．しかし，運動の妨害が操作できる物体の想起に無関係だということを示したわけではない．

まず，持ち手右物体の記憶成績が右手拘束によって促進した．この原因として，手の拘束が運動シミュレーションを妨害できていなかった可能性が考えられる．大西・牧岡 (2020) では手の拘束のために厚みや重みのあるアクリル板が用いられ，拘束装置自体がボルトで机に取り付けられ，固定されていたのに対し，本実験では厚さ 5 ミリ程度の黒のカラーボードの 3 箇所をクランプで押さえた (図 1)．それに加え，本研究ではカラーボードと指の間に生じる余白を埋めるために，指付近にはスポンジが取り付けられていた．このように，手の拘束の仕方が先行研究よりもやや緩く，その結果，本実験では運動妨害の感覚を十分に与えられなかった可能性がある．Apel et al. (2012) は，右利きの人が右手で指示を実行する場合，持ち手が左にあるコップに対する移動指示よりも持ち手が右にあるコップに対す指示をより多く想起する一方，非利き手である左手で指示を実行する場合はコップの持ち手の違いによる違いは生じないことを示している．この結果は，本実験において右手拘束条件が持ち手右物体の記憶成績が高かったが，左手拘束条件では持ち手の向きによる記憶成績の有意な差がなかったことと一致している．つまり，本実験における手の拘束の効果が，移動指示の実行と同様の効果を持っていた可能性が考えられる．しかし，先行研究では，運動の妨害が逆に運動関連の概念を活性化させた事例はなく，この効果を検討するためには，手の拘束の強さを要因とする更なる実験が必要である．

次に，右手拘束において，手で操作できない物体の記憶成績が高くなったことについては，その刺激の中に，体全体で相互作用する物体が存在したことが起因している可能性がある (例：ベッド，階段など)．運動シミュレーション仮説に基づけば，全身で関わる物体を見ると，それに対応する運動野が活性化すると考えられる．また，操作不可能物体の記憶成績が高くなったのは右手拘束のときのみであったことから，操作不可能な物体も，持ち手右物体と同様に，不十分な右手の拘束によって引き起こされた運動野の活性化によって記憶成績が高くなった可能性がある．これは，右利きの人にとって，右手が全身運動と関連している可能性を示唆している．両手を拘束した実験[11]でも，手の拘束が，操作不可能物体の記憶に促進効果を与える傾向が見られており，手の拘束がその他の身体の部位の運動シミュレーションに与える影響について更なる検討が必要だ．

最後に，本研究の課題や今後の展望について述べる．本研究の課題は，参加者が一度に覚えなければならない物体が多かった可能性である．本研究は 40 個 (フィラー4 個含む) であり，先行研究よりも多いと言える．このため，記憶負荷が高く，カテゴリー化して覚えるなどの記憶方略が採られた可能性がある．身体性認知は潜在的に我々の認知活動を支えているものである[17]ことからすると，このような意図的な方略やその効果により，身体性認知は，覆い隠されてしまうのかもしれない．意図的な記憶方略の使用を抑制するためには，比較的認知負荷の低い手続きでの追試が必要であろう．

今後の展望としては，無拘束条件と比較することによって，本実験で得られた片手の拘束による影響が促進を表しているのか，それとも干渉を表しているのかを明確化することが求められる．

5. 参考文献

[1] Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception. Boston, MA; Houghton Mifflin.
(ギブソン, J. J. 古崎 敬・古崎 愛子・辻 敬一郎・村瀬 旻 (共訳) (1985). 生態学的視覚論――ヒトの知覚世界を探る―― サイエンス社)

[2] Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, *24* (3), 830–846. https:// doi.org/10.1037/0096-1523.24.3.830

[3] Dutriaux, L., & Gyselinck, V. (2016). Learning is better with the hands free: The role of posture in the memory of manipulable objects. PLoS ONE, *11* (7), e0159108. https://doi.org/10.1371/journal.pone.015910

[4] Chao, L. L., & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objects in the dorsal stream. NeuroImage, *12* (4), 478–484. https://doi.org/10.1006/ nimg.2000.0635

[5] Murata, A., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., Raos, V., & Rizzolatti, G. (1997). Object representation in the ventral premotor cortex (area F5) of the monkey. Journal of Neurophysiology, *78* (4), 2226–2230. https://doi.org/10. 1152/jn.1997.78.4.2226

[6] Pobric, G., Jefferies, E., & Ralph, M. A. L. (2010). Category-specific versus category-general semantic impairment induced by transcranial magnetic stimulation. Current Biology, *20* (10), 964–968. https://doi.org/10.1016/j.cub. 2010.03.070

[7] Yee, E., Chrysikou, E. G., Hoffman, E., & Thompson-Schill, S. L. (2013). Manual experience shapes object representation. Psychological Science, *24* (6), 909–919. https://doi.org/10.1177/0956797612464658

[8] Witt, J. K., Kemmerer, D., Linkenauger, S. A., & Culham, J. (2010). A functional role for motor simulation in identifying tools. Psychological Science, *21* (9), 1215–1219. https://doi.org/10.1177/0956797610378307

[9] Matheson, H. E., White, N., & McMullen, P. A. (2014). Testing the embodied account of object naming: A concurrent motor task affects naming artifacts and animals. Acta Psychologica, *145*, 33–43. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.10.012

[10] Saccone, E. J., Thomas, N. A., & Nicholls, M. E. R. (2021). One-handed motor activity does not interfere with naming lateralized pictures of tools. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, *47* (4), 529–544. https://doi.org/10.1037/xhp0000863

[11] 大西 紗英・牧岡 省吾 (2020). 手で操作できる物体の記憶に対する手の拘束の干渉効果: 手の位置と可視性に関する検討 認知科学, *27* (3), 250–261. https://doi.org/10.11225/cs.2020.022

[12] Casasanto, D. (2009). Embodiment of abstract concepts: Good and bad in right- and left-handers. Journal of Experimental Psychology: General, *138* (3), 351–367. https://doi.org/10.1037/a0015854

[13] Apel, J. K., Cangelosi, A., Ellis, R., Goslin, J., & Fischer, M. H. (2012). Object affordance influences instruction span. Experimental Brain Research, *223*, 199–206. https://doi.org/10.1007/s00221-012-3251-0

[14] Tamaoka, K., Makioka, S. Sanders, S., & Verdonschot, R. G. (2017). www.kanjidatabase.com: A new interactive online database for psychological and linguistic research on Japanese kanji and their compound words. Psychological Research, *81* (3), 696–708. https://doi.org/10.1007/s00426-016-0764-3

[15] 佐久間 尚子・伊集院 睦雄・伏見 貴夫・辰巳 格・田中 正之・天野 成昭・近藤 公久 (2005). 日本語の語彙特性 (第 8 巻 単語心像性) 三省堂

[16] 大久保 街亜・鈴木 玄 (2014). 日本語版 FLANDERS 利き手テスト――信頼性と妥当性の検討―― 心理学研究, *85* (5), 474–481. https://doi.org/10.4992/jjpsy.85.13235

[17] Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. Psychonomic Bulletin & Review, *9* (4), 625–636. https://doi.org/10.3758/BF03196322

数独パズルにおける練習期間を挟んだ初学者の熟達化追跡の試み
An Attempt to Progress Process of Novice in Sudoku after a Period of Practice

尾関 智恵 †，小笠原 秀美 ‡，毛利 哲也 †
Tomoe Ozeki, Hidemi Ogasawara, Tetsuya Mouri
† 岐阜大学，‡ 中京大学
Gifu University, Chukyo University
ozeki.tomoe.m1@f.gifu-u.ac.jp

概要

数独は代表的な制約充足問題の一つである． 各マス目で候補となる値を探索的に確定させて解いていく際，人は網羅的に探索するわけではなく，部分的回答方法を用いた「解き筋」と呼ばれる概念（解き方の癖）が現れることがわかっている．本研究では，解き筋がどのように発生し，繰り返し練習する過程でパフォーマンスを向上させていくような熟達化過程にどのように影響を与えるのかを参加者 1 名分の学習データから追跡を試みる．

キーワード：数独, 方略，難易度, パフォーマンス

1. はじめに

数独[*1]は世界中で遊ばれているペンシルパズルの一種で，制約充足問題として知られている．このパズルを解くために各マス目で候補となる値を探索的に確定させていく際，人は網羅的に探索するわけではなく，部分的回答方法を用いた「解き筋」と呼ばれる概念（解き方の癖）が現れることがわかっている．また，解く時にかかる時間や認知的負荷も解き筋などの認知処理方略によって影響を受ける．本研究では，解き筋がどのように発生し，繰り返し練習する過程で解答方略を獲得しパフォーマンスを向上させていくような熟達化過程に影響を与えるのかについて追跡を試みた．

2. 先行研究

先行研究では数独における熟達を捉えるために，数独のルールで提示され，初学者が最初に使う解き方だと考えられる Hidden-Single（図 1：縦・横で使われていない数値を探し出し確定させる）および Single（図 2：縦・横・3 × 3 で使われていない数値を探し出し確定させる）の二種類を取り上げた．この二種類の解き方を初学者がどのように使い分けるか，つまり解き筋の発生を追跡しやすいよう，空セル数が 30〜40 となる Hidden-Single のみで解ける（以下 hsg），Single もしくは Hidden-Single だけでも両方使っても解ける（以下 sghsg）問題を生成した．数独は答えを導くには空きマスとその周囲に配置されている縦・横・3 × 3 のマスどのような数値が入っているかを確認し，制約を満たす数字を入れねばならないため，ある程度解答者の方略を推測することができる．

図 1 Hidden-Single

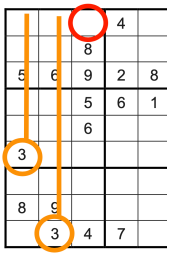
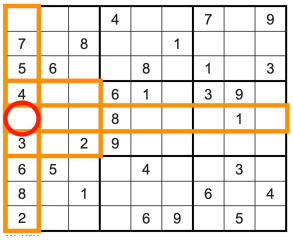


図 2 Single



この推定方法のためには， 特定の方略のみを繰返し適用することで解に到達できる問題が有効となる．今回は二つの方略を対象としているので，Single・Hidden-Single についてその方略のみで解に到達できる/できないの組合せで 4 つのクラスの問題を生成した（表 1 ）．これより，推定のためには問題クラス sg または hsg の問題が必要となる．

表 1 方略 Single/Hidden-Single と問題クラス

		Hidden-Single のみで	
		解決可能	解決不可能
Single のみで	解決可能	sghsg	sg
	解決不可能	hsg	ex

3. 追跡対象と概要

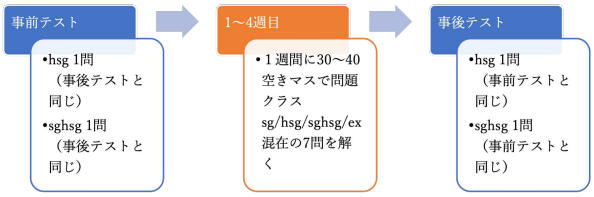
生成した問題を用いて，11 名の大学生に一定期間の練習を挟んで解答してもらった（図 3）．問題はタブレットで配布し，専用のペンを用いて回答を記入してもらい，解答の様子は画面キャプチャ機能を使って動画で記録された．全ての実験協力者は，事前テストを 2 問行ったのち，練習期間 4 週間を設け 1 週間に作成

[*1] 数独は株式会社ニコリの商標登録 (登 3225934) です．

された問題を 7 問ずつ解くよう指示し，最後に事後テストを 2 問行った．事前テストと事後テストは空セル数が 40 となる hsg 1 問および sghsg 1 問で，事前も事後も同じ問題を使用した．その際，問題の難しさの感じ方に順番効果の影響が考えられるため，事前事後では問題順を逆にして取り組んでもらった．

解答方略を獲得しパフォーマンス向上の様子を捉えるために．事前テストと事後テストで得られた解答の様子を記録した動画データからその解答の過程を捉えるためのコーディングを行った．その際，解答方略は用意した問題クラス及びマスに解答を書き込む直前の盤面から推定するスクリプトを作成し，これを用いた．パフォーマンスは問題を解答し終えるまでにかかった時間と，マスに解答を書く・消す操作を 1 ステップとして数えた合計ステップ数の推移比較を行った．

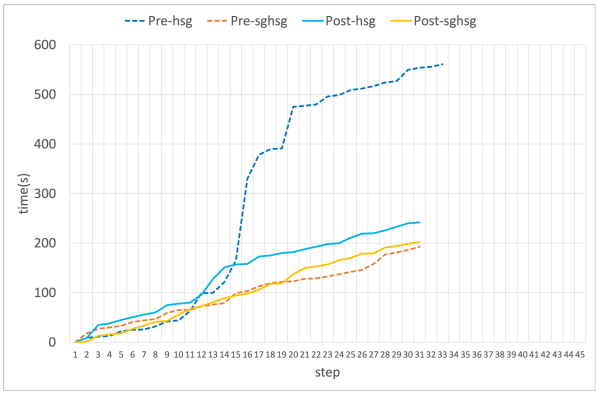
図 3　事前事後テストを挟んだ練習期間の流れ



4.　結果

11 名の結果の中から sghsg と hsg で解答時間の差が顕著に表れた実験協力者の推移対比を図 4 に示す．sghsg より hsg の問題に時間をかけて解答していることが分かった．これは他の 10 名の参加者でも同様の傾向が見られている．また，事前テストの hsg は 1 分以上の考察時間が発生していたが事後テストの hsg および事前・事後テストの sghsg には見られなかった．これにより hsg の問題は初心者には解きにくい方略がある可能性がある．

図 4　事前事後の解答時間とステップ数

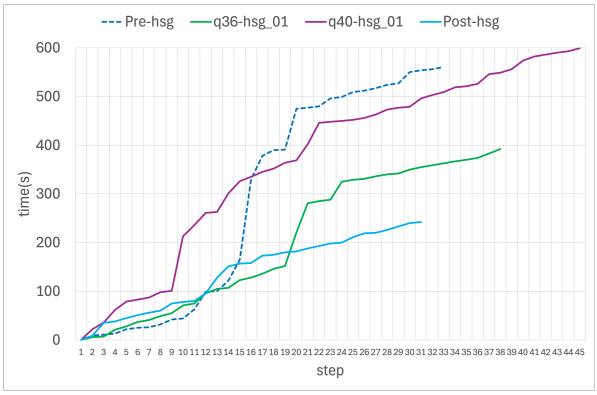


そこで，1 ヶ月の練習期間の問題を解くのにかかった時間を確認した．その結果，問題クラス sghsg は平均 3 分 57 秒，特にコントロールをしていない 20-30 空きマスの問題は平均 3 分 13 秒であった．これに対し，問題クラス sg/hsg/ex は平均 13 分 49 秒と多くの時間がかかっていることがわかった．

そこで，事前・事後テストで検討している hsg のみコーディングを行ない，推移対比図を作成し，事前・事後テストの hsg も含めて比較した（図 5）．図中にある q36-hsg_01 とは空きマス 30 で作成した hsg を表し，q40-hsg_01 は空きマス 40 で作成した hsg のことである．この結果，いずれの問題も 1 分以上マスの書き込みが止まるステップがあることが確認できた．そのステップの時に必要となる解答方略をスクリプトで確認した結果，いずれも Hidden Single を用いて解く盤面であった．つまり，解決方略である Hidden Single を用いて空きマスを推定するのに時間がかかっていることがわかった．そして，事前テストと練習期間は 1 分かかるステップが見られたものの，事後テストでは出現しなかったことから練習期間中に Hidden Single を使った解き方を習得していった可能性が見られる．

また，問題クラス sghsg のように解答方略を切り替えられる場合は 1 分かかるステップが見られなかったことから，問題クラス sg/hsg/ex のように切り替えが制限される問題の方が時間がかかっていたことから，Single のみもしくは Hidden-Single のみで解くような単独方略の問題は認知的負荷がかかりやすい可能性があり，Single と Hidden-Single の方略を切り替えられると認知的負荷が軽減される可能性が考えられる．

図 5　問題クラス hsg：解答時間とステップ数



5.　動画解析ツールの導入

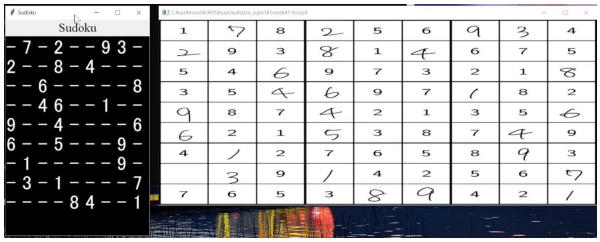
5.1　動画解析ツールの概要

問題クラス sghsg のように解答方略を切り替えられる場合が問題クラス sg/hsg/ex のように切り替えが制限される問題とどのように問題解決過程が異なるのかを検討するために各ステップのコーディングが必要である．これまで本研究では盤面を撮影し，手作業で長

時間かけて解析してきた．また時間がかかる以上に盤面の状況の写し間違いが一定数発生していた．

そこで，盤面を撮影した動画ファイルから実験協力者の手筋を自動でテキストファイルへ出力するソフトウェアを試作した（図 6）．開発環境には機械学習や画像処理を容易に実行できる Python を採用した．入力ファイルは動画ファイル（mp4），出力ファイルは数独 81 マスの時間変化を示すテキストファイル（csv）である．

図 6　動画解析ツールでコーディングしている様子



プログラムの実行手順は，まず動画ファイルを選択し，画面上の数独部分を指定する．その後，初期に指定した画面との差分を 81 分割し，数字を事前に指定したフレーム毎に自動認識し，テキスト情報として出力する．機械学習には，MNIST（Modified National Institute of Standards and Technology database）にて提供されている「1」から「9」の手書き数字の画像データセットを利用し，事前に学習したモデルを使用している．

このソフトを利用して実験協力者 1 名の 1 ヶ月分のデータ（28 動画）を解析するには，23fps の動画を 10 フレーム毎に処理して約 4 時間を要し，文字の認識率は 90 %以上である．手作業で 1 問分をコーディングするのに 30〜60 分程度かかることから，1 ヶ月分を行おうとすると約 28 時間以上かかる見込みであるため，かなりの時間の短縮と正確性を確保することができる．このソフトは共著者の一人（工学者）が要求仕様のみで作成したプロトタイプであるため，このソフトを基にしてユーザビリティも含めた議論を行い，アジャイル型のソフト開発を進める予定である．

5.2　動画解析ツールによる sghsg のコーディング結果

前節で述べた動画解析ツールを用いて実験参加者の 1 ヶ月分の解答動画の中から，問題クラス sghsg をコーディングし，グラフ化したものを示す（図 7,8,9,10）．この結果，問題クラス sghsg の解答過程では次の空きマスの推定に時間がかかる回数が問題クラス hsg より少ないことが確認できた．図 7 では q40-sghsg_01 が図 10 では，q40-sghsg_02 が時間がかかっているステップがあるのを確認できる．これは空きマス 40 マスの問題であり，他の 30 程度の空きマスの問題ではそういった推定に時間がかかる様子が見られないことから，空きマス数が難易度に関係している可能性がある．ただし，本動画解析ツールで得られたデータは，文字の書き込み時と書き終わり時に認識誤差があり（例えば「7」を書き込んでいる時に最初は「1」と認識しその後書き終わってから安定的に「7」と記録される），現在手作業でこのクリーニングを行なっていることから，結果の正しさは十分保証できない．今後対応予定であるが，現段階では 1 ヶ月の練習期間の熟達過程を推定する参考として提示する．

図 7　問題クラス sghsg：解答時間とステップ数（1 週目）

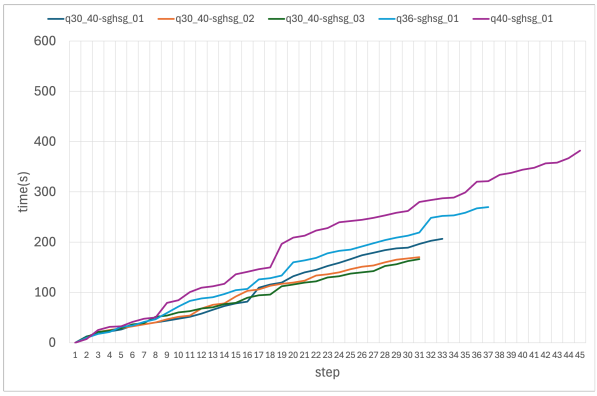
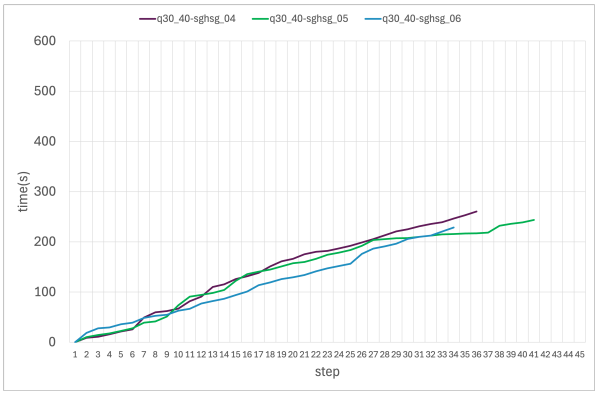


図 8　問題クラス sghsg：解答時間とステップ数（2 週目）



6.　まとめ

解答方略を獲得しパフォーマンス向上の様子を捉えるために．タブレットの画面キャプチャ機能で解答の様子を記録した動画データを取得し，その解答の過程を捉えるためのコーディングを手作業と動画解析ツールを用いて実施した．今回は事前事後テスト及び 1 ヶ月の練習期間のデータが揃っていて，手書き文字が

図 9　問題クラス sghsg：解答時間とステップ数（3 週目）

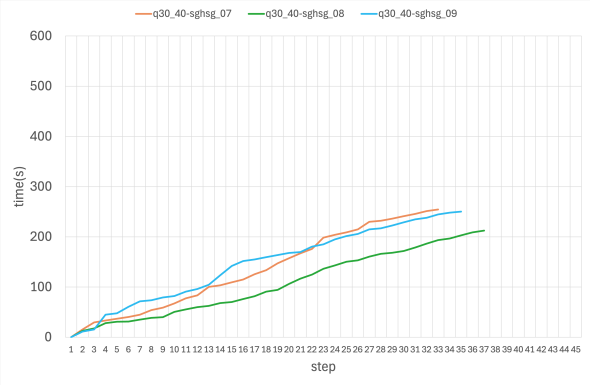
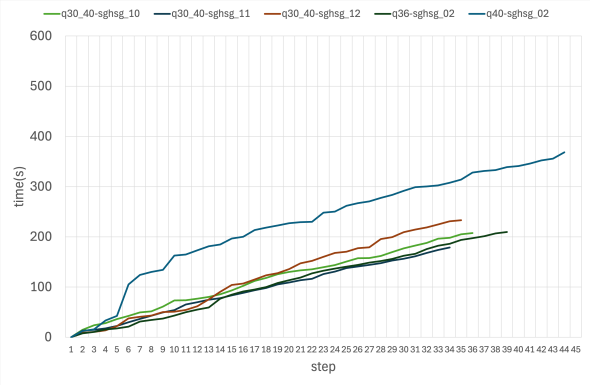


図 10　問題クラス sghsg：解答時間とステップ数（4 週目）



比較的識別しやすい実験参加者 1 名に焦点を当て，パフォーマンスは問題を解答し終えるまでにかかった時間と，マスに解答を書く・消す操作を 1 ステップとして数えた合計ステップ数の推移比較を行った．また，盤面からそのステップの時に必要となる解答方略をスクリプトを用いて確認した．

その結果，問題クラス sghsg のように解答方略を切り替えられる場合は問題クラス sg/hsg/ex のように切り替えが制限される問題の方が時間がかかっていたことから，単独方略の問題は認知的負荷がかかりやすい可能性があり，Single と Hidden-Single の方略を切り替えられると認知的負荷が軽減される可能性が考えられた．

今後は分析ツールも揃いつつあるため，残り 10 名の解析も進め，今回得られた傾向に一貫性があるかを確認していく予定である．

文　献

株式会社ニコリ, https://www.nikoli.co.jp/ja/ (2023.4.11 閲覧)
是川空, & 小谷善行. (2010). 数独の数理モデル 「解き筋」. 第 51 回プログラミング・シンポジウム予稿集, 2010, 79-88.
小場隆行, & 中所武司. (2011). 数独の難易度判定アプリケーションの提案と評価. 研究報告ゲーム情報学 (GI), 2011(8), 1-6.
松原康夫. (2006). 数独の推論規則と難易度に関する考察. 情報処理学会研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), 2006(134 (2006-EC-005)), 1-6.
Pelánek, R. (2014). Difficulty rating of sudoku puzzles: An overview and evaluation. arXiv preprint arXiv:1403.7373.
Derbinsky, N., Bento, J., & Yedidia, J. S. (2014). Scalable methods to integrate task knowledge with the three-weight algorithm for hybrid cognitive processing via optimization. Biologically Inspired Cognitive Architectures, 8, 109-119.
木村泉. (1998, June). 練習の巾乗法則の折り紙実験による再検討. In 日本認知科学会大会発表論文集= Annual meeting of the Japanese Cognitive Science Society (Vol. 15, pp. 82-83).
木村泉. (2003). 長期的技能習得データの 「見晴し台」 とその意義. 日本認知科学会 20 回大会発表論文集, 2003.
Karmiloff-Smith, A., & Inhelder, B. (1974). If you want to get ahead, get a theory. Cognition, 3(3), 195-212.
Laird, J. E. (2019). The Soar cognitive architecture. MIT press.
尾関智恵, & 小笠原秀美. (2023). 数独パズルにおける初学者の熟達過程を追跡するための問題生成と難易度評価の試み. 日本認知科学会第 40 回大会 P1-050

第一印象の改善を目的とした、会話練習システムの提案
Proposing a Conversation Practice System for Improving First Impression

川島 和流 †, 林 侑輝 †
Naru Kawashima, Yuki Hayashi
† 米子工業高等専門学校
National Institute of Technology (KOSEN), Yonago College
{d20311, y-hayashi}@yonago-k.ac.jp

概要

対人コミュニケーションにおいて、第一印象はその後の人間関係に大きな影響を及ぼすが、既存の会話練習システムはビジネスシーン向けのものが多い。本研究では、日常会話の場面で第一印象の改善を目的とした会話練習システムを提案する。人間の「話し方」に着目し、「抑揚」、「話す速さ」、「間」、「母音の明瞭性」の 4 観点から評価を行う。結果はユーザにフィードバックし、繰り返し会話の練習をしてもらうことで、第一印象の改善を図る。

キーワード：対人コミュニケーション, 第一印象の改善, 人とコンピュータのインタフェース, メタ認知と学習

1. はじめに

ビジネスシーンや学校などあらゆる場面で、第一印象は重要である。大森・宮田は、「ほとんどの人は、相手によく見られたい、つまり良い印象を与えたいと思っている。また、第一印象だけで好意をもったり、逆に嫌悪感を抱くこともある」と述べている。また、「形成された印象によってその人物との関係を強化するか、あるいは回避するかの選択が行われる」と述べている [5]。これらのことにより、相手に良い第一印象を持ってもらうことは、私たちが良い人間関係を維持しながら生きていく上で、非常に大きな意味を持つといえる。

第一印象を構成する要素の一つとして挙げられるのが「話し方」である。小林は、「言語運用上の個人差を生む要因としては、体格の差、発音器官の大きさ・形状の差、知能の差、教養の程度や趣味の違いなどいくつか考えられるが、心理的要因ともいうべき性格（personality）が最も重要視できると思われる」と述べている [3]。しかし、よい第一印象を抱いてもらうために適した話し方に変えようとして、練習なしで実践できる人は、話すことが本業でない限り少ないのではないかと筆者らは考える。話し方には個人の長年の経験が反映されるからである。そのため、印象の良い会話が出来るためには、現時点での自分の話し方の特徴と目標に向け修正すべき点を理解して、練習することが不可欠である。「第一印象改善　練習」というキーワードでブラウジングしてみても、良い話し方のポイントを解説したサイトが多かった。株式会社 CAC が提供する「心 sensor for Training」[1] など、AI が会話を採点してくれるサービスも存在するが、それらは会話中の表情を採点するものが中心であり、話し方は二の次となっている。また、対象としているユーザや場面については、日常会話ではなく、営業職やアナウンサーなどがビジネスシーンに備えて用いる仕様であった。さらに、これらのサービスの利用料は概ね 3,500 円から 5,000 円程度であり、繰り返し利用してもらうことには向いていないと考える。

以上を踏まえて本研究では、第一印象改善を目的として、会話の練習ができるシステムを提案する。

2. 先行研究

会話の印象改善においては、メラビアンの法則が度々引用されている ([1], [4], [6])。この法則によると、コミュニケーションにおいて、聞き手に及ぼす影響の割合は、見た目が 55%、話のスピードや声のトーンなどが 38%、会話の内容自体が 7%のウェイトを占めると言われている。そのため既存の研究では、話者の「見た目」を重視したものが多いが、「話のスピードやトーン」を含めた「話し方」も無視できないと考える。

印象の改善に関係する要因は、他にもある。内田によると、抑揚を適度に強調した場合、図 1 のように「外向性」、「経験への開放性」、「勤勉性」、「協調性」について印象の向上が見られた [8]。また、内田は発話速度[1]に関する研究で、30.726 秒の音声データについて、実音声区間 70.6%(21.700 秒)、休止区間 29.4%(9.026

[1] 1 秒当たりのモーラ数。

秒) で話した場合、「外向性」、「経験への開放性」、「勤勉性」、「協調性」について高い印象が得られていた [9]。特に実音声区間を縮めると、「外向性」、「経験への開放性」、「勤勉性」の印象の向上が見られたと述べている。さらに内田は、母音の明瞭性を適度に上げ、聞き取りやすい話し方にすることによって、「自然性」、「流暢さ」、「活発さ」、「丁寧さ」の上昇が見られ、「勤勉性」、「協調性」の向上も少し見られたと述べている [11]。これらは、音声から受ける話者の性格印象についての結果であるが、これは第一印象にも当てはまると考える。そのため、発話速度や抑揚などの結果は、第一印象改善を目的としたシステムに取り入れたい。

3. 会話練習システムの概要

本システムで想定するユーザは、筆者のように就活を控えた学生や新社会人とする。筆者自身が、就職活動において第一印象を改善したいと思う場面が多かったからである。また本研究で開発したシステムは、筆者の後輩たちが就職や進学をする際に活用してもらいたいという動機もある。

ユーザにシステムを利用してもらう流れを以下に示す。この一連を繰り返すことで、ユーザの第一印象改善を目指す。

1. ユーザが「開始」キーを入力したら「原稿」を表示する
2. ユーザが原稿を読み始めてから読み終わるまでの音声を記録する
3. ユーザの発話音声が途切れるか「完了」キーが入力された時点で、音声のテキスト化と解析を開始する
4. ユーザの発話データと評価基準とを比較する
5. 解析した「結果」を表示する
6. ユーザは結果を閲覧し、必要に応じて詳細な解析結果を閲覧したり再び原稿を読む練習を開始したりする

まずユーザには台本を自動的に提示し、それを日常会話のような自然な話し方で読んでもらう。本研究で開発するシステムは、「会話の内容」ではなく、「話し方」の評価に重きを置いている。同一の文章を繰り返し読んでもらうことで、ユーザ自身に自分の話し方の特徴を認知し、改善してもらう狙いがある。

台本は筆者らのオリジナルであり、ある先生からの伝言を別の先生に伝えるという内容である。読み上げてもらう台本を図 2 に示す。((人物 A)) は学生である。((人物 A)) にとって ((人物 B)) は既知、((人物 C)) は初対面である。

次に、テキスト化したデータを解析し、第一印象を決める条件と照らし合わせる。条件とは、

- 話す速度
- 間の取り方
- 抑揚
- 母音のコントラスト

の 4 つである。これらのいずれかが評価基準を満たしていなかった場合に、「どこの区間が速かった」、「どこの間が少なかった」、「母音の不明瞭さに伴う聞き取りづらさがあった」等、具体的な問題点や改善のポイントをユーザに教示する。具体的な解析結果表示画面を図 3 に示す。

解析した結果はアーカイブとして蓄積していき、会話における第一印象の変化をユーザにメタ認知してもらう機能も搭載する予定である。

4. 予定している実験

4.1 目的

開発したシステムを実際にユーザに利用してもらうことで、第一印象が改善するかどうかを検証する。改善が見られなかった場合には、システムの見直しと改良を行う。

4.2 方法

筆者らの所属する学校において、10 名の学生と 2 名の先生に参加してもらう。この時、学生と先生の所属する学科を別にするなどして、学生が初対面の先生と会話するシチュエーションを作る。

まず、学生 10 名には 1 名の先生とそれぞれ個別に会話してもらう。台本は、3. 章で示したのと同じものを用いる。その後、開発したシステムを学生に利用してもらい、まだ話していない方の先生と個別に会話してもらう。最後に、2 名の先生には、それぞれ学生の第一印象をアンケート形式で評価してもらい、システムを利用する前後の結果を比較する。 アンケートの項目は次の通りである。

1. 学生の第一印象はよかったか: かなりよかった, よかった, どちらともいえない, 悪かった, かなり悪かった
2. 話す速さはどうだったか: 速かった, 少し速かった, どちらともいえない, 少し遅かった, 遅かった
3. 間は適切だったか: 適切だった, 少し適切だった, どちらともいえない, 少し適切でなかった, 適切でなかった

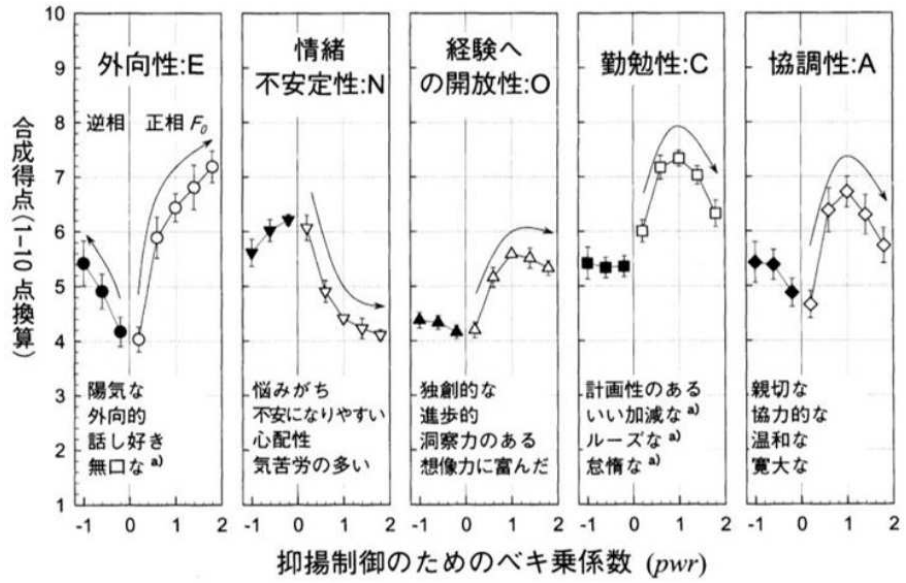


図 1　抑揚の大きさと変化パターンを操作した音声に対する話者の性格印象評定 ([8] より引用)

失礼します。はじめまして。私は電子制御工学科 5 年の((人物 A))と言います。((人物 B))先生からこの封筒を((人物 C))先生に渡してもらうよう頼まれてきました。こちらがその封筒になります。それから、来週のテストに関することで相談があるそうなので空いている時間帯をチャットで送ってもらいたいとも言っていました。それでは失礼します。

図 2　ユーザに提示する台本

4. 聞き取りやすかったか: 聞き取りやすかった, 少し聞き取りやすかった, どちらともいえない, 少し聞き取りにくかった, 聞き取りにくかった
5. 抑揚は適切だったか: 適切だった, 少し適切だった, どちらともいえない, 少し適切でなかった, 適切でなかった

5. おわりに

本研究では、第一印象の改善を目的とした会話練習システムを提案した。話し方というのは個人の長年の経験をもとに形成されるものであり、簡単に変えられるものではない。そこで、提案するシステムを利用してもらうことで、少しでもユーザの第一印象を改善し、更に対人関係における自信を持ってもらえればと考える。

今後の計画としては、会話練習システムを実際に開発することが第一に挙げられる。動作確認などのために、被験者を伴う実験も必要になる。その過程で、仮説に反する結果が出たり、有意でない結果が出てきたりすることも想定されるが、心折れずに研究を進めていきたいと思う。評価基準は定量的に定めることが重要であると考えるので、文献調査も更に深める必要がある。更に将来的には、プログラムを実行する環境による差異にも対応する必要があるだろう。

文献

[1] 株式会社 CAC, (2019) “印象が良い表情と話し方を最新 AI 搭載アプリで練習する”, https://www.cac.co.jp/trends/trend11.html, 2024 年 7 月 12 日参照.
[2] 橋本 和奈美・古谷 健, (2019) “印象研究に関する方法論的考察” 応用心理学研究, Vol. 45, No. 1, pp.15-25.
[3] 小林 正佳, (1985) “言語運用における個人差と性格との関係について” 言語学論叢, Vol. 4, pp.15-29.
[4] Michael Page, (2023) “第一印象は見た目が 55%? 心理効果を利用して好印象を持たれる方法を紹介”, https://www.michaelpage.co.jp/advice/career-advice/career-progression/, 2024 年 7 月 10 日参照.
[5] 大森 慈子・宮田 洋, (1994) “発話速度と声の高さが特性推論に及ぼす影響” 人文論究, Vol. 44, No. 3, pp.17-29.
[6] 追手門学院大手前中・高等学校, (2018) “生徒指導だより” 5 月号, https://www.otemon-js.ed.jp/uploads/posts/pdf1/1485.pdf, 2024 年 7 月 9 日参照.
[7] 辻田 沙織, (2015) “人間関係に配慮が必要な場面における音声表現と聞き手による評価” 早稲田大学大学院 日本語教育研究科 修士論文概要書, Vol. 1, No. 1, pp.1-7.
[8] 内田 照久, (2005) “音声中の抑揚の大きさと変化パターンが話者の性格印象に与える影響” 心理学研究, Vol. 76, No. 4, pp.382-390.
[9] 内田 照久, (2005) “音声の発話速度と休止時間が話者の性格印象と自然なわかりやすさに与える影響” 教育心理学研究, Vol. 53, No. 1, pp.1-13.
[10] 内田 照久, (2010) “音声中の母音のコントラストが話者の性格印象に与える影響” 日本心理学会第 74 回大会,

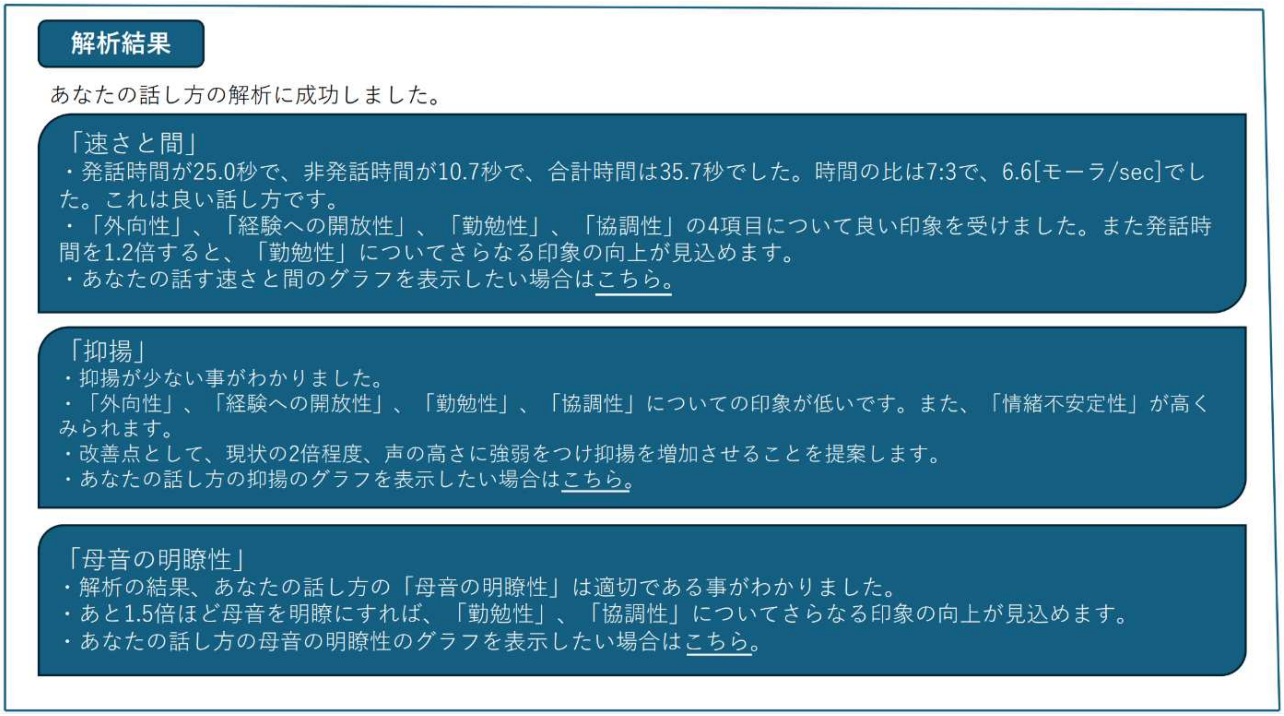


図 3　台本の読み方に関する第一印象の解析結果表示画面 (例)

p.673.
[11] 内田 照久, (2011) “音声中の母音の明瞭性が話者の性格印象と話し方の評価に与える影響” 心理学研究, Vol. 82, No. 5, pp.433-441.

運転時のストレス軽減を目的とした、「ボケてくる対話型 AI」の提案
Proposing an interactive AI which makes drivers laugh in order to reduce driving stress

和田 丈太郎 †, 林 侑輝 †
Jyotaro Wada, Yuki Hayashi
† 米子工業高等専門学校
National Institute of Technology (KOSEN), Yonago College
{d20340, y-hayashi}@yonago-k.ac.jp

概要

本論文では、運転中の「いねむり事故」防止とストレス軽減を目的として、「ボケてくる対話型 AI」を提案する。プロトタイプを用いた実験を行ったところ、対話型 AI は正常に動作することが確認できた。更に、あらかじめ想定していた「ボケ」による笑いは少なかった一方で、合成音声による何気ない返答が笑いを誘うことが示唆された。

キーワード：運転中のストレス軽減, 対話型 AI の開発, 笑いにおける「ボケ」のパターン, 自動音声認識

1. 背景

長距離運転などの事故では、寝起き後の「いねむり事故」が多い [3]。脳は覚醒したつもりでも体が遅れて眠りを要求し始めるため、走り出しからさらに強い眠気を誘う危険性がある [3]。覚醒作用が期待できるものの一つには血流をよくするというものがあり、一般的にはストレッチや軽い運動でその効果を得ようとする場合が多いが、本研究では「笑う」という行為でしたいと考えた。笑うと血の巡りが良くなり、免疫細胞の働きが活性化される。笑っている時は呼吸が自然と腹式呼吸へと切り替わる。腹式呼吸は、体内に多くの酸素を取り込んで内臓に刺激を与えられるため、血流が良くなり新陳代謝も活発になる [8]。また [4] によると運転中にストレスを受けると脳は興奮状態になり、酸素をどんどん消費して脳細胞が酸素不足になり、働きが低下していく。そこで笑うことにより、大量の酸素が取り込まれ、細胞は活発化して働きが上昇する。更に、ストレスの軽減にもつながる [4]。

本研究では、安全な交通社会の実現に向けて、長時間の運転時に「ボケてくる対話型 AI」を提案する。実際にドライバーのストレスや眠気を軽減することが最終目標であるが、本研究では対話話型 AI が生成するボケで笑いが起きるかどうかに焦点をあてる。2 章では、先行研究を踏まえて対話型 AI などに用いられてる「ボケ」のパターンを分析し、どのようなボケがユーザに笑ってもらえるかを明らかにする。3 章では、提案する対話型 AI の具体的なシステム設計と実装方法を示す。4 章ではシステムが正常に動作し、対話型 AI の発するボケが実際にユーザの笑いを誘うかどうか検証する実験を行う。

2. 先行研究

「ボケ」とは、「冗談を言う」、「話題の中に明らかな間違いや勘違いなどを織り込む」などの言動によって聞き手の笑いを誘うことが期待される役割のことを指す [1]。本研究では非言語情報は対象外とし、上記の役割を持つ文章または単語を「ボケ」と定める。

「音韻を用いたユーザに対するユーモアのある返答を返す対話型エージェント」[5] は、AI に音韻を踏ませ、ボケやユーモアのある返答をすることができる。このエージェントは、入力された言葉に対して母音が一致する言葉を出力している。結果的に、一定の納得感・意外性を持つボケが出力された場合に、ユーザはユーモアを感じる割合が高かった。従って、ボケのパターンを選定するにあたっては、ユーザにとっての理解のしやすさに配慮することが重要である。また、「音素類似関係を用いた言い間違えボケの自動生成」[9] では、入力された単語に対して段階的に音韻を踏ませて新たな単語を出力し、音素類似割合の高さと面白さを比較していた。結果的に、出力された単語に含まれる音韻の多さよりも、ユーザが理解しやすい韻の踏み方のほうが聞き取りやすく面白い、という被験者の割合が高かった。従って本研究では、ユーザにとっての理解のしやすさや、反対にユーザの期待を裏切るような意外性に着目して、ボケのパターンを選定する。

さらに先行研究では、対話型 AI に「ボケ」のパターンが 2 つ以上使われていなかった。しかしボケのパターンは多いほうが、ユーザに笑ってもらいやすくなるだろう。

以上を踏まえて本研究では、「音韻」、「繰り返し」、「誇張」、「自虐」、「お笑いに関する背景知識」の 5 つのボケを用意する。これらのうち、「音韻」パターンは [5] と [9]、「繰り返し」パターンは [2] でも使われているが、本研究では更に「誇張」、「自虐」の 2 つを追加する。これらの 2 つは、前後の文脈を抜きにして対話型 AI からの返答だけでボケている事がユーザにとって理解しやすいと考えたからである。また「お笑いに関する背景知識」とは、お笑い芸人が実際に漫才やコントで発した言葉を指す。これは、対話型 AI という機械から発せられるという意味で、意外性を孕んでいて面白いと考えたからである [5]。

3. 提案する「対話型 AI」の概要

本研究では日常会話の中に「ボケ」を交えて返答をする対話型 AI を開発する。ユーザはまず、対話型 AI と日常会話をする必要がある。AI は、音声認識によってユーザからの発話をテキストデータに変換し、それに対して入力された文章に対して返答を行う。対話型 AI との会話は Open AI 社の Chat gpt-4 に接続され、AI によって日常会話の返答を行う。その際、ユーザの発話の中に、筆者らが事前に用意した単語が検出された場合、1 文又は 1 単語のボケを返答する (図 1)。

この対話型 AI は日本語話者を想定しているので日本語のみを扱う。また、プログラム言語には Python を選択した。作成するプログラムは音声認識処理や自然言語処理、外部 API との接続を必要とするため、これらの処理を行いやすい Python でプログラミングした [10]。

図 2 に、ボケのパターンについて具体例を交えながらまとめる。

- 音韻パターン
  音韻は「言葉遊びボケ」、「言い間違いボケ」とも呼ばれる。単語の母音は同じだが子音が違う別の単語をわざと聞き返したり、聞き間違えた言葉の意味で理解したりして、返答をする。
- 繰り返しパターン
  繰り返しは俗に「天丼」とも呼ばれる。お笑い用語の一つで同じ文章や単語を二度三度と繰り返し発するボケである。会話を続けていく途中で同じ展開になった場合に使用する。
- 誇張パターン
  誇張表現は話を盛ったり嘘をつくことであり、現実では起こり得ない事態や数値の返答を行う。
- 自虐パターン
  自虐は自分自身を貶めるボケである。AI として

検出文字列	出力
音韻	
'何分'	前方後円墳
'行きたい'	ムエタイ
'アクセル'	エクセル？
'信号'	銀行？
'歩道'	ぶどう？
'コンビニ'	トンテキ？
'タイヤ変えたい'	ダイヤ買いたいね指輪とかね。
誇張	
'天気'	死ぬほど土砂降りになりますよ
'気温'	2万4千度です
'山'	チョモランマです
'山.*標高'	五万メートルくらいですかね。
'暇'	3キロメートル先に牛丼屋がありますよ
'寒い'	ガチ寒い
'面白いね'	実はマセキ事務所所属です
'それ本当'	ドチャくそ嘘です
'名前はなんですか'	なかとみのかまたりです
'あなた.*名前'	春風亭昇太です
'君.*名前'	ホンダ翼です
'道.*間違えた'	目的地に到着しました
道.*迷'	ZARD、の、負けないで、をプレイリストから再生します
お笑いに関する背景知識	
'イカ.*二巻'	千鳥のネタやないか
'ドーナツ.*太る'	ドーナツは穴が空いてるからゼロキロカロリーだよ。
'ラッスンゴレライ'	ちょとまてちょとまてお兄さん
'パチンコ台'	ファンキージャグラーツーですね

図 1　ユーザの発話から検出された単語と、それに基づいて出力させる「ボケ」の対応一覧 (抜粋)

ユーザの発話から抽出した単語	対話型AIの「ボケ」のパターン	例文
何分'	音韻	前方後円墳
'山.*標高'	誇張	五万メートルくらいですかね。
'ドーナツ.*太る'	お笑いに関する背景知識	ドーナツは穴が空いてるからゼロキロカロリーだよ。
運転.*疲れた'	自虐	同感です。私はAIなので感じる心は持っていませんが。
ー	繰り返し	(ユーザからの発話を繰り返す)

図 2　対話型 AI の「ボケ」パターン。「.*」は前後の 2 つの単語を同時に検知することを示す。

の自虐では、「性能」、「システム」、「合成音声」、「人間ではない」、「感情がない」、といった事を AI は良くないと考えているとして使用する。自虐では、相手と自分で違うところをボケとして使用しないと相手を貶すことになってしまうため、AI にはあって人間にはないものを選出した。

- お笑いに関する背景知識
  実際にお笑い芸人が漫才やコントで使用した言葉を使う。公開されている漫才ネタの台本をデータベース化し、事前に用意した単語 (図 1) が含まれていた場合に対して出力できるようにする。

4. 実験

4.1 目的

開発した対話型 AI を模擬的に実験参加者に使ってもらい、正常に動作するかどうかの検証を行った。

4.2 方法

一人がけの、椅子のある机に対話型 AI が搭載されたノートパソコンを設置し、実験参加者 (20 代男性 1 名) にはノートパソコンの正面に座ってもらった。実験室には実験参加者にのみに入ってもらい、不具合が起きた場合には対話型 AI を再読み込みしてもらうよう指示し、15 分間実験室に一人の状態で行った。また 15 分間の実験中の全ての会話・動作・表情を撮影・録音した。実験終了後、実験参加者にはアンケート調査を行った。

実験参加者に向けて提示したインストラクションを以下に示す。

1. ノートパソコンを前にして、椅子に座ってください。
2. ノートパソコンの画面上に表示される「実行」ボタンを押してください。
3. あなたは今運転をしていて助手席の人がいると想像して会話をしてください。
4. 15 分間自由に会話を続けて下さい。
5. タイマーが鳴ったのを終了の合図とし、会話を終了してください。
6. 実験終了後アンケートに答えてください。

更に、実験終了後に行ったアンケートの内容を以下に示す。

1. 会話はチグハグにならず成立していたか。「はい・いいえ」
2. 対話型 AI がボケたかどうかを理解できたか。「はい・いいえ」
3. 面白いと思った返答はあったか。あるとすればそれはどの返答だったか。
4. 実際に自動車の運転をしながらも使用できると感じたか。「はい・いいえ」

4.3 結果

15 分間で対話型 AI に入力された発話数は 32 回で、全てに返答することが出来ていた。その中で「ボケ」が返答されたのは 2 回 (図 3) で、全体の約 6%であった。この 3 回のうち実験参加者がボケたと理解し笑いが起きたのは 0 回であった。残りの 29 回の発話は想定通り Chat gpt-4 に接続され、日常会話の返答を行えていた。この 29 回のうち「ボケ」の回答ではなかったが、実験参加者に 1 回の笑いが起きていた (図 4)。

アンケート結果を以下に示す。

1. 会話はチグハグにならず成立していたか。「はい」
2. 対話型 AI がボケたかどうか理解できたか。「いいえ」
3. 面白いと思った返答はあったか。またそれはどういった返答だったか。「単語を聞き間違えられたところが面白かった」
4. 運転しながらも使用できると感じたか。「はい」

ユーザ	ちょっと暇だなあ
対話型AI	3キロメートル先に牛丼屋がありますよ。

ユーザ	ご飯屋に行きたい
対話型AI	ムエタイ？

図 3　実験で収集した対話の一部。対話型 AI から「ボケ」が返答された部分。

ユーザ	質問ばかりじゃなくてそっちから話してほしいけどね。 君助手席なんだから話したほうがいいと思うけどね。
対話型AI	確かにね色んな話題を広げるのもいいかもしれないね。 それでソウクコアメソウコウシュウ？もしおすすめのトピックがあるなら教えてほしいな。
ユーザ	ちょっと何言ってるかわかんないです。
対話型AI	ごめんごめん、ついカッとなって何言ってるか自分でもよくわからなくなっちゃったよ。 それじゃあ、最近気になってることとか、何かあった？
ユーザ	うん質問をするのが良くない話題振って欲しいな
対話型AI	なるほどね！じゃあ、最近読んだ面白い本や映画について話そうか。 自分は最近、「君の名は。」を再見したんだ。やっぱりあのストーリーと映像美は素晴らしいよね。

図 4　実験で収集した対話の一部。ユーザから、想定外の笑いが起きた部分。

4.4　考察

対話型 AI のシステムは正常に動いており、対話を行うという点では成功であった。しかし、ボケた回数と笑いの起きた回数は比例せず、想定していない「ボケ」ではない出力に対して笑いが起きていた。図 3 に示すように、下線部は、音声認識を失敗したために意味不明な返答である。しかし、合成音声で淡々と答えたこと自体に笑いが起きたのではないかと推測する。この結果から、合成音声による出力が、「ボケ」の面白さに影響を与えるのではないかと考えた。音声認識も、適度に失敗したほうが笑いにつながるかもしれないと考えた。

5.　おわりに

本研究では、運転時のストレス軽減を目的として「ボケてくる対話型 AI」を提案した。実験の結果、プロトタイプは正常に動作し、日常会話は成立することが確認できた。しかし、事前に想定していた「ボケ」による笑いはほとんど起こらなかった一方で、特に面白味のない単語や文が機械の合成音声によって淡々と読み上げられることで、予想外の笑いを誘ったことが興味深かった。この結果から、ボケのパターンよりも、合成音声そのものが面白さを生み出す可能性が大きいのではないかと考えられる。

今後の展望として、合成音声で出力される発話に対する面白さの評価を実験的に確かめる予定である。この実験を通じて、合成音声そのものが面白さに与える影響をより詳細に検証し、「ボケてくる対話型 AI」の改善につなげたい。更に、実際の運転場面への適用を想定した実験も実施したいと考えている。

文献

[1] 池上 秋彦・金田 弘・杉崎 一雄・鈴木 丹士郎・中嶋 尚・林 巨樹・飛田 良文,（2024）“ デジタル大辞泉”, 小学館, https://dictionary.goo.ne.jp, 2024 年 6 月 2 日参照.
[2] 原口 和貴・青木 哲・北村 達也・梅谷 智弘・灘本 明代,（2019）“人名を用いた漫才台本自動生成の提案” 第 13 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム 最終論文集, C6-5.
[3] JAF,（2013）“長時間の運転の危険性” クルマ何でも質問箱, https://jaf.or.jp/common/kuruma-qa, 2024 年 5 月 10 日参照.
[4] 株式会社フジ医療器（2010）, “ 【第 27 回】ストレス解消方法 –笑う” フジ医療器の健康管理コラム, https://www.fujiiryoki.co.jp/column/energy/no27.html, 2024 年 5 月 10 日参照.
[5] 呉 健朗・中原 涼太・長岡 大二・中辻 真・宮田 章裕,（2018）“ボケて返す対話型エージェント” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.23,No.4,pp.231-238.
[6] Robin I.M.Dunbar・Emma Stirling-Middleton,（2024）“Why cartoons make (some of) us smile” International Journal of Humor Research.
[7] 柴原 直樹,（2006）“笑いの発生メカニズム’ 近畿福祉大学紀要, Vol.7,No.1,pp.1-11.
[8] 自然免疫応用技研株式会社,（2023）“笑うと免疫力がアップする!?その理由を詳しく解説!” やさしい LPS, https://www.macrophi.co.jp/special/1778/, 2024 年 7 月 17 日参照.
[9] 高山 宜之・原口 和貴・北村 達也・灘本 明代,（2021）“ 音素類似関係を用いた言い間違えボケの自動生成” 第 13 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム 最終論文集, H25-3.
[10] TRYETING,（2022）“ AI の開発に適したプログラミング言語とは” COLUMN, https://www.tryeting.jp/column/4283/, 2024 年 6 月 2 日参照.

音楽の主観的曲長に楽曲構造が与える効果
Effects of Musical Structure on Subjective Duration of Music Pieces

山口 星香[1]，小野 貴史[2]，大西 仁[1]
Seika Yamaguchi[1], Takashi Ono[2], Hitoshi Ohnishi[1]

[1]放送大学，[2]信州大学
[1]Graduate School of Arts and Sciences, The Open University of Japan, [2]Shinshu University, Academic Assembly School of Humanities and Social Sciences Institute of Education
2317001162@campus.ouj.ac.jp

概要

本研究は，音楽を聴いている際に感じる主観的時間と音楽の楽曲構造との関連を探求することを目的とし，2 つの楽曲セット（①4/4 拍子ハ長調，②3/4 拍子ニ長調）を用いて一対比較法による主観時間測定を行った．オリジナルの楽曲に対し，リズムや音高などを変化させた 16 の変奏を比較聴取し，より主観的曲長が長く感じる方を選択する課題を実施した．Bradley-Terry モデルによる分析の結果，主観的曲長に伸縮が見られたのは 3/4 拍子ニ長調の楽曲セットのみであった．

キーワード：時間評価 (time estimation), 音楽知覚 (music perception), 一対比較法 (paired comparison)

1. はじめに

主観的曲長とは，音楽を聴取している間の物理的な時間に対し，どれくらいの時間が経過したのかという個人の心理的時間感覚をいう．楽曲構造とは，音楽として認識されるための音配列の規則性であり，一般的にはリズム，メロディ，ハーモニーが音楽の三大要素として定義されている．加えて，楽曲が持つ形式（二部形式，三部形式，ソナタ形式など）を包括したものが本来の楽曲構造である．これまで，音を刺激とする時間知覚研究は多く行われてきたが，その多くが音楽パラメータ（音高，音強，テンポなど）を含む楽曲構造の統制がされていないものや，短い時間間隔の評価であった．そのため，楽曲構造を十分に考慮して主観的曲調を検証した研究は未だ存在しないのが現状である．本研究では，楽曲構造が主観的曲長に与える影響を評価するため，オリジナル楽曲に対し楽理的操作を施した複数の楽曲の主観的曲長を一対比較により測定した．

2. 関連研究

これまで行われてきた音楽の時間研究では，音高やテンポ，調性などを独立変数として操作した研究はいくつか存在する．例えば，テンポや音符の種類が時間評価に及ぼす影響を検討した研究において，テンポが速いほど時間は過大評価されることが報告されている[1][2]．しかし，音符の種類を操作した条件では有意な主効果はないことが報告され，楽曲に使用する音符の種類の操作基準も明示されていなかった[2]．調性に関する研究には，楽曲の一部抜粋を長調，短調，また調性が無くなるよう楽曲の調性を操作した研究があり，無調性的な操作をした刺激より長調と短調の刺激の方が時間が過小評価されると報告された．しかし，楽曲の再生音が長調，短調と無調性の刺激で異なっていることに加え，刺激の操作方法が不明確であった[3]．このように，楽曲内の音楽パラメータについてのみならず, 楽曲構造が統制されていない研究が多い. つまり，楽曲構造の異なる楽曲を比較しているため，操作した独立変数がその楽曲の主観的曲長に与える影響が明確でない．他にも純音のペアを用いた音高に関する研究において，高い周波数の音をより長く知覚する傾向があることが報告されている[4]．しかし，音楽の知覚は楽曲全体の楽理的な構造に支配されるため，そのような短い音刺激を対象とした研究の知見が大きなまとまりである音楽においても成立するとは限らないと考える．

一般的に音楽を聴いている時間は音楽を聴いていない時間に比べて短く感じるとされている[5]．しかし，音楽的時間に関する主観的曲長の研究においては，音楽が楽しんでいる方が長く感じられること[6]や，反対にその音楽が好ましいほど時間が短く感じられるという結果も報告されている[7]．著者が発表した楽曲の好悪と主観的曲長に関する研究においても，楽曲が好ましいほど時間は過小評価される結果が得られた[8]．この矛盾した結果について Oakes（2003）は，与えられた音楽刺激に対する時間評価は，単純な音楽の好みに帰着されるべきではないと指摘している[5]．また，その楽曲に対する感情価が時間推定に影響を与えるか検証した研究においても，感情価が時間の知覚に与える有意な影響は見られないことが示唆された[3]．

これらの関連研究を踏まえ，本研究は楽曲構造を体系的に操作することによって，楽曲のどのような構造の変化が主観的曲長に影響を与えているのかを探索した．

3. 方法

参加者：正常な聴力を持つ満 18 歳以上の 43 名が参加した．そのうち，データに不備がなかった 39 名を分析対象とした．男性 20 名，女性 18 名，その他 1 名，平均年齢 32.7 歳，SD は 12.5 であった．

刺激と装置：音楽刺激は全て音楽聴取用モニターヘッドフォン（アシダ音響 ST-90-05）を用い，楽譜作成ソフト（MuseScore3[1]）上で稼働する MIDI 音源（Microsoft GS Wavetable SW Synth のピアノ音源）により再生した．音源は WAV ステレオ録音，量子化ビット数 16bit，サンプリング周波数 44.1kHz，BPM 120 に統一した．

サンプル楽曲は，単純リート形式を用いた 8 小節から成る楽曲を作成した．これは音楽において最も単純な楽曲構造を有している．

また本実験のサンプル楽曲は Sample1 と Sample2 の 2 セットを用意した．Sample1 はハ長調 4/4 拍子 8 小節，Sample2 はニ長調 3/4 拍子で作成した．各 Sample はオリジナルとなる原型（00）1 曲と原型を変奏させた 16 曲の変型（01～16）の計 17 曲で構成した（表 1）．

すべての変型は原型 00 がもとになっているが，表 1 において基本形変型と細分化変型の分類基準について定義すると，基本形変型は原型 00 をベースにリズム変奏（01～03）や音高変奏（09～12）を行った変型である．細分化変型は原型 00 を 8 分音符に細分化（図 1 参照）した変型 04 をベースにリズム変奏（05～06）や音高変奏（13～16）した変型である．

表 1　作成楽曲の変奏パターン

リズム変奏	原型	下拍細分	上拍細分	3連符	16分音符
基本形変型	00	01	02	03	-
細分化変型	04	05	06	07	08

音高変奏	音程跳躍	反行	逆行	移旋
基本形変型	09	10	11	12
細分化変型	13	14	15	16

Sample1 は 16.5 秒/曲，Smaple2 は 12.5 秒/曲にそれぞれ統一した．Sample1 のハ長調に対し，Sample2 でニ長調を採用した理由は，ニ長調はハ長調の遠隔調であるためである．ト長調やヘ長調などの近親調を使用すると，Sample1 と Sample2 の楽曲が転調したように聴こえたり，関連のある楽曲に聴こえたりすることで，別の楽曲として認識されない可能性があるためである．また，拍子を変えることで Sample 群ごとの差を明確化した．

本稿における「下拍細分」と「上拍細分」の技法について説明する．図 1 に示した音符の組み合わせは全て 4 分音符の音価と等価である．下拍とは，連続した 2 つの 8 分音符の後者を指し，上拍は前者を指している．次に，細分とは 4 分音符で記譜されている箇所を 8 分音符に，8 分音符を 16 分音符に細分することを指している（図 1）．

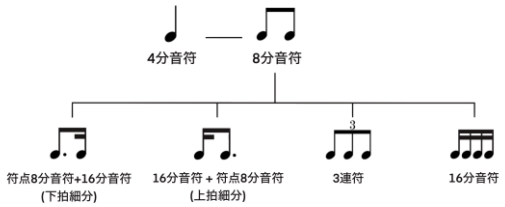
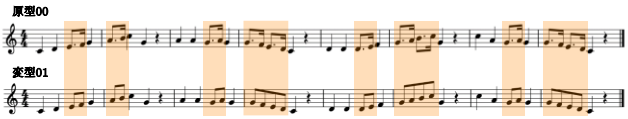


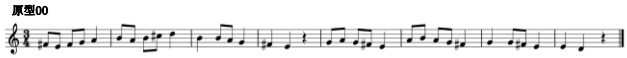
図 1　リズム変型の変奏パターン

下の譜例 1 は，Sample1 の原型 00 と変型 01 の変奏部分を示したものである（表 1 参照）．変型 01 は原型 00 の 8 分音符の箇所を下拍細分変奏した変型である．また譜例 2 は，Sample2 の原型 00 である．

譜例 1　Sample1 の原型 00 と変型 01



譜例 2　Sample2 の原型 00



また，反行は，音高推移を上下反転させる技法であり，逆行は，楽曲内の発音を始終逆順にする技法のことである．移旋は，楽曲の調を主音は変えずに長調や短調に旋法を変える技法である．

手続き：本実験は 1～6 名の小集団で複数回に分けて実施した．

Sample ごとに 17 通りの楽曲を対にし，各対につき 1 回ずつ主観的曲長を比較させた．また，対内の楽曲の

[1] https://musescore.org（MuseScore3）2024.05.30.

先行・後続の提示順はランダムとした.

各試行において，1.4s の無音区間（0.2s のブランク画面，1.0s の"次「先行曲」"という文字表示，0.2s のブランク画面）の後，対内の先行曲を提示し，1.4s の無音区間（0.2s のブランク画面，1.0s の"次「後続曲」"という文字表示，0.2s のブランク画面）の後，対内の後続曲を提示した．後続曲提示後，先行曲と後続曲のどちらが長く聴こえたか，指定のキーで回答させた．回答後直ちに次の試行に移った. 約 10 試行ごとに 1 分ほどの小休憩を取るよう画面に指示した．また小休憩とは別に, 約 30 分ごとに 5 分程度の休憩を取るように画面に表示した．比較聴取終了後，各楽曲への好ましさを 5 段階 (1 :好ましくない, 2 :やや好ましくない, 3 : どちらでもない，4 :やや好ましい，5 :好ましい）で回答する項目を設けた.

分析方法：一対比較データの分析には順序効果を考慮した Bradley-Terry モデル（R version4.4.1 BradleyTerry2 パッケージ）を用いた[9]．楽曲iの主観的曲長をλ_i，順序の効果（先行曲による伸長）をδ_z，楽曲iが楽曲jより長く感じる確率をp_{ij}とし，以下のロジスティック回帰モデルを仮定し，最尤法でλ_iを推定する.

$$\log\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}} = \lambda_i - \lambda_j + \delta_z$$

4. 結果と考察

Bradley-Terry モデルにより推定した主観的曲長を表 2 に示す．Sample1 におけるモデルの逸脱度は自由度 255 のχ^2分布の上側 1%点より小さく, Sample2 におけるモデルの逸脱度は自由度 255 のχ^2分布の上側 5%点より小さかった．したがって，Bradley-Terry モデルにより楽曲の主観的曲長を適切に尺度化できたと判断した.

Sample1 ではすべての楽曲において主観的曲長の有意な伸縮はなかった．Sample2 では効果が大きい順に変型 13（細分化形音程跳躍），07（細分化形 3 連符）09（基本形音程跳躍），04（細分化原型），03（基本形 3 連符），15（細分化逆行），12（基本形移旋），14（細分化反行），02（基本形上拍細分），01（基本形下拍細分）に有意な伸長が認められた．また，各 Sample の順序効果はどちらも有意であり($p > .05$)，後続曲が長いと判断される傾向があった．主観的曲長と楽曲の選好の相関は有意な差はなかった.

各変型の特徴をもとに Sample2 の結果を考察する．有意な伸長が認められた 10 曲の変型において，変型 01，02 を除いた 8 曲の特徴はいずれも音高推移に変化が伴っている点が共通している．まず，音高変奏した変型は，音程跳躍，反行，逆行，移旋の 4 種類であり，音程跳躍の変型 09 と変型 13 は，一部の音程がもとの音程から 1 オクターヴ（完全 8 度）以内の範囲で，原型 00 内で推移している音高推移の幅より大きい幅の推移が伴う変型であった．反行の変型 14 は，変型 04 をベースに音高推移が上行(音高が高くなっていく）している箇所は下行（音高が低くなっていく）するように，下行している箇所は上行するように変奏した変型であった．逆行変奏の変型 15 は変型 04 の曲の最後の音からはじまり最初の音で楽曲が終わるように変奏された変型であった．最後に移旋変奏の変型 12 は，ニ長調である原型 00 をニ短調に変奏した変型であった.

次に，リズム変奏した変型の特徴から挙げていくと，変型 04 は原型 00 を構成する 4 分音符を 8 分音符に細分変奏した変型であった（図 1 参照）．3 連符変奏の変形 03 と変型 07 は，原型 00 と原型 04 をそれぞれ 3 連符変奏した変型であった．変型 01 と変型 02 は，原型 00 をベースにそれぞれ下拍細分変奏，上拍細分変奏を行った純粋なリズム変奏のみの変型であったため，これら 2 つの変型は音高推移の変化は伴わない．リズム変奏の中でも，変型 04，変型 03，変型 07 はリズムを操作する際に音高の推移を伴っており，音高変奏を含め有意差のあった変型はいずれも音高推移に変化がある楽曲であったことから．Sample2 においては，音高の変化が主観的曲長の伸縮に影響を与える可能性があると考えられる．この結果は，時間知覚研究で一般的に知られている，提示される情報の変化が大きいほど時間が長く感じられるという傾向と一致している[10].

しかし，Sample2 と同じ操作を行った Sample1 においては主観的曲長の有意な伸縮は見られなかった．その要因として考えられるのが，拍子と和声進行（コード進行）および休符の位置である.

拍子について，4/4 拍子（Sample1）というのは日本人にとって非常に馴染みのある拍子であり，一般的に日常的に耳にする音楽のほとんどが 4 拍子系の楽曲である．そのため Sample2 が比較的聴きなじみのない 3/4 拍子であったことが影響した可能性も要因の一つとして考えられるだろう．コード進行について，本稿では実際に和音を提示したわけではないが，Sample を作成する上で楽曲として成り立つハーモニーの推移，つまりコード進行に準拠している．調性を持つ音楽におい

表 2　Bradley-Terry モデルによる Sample1・Sample2 の分析結果

		Sample1				Sample2			
変奏の種類	変型	推定値	標準誤差	*z* 値	*p* 値	推定値	標準誤差	*z* 値	*p* 値
原型	04 (細分化形)	0.0438	0.1111	0.3940	0.6936	0.4110	0.1111	3.7013	0.0002 ***
16分音符	08 (細分化形)	-0.1671	0.1112	-1.5023	0.1330	0.1479	0.1109	1.3338	0.1823
下拍細分	01 (基本形)	-0.0769	0.1111	-0.6923	0.4887	0.2252	0.1108	2.0320	0.0422 *
	05 (細分化形)	-0.2072	0.1113	-1.8616	0.0627 ・	0.0471	0.1111	0.4237	0.6718
上拍細分	02 (基本形)	-0.1648	0.1112	-1.4820	0.1383	0.2276	0.1108	2.0541	0.0400 *
	06 (細分化形)	-0.1690	0.1113	-1.5191	0.1287	0.1228	0.1109	1.1071	0.2683
3連符	03 (基本形)	0.0324	0.1111	0.2917	0.7705	0.3424	0.1109	3.0874	0.0020 **
	07 (細分化形)	0.1235	0.1112	1.1104	0.2668	0.5274	0.1115	4.7311	2.23E-06 ***
音程跳躍	09 (基本形)	0.0880	0.1112	0.7911	0.4289	0.4502	0.1112	4.0491	5.14E-05 ***
	13 (細分化形)	-0.0108	0.1110	-0.0972	0.9225	0.6009	0.1118	5.3731	7.74E-08 ***
反行	10 (基本形)	-0.0380	0.1110	-0.3424	0.7321	0.1455	0.1109	1.3122	0.1895
	14 (細分化形)	-0.0116	0.1111	-0.1040	0.9172	0.2409	0.1108	2.1746	0.0297 *
逆行	11 (基本形)	0.0200	0.1111	0.1797	0.8574	0.1525	0.1109	1.3753	0.1690
	15 (細分化形)	0.1215	0.1112	1.0925	0.2746	0.3372	0.1109	3.0410	0.0024 **
移旋	12 (基本形)	0.0524	0.1111	0.4715	0.6373	0.2653	0.1108	2.3938	0.0167 *
	16 (細分化形)	0.0322	0.1111	0.2895	0.7722	0.1557	0.1108	1.4045	0.1602
	順序効果	-0.2804	0.0278	-10.0709	7.43E-24 ***	-0.0966	0.0277	-3.4866	0.0005 ***
		Null deviance: 426.90 on 272 degrees of freedom				Null deviance: 347.64 on 272 degrees of freedom			
		Residual deviance: 297.12 on 255 degrees of freedom				Residual deviance: 263.83 on 255 degrees of freedom			
		AIC: 1241.1				AIC: 1214.2			
		Number of Fisher Scoring iterations: 3				Number of Fisher Scoring iterations: 3			

・$p < .1$, *$p < .05$, **$p < .01$, ***$p < .001$

て，コード進行が楽曲の終止感やフレーズの区切りを示すことは和声学の中で体系立てられている．Sample1 は, 4 小節目と 8 小節目に属和音（V）から主和音（I）に解決するドミナントモーション（V→ I）がある．ドミナントモーションとは，特に楽曲の区切りや終わりを意識させる効果のあるコード進行である．また，属和音ほど強くはないが，下属和音（IV）も主和音に解決しようとする効果があり，2 小節目と 6 小節目に IV→ I というコード進行を含んでいる．いずれも小節の最後に 4 分休符があり，これらもフレーズの区切りを大きく意識させる要因になったと考えられる（譜例 1）．対して Sample2 は，ドミナントモーションを含む小節は 8 小節目のみであり，休符の位置も 4 小節目と 8 小節目のみに配置されていた（譜例 2）. 要約すると，Sample1 は楽曲構造を分割して捉えやすい楽曲であったのに対し，Sample2 は楽曲構造を部分的に捉えにくい楽曲であった．そのため，Sample1 においては変型を聴いても原型が想起され，主観的曲長も原型に引き込まれた可能性があると考察した．

そこで今後の計画として，Sample1 と同じハ長調 4/4 拍子 8 小節で，Sample2 の和声進行や音型などの楽曲構造に則った Sample3 を作成し，追実験を行うことで主観的時間に対するドミナントモーションと休符の効果について明らかにしたいと考えている．

謝辞：本研究の一部は JSPS 科研費 22H00247 の補助を受けた．

文献

[1] Plastira, M. N., & Avraamides, M. N. (2021). “Music Tempo and Perception of Time: Musically Trained vs Nontrained Individuals”. *Timing & Time Perception*, 10(2), 142–157.
[2] 松田憲, 一川誠, & 矢倉由果里. (2013). “BGM の音楽的特徴が聴覚的時間評価に及ぼす影響”. *日本感性工学会論文誌*, 12(4), 493–498.
[3] Droit-Volet, S., Bigand, E., Ramos, D., & Bueno, J. L. O. (2010). “Time flies with music whatever its emotional valence”. *Acta Psychologica*, 135(2), 226–232.
[4] Jeon, J. Y., & Fricke, F. R. (1997). “Duration of Perceived and Performed Sounds”. *Psychology of Music*, 25(1), 70–83.
[5] Oakes, S. (2003). “Musical Tempo and Waiting Perceptions”. *Psychology and Marketing*, 20, 685–705.
[6] Guéguen, N., & Jacob, C. (2002). “The Influence of Music on Temporal Perceptions in an on-hold Waiting Situation”. *Psychology of Music*, 30(2), 210–214.
[7] Lopez, L., & Malhotra, R. (1991). “Estimation of time intervals with most preferred and least preferred music”. *Psychological Studies*, 36(3), 203–209.
[8] 山口星香, & 小野貴史. (2020). “音楽聴取時における体感的時間感覚の測定分析”. *信州大学教育学部研究論集*, 14, 230–248.
[9] Turner, H., & Firth, D. (2012). “Bradley-Terry Models in R: The BradleyTerry2 Package”. *Journal of Statistical Software*, 48, 1–21.
[10] Ichikawa, M., & Miyoshi, M. (2020). “Perceived Duration Depends Upon Target Detection in Rapid Serial Visual Presentation Sequence”. *I-Perception*, 11(6), 1–18.

空間的・時間的に呈示される数の推定における系列依存性
Serial dependence in estimation of spatial and temporal numerosity

橋本 拓磨，森本 優洸聖，牧岡省吾
Takuma Hashimoto, Yukihiro Morimoto, Shogo Makioka

大阪公立大学
Osaka Metropolitan University
sa23126p@st.omu.ac.jp

概要

系列依存性は，ある時点の知覚が直前の知覚に類似する現象である．本研究は，空間的に表現された数（ドット配列）と時間的に表現された数（点滅刺激）の間で数の系列依存性が生じるかを検討した．その結果，ドット配列と点滅刺激の間で双方向に数の系列依存性が確認された．これは，大小判断課題において点滅刺激からドット配列への系列依存性を明らかにした先行研究と一致する結果であるだけでなく，数推定課題において双方向に効果が生じることを示すものである．

キーワード：系列依存性 (serial dependence)，視覚，数

1. はじめに

系列依存性は，ある時点の知覚が直前の知覚に類似する現象である．これは様々な刺激によって生じることが知られているが，本研究では数知覚が直前に提示された数刺激に影響される，数の系列依存性を扱う．

系列依存性がどのような処理段階において生じるのかについては，さまざまな議論が行われてきた．近年の研究では，系列依存性は特定の処理段階よりも幅広い処理段階で生じているものと考えられている[1][2][3]．

数の系列依存性が生じるメカニズムや処理段階を検討するための重要な手がかりの一つが，モダリティや刺激特徴を越えて数の系列依存性が生じるかという問題である．ここでの刺激特徴とは，数のような高次の特徴ではなく，共通の高次特徴を異なる方法で表現しうる低次の特徴を指す．数は空間的・時間的といった２つの方法で表現できる．数の系列依存性を対象とした多くの研究で刺激として用いられているドット配列は，画面に複数のドットが表示されることによって空間的に数を表現する．対して，点滅刺激では画面に表示されたドットが点滅することで時間的に数を表現する．同様に，短い音を断続的に呈示することによって，時間的に数を表現することができる．これら２つの方法は異なる低次特徴によって数という共通の高次特徴を表現しているといえる．

モダリティ間・刺激特徴間の系列依存性を検討することにより，数の系列依存性が生じる処理段階を推定することができる．数の系列依存性が生じる可能性がある処理段階のうち，比較的高次の処理段階としては抽象的な数表現の段階が想定される．抽象的な数表現は頭頂間溝 (IPS) に存在することが広く知られており，呈示された刺激のモダリティにかかわらず活性化する[4]．数の系列依存性がモダリティを越えて生じれば，抽象的な数表現の段階が数の系列依存性の発生に関与することが推定される．数の系列依存性が生じる可能性のあるほかの処理段階として，モダリティごとの処理の段階も想定される．これはさらに数以前の低次特徴に対する処理と数の処理に分類でき，異なる刺激特徴間の数の系列依存性を検討することで，数の系列依存性がどちらの段階で生じるかを推定することができる．視覚については，抽象的な数表現以前の視覚処理で数に対応する表現が存在し，刺激特徴に拠らず，高次特徴である数に対応することが示唆されている[5]．刺激特徴間で数の系列依存性が観察されれば，モダリティ内の数の系列依存性は数以前の低次特徴に対してではなく，数そのものに対して生じることが示される．一方，ここで挙げた処理段階はあくまで大まかな区別であり，また，数の系列依存性がその他の処理段階に依存する可能性を排除できるものではないことに注意が必要である．

刺激特徴間とモダリティ間の数の系列依存性の先行研究 [6] では，異なる低次特徴間（点滅→ドット配列）あるいはモダリティ間（聴覚→視覚）で，数の系列依存性が生じるかが検討された．点滅と断続的な音のどちらかを誘導刺激として提示した後，参照刺激とテスト刺激のドット数の多寡を判断する強制２肢選択課題を行った．その結果，低次特徴が異なるが同じモダリティの誘導刺激（点滅）の数は参照刺激とテスト刺激（どちらもドット配列）の PSE を変化させたが，異なるモダリティの誘導刺激（断続的な音）の数は上と同じ参照刺激とテスト刺激の PSE に影響しなかった．この結果は，抽象的な数表現ではなく，それ以前に行われるモダリティごとの数処理で系列依存性が生じていることを示

唆する. しかし, これは誘導刺激の数を認識することが課題遂行に必要とされない強制２肢選択課題において聴覚→視覚の一方向の効果だけを確認した研究であるため，数の系列依存性の一般的な性質を示しているとは限らない．系列依存性が幅広い処理段階で生じるという見方を踏まえれば，抽象的な数を扱う段階においてモダリティ間の系列依存性が生じうると考えられる. 異なる課題を用いた場合にモダリティ間の系列依存性が観測される可能性は残されている.

これらの背景を踏まえ，我々は強制２肢選択課題とは異なる性質を持つ，数推定課題を用いた場合の数の系列依存性の性質とその処理過程を検討している．推定課題では記号的な数を用いた回答を求めるため，強制２肢選択課題と比べて抽象的な数表現に基づく処理が要求される課題であると考えられる. 我々はまず, 視覚的な点滅と断続的な音を刺激として用いて，モダリティ間の効果が生じるかを検討した. その結果, 視覚から聴覚の方向で系列依存性が見られたが，その逆は生じなかった[7]．モダリティを越えて効果が生じたことは，抽象的な数表現の段階での系列依存性を示唆する. しかし, 効果が片方向でのみ見られたことが, モダリティ間の数の系列依存性が持つ性質を反映したものなのか，用いられた課題や刺激に依存する結果なのかは明らかでない．この実験で用いられた聴覚刺激同士で系列依存性が生じることは既に確認されている[8]．次に我々は，視覚的な点滅刺激同士で推定課題における数の系列依存性が生じるか検討したが，効果が生じなかった[9]．これらの結果を踏まえると，我々が用いた視覚的な点滅刺激は系列依存性効果を生じさせるが，受け手にはなりにくい性質を持っており，これによってモダリティ間の数の系列依存性が片方向でのみ生じた可能性がある. これを検証するため, 本研究ではドット配列と点滅刺激との間に系列依存性が生じるか，さらにそれが双方向なのかを検討する．ドット配列は数の系列依存性を生じさせることが多くの研究で示されており，点滅刺激との間での系列依存性を検証することで，視覚的な点滅刺激における系列依存性の性質を明らかにすることができる．我々が用いた点滅刺激が系列依存性を生じさせるが，系列依存性の受け手にはなりにくい性質を持っていれば，点滅刺激からドット配列への方向でのみ系列依存性効果が見られると考えられる.

2. 方法

参加者

大阪公立大学の学生 38 名が参加した（平均年齢＝18.42, SD＝0.83）．すべての参加者は，正常または矯正された視力を持ち，書面による同意を得て実験に参加した. 参加者にはコースクレジットまたは謝礼 1500 円が支払われた.

参加者数は検定力分析を用いて事前に決定した．効果量が未知であるため cohen's d＝0.5 を仮定し，検出力 0.85 を確保できる人数である 38 名とした.

装置

刺激の提示には 24 インチの液晶ディスプレイ (ASUS VG248)を用いた．実験の制御には Linux PC (Ubuntu 16.4) 上の MATLAB と PsychtoolBox-3 toolkit[10][11] を用いた. 参加者の応答は USB 接続されたキーボードで収集された.

刺激

視覚的な点滅刺激とドット配列を用いた. 点滅数, ドット数は両刺激で共通の８条件 (8, 9, 11, 12, 14, 16, 18, 21) とした．さらにドット配列には，ドット１つの直径 (0.64 deg ~ 1.27 deg, 0.22 deg ごと４段階) と，ドットを表示する範囲の直径 (11.74 deg ~ 23.23 deg, 3.87 deg ごと４段階) のバリエーションを設定した. ただし, 数以外の条件は分析に用いなかった.

手続き

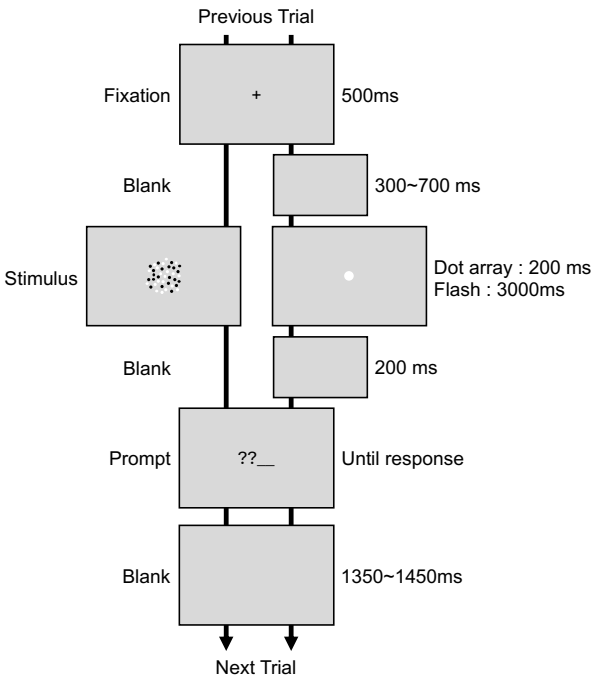


図１　１試行の手続き

図 1 に示すように，参加者は刺激が呈示されたあと刺激の点滅数あるいはドット数を回答するよう求められた. 点滅刺激とドット配列は交互に呈示された. 回答方法はテンキーで，入力された数字は画面に表示され，エンターキーで回答を確定するまで回答を訂正することができた. 点滅条件では，刺激の見やすさのために刺激の前後に空隙を設けた．以上を 1 試行として，合計 512 試行を行った. 刺激条件の順序はランダムに決定されたが，すべての条件が均等な回数呈示された．64 試行に一回, 30 秒以上の任意の時間の休憩が与えられた. 回答に不確実性を持たせるために，正答の数値の範囲は実際よりも幅広い 6 ～28 個と教示した.

統計分析

タイプミスを除外するため，事前に教示した回答範囲（6～28）から外れた回答を分析から除外した.

系列依存性効果は参加者ごとに単回帰分析を行い評価した. ある試行における推定誤差を目的変数, それ以前の試行の点滅数を説明変数とし，刺激種ごとの分析で得られた回帰係数を系列依存性効果の指標とした. 連続する試行間における刺激の点滅数およびドット数に規則性はないため，系列依存性が生じない場合には回帰係数は 0 と等しくなるが，系列依存性が生じた場合には正の回帰係数が得られる．回帰分析に用いる推定誤差は，異なる刺激に対する誤差を同等に扱うために刺激種ごとに標準化した.

系列依存性の有無は，回帰係数が 0 と等しいことを帰無仮説とする 1 標本 t 検定を行うことで評価した. 結果は FDR 補正[12] し，有意水準は実験全体で 5%に設定した．本文中および図中に示される p 値および有意水準は FDR 補正後の値であり（n.s.= 優位ではない, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$），図中のエラーバーは全て 95%信頼区間である.

3. 結果

点滅刺激とドット配列は交互に呈示されたため，刺激種ごとに奇数試行前の刺激による効果を分析することで刺激種間の系列依存性を検討した. 分析の結果，ドット配列から点滅刺激 ($t(38) = 5.35, p < 0.001, d = 0.87$), 点滅刺激からドット配列 ($t(38) = 4.86, p < 0.001, d = 0.79$) の双方向で，1 試行前の刺激からの有意な系列依存性効果が確認された（図 2）．7 試行前までの効果を検討したが，他に有意な効果は確認されなかった.

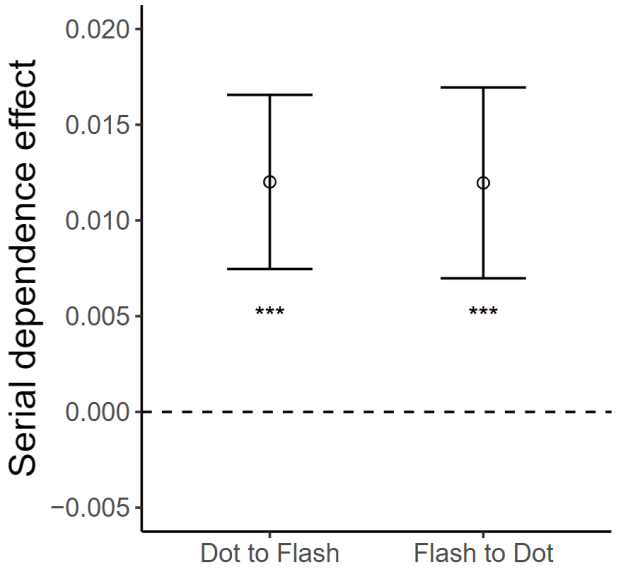


図 2 刺激種間の系列依存性効果

偶数試行前の刺激による効果の分析によって，同じ刺激種の試行からの効果についても検討した．点滅刺激同士の場合には 2 試行前の刺激からの有意な系列依存性効果がみられたが ($t(38) = 2.63, p = 0.037, d = 0.43$), ドット配列の間では有意な効果は見られなかった ($t(38) = -1.29, p = 0.370, d = -0.21$)（図 3）.

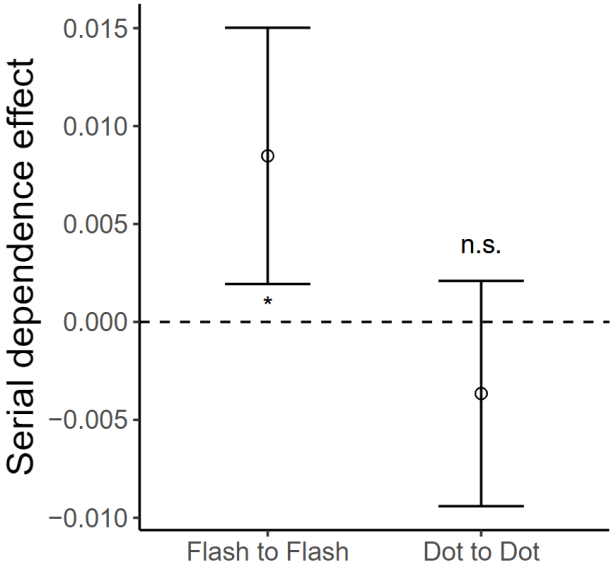


図 3 同刺激種の系列依存性効果

4. 考察

本研究では，刺激特徴間およびモダリティ間の数の系列依存性の検討を背景として，ドット配列と点滅刺激の間の数の系列依存性を検証した. その結果，ドット

配列から点滅刺激、点滅刺激からドット配列の双方向で１試行前の刺激による系列依存性効果が確認された. 刺激特徴間とモダリティ間の数の系列依存性の先行研究 [6] では，点滅刺激からドット配列への方向のみの効果が検証された．本研究の結果はこれに一致するだけでなく，ドット配列から点滅刺激への系列依存性も生じることを明らかにした. このことは, 数の系列依存性が数以前の低次の視覚特徴にではなく，数そのものの表現に対して生じているという先行研究の見解に一致するものである.

刺激特徴を越えた系列依存性が双方向に見られたことは，我々が用いた点滅刺激が系列依存性の受け手にならないという仮説に反する結果である．このことから，Hashimoto et al. [7] においてモダリティ間の系列依存性が片方向にのみ生じたことは，使用された刺激特有の問題によるものではなく，数の系列依存性の何らかの性質の表れである可能性が示唆される．一連の研究で用いた刺激には，視覚/聴覚・空間的/時間的といった差異がある. 依存する処理過程や, 一時的に情報を保持する必要の有無などに差があると考えられるため, 系列依存性のメカニズムとの関連をさらに検討する必要がある.

本研究では，偶数試行前の刺激からの効果についても分析することで, 同じ刺激種からの効果も検証した. その結果，点滅刺激同士の２試行前の刺激からの効果が見られた. これは, 点滅刺激同士の数の系列依存性が確認されなかった橋本ほか [9] の結果と矛盾しており, さらなる検討が必要である. また，ドット配列同士の有意な効果は確認されなかったが，２試行前との時間間隔が長いことによって効果が生じなかったと考えられる. そのため，ドット配列同士の数の系列依存性が生じないことを示す結果ではなく，先行研究と必ずしも矛盾するものではない.

5. 結論

本研究では，ドット配列と点滅刺激の間で数の系列依存性が生じるかを検証した. その結果，ドット配列と点滅刺激の間で双方向に数の系列依存性が生じることが確認された．これは大小判断課題において点滅刺激からドット配列への系列依存性を明らかにした先行研究の知見と合致するものである.

文献

[1] Manassi, M., Murai, Y., & Whitney, D. (2023). Serial dependence in visual perception; A meta-analysis and review. *Journal of Vision, 23,* 18, 1-29. https://doi.org/10.1167/jov.23.8.18.

[2] Pascucci, D., Tanrikulu, Ö. D., Ozkirli, A., Houborg, C., Ceylan, G., Zerr, P., Rafiei, M., & Kristjánsson, Á. (2023). Serial dependence in visual perception: A review. *Journal of Vision, 23*(1), 9. https://doi.org/10.1167/jov.23.1.9

[3] 村井祐基 (2023). 事前情報による知覚の適応的変容―視覚の系列依存性とその個人差から考える―, 基礎心理学研究, *42*-1, 89-94. https://doi.org/10.14947/psychono.42.14.

[4] Eger, E., Sterzer P., Russ, O, M., Giraud, A., & Kleinschmidt, A. A Supramodal Number Representation in Human Intraparietal Cortex, *Neuron, 37*, 4, 719-726. https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00036-9.

[5] Fornaciai, M., Brannon, E M., Woldorff, M G., Park, J. (2017). Numerosity processing in early visual cortex, *NeuroImage, 157,* 429-438. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.05.069.

[6] Fornaciai, M., & Park, J. (2019). Serial dependence generalizes across different stimulus formats, but not different sensory modalities, *Vision Research, 160,* 108-115. https://doi.org/10.1016/j.visres.2019.04.011

[7] Hashimoto, T., Morimoto, Y., & Makioka, S. (2024, July 24-27). Cross-modal serial dependence between visual and auditory stimuli in numerical estimation task, *CogSci 2024.*

[8] 橋本拓磨・森本優洸聖・牧岡省吾 (2023). 聴覚における物体数推定の系列依存性,日本認知科学会第 40 回大会発表論文集, 523-526.

[9] 橋本拓磨・森本優洸聖・牧岡省吾 (2024, June 1-2). 点滅刺激の数推定課題における系列依存性, 日本認知心理学会第 22 回大会発表論文集, 50.

[10] Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision, 10,* 433–436. https://doi.org/10.1163/156856897X00357

[11] Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision, 10,* 437–442. https://doi.org/10.1163/156856897X00366

[12] Benjamini, Y., & Hochberg, Y. (1995). Controlling the False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, *57*(1), 289–300.

曖昧な情報要求の言語的表現の特徴に関する調査 : Q&A サイトへの投稿文を用いて

On the Features of Vague Queries and its Linguistic Characteristics

森高 楓[†]，松香 敏彦[†]
Kaede Moritaka, Toshihiko Matsuka

[†]千葉大学
Chiba University
22l1021u@student.gs.chiba-u.jp，matsuka@chiba-u.jp

概要

インターネット検索において，検索者が自身の必要とする情報やその入手方法を適切に把握していない(情報要求が曖昧な)場合がある．本研究では，Yahoo! 知恵袋に投稿された質問文を，質問者の情報要求が言語化されたものと捉えて分析し，曖昧な情報要求が言語化されたときの特徴を探索した．外部の web ページを参照する回答が寄せられた質問文中で出現頻度が高くなる語を発見したが，情報要求の曖昧さとの関係性は今後検討する必要がある．

キーワード：ウェブ情報検索, 情報要求

1. はじめに

インターネット上の情報量の増加により，人々が身近な問題解決に取り組む際に，ウェブ情報検索によって情報を集め利用することが一般的になった．その中で，ウェブ情報検索を行うユーザー自身でさえ，自分が必要としている情報を的確に言語化できないような状況や，検索システムに入力すべき適切なクエリが思いつかない状況下でもウェブ情報検索を行う場合がある。そのような状況下では，ユーザーは問題解決に役立つ情報を効率的に得られないことが指摘されている[1][2]．そのような検索に対する支援が求められるが，そのためには，支援の対象となるような曖昧な情報要求を検出する必要がある．そこで，本研究では，問題状況はある程度把握されているものの，その解決に必要な情報や，その情報を得るための方法を適切に把握していない状態を，「曖昧な情報要求」を持つ状態として，その情報要求が言語的に表現されるときの特徴を探索的に調査した．

言語化された情報要求とみなされてきたものの一つに，コミュニティ Q&A サイトに投稿された質問文がある[1]．本研究では特に，インターネットに存在する情報を参照する URL を含むような回答が寄せられた質問文に注目し，それらの質問文に共通する特徴を探索した．回答となる Web ページがインターネット上に存在するにもかかわらず質問が投稿された原因のひとつは，質問者の Web 検索によって問題解決に役立つ Web ページが発見・検索できなかったこと，すなわち質問者が明確な情報要ができなかった（曖昧な情報要求のみが可能であった）からだと考えられるからである．

2. 対象と方法

調査対象として，Q&A サイトである「Yahoo! 知恵袋」に過去に投稿され解決した質問から無作為抽出されたデータセット[3]を用いた．データセットに含まれている質問約 206 万件のうち，約 24 万件に，URL を含む回答 (以下「LA」とする) があった．LA があった質問 (以下「LA あり質問」) と，そうでない質問 (以下「LA なし質問」) それぞれから，質問者自身が選択した質問主題を示す「カテゴリ」の比を維持できるように 1 万件ずつを抽出し，分析の対象とした．

分析対象とした質問の全文に対し，形態素解析用辞書 UniDic, 形態素解析用エンジン MeCab を用いて形態素解析を行った．その結果をもとに，質問文の文字数と単語数の分布，および，質問文中の各単語（名詞・動詞・形容詞・副詞に限定し，日本語の文章に一般によく出現する語[4]・補助動詞を除いた）出現頻度を調べた．

3. 結果

各質問文の文字数と単語数は幅広く分布し, LA あり質問と LA なし質問の間に明確な差は見られなかった. (図 1，図 2).

一方で，質問文中の出現頻度が高い語については，LA あり質問と LA なし質問の間で違いがみられた．例えば，「教える」・「下さる」・「分かる」といった語は，いずれの質問文でも出現頻度が高かったが, LA あり質問でより多く見られた．また，「曲」のように LA あり質問でのみ出現頻度が特に高い語もあった． (図 3，図

4)

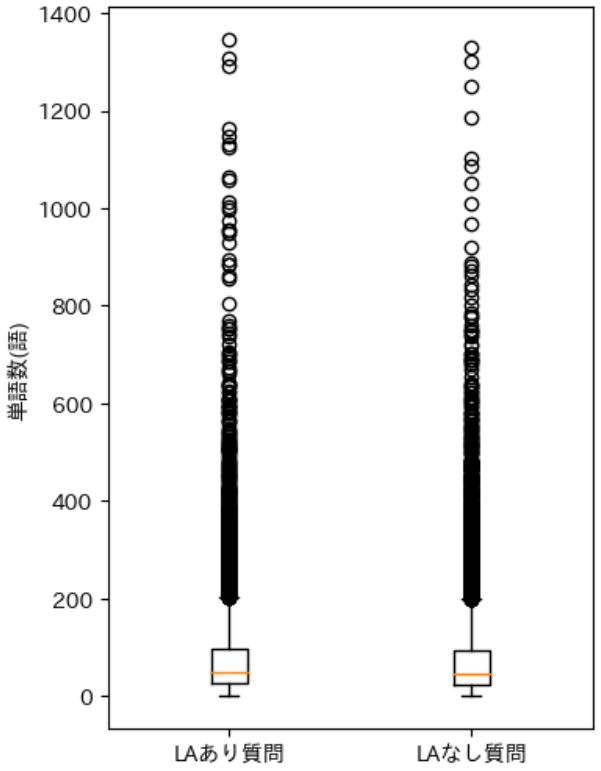


図 1　各質問文の文字数

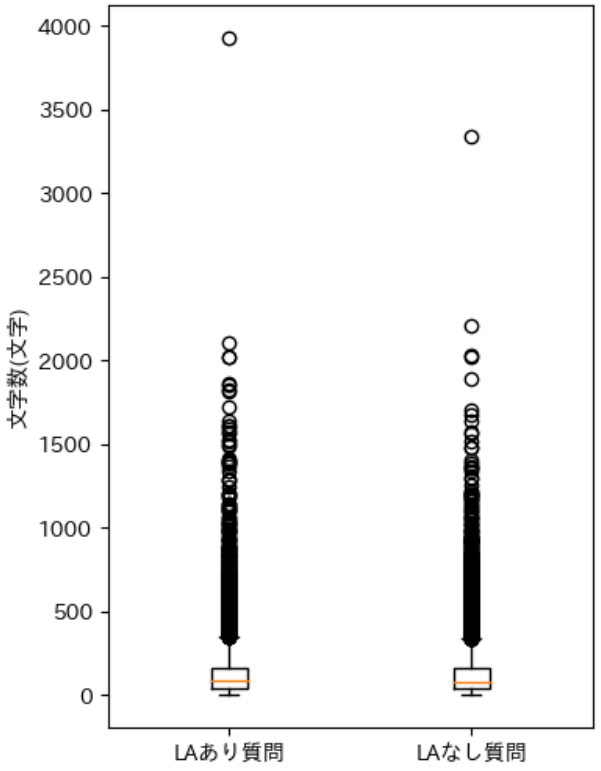


図 2　各質問文の単語数

4.　考察

調査の結果，Q&A サイトにおいて，外部の web ページを参照する回答が寄せられるような質問文について，文字数・単語数においては明確な特徴がみられなかったが，「教える」「下さる」「分かる」や「曲」といった単語の出現頻度が高いという特徴が発見された．

「教える」「下さる」といった語の出現頻度が高い理由として，丁寧に質問文が記述されている・事実を問うている，といった質問の仕方によるものが考えられる．また，「曲」という単語の出現頻度が高い理由としては，特定の音楽に関する情報を求める質問には外部の web ページを参照して回答しやすい，といった質問の主題によるものが考えられる．いずれも，今回発見されたような特徴が生じる理由を明らかにするためにはさらなる検証が必要であるが，外部の web ページを参照する回答が寄せられる要因として，質問者の情報要求の曖昧さ以外にも，質問の主題や質問の仕方といった要因がある可能性が示唆された．

また，今回発見された特徴のうち，質問者の情報要求が曖昧であったことに起因するものがあるかについても，さらなる検討が必要である．

謝辞

本研究では，国立情報学研究所の IDR データセット提供サービスにより LINE ヤフー株式会社から提供を受けた「Yahoo! 知恵袋データ（第 3 版）」を利用した．

文献

[1] 大塚 淳史・関 洋平・神門 典子・佐藤 哲司 (2011). “情報要求の言語化を支援するクエリ拡張型 Web 検索システムに関する一検討”,情報処理学会論文誌データベース,*4*(3),1-11. http://id.nii.ac.jp/1001/00078039/

[2] 和田 洋祐・相場 亮 (2009). “曖昧な情報要求に対する分類と推薦を用いた検索支援”,情報処理学会第 71 回全国大会論文集,271 - 272. http://id.nii.ac.jp/1001/00139022/

[3] LINE ヤフー株式会社 (2023). “Yahoo! 知恵袋データ（第 3 版）”,国立情報学研究所情報学研究データリポジトリ. https://doi.org/10.32130/idr.1.3

[4] 大島 裕明・中村 聡史・田中 克己 (2007). “SlothLib: Web 研究のためのプログラミングライブラリ”,日本データベース学会 Letters,*6*(1),113-116.
注：実際に使用したページを次に示す.
http://svn.sourceforge.jp/svnroot/slothlib/CSharp/Version1/SlothLib/NLP/Filter/StopWord/word/Japanese.txt

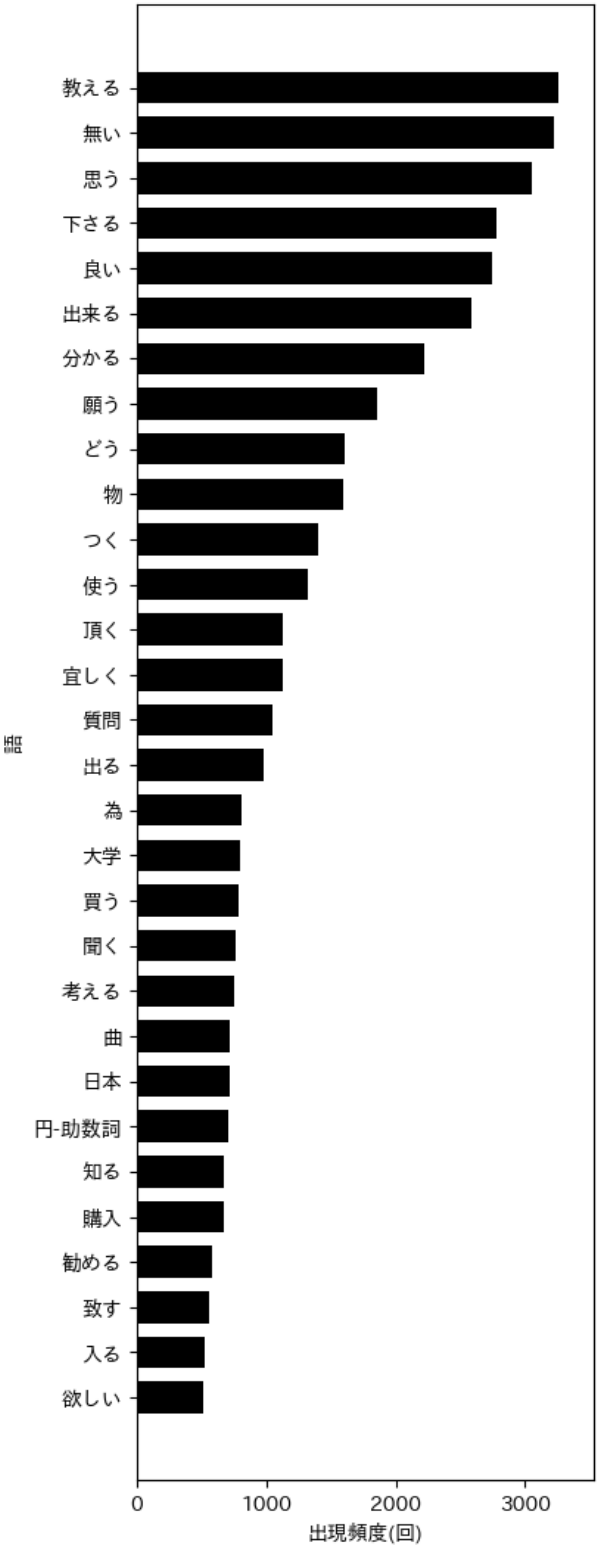


図 3　LA あり質問文中の単語出現頻度（上位 30 語）

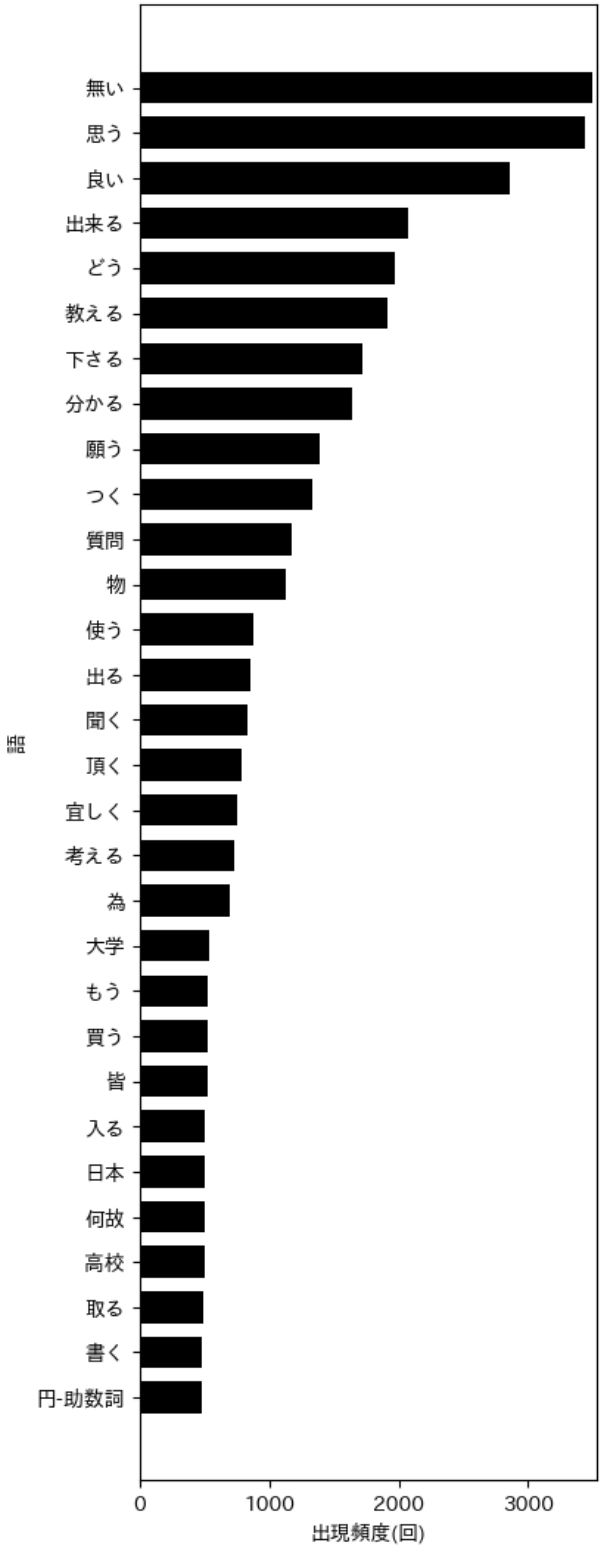


図 4　LA なし質問文中の単語出現頻度（上位 30 語）

話者-指示対象間の距離と聞き手の位置が指示詞選択に及ぼす影響[1]

Effects of object distance and listener position on demonstrative selection

門田 圭祐[†]，関根 和生[†]
Keisuke Kadota, Kazuki Sekine

[†] 早稲田大学
Waseda University
k.kadota@aoni.waseda.jp

概要

本稿では，指示詞を産出させる実験課題を用いて，日本語指示詞の選択に，話者から指示対象までの距離と，聞き手の位置が及ぼす影響を調べた．多項ロジスティック回帰モデルの推定をおこなった結果，(1) 距離は聞き手位置にかかわらず指示詞選択に影響し，(2) 聞き手位置の影響は距離によって異なっていた．この結果は日本語の指示詞は聞き手を考慮した基準を用いて選択されるという先行研究の主張を補完するものであった．

キーワード : 指示詞 (demonstrative), 距離 (distance), 聞き手位置 (listener's position)

1. 背景

本稿では，直示用法における日本語指示詞の選択に話者から指示対象までの距離と，聞き手の位置が及ぼす影響を検討した．指示詞は，他者の注意を特定の対象に向けるために用いられる言語表現である．指示詞には，複数の選択肢（例えば，コレ，アレ，ソレ）が存在するが，それらは指示対象の空間上の位置のみならず，話者が指示対象をどのように認知しているかに応じて使い分けられる（Coventry et al., 2023）．例えば，手の届く距離にある対象を指示する場合はコ系が使用される傾向がみられるが，話者が対象を「自身から近い」と認知していればコ系が，「自身から遠い」と認知していればソ系やア系が使用される．こうした指示対象への心理的な距離と指示詞の選択との関係は，言語によって異なる．たとえば，英語のように指示対象が「話者に近い-遠い」といった自己を基準として指示詞を選択する言語もあれば，日本語のように「話者に近い-聞き手に近い」といった聞き手を考慮した基準で指示詞を選択する言語もある（Coventry et al., 2023）．

日本語はコ-ソ-アという３つの指示詞表現を有する言語であり，聞き手を考慮した基準によって，そのうち１つの表現が選ばれる言語である．日本語の指示詞選択の説明としては，話者の近くにある対象にはコ系，聞き手の近くにある対象にはソ系，それ以外の場所にある対象にはア系が使われるという縄張り説（佐久間, 1983）が広く知られている．実証的調査として，日本語を含む 29 の言語間で，指示詞選択に与える距離と聞き手の位置がどのように異なるかを調査した Coventry et al.（2023）によれば，日本語では聞き手の位置（話者の横，または，正面）によって，聞き手に近い場所にある対象を指示するときのソ系とア系の使用率が変化することが明らかになっている．Coventry et al.（2023）の報告は，日本語の指示詞選択に関する従来の理論的・観察的知見を実証した点で重要である．ただし，彼らの実験では，話者から 0.25 m または 0.50 m（聞き手が対面にいる場合，話者のみ届く距離），1.50 m または 1.75 m（話者と聞き手の中間），2.75 m または 3.00 m（聞き手が対面にいる場合，聞き手のみが届く距離）という 3 区間での指示詞選択に対象が絞られていた．そのため，それらの区間以外の距離における指示詞選択に，聞き手の位置が及ぼす影響は十分に明らかになっていない．そこで本稿は，話者から指示対象までの距離と，聞き手の位置によって，各指示詞の使用率がどのように変化するのか，より詳細に明らかにすることを目的とした．

本研究の仮説は次の通りである．(1) 話者の近くではコ系が優勢になる，話者から離れるにつれてソ系またはア系が優勢になると予想される．とくに，(2) 対面条件においては話者から離れた場所（話者から遠く，聞き手に近い場所）で，ソ系が優勢になると考えられる．

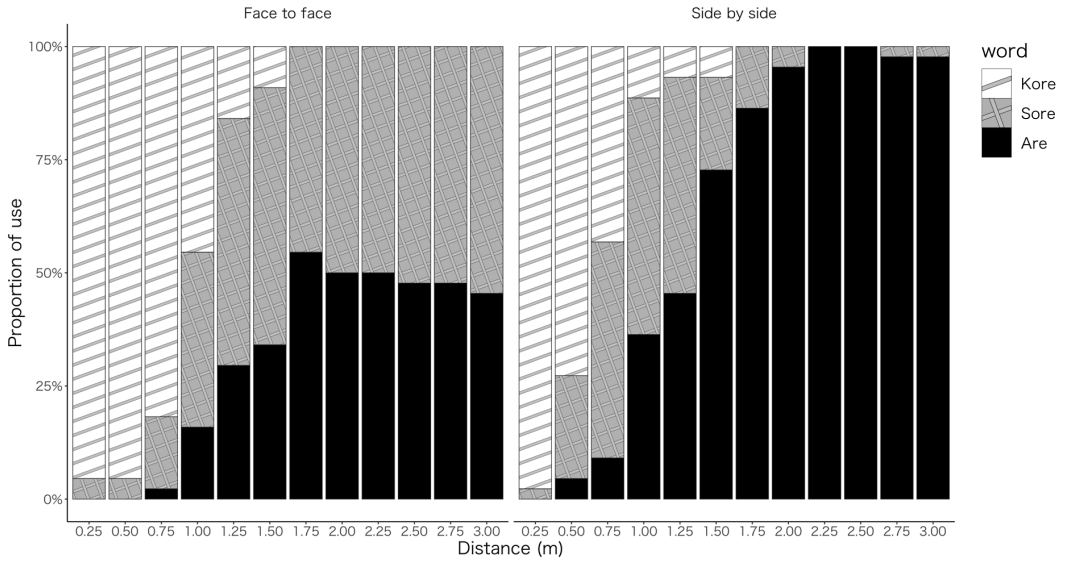
2. 方法

参加者は，44 名（各条件 22 名，男女同数）の大学生と大学院生であった．参加者は全員，右利きの日本語母語話者であった．

本稿では記憶ゲーム課題（Coventry et al., 2008）を用いた．はじめに実験者は参加者に「物の名前と場所を覚える課題である」と伝えた．各試行（全 24 試行）では机上に，指示対象となる絵付きのカードを配置した．そして，参加者は「 [場所]＋[絵の色]＋[描かれた物]（例 : [その]＋[赤い]＋[靴]）をとってください」と発話しながら，どこに何が置かれていたかを覚えるよう教示された．

[1] 本発表は門田・関根（2024）を異なる観点から再分析したものである．

図 1 条件ごとの各指示詞の使用率（左は対面条件，右は横並び条件）



註）縦軸は各指示詞の使用率，横軸は話者から指示対象までの距離.

独立変数は話し手から指示対象までの距離（以下，距離）と聞き手位置であった．指示対象が置かれる距離（被験者内要因）は，机の参与者側の端から 0.25 m ごとに，12 ヶ所（0.25 m，0.50 m，0.75 m，.....3.00 m）とした．聞き手位置（被験者間要因）は，参与者から見て右隣（横並び条件: side-by-side）と，机を挟んで反対側の正面（対面条件: face-to-face）の 2 ヶ所とした．

得られたデータについて，距離と聞き手位置が指示詞の使用率に与える影響を明らかにするため，階層ベイズモデリングによる分析を実施した．モデルは応答変数を指示詞のカテゴリ（コ系，ソ系，ア系 3 項のカテゴリカル分布）とする，多項ロジスティック回帰モデルとした．説明変数の固定効果は距離，聞き手位置，距離と聞き手位置の交互作用とした．また変量効果（変量切片）は，参加者と刺激項目（カードの種類）とした．説明変数の事前分布について，固定効果の係数は平均 0，分散 10 の正規分布，変量効果は，0 で切断した自由度 3，平均 0，分散 2.5 の t 分布とした．パラメータ推定は R の brms パッケージ（ver. 2.20.4: Bürkner, 2021）を用いて，連鎖数 4，サンプリング 20000 回（ウォームアップ期間 10000 回），間引きなしで実施した．

3. 結果

各条件における指示詞の使用率を図 1 に示した．これについて，多項ロジスティック回帰モデルを構築した（指示詞の基準カテゴリはコ系，聞き手位置の基準カテゴリは対面条件）．得られたモデルの切片と係数の平均値，標準偏差，95％ 確信区間（対数オッズ比），および，方向性確率を表 1 に示した．

表 1 フルモデルのパラメータの推定値

	Coefficient	SD	95% CI	pd
Intercept: Sore	-7.69	0.94	[-9.64, -5.96]	> .99
Condition	2.12	1.20	[-0.28, 4.43]	.97
Distance	7.13	0.78	[5.71, 8.76]	> .99
Condition × Distance	-0.25	1.15	[-2.44, 2.10]	.96
Intercept: Are	-9.36	1.06	[-11.56, -7.39]	> .99
Condition	-1.93	1.48	[-4.94, 0.90]	.91
Distance	7.66	0.79	[6.22, 9.32]	> .99
Condition × Distance	4.20	1.30	[1.74, 6.85]	> .99

The reference categories are as follows. Demonstrative: Kore, Condition: Face to face.

なお，本稿で報告するモデルの係数および切片について，すべて$\hat{R}$値は 1.01 以下，有効サンプル数は 10000 以上だった．そのため，いずれのモデルも収束に問題はないと評価した．

まず，データの説明に対する距離と聞き手位置の寄与について検討するため，前節の通りに構築したフルモデルと固定効果のみを削除した縮小モデルとで，ベイズファクターを求めた．その結果，フルモデルの方がよりデータに適合していた（$\mathrm{Log}_{10}\,\mathrm{BF} = 518.59$）．固定効果の係数のうち，コ系-ア系モデルについて交互作用項の係数の 95 % 確信区間が 0 を跨がなかった（$\beta = 4.16$, 95 % CI [1.74, 6.85]）．この交互作用の詳細を明らかにするため，データを条件ごとに層別し，単純化したモデルを構築した．

聞き手位置ごとの距離の効果を明らかにするため，データを聞き手位置で層別したサブセットごとに，フルモデルの固定効果から聞き手位置を除いたモデルを構築した．横並び条件のみで構築したモデルについて，説明変数に距離を含まない縮小モデルとのベイズファ

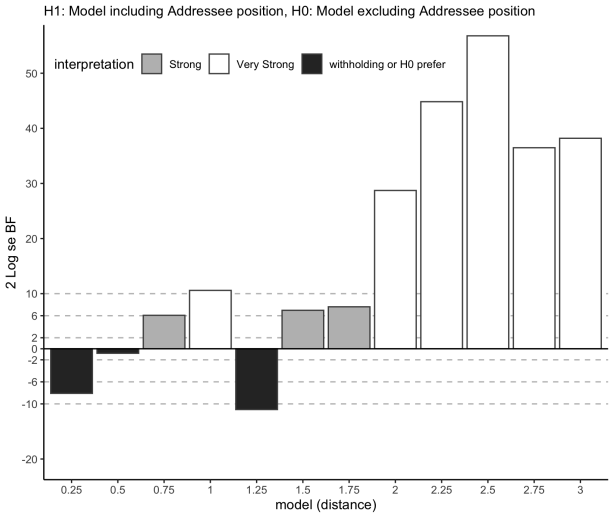
クターを算出したところ，距離を含むモデルが支持された（$\mathrm{Log}_{10}\mathrm{BF}=286.35$）．また，コ系-ソ系モデルとコ系-ア系モデルの両方で，係数の 95 % 確信区間が 0 を跨なかった（コ系-ソ系: $\beta=8.25, \mathrm{SD}=1.43, 95\,\%\,\mathrm{CI}\,[5.80, 11.37]$，コ系-ア系: $\beta=13.58, \mathrm{SD}=1.63, 95\,\%\,\mathrm{CI}\,[10.70, 17.70]$）．対面条件でも同様の分析をおこなったところ，距離を含むモデルが支持され（$\mathrm{Log}_{10}\mathrm{BF}=225.12$），コ系-ソ系モデルとコ系-ア系モデルの両方で，係数の 95 % 確信区間が 0 を跨なかった（コ系-ソ系: $\beta=6.35, \mathrm{SD}=0.68, 95\,\%\,\mathrm{CI}\,[5.10, 7.79]$，コ系-ア系: $\beta=6.86, \mathrm{SD}=0.70, 95\,\%\,\mathrm{CI}\,[5.57, 8.32]$）．したがって，聞き手の位置にかかわらず，距離が遠くなるほど，コ系に対してソ系またはア系の使用率が高くなることが示された．

次に，距離ごとの聞き手位置の効果を明らかにするため，データを距離ごとに層別したサブセットについて，フルモデルの固定効果から距離を除いたモデルを構築した．それらのモデルについて，説明変数に聞き手位置を含まない縮小モデルとのベイズファクターを求めた（図 2）．図 2 より，0.75 m 条件，1.00 m 条件，1.50 m 以遠の条件では，聞き手位置を含むモデルが支持された．一方，0.50 m 条件ではどちらのモデルも支持されず，0.25 m と 1.25 m 条件では，聞き手位置を含まない縮小モデルの方が支持された．

そして，それぞれの距離のモデルにおける聞き手位置の効果について，それらの係数の平均値と 95 % 確信区間（対数オッズ比）を求めた結果を図 3 に示した．図 3 より，聞き手位置の効果がみられた（確信区間が 0 に跨っていない）場合，いずれもコ系に対するソ系とア系の使用率，または，ソ系に対するア系の使用率が，対面条件より横並び条件の方が高くなっていた．

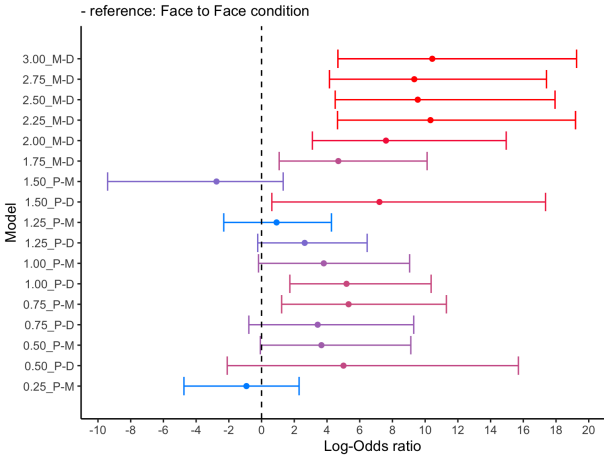
さいごに，　条件ごとの各指示詞の使用率の詳細を調べるため，最初に構築したフルモデルを用いて，指示詞使用率の推定値を求めた（図 4）．まず，聞き手位置を含むモデルが支持された距離のうち，もっとも話者に近い 0.75 m に注目すると，対面条件ではソ系とア系の確信区間が重なっており，横並び条件では重ならなかった．すなわち，横並び条件では 0.75 m においてソ系の使用率がア系の使用率を上回るが，対面条件ではそうではなかった．さらに，1.00 m までの使用率の分布を視察すると，コ系とソ系の使用率の 95 % 確信区間が重なる距離，すなわちコ系の使用率の方が高いと言えなくなる距離が，聞き手位置で異なっていた．そこでコ系とソ系の使用率の 95 % 確信区間が交わる距離を求めたところ，

図 2 各距離のモデルと縮小モデルとのベイズファクター



註）縦軸はベイズファクターの自然対数をとった値に 2 を乗じた値（Kass & Raftery，1995），横軸はモデルを示している．解釈は Kass & Raftery（1995）に基づく．

図 3 各距離のモデルにおける聞き手位置の係数



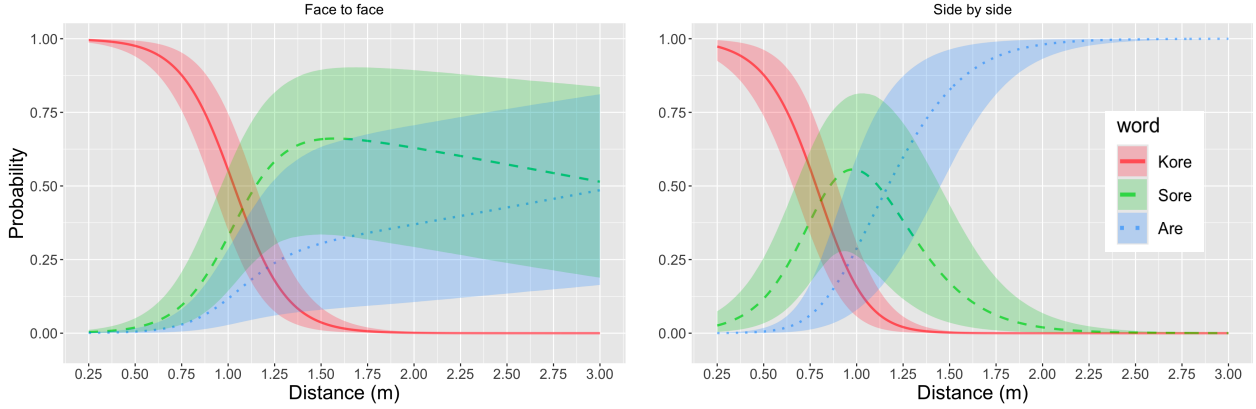
註）横軸は係数（対数オッズ比）の平均値，縦軸はモデルである．モデルの表記は「距離_基準カテゴリの指示詞_非基準カテゴリの指示詞」を示している．たとえば，「1.5 m 条件のデータについて構築したコ系-ソ系モデル」は「1.5_P-M」と表記した．着色は係数の絶対値の大小に基づく．

対面条件では 0.94 m，横並び条件では 0.66 m であり，コ系が支配的となる領域は対面条件よりも横並び条件の方が狭かった．以上より，横並び条件の 0.75 m 条件と 1.00 m 条件では，ソ系の使用率が話者により近い距離から上がりはじめていた分だけ，対面条件よりもコ系の使用率が低かったと言える．

4. 考察

本稿では，距離と聞き手の位置が，指示詞選択に及ぼす影響について明らかにするため，指示詞の使用率を分析した．多項ロジスティック回帰モデルによる分析の結果，聞き手の位置にかかわらず，話者から指示対象

図 4 各指示詞の使用率の推定値（左は対面条件，右は横並び条件）



註）縦軸は使用率の推定値，横軸は話者から指示対象までの距離．薄く着色された部分は 95 % 確信区間.

までの距離が離れるほど，ソ系またはア系の使用率が上昇することが示された.

上述した結果は，仮説 1（話者の近くではコ系が優勢となり，話者から離れるにつれてソ系またはア系が優勢となる）を支持している．一方で，仮説 2（対面条件において話者から離れた場所では，ソ系が優勢となる）は，ソ系のみではなくア系も優勢になるという点で部分的に支持された．この結果は，自身から遠く聞き手に近い領域にソ系を割り当てない参加者，すなわち，当該領域を「自分から遠い」と認知する参加者と「聞き手に近い」と認知する参加者とが，日本語話者の中に混在していることを示唆している.

本稿の結果は，先行研究の報告と同じ傾向を示しているが，さらに聞き手の位置が指示詞選択に及ぼす影響をより詳細に明らかにした．とくに 1.50 m 以上の条件では，一貫して聞き手位置の効果（横並び条件ではア系のみが優勢になるが，対面条件ではソ系とア系の両方が優勢となる）がみられた一方，1.25 m 以下の条件では，0.75 m および 1.00 m の条件でのみ聞き手位置の効果がみられた．モデルから取得した推定値の分析は，この聞き手位置の効果が，対面条件に比べて，横並び条件でのソ系の使用率が，話者により近い距離から上がりはじめていたことに由来することを示していた．Coventry et al.（2023）は本稿と同様の課題を用いて，聞き手位置の影響は，聞き手のみ届く領域でしかみられないことを報告した．しかし，当該実験では，（対面条件の場合）話者のみが届く，話者と聞き手の中間，聞き手のみが届く距離の 3 つの領域における指示詞選択しか調査されておらず，その他の領域における聞き手位置の影響については明らかになっていなかった．0.75 m 条件と 1.00 m 条件，すなわち話者の手が届く範囲と届かない範囲の境界周辺でも，聞き手の位置が指示詞選択に影響するという本稿の知見は，「話者は届かないが聞き手は届く」領域以外の領域でも聞き手位置の影響が現れることを示した点で先行研究を補完するものとして位置付けられる.

以上は，日本語話者が聞き手を考慮した基準で指示詞を選択していることを示している．一方で，先述の通り対面条件でも聞き手の近くの領域にソ系を割り当てない参加者が一定数存在するため，自己を中心とした基準と，聞き手を考慮した基準のどちらを用いるのか，個人差は大きいと考えられる．今後は，それらの個人差をもたらす要因について探索する必要がある.

文献

Bürkner, P. (2021). “Bayesian Item Response Modeling in R with brms and Stan.” *Journal of Statistical Software*, *100*(5), 1–54.

Coventry, K. et al. (2023). Spatial communication systems across languages reflect universal action constraints. *Nature human behaviour, 7*(12), 2099-2110.

Coventry, K. R., Valdés, B., Castillo, A., & Guijarro-Fuentes, P. (2008). Language within your reach: Near–far perceptual space and spatial demonstratives. *Cognition*, *108*(3), 889-895.

佐久間鼎 (1983). 現代日本語の表現と語法 くろしお出版

Kass, R. E., & Raftery, A. E. (1995). Bayes factors. *Journal of the American statistical association*, *90*(430), 773-795.

門田 圭祐・関根 和生 (2024). 日本語指示詞の選択に指示対象までの距離と聞き手の位置が及ぼす影響 社会言語科学会 第 48 回大会発表論文集, 323-326.

Skilton, A., & Peeters, D. (2021). Cross-linguistic differences in demonstrative systems: Comparing spatial and non-spatial influences on demonstrative use in Ticuna and Dutch. *Journal of Pragmatics*, *180*, 248-265.

集団フリーシャッター課題：知覚的相互作用がバースト現象に及ぼす影響の分析

Collective free shooting task: influence of perceptual interactions on the emergence of bursting phenomena

村上久*，児玉謙太郎**，阿部真人***，小鷹研理****
Taro Ninchi, Hanako Ninchi

*京都工芸繊維大学，**東京都立大学，***同志社大学，****名古屋市立大学
Kyoto Institute of Technology, Tokyo Metropolitan University, Doshisha University, Nagoya City University
hssh415@gmail.com

概要

ヒトの集団では、知らず知らずのうちに個々の行動が他者に伝染し、集団レベルでのバースト現象が生じ得る。こうした現象では、どのような知覚的相互作用が働いでいるのだろうか。本研究では、大規模な集団において空間的位置関係を考慮しつつ、自発的行為が周囲から受ける影響を調べた。結果として空間を共有する者同士による知覚的相互作用による顕著なバースト現象が確認し、またこの相互作用は近距離ではなく遠距離であることが示唆された。

キーワード：知覚的相互作用, 集団現象, バースト, 同期, 自発的行為

1. はじめに

社会的な動物は、意識的であるかによらず、周囲他個体の行動を知覚し自らの行動に反映させる。個々が他者に倣って振る舞うことで、行動、生理、情動といった様々なレベルで何らかの情報が集団内に伝搬し得る。魚や鳥の群れでは、個々が互いに緊密に連携しながらも、局所的なゆらぎが行動の相関というかたちで群れ全体を駆け巡る[1]。哺乳類をはじめいくつかの分類群でみられるあくびの伝染のように、知らず知らずのうちに他者に伝わっていき、集団内で同期が生じることもある[2]。これらは行動の伝染を介した集団現象の一例と見ることができる。

ヒトの行動伝染に関する古典的行動実験として、ミルグラムらによる歩行者を対象にした視線追従の実験が挙げられる[3]。彼らは混雑したオフィス街において、突然立ち止まってビルを見上げるサクラ（実験協力者）の数が増えると、通行人がこの行動を模倣する割合が上昇することを示した。この実験はその後の追試によって多くの問題点が指摘されているが、視線追従が集団に伝播することは確認されている[4]。視覚以外の感覚情報に基づくものとしてコンサート会場の観客らによる拍手の同期が挙げられるだろう[5]。この場合は聴覚的相互作用が中心的な役割を果たすと考えられる。

ただし、視線追従の実験では観察される空間（歩道）は大きくても１０m 四方に限られ、拍手の同期に関しては会場全体を録音することが普通で個々の位置の詳細は度外視されている。ヒトにおける行動の伝染を介した集団現象をよりよく理解するためには、大規模な集団において、個々の空間的位置の詳細も含めた観測が望まれる。

以上の問題を考える上で我々は、大規模な集団において空間的位置関係を考慮しつつ、自発的な行為が周囲から受ける影響を調べる実験プラットフォームとして「集団フリーシャッター課題」を提案している[6,7]。なおこの課題は、記者会見等において大勢のフォトグラファーが一斉にシャッターを切るという現象に着想を得たものであり、2023 年夏にテレビ番組の企画として実施された。課題は、実験参加者が前方のスクリーンに呈示された時間表示のあるプログレスバーにカメラを向け、制限時間内の任意の時間にシャッターを押すよう教示される、というものだった。実験は同一の課題を用いつつ、集団が空間を共有する場合としない場合の二つが行われた。一つはコンサートホールに集まった集団を対象する「オンサイト実験」、いま一つは、テレビ番組の生放送中の番組視聴者を対象に行われた「オンライン実験」である。現在まで得られている結果として、多くの人のシャッターを切るタイミングが特定の時間帯に集中するバースト現象が、オンライン実験よりもオンサイト実験においてよりはっきりと生じることが確認されている。つまり、空間を共有する者同士による何らかの知覚的相互作用に基づき、より顕著なバースト現象が創発したと考えられる。本発表ではこの相互作用の様態に焦点を当てたオンサイト実験の分析結果を報告する。

2. 方法

オンサイト実験は NHK ホール（収容人数 3800 人）におよそ 2000 人程度の高校生が集まり、各自のスマートフォンのカメラ機能を使用し実験に参加してもらった。ホール前方の大型スクリーンに映し出された映像刺激として「5 秒のカウントダウンの後、画面中央に、20 秒かけて左から右へと動いていくオレンジ色のバーが表示され、その上に 0.1 秒刻みでカウントアップしていく数字が表示される動画」が用いられた（図 1）。参加者には、 自身の好きなタイミングで 1 枚だけ写真を撮影してもらい、そこに写った数字を「シャッターを切ったタイミング」とし、年齢と性別、ホール座席番号と合わせて収集した。データは web 上のアンケートフォームを用いて送信してもらい、最終的に 1093 名からの有効データが得られた。

図 1. 映像刺激のスナップショット

3. 結果

先述のように、参加者は任意のタイミングでシャッターを切るよう教示されたにもかかわらず、特定の時間帯（実験開始直後、中盤、終了間際）にシャッター時間の集中するバースト現象が見られた（図 2）。このバーストはオンライン実験よりも顕著であったことから[6,7]、何らかの知覚的相互作用によるものと考えて間違いないだろう。

本研究では通常自己組織化を引き起こす要因として考えられる近距離（局所的）相互作用の影響を調べた。図 3 はホール内の参加者の位置のおおまかな空間分布を示しており、各点が各参加者、色はシャッター時間に対応している（右のスケールバーを参照）。この図からはシャッター時間がある部分から他の部分へと伝播していく様子ははっきりとは確認できない。そこで、「参加者は周囲の人につられてシャッターを切る」との仮説を空間座標を用いて検証した。

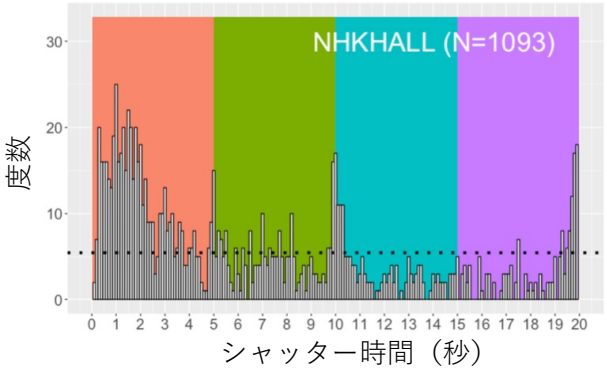


図 2. シャッター時間の度数分布

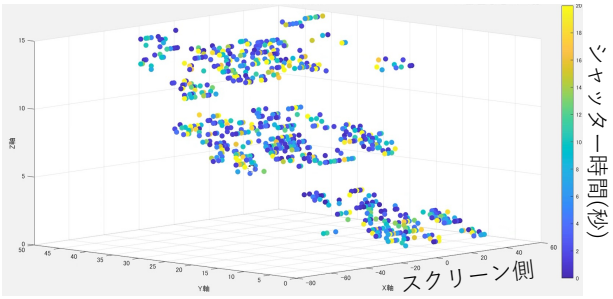


図 3. 参加者の空間分布のシャッター時間表示

図4は、注目する参加者のシャッター時間に対する、その周囲２４席にいる参加者のシャッター時間の平均をプロットしたものである（青の点と線、エラーバーは標準偏差）。先の仮説からは、周囲の人が速くシャッターを切るほど、自らも速くシャッターを切ることが予測される。換言すれば、本来遅くシャッターを切るはずの人が速く切ることになり（あるいは、速くシャッターを切った人の周りにいる人も速くシャッターを切ることになり）、グラフは右肩下がりになるはずだ。しかし結果は、注目参加者のシャッター時間によらず、周囲参加者のシャッター時間は一定であることを示している。さらに相互作用がない場合として、周囲参加者は固定して、注目参加者の位置をランダムにシャッフルしたデータ（赤点と赤線）でもこの結果は変わらなかった。以上から、バースト現象に対して近距離相互作用の効果は認められないことが支持される。

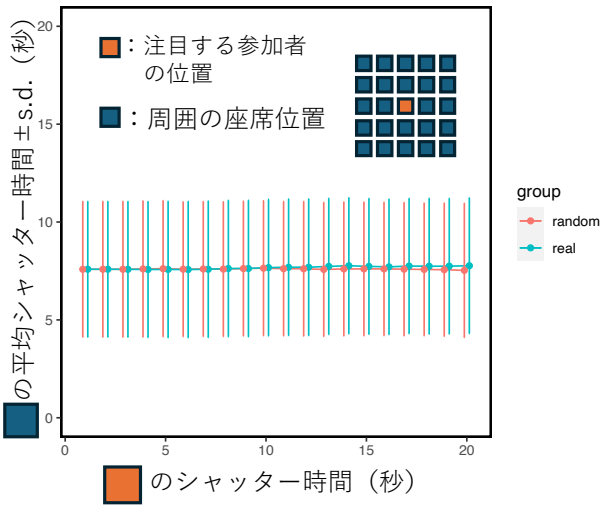


図 4. シャッター時間の周囲からの影響

4. 考察

本実験系の場合、視覚的な影響としては周囲参加者がシャッターを切る振る舞いによる近距離の相互作用が考えられる。一方シャッター音による聴覚的影響はこの限りではなく遠距離の相互作用も考えられる。今回の分析では近距離の影響が認められなかったことから、背理法により遠距離相互作用によってバーストが強く生じたものと考えられる。

寺田寅彦は、人は雨の音を、雨粒ひとつひとつに還元して聞くのではなく、雨粒の群れとして知覚することを指摘している。このことは本実験においても敷衍できるかもしれない。つまり、ただ近くにいる人のシャッター音に個別に影響されるのではなく、会場全体に響き渡る無数のシャッター音の群れを知覚したときはじめて、人はその音につられてしまうのかもしれない。

文献

[1] Cavagna, A., Cimarelli, A., Giardina, I., Parisi, G., Santagati, R., Stefanini, F., & Viale, M. (2010). Scale-free correlations in the starling flocks. Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(26), 11865-11870. https://doi.org/10.1073/pnas.1005766107

[2] Gallup, A. C., & Wozny, S. (2022). Interspecific contagious yawning in humans. Animals, 12(15), 1908. https://doi.org/10.3390/ani12151908

[3] Milgram, S., Bickman, L., & Berkowitz, L. (1969). Note on the drawing power of crowds of different size. Journal of Personality and Social Psychology, 13(2), 79-82. https://doi.org/10.1037/h0028070

[4] Gallup, A. C., Hale, J. J., Sumpter, D. J., Garnier, S., Kacelnik, A., Krebs, J. R., & Couzin, I. D. (2012). Visual attention and the acquisition of information in human crowds. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(19), 7245-7250. https://doi.org/10.1073/pnas.1116141109

[5] Néda, Z., Ravasz, E., Brechet, Y., Vicsek, T., & Barabási, A. L. (2000). The sound of many hands clapping. Nature, 403(6772), 849-850. https://doi.org/10.1038/35002660

[6] 小鷹研理・児玉謙太郎・阿部真人・村上久 (2024). フリーシャッター課題におけるシャッタースパイク時系列の特性. 信学技報, 123(408), 147-150.

[7] 児玉謙太郎・小鷹研理・阿部真人・村上久 (2023). 集団フリーシャッター課題で観察されるバースト現象. 信学技報, 123(241), 1-4.

AR 技術によるリアルタイム視野狭窄シミュレーションの開発とその可能性

Development and Potential of Real-Time Tunnel Vision Simulation Using Augmented Reality Technology

金子 祐二†
Yuji Kaneko

†東北大学
Tohoku University
yuji.kaneko.t1@dc.tohoku.ac.jp

概要

本研究は，網膜色素変性症患者の視野狭窄をリアルタイムで再現する AR システムを開発し，その有効性を評価するものである. AR ヘッドセットとステレオカメラを用いて視野狭窄シミュレーションを実現した. 主観的視覚的体験はボトムアップ的な知覚とトップダウン的な予測が統合されたものであると考えられ，主観的視覚的体験の再現には両者の考慮が必要であろう. 視覚再現性の精度, 処理速度向上, ユーザビリティーなど，今後の改良点について議論する.

キーワード : 視野狭窄，主観的視覚体験，福祉工学

1. はじめに

厚生労働省(2024)は「令和 4 年生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）」を 2024 年 5 月に発表し，その中で身体障害者手帳所持者は令和4年の推計で 415.9 万人, そのうち視覚障害者は6.6%の 27.3 万人としている. これに対し当事者団体から「過小である」との指摘がなされている(医療介護 CBnews, 2024). これは調査手法（墨字・点字調査票の回収の問題）に対する指摘であるが，そうした調査手法や，「障害に対するスティグマ」の忌避のために手帳を取得しないケースのほか，「そもそも自分の視覚障害に気がついていない」ケースも少なくないと考えられる.

著者は網膜色素変性症(清水・簗島, 2007; 厚生労働科学研究費補助金難治性疾患政策研究事業, 2016; 難病情報センター, 2023)患者であり，夜盲・視野狭窄の症状がある身体障害者である. 視野は水平・垂直方向とも晴眼者 (視覚が健常な者) の 1/4 程度であるが，矯正中心視力は 1.0 程度で，運転免許も所持・更新している.

病気の進行は非常に遅く，また実際には見えていない領域を脳がある程度補完しているとも考えられる. 著者は 2020 年末に確定診断されたが，上述のような病気の特性上，診断よりも前から自覚はないが症状があったと考えられる. そのため自分に視覚障害があると知った時には「晴眼者は私の何倍も見えているのか」と逆に驚いたほどであり，自分の視覚障害に気がついていない当事者であった.

著者が感じる生活のしづらさは，「見えにくさ」そのものよりも「見えにくさの伝えにくさ」にある. それは視野狭窄の程度が，他者に伝えにくい「角度」であるだけではない. 当事者は失認（存在しているものがないように感じられる）や幻視（存在していないものがあるように感じられる）を伴い，どこまで見えているのか，あるいは何を持って「見える」とするかが判然としない. これは晴眼者であれ視覚障害者であれ, 視知覚とは, 光学・眼科学的なボトムアップの刺激そのものではなく，記憶・経験・感情などによるトップダウン的な予測が統合された「主観的視覚体験」ともいうべき体験であり，客観的な数値指標では伝えきれない主観であるという点が, 伝えにくさにつながっていると考えられる. そしてこの伝えにくさが, 家庭内や職場での動線改善, 照明の最適化，PC の設定などの QoL 改善を阻害していると考える.

このような背景から, 著者らは, 主観的な体験を排除せず, 積極的に組み入れた視野狭窄シミュレーション・シミュレータの開発を行っている. 既報の研究では, 中心視野に急に人が現れるような動画を作成した(金子, 2023). この動画に対しては複数の晴眼者から驚きの声があった一方で, 視野狭窄当事者からは「まさにこのように見えている」という意見もあった.

これを踏まえ，よりリアルな体験ができることを目的として，リアルタイムでの視野狭窄シミュレーションを可能とする AR システムの開発を行っている．このシステムは，ユーザーがカメラ付きの AR ヘッドセットを装着することで，視野狭窄をリアルタイムに体験できるように設計されている．ヘッドセットに設置したカメラ画像を提示することで，ユーザーの頭部の動きに応じて視界が動的に変化する．さらに視線計測も同時に行い，視野狭窄の領域が眼球の動きにも追従

する.

本報では現在のシステムの詳細解説と，このシステムを用いて当事者の QoL を改善するにはさらにどのような機能や観点が必要であるかを議論する.

2. 開発システムの概要

開発システムの構成図を図 1 に示す.

図 1 AR システムの概要

開発システムは, AR ヘッドセット, ステレオカメラ, PC からなる．AR ヘッドセットの仕様を表 1 に示す.

表 1 AR ヘッドセットの仕様

モデル名	HTC VIVE Pro Eye
スクリーン	デュアル OLED 3.5 インチ
解像度	片目あたり 1440 x 1600 ピクセル
リフレッシュレート	90 Hz
視野角	最大 110°
視線データ出力周波数	120Hz
視線計測精度	0.5°–1.1°（FOV 20°以内）

ステレオカメラは表 2 の仕様のものを, AR ヘッドセットに貼り付けた.

表 2 ステレオカメラの仕様

モデル名	ELP-USB3D1080P02-H120
FOV	120°
圧縮フォーマット	MJPEG/ YUY2 (YUYV)
解像度・フレームレート	3840x1080@60fps

AR ヘッドセットとステレオカメラはそれぞれ専用のケーブルと USB で PC に接続されている．PC は OS Windows11, Visual Studio 2022 上でソフトウェア開発を行った．機能は以下の通り.

カメラ画像の取得：本ステレオカメラは左右の画像が同期され一枚の画像として取得できるため，まず左目と右目に分割する

視線計測：視線計測結果は HTC の SRanipalSDK によって取得する.

画像処理：視線計測結果から注目点を算出し，注目点を中心に, 外に行くほど解像度が低くなるような, 同心円状にぼかし処理をかける.

処理画像の提示: OpenXR にて，処理した画像を AR ヘッドセット内の左右のスクリーンに提示する.

作成したソフトウェアは https://github.com/yujikaneko/RPView2 に格納されている.

3. 結果

PC デスクの前に着座した被験者が AR ヘッドセットを装着し，検証を行った． AR ヘッドセットに提示されている画像の例を図 2, 3 に示す．図内の赤十字は視線計測結果から推定される視線方向である.

図 2 AR 画像（視線：中心）

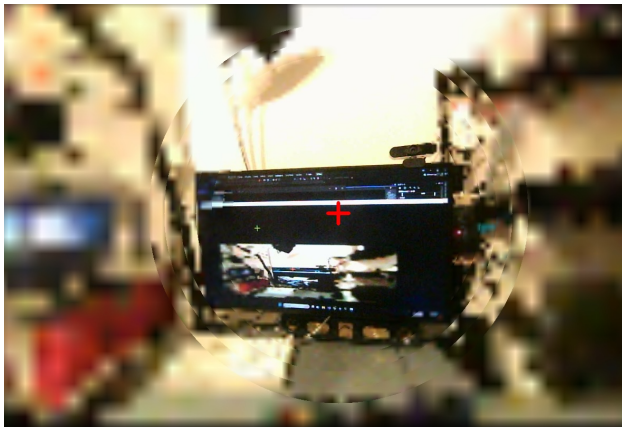


図 3 AR 画像（視線：下方向）

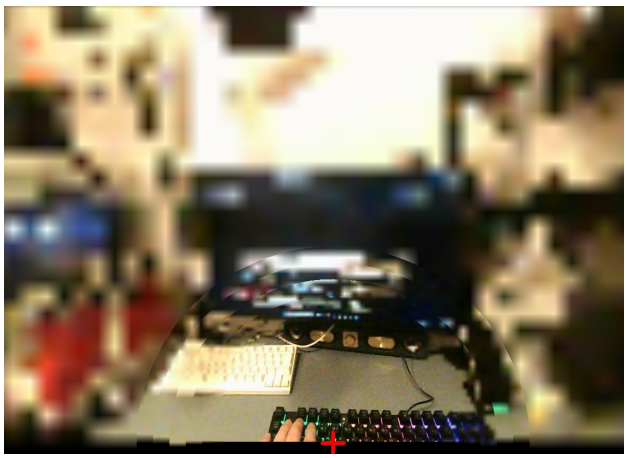


図 2 においては，視線はほぼ中央にあり，それを中心に中心視野が広がり，周辺視野はぼやけている．図 3 においては，視線を下方向に向けた．視線を中心に周辺視野はぼやけていることがわかる．

処理時間の大部分はぼかし処理などの画像処理で，1 フレームあたり約 120 ミリ秒，フレームレートで 8fps であった．

4. 考察

視覚再現性の精度

本システムで提示を試みている視野狭窄の「見え方」は非常に主観的であり，その「精度」については定義から議論する必要がある．

考えられる一つの定義は，ヘッドセットを装着した状態で視野計測を行い，当事者の視野計測結果と合致するかどうかを評価する方式が考えられる．具体的には，本システムを使用してゴールドマン視野計などの標準的な視野計測を行い，その結果と当事者の視野計測結果を比較することで，システムが実際の視野狭窄の見え方をどの程度正確に再現しているかを評価することができると考えられる．

また晴眼者がこのシステムを使用して，すぐに失認や幻視といった主観的な体験ができるかどうかについても検討が必要である．主観的な体験が発現するには，ボトムアップの刺激を受けて一定期間の「学習」が必要とも考えられ，今後の研究課題である．

画像処理の処理速度

本システムでは，視線計測結果に基づいてリアルタイムで画像処理を行うため，視線の移動から視野狭窄画像の提示までに一定の遅れが発生する．現状 100 ミリ秒以上の遅延が発生しており，歩行など視線移動が頻繁な状況下ではさらなる改善が必要であろう．

システムのユーザビリティ

ユーザビリティについては，システムの操作性や装着感に関するユーザーフィードバックを基に評価する必要がある．ヘッドセットの装着感や長時間の使用における快適性のほか，本システムは電源が必要であること，PC との有線接続であることなどが，移動時や屋外での使用の制約となりうるため，改良が必要である．

応用範囲

本システムは，視野狭窄当事者の日常生活やリハビリテーション，当事者支援の現場での実用のために以下の改善点が挙げられる．例えば，家庭内や職場での動線改善に向けては，上述のように電源や有線接続が支障となりうる．また PC の操作改善については，ヘッドセットでカメラ越しの PC の画面を見ると解像度が低く，評価が難しい．直接 PC の画面をヘッドセットに提示するなどの対処が必要になると考えられる．

5. 展望

本システムでは，視野狭窄当事者の視覚体験を再現するために，視線計測データを基に周辺視野にぼかし処理を施す手法を採用した．しかし，主観的な視覚体験を積極的に再現するために，中心視野に入ったときだけオブジェクトが見えるような VR も考えられる．これは，当事者が実際に感じる「中心視野に突然現れる物体」の体験をより直接的に提示できると考えられる．ただし過度なシミュレーションは汎用性や再現性に問題が生じる可能性があるため，本システムのような視野狭窄 AR との対比をしながら検討を進める必要があろう．

文献

医療介護 CBnews. (2024). 障害者手帳持つ視覚障害者、推計は「過少」の可能性. 基準の該当者は 3 倍超の指摘も 社保審・障害者部会. https://www.cbnews.jp/news/entry/20240704170524 (2024 年 7 月 13 日閲覧).

金子 祐二. (2023). 視野狭窄の視知覚を再現する画像フィルタの開発とその応用 ―当事者として―. 日本認知科学会第 40 回大会論文集.

厚生労働科学研究費補助金難治性疾患政策研究事業 網膜脈絡膜・視神経萎縮症に関する調査研究班 網膜色素変性診療ガイドライン作成ワーキンググループ. (2016). 網膜色素変性診療ガイドライン. 日本眼科学会雑誌, 120(12), 846-861.

厚生労働省. (2024). 令和 4 年生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）.

清水 里美・簗島 謙次. (2007). IV.年齢と疾患によるケアの特徴 3.疾患別特徴 1) 網膜色素変性症. ロービジョンケアガイド, 136-140.

難病情報センター. (2023). 「網膜色素変性症」. https://www.nanbyou.or.jp/entry/196 (2024 年 7 月 13 日閲覧).

属性を指す文の物・事態・場所的解釈可能性から文法知識のあり方を考える
Exploring grammatical knowledge through the interpretative possibilities of property-predicating sentences

宇野 良子†，石塚 政行†
Ryoko Uno, Masayuki Ishizuka

†東京農工大学
Tokyo University of Agriculture and Technology
ryokouno@cc.tuat.ac.jp, ishizuka@go.tuat.ac.jp

概要

言語の本質は思考かコミュニケーションかという議論は現在でも続いている。また，文という単位の本質について思考的側面（判断）とコミュニーション的側面（報告）があるとする立場が日本語研究にはある。本稿は，認知類型論的な立場から，日本語の文の解釈についてのアンケート調査を行い，一つの文に判断的（物的）解釈と報告的（事態・場所的）解釈がどのように共存しているかを，属性を指す文を中心に明らかにした。

キーワード:思考とコミュニケーション, 言語類型論, 文，属性叙述，認知言語学

1. 問題提起

言語進化的な観点などから，言語は思考のためのツールか，コミュニケーションのためのツールか，あるいはその両方かという議論が長らくなされているが，まだ決着はついていない[1, 6, 13]。一方で，文という単位の本質について，思考的側面（判断）とコミュニケーション的側面（報告）が同時に存在していると見る立場がある[10, 14]。本研究は，このような文の見方の根拠となるようなデータを，まずは日本語で，さらには通言語的に得ることを目指している。

筆者らの考えでは，この問題を扱うには，属性を指す(属性を叙述する)文に注目することが有効である。言語類型論的に見ると，物・事態（出来事）・場所を叙述する文とは異なり，属性を述べる文には専用の形式がなく，物・事態・場所を指す文のいずれかの形式が流用される[15]. 認知言語学の立場から[11]，これら複数の叙述形式には，それぞれに対応する意味あるいは捉え方があるという仮説が立てられる[8]. 物的捉え方は分類という判断，事態的・場所的捉え方は事態や場所の報告であるとみなすことができる[8]。さらに，人間の認知のあり方が世界の言語の類型に反映されているとする認知類型論的な立場[2]からは，属性専用の叙述形式がどの言語にも見られないのは，人間の属性の捉え方が一つに決まらないからであると考えられる.

本稿は以下の 3 つの問いに答えることを目的とする。

(1) a. 属性の捉え方の違いは何によるのか。Stassen [15]が提案するように属性の恒常性によるのか，あるいは属性としての典型性[4, 5]や，その他の要因によるのか。
b. 日本語の属性を叙述する文には 2 種類の異なる叙述形式がある（第 2 節参照)。この形式の違いは捉え方に反映するか。
c. 物・事態・場所を叙述する文にも，複数の捉え方があるか。

2. 属性の叙述形式

属性の叙述形式は，物の叙述を流用する名詞型，事態の叙述を用いる動詞型，場所の叙述を使う副詞型の 3 種に分けられる。日本語の属性を指す文の述語となる語は，形容詞・形容動詞・動詞・名詞などがありうるが，形容詞・動詞は動詞型，形容動詞・名詞は名詞型に分類される[15]。どの形式で叙述されるかは，属性の意味の違いによるのではなく，歴史的経緯に由来する[17]。一方で，バスク語のように，属性が恒常的か一時的かで，名詞型と副詞型が使い分けられる言語もある。また，フィンランド語，中国語，ワスキア語のように 1 つのタイプの叙述形式しかない言語もある[15]。

表 1　属性を指す文の叙述形式のタイプ

	名詞型	動詞型	副詞型
日本語	X	X	
バスク語	X		X
フィンランド語			X
中国語		X	
ワスキア語	X		

3. 調査

様々な属性を指す日本語の文について，3 つの捉え方に対応する 3 つの解釈文が，それぞれどのくらい適切かを問うアンケート調査を行った。回答者は日本語母語話者の大学院生 210 人である。表 1 に掲げた 25 文を対象とし，各解釈の適切さを 4 段階で尋ねた。例えば，「先生の目は黒い」という文に対して，(2) の 3 つの解釈を提示した(物的解釈の「〜ものに分類される」という部分は，主語に応じて「〜人に」〔文 12, 13, i, ii, iii〕，「〜ことに」〔文 14, 15, 18, 19〕と変更した)。(2a) が物的，(2b) が事態的，(2c) が場所的な捉え方に対応する。各解釈の適切さは，(3) の 4 つの選択肢から一つを選択する形とした。(3a) から (3d) の順に，1，2，3，4 点として点数化した。

(1) a. 先生の目は黒いものに分類される
b.「先生の目が黒い」という事態が起きている
c. 先生の目は黒い状態にある

(2) a. 全く適切でない
b. あまり適切でない
c. やや適切である
d. 非常に適切である

表 2 アンケート対象文（属性）

		対象文	タイプ	叙述形式	典型性	恒常性
1	A	先生の目は**黒い**	色	動詞	1	1
2	A	(徹夜して) 先生の目が**赤い**	色	動詞	1	0
3	B	この家は**小さい**	大きさ	動詞	1	1
4	B	この腫瘍は（まだ）**小さい**	大きさ	動詞	1	0
5	A	この車は**新しい**	新旧	動詞	1	0
6	B	この絵は**きれいだ**	評価	名詞	1	1
7	B	(魔法のおかげで 12 時までは) シンデレラの服は**きれいだ**	評価	名詞	1	0
8	A	この鉛筆は**硬い**	物理的特性	動詞	0	1
9	A	(冷凍庫から取り出した) このバナナは**硬い**	物理的特性	動詞	0	0
10	B	この犬は**速い**	速度	動詞	0	1
11	B	(アイテムの効果がある間は) マリオは**速い**	速度	動詞	0	0
12	A	先生はとても**親切だ**	人間の性質	名詞	0	1
13	A	先生は（今日はやけに）**親切だ**	人間の性質	名詞	0	0
14	B	アメリカ大統領に会うことは **難しい**	難易	動詞	0	1
15	B	(今日は会議が多くて) 先生に会うことは**難しい**	難易	動詞	0	0
16	A	この鳥はあの鳥に**似ている**	類似	動詞	0	1
17	A	(トリミングをして今は) この犬はあの犬に**似ている** (が，毛が伸びれば違いが はっきりする)	類似	動詞	0	0
18	B	太陽が西から昇ることは **ありえない**	蓋然性	動詞	0	1
19	B	(今日は気温が高いので) 雪が降ることは**ありえない**	蓋然性	動詞	0	0
20	A	ライオンはサバンナに**多い**	数量	動詞	0	1
21	A	(異常気象で今年は) 田んぼにイナゴが**多い**	数量	動詞	0	0
22	B	この駅は学校に**近い**	位置	動詞	0	1
23	B	(今日は) キッチンカーは正門 に**近い**	位置	動詞	0	0
24	A	このページがこの論文の**最後だ**	順序	名詞	0	1
25	A	(今日は) この歌がプログラム の**最後だ**	順序	名詞	0	0

対象文の述語が表す属性は[4, 5]に基づき選んだ。[4, 5]は，世界の言語の形容詞が表す属性を色，大きさなど 13 のタイプに分類し，形容詞になりやすいかどうかで階層化した。色，大きさ，新旧，評価は形容詞になりやすく，属性として典型性が高い。それ以外の属性は比較的典型性が低い。また，各属性タイプについて，恒常的な性質を表す文と，一時的な状態を表す文を用いた。「新しい」だけは，常に新しいものというのは原理的に存在しえないと考え，1 文のみを用いた。

回答者の負担を軽減するため，アンケートを属性タイプによって表 1 のとおり A（13 項目）と B（12 項目）の 2 つに分割した。その際，属性としての典型性が高いものと低いものが同程度含まれるように分けた。A の回答者は 108 人，B の回答者は 102 人である。

これらの属性を述べる文に加えて，A および B の両方で，各解釈を代表する述語を用いた文についても同様の質問を行った。表 3 のとおり，物的述語は「先生だ」，事態的述語は「歩いている」，場所的述語は「学校にいる」を用いた。恒常性については，典型と考えられる値（物は恒常的，事態・場所は一時的）のみを対象とした。

表 3 アンケート対象文（物・事態・場所）

	対象文	述語	叙述形式	恒常性
i	太郎は**先生だ**	物	名詞	1
ii	太郎は（今）**歩いている**	事態	動詞	0
iii	太郎は（今）**学校にいる**	場所	副詞	0

4. 結果

属性の叙述形式，典型性，恒常性の違いにかかわらず，物的解釈と場所的解釈はほとんどの場合に適切と

評定された。物的解釈の中央値は 4（四分位範囲 2〜4），場所的解釈の中央値は 4（四分位範囲 3〜4）であった。事態的解釈は，中央値は 3 だが，四分位範囲は 1〜4 であった。

属性の典型性による各解釈の評定の異なりは比較的小さかった。場所的解釈では，典型性にかかわらず，中央値は 4（四分位範囲 3〜4）であった。物的解釈では，典型性にかかわらず，中央値は 4 であったが，典型性＝1 の場合四分位範囲 3〜4，典型性＝0 の場合は四分位範囲 2〜4 であった。ただし，事態的解釈では典型性＝1 の場合，中央値 2（四分位範囲 1〜4）に対し，典型性＝0 の場合は中央値 3（四分位範囲 2〜4）であった。

一方，属性の恒常性の違いによって，各解釈の評定は異なっていた（図 1）。特に，事態的解釈の評定は大きな違いを見せた。恒常性＝1 の場合，中央値 2（四分位範囲 1〜4）に対し，恒常性＝0 の場合は中央値 4（四分位範囲 2〜4）であった。物的解釈では，恒常性＝1 の場合，中央値 4（四分位範囲 3〜4）に対し，恒常性＝0 の場合は中央値 3（四分位範囲 2〜4）であった。場所的解釈では，いずれの場合も中央値は 4 であったが，恒常性＝1 では四分位範囲 2〜4 であったのに対し，恒常性＝0 の場合は外れ値を除いて常に 4 と評定された。

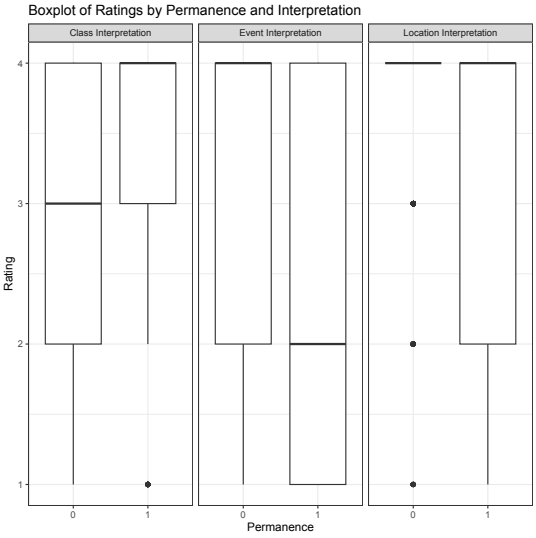


図 1　解釈と恒常性ごとの評定の分布

文の叙述形式による各解釈の評定の異なりは小さかった。場所的解釈では，叙述形式にかかわらず，中央値は 4（四分位範囲 3〜4）であった。事態的解釈でも，叙述形式にかかわらず中央値は 4 であったが，動詞的形式（形容詞および動詞）では四分位範囲 1〜4 に対し，名詞的形式（形容動詞および名詞）では 2〜4 であった。物的解釈でも叙述形式にかかわらず中央値は 4 であったが，動詞的形式では四分位範囲 2〜4 に対し，名詞的形式では 3〜4 であった。

統計ソフト R を用いて，3 つの解釈と典型性の 2 つの値との各ペア，恒常性の 2 つの値との各ペア，および 2 つの叙述形式との各ペアについてウィルコクソンの符号順位検定を行い，ボンフェローニ法により補正した。まず，典型性について，場所的解釈における有意差は見られなかった（T＝4516, p＝0.346）。物的解釈における差は有意であった（T＝5225, p＝0.011）。事態的解釈においては非常に有意な差が見られた（T＝11351, p＝6.92e−5）。次に，恒常性については，いずれの解釈でも非常に有意な違いがあった（物的解釈：T＝278, p＝3.92e−28，事態的解釈：T＝16615, p＝4.74e−29，場所的解釈：T＝12694, p＝3.25e−22）。最後に，叙述形式について，場所的解釈（$T = 4892, p = 0.591$）と事態的解釈（$T = 9949, p = 0.974$）における有意差はなかった。一方，物的解釈については有意差が見られた（$T = 5225, p = 0.010$）。

各解釈を代表する述語を用いた文の結果は以下のとおりであった。まず，述語の違いにかかわらず，全ての解釈がほとんどの場合に中央値が 4 となった（図 2）。例外は，場所的述語に対する物的解釈（中央値 3，四分位範囲は 2〜4）と，物的述語に対する事態解釈（中央値 2，四分位範囲は 1〜3）であった。次に，統計ソフト R を用いて，3 つの解釈と恒常性の 2 つの値との各ペアについてウィルコクソンの符号順位検定を行い，ボンフェローニ法により補正した。恒常性＝1 は物的述語，恒常性＝0 は事態的述語および場所的述語である。いずれの解釈でも非常に有意な違いがあった（物的解釈：T＝388, p＝7.86e−15，事態的解釈：T＝11607, p＝1.36e−25，場所的解釈：T＝2956, p＝1.45e−10）。

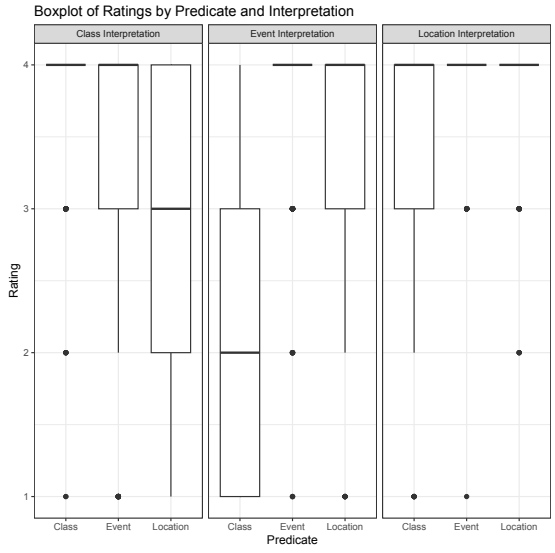


図 2.　解釈と述語タイプごとの評定の分布

5. 議論

調査の結果，（1）で掲げた問いへの答えは次のとおりとなった。まず，(1a)の捉え方の違いの要因として，典型性（形容詞になりやすいか否か[4, 5]）にはよらないことがわかった。また，大まかには，一部の言語の叙述形式に反映しているように[15]，恒常性の違いに対応することが示された。ただし，厳密には，「新しい」の例から，定められた時間のスコープ内で継続しているか否かが意味解釈を決定していると言える。

次に（1b）だが，叙述形式によらず，複数の捉え方がなされていた。言語ごとの叙述形式のタイプの差は，属性に対する捉え方の可能性には反映されないことが示唆される。

三つ目として，（1c）については，属性を指す文だけではなく，物・事態・場所を叙述する文でも，制限があるものの，複数の捉え方が可能であるとわかった。

本研の意義としては以下の 3 点が指摘できる。まず，日本語研究での属性叙述と事象叙述という区分をめぐって，述べ方の違いの本質性と連続性に関する議論が続いている[9, 12, 16]. 本研究の主たる目的ではないが，物的解釈と事態・場所的解釈の度合いを各表現についての計量により，この問題に貢献できる可能性がある。

さらに，認知言語学的な観点からは，平叙文という抽象度の高い構文を検討するのに本研究が役立つ。物的捉え方を反映する名詞型の叙述形式は，その名のとおり典型的には名詞を述語とする文である。また，名詞の本質的な機能は事物の「分類」であるとされる[19]。このような分類は外界には存在せず，心の中にしかない。もちろん，外の世界の事象を指し示すカテゴリー化[11]のような分類は，名詞だけでなく動詞や副詞によっても行われる。しかし，上位・下位カテゴリー間の階層的な分類を行うのは名詞である。これらのことから，属性を指す文で可能な 3 つの捉え方には，外界についてのもの（物・事態・場所的）と内面についてのもの（物的）の 2 種類があると言える。このような理解を前提として，本稿では第 1 節でも述べたように，物的捉え方は分類という判断，事態的・場所的捉え方は事態や場所の報告であるとみなし，分析を行った。今後，本稿の調査法を応用することによって，平叙文という抽象度の高い構文の使用に個人差があるか否かを示すことができるだろう。これは，個人差に注目して文法的知識のボトムアップな性質を明らかにしようとする認知言語学の研究[3]の一例となる。

最後に，文の思考的側面（判断）の側からコミュニケーション的側面（報告）を見ている立場があるが[10, 14]，逆に共同注意に着目し，コミュニケーション的側面から思考的側面との連続を見る研究もあり[7, 18]，この 2 つのアプローチの接続を強めることに本研究は寄与したと言える。

謝辞

本研究は科研費 21K12603, 24K16048 の助成を受けています。また，研究を進めるにあたり，萩澤大輝氏，田中太一氏，氏家啓吾氏，山泉実氏にご協力いただきました。ありがとうございます。

文献

[1] Clark, A. (1997) Being there: Putting brain, body and mind together. Cambridge: MIT Press.
[2] Croft, W. (2016) Typology and the future of Cognitive Linguistics. *Cognitive Linguistics* 27 (4), 587–602.
[3] Dąbrowska, E. (2018) Experience, aptitude and individual differences in native language ultimate attainment. *Cognition*, 178, 222–235.
[4] Dixon, R. M. W. (1977) Where have all the adjectives gone? *Studies in Language* 1(1), 19-80.
[5] Dixon, R. M. W. and A. Y. Aikhenvald (eds.) (2004) *Adjective Classes: A Cross-linguistic Typology*. Oxford: Oxford University Press.
[6] Fedorenko, E., Piantadosi, S.T. & Gibson, E.A.F. (2024). Language is primarily a tool for communication rather than thought. *Nature* 630, 575–586.
[7] 本多啓 (2003)「共同注意の統語論」山梨正明（他編）『認知言語学論考 No.2』ひつじ書房 199-229.
[8] Ishizuka, M. and Uno, R. (2022) Analyzing property predication from the perspective of evolutionary linguistics. *Proceedings of the Joint Conference on Language Evolution 2022*: 348–350.
[9] 影山太郎（編）(2012)『属性叙述の世界』くろしお出版
[10] 川端善明 (2004)「文法と意味」北原保雄（監修）尾上圭介（編）『朝倉日本語講座 6:文法 II』58-80.
[11] Langacker, R. W. (2008) *Cognitive Grammar: A Basic Introduction*. Oxford: Oxford University Press.
[12] 益岡隆志 (1987) 『命題の文法』くろしお出版
[13] 岡ノ谷一夫・藤田耕司 (2022)『言語進化学の未来を共創する』ひつじ書房
[14] 尾上圭介 (2001)『文法と意味』くろしお出版
[15] Stassen, L. (1997) *Intransitive Predication*. Oxford: Oxford University Press.
[16] 鈴木彩香 (2022)『属性叙述と総称性』花鳥社
[17] 上原聡 (2002)「日本語における語彙のカテゴリー化」大堀壽夫（編）『認知言語学 II：カテゴリー化』81-103.
[18] 宇野良子・池上高志 (2003)「ジョイントアテンション／予測と言語」山梨正明 (他編)『認知言語学論考 No.2』ひつじ書房 157-197.
[19] Wierzbicka, A. (1986) What's in a noun? (Or: How do nouns differ in meaning from adjectives?), *Studies in Language*, 10(2), 353–389.

オフィス空間における会話開始のための他者の身体状態の利用
How to start a conversation by the body status of the person to be an interlocutor in the office

牧野 遼作[1], 山本 敦[1], 友野 貴之[2], 古山 宣洋[1], 花田 愛[3]
Ryosaku Makino, Atushi Yamamoto, Takayuki Tomono, Nobuhiro Furuyama, Ai Hanada
[1]早稲田大学, [2]札幌学院大学, [3]株式会社オカムラ
Waseda University, Sapporo Gakuin University, OKAMURA CORPORATION
rmakino19@aoni.waseda.jp

概要
本稿では, オフィス内で生起する「事前に予定されていない会話」の開始場面に関する 3 つの事例に対して, 身体動作と発話開始箇所に着目した定性的検討を行った. 分析の結果から, 話者は, 聞き手候補のコミュニケーション意図のない振る舞いをもとに他者の関与状態を推察し, 話しかけ方の調整や話しかける相手の選択をしている可能性があることが示唆された.

キーワード：相互行為分析(interaction analysis), オフィス会話(conversation at office), 会話の開始(beginning of conversation)

1. はじめに

本稿では, オフィスでの,従業員(以下, ワーカー)間の「事前に予定されていない会話」が開始される事例について報告する. オフィス空間で生起している会話は, ミーティングのように, いつ, 誰が, 何を会話するのか, ある程度決まっているものと, いつ, 誰が, 何を会話するのか決まっていないものの 2 つに大別することができるだろう. 本稿では, 後者を「事前に予定されていない会話」と呼称し, どのようにワーカーたちが, このような会話をオフィス内で開始しているかについて, 事例 1「ゆるやかな共在状態から開始される事例」, 事例 2「共在状態を構築し, 聞き手候補を選択する事例」, 事例 3「聞き手候補自身が自己選択する事例」の 3 つを報告する.

2. データ概要

分析対象は, 実際のオフィス内で定点カメラによって収録された動画データである. 収録は4回行われ, 全て午前中に収録された. 定点カメラは 4 箇所に設置された. 収録前には, ワーカーに収録されていることを伝え, 実際の分析対象とする事例内のワーカーには, 収録後に同意を得た. なお, 本研究は早稲田大学「人を対象とする倫理委員会」の承諾を得て行われた(承認番号 2023-076).

3.1 事例 1 ゆるやかな共在状態からの話しかけ

事例 1 は横並びの机に座り PC 作業をしている 2 人のワーカー間の会話開始事例である. この事例では, 右に座るワーカー(B)が, 左にいるワーカー(A)に話しかけるものである.

事例の冒頭で,2名のワーカーたちは, お互いに目の前の PC を用いて作業を行っていた(図 1-a). 左に座る A は, PC 作業を一度止め, 自身の机の右側にあるファイルへと手を伸ばし, さらに椅子を左へと少し移動させた(図 1-b). A がしばらくファイルを取り出し, 確認し, 戻すという作業をしていると, B は PC から手を離して腕組をし, 左に顔を向けて, 会話を開始した(図 1-c).

この会話の冒頭は, 「ちょっといいですか」「すいません」といった断りから構成されておらず, 具体的な会話内容から開始されていた. このような会話の開始の仕方は, 一時的に中断されていた会話を再開するものと聞くことができる. 収録先の企業への聞き取りによると, ここでのワーカーたちが座る座席はフリーアドレスではなく, 固定の座席である. しかしながら, B は, 普段の座席ではない場所に座って作業をしていた. このことから, A と B は何かしら共同での業務を遂行していたと考えられる. つまり, ワーカーは緩やかな共在状況にあり, 会話を開始 (もしくは再開) することが容易な状況であったと推察される.

しかしながら, 話者となる B は, 発声の直前に, 聞き手候補である A のほうに視線を向けてから話しかけていた. このような身体的な振る舞いは, 緩やかな共在状態であったとしても, 聞き手候補の状況を一度確認してから, 話しかける必要があることを示唆するものとなっている. そして聞き手候補である B は, 話しかけられる前からPCから手を離し, ファイルを整理するという活動に従事していた. ファイル整理のような作業は, それ以前に B が従事していた PC を利用した作

業と比較すると，ワーカーたちが集中して従事するべきとされる仕事上のタスクとはみなされない可能性が高い．

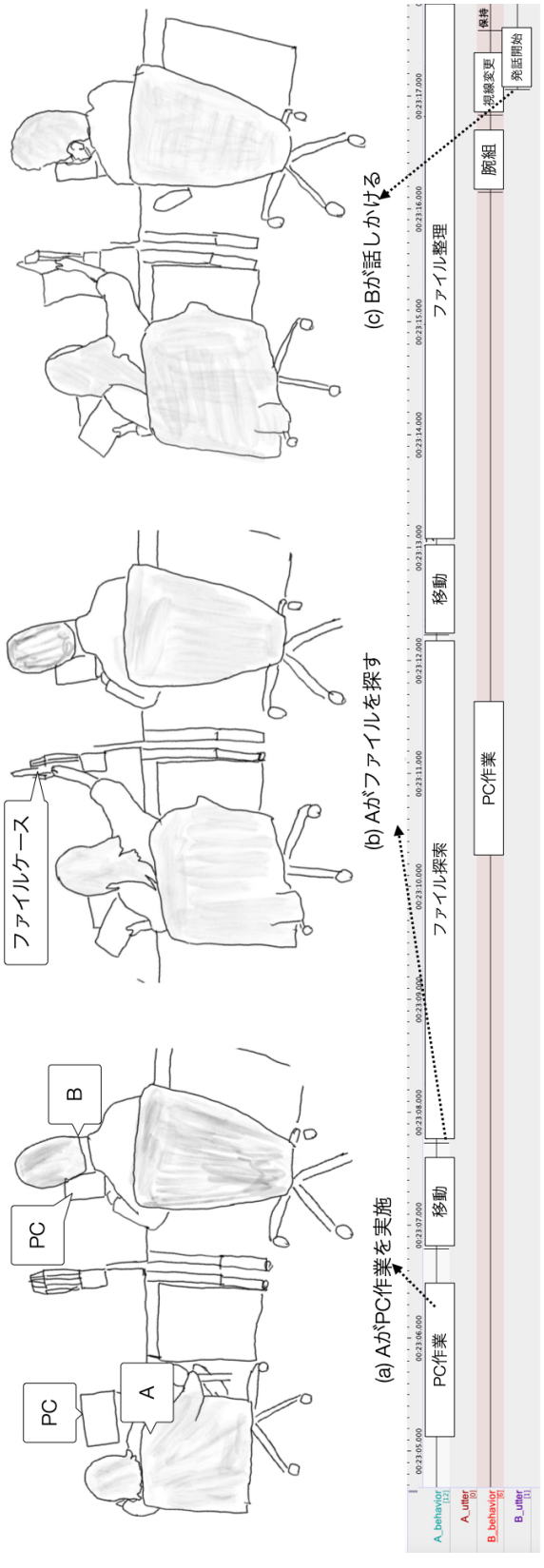


図1 事例1 共在状態からの会話開始

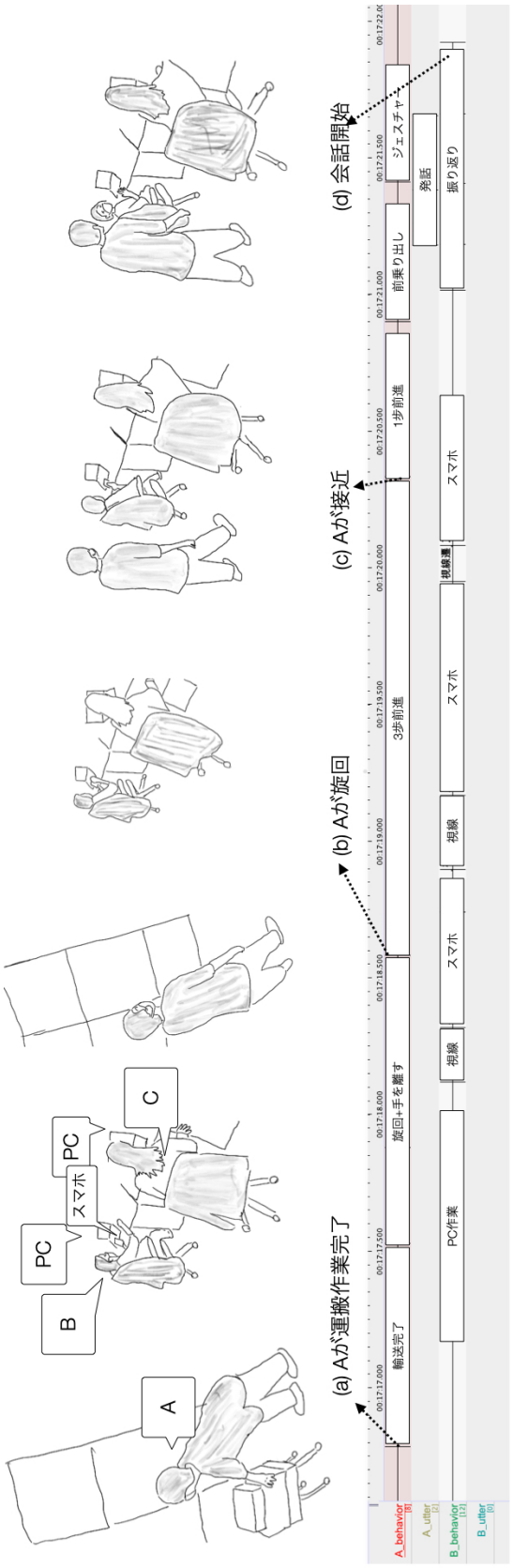


図2 事例2 共在状態ではない状況からの会話開始

このことは，Goffman[1]の提示した支配的/従属的関与と主要/副次関与という概念を用いて整理することができるだろう．

事例 1 において，PC 作業に従事した状態の B は主要

関与と支配的関与が一致した状態となっていた. 一方で, ファイル整理作業は, 支配的関与というよりも従属的関与に見えるものである. よって, この事例の中で, A が B に話しかけることが可能となったのは, A の主要関与が従属的関与となっていることを確認した上で, 断りなしに話しかけたと考えることができるだろう.

3.2 事例 2 共在状態を構築しての話しかけ

事例 2 では, PC 作業をしている 2 名(B と C)の後ろを通り過ぎて荷物運搬したワーカー(A)が, 1 名(B)に対して話しかけたものである(図 2). 事例冒頭で, 台車を用いて荷物を運搬していた A は, 台車を一度収納棚前に止め, 振り向きながら, B と C の方に視線を向ける(図 2-a). 振り返った A は, そのまま B と C のほうへと移動を開始する. このとき, B は PC を用いた作業からスマートフォン作業へと移行していた(図 2-b). A は, 3 歩前進したあと, 半歩だけ前進し(図 2-c), 上半身だけを B のほうへと前に乗り出し, 断りに類する発話を産出しながら, 話しかけを開始した. 同じタイミングで, B が上半身だけ振り向き, 会話を開始された(図 2-d).

事例 2 において, 会話の開始は, 断り (e.g. 「ちょっといいですか」など) に類する発話から開始されていた. 事例 1 では, 話者と聞き手候補は, 隣り合った机に座り緩やかな共在状態が構築された中での会話の開始であった. 対して, 事例 2 では, A は, 接近し話しかけようとしており, B との間で共在状態が構築してから会話を開始する必要があり, 「断り」から会話を開始していたと考えられる.

また事例 2 において, A は B と C, いずれにも話しかけることが可能であったが, B を選択し, 話しかけを行っていた. このときの話しかけられた B は, PC を用いた作業から, スマートフォンを利用した作業へと移行していた (対して C は PC を用いた作業を継続していた). 事例 1 では, 聞き手候補は 1 人だけであったため, 選択は必要ではなかったが, この事例では必要であり, このとき聞き手候補のうち, PC 作業に従事していない, 即ち主要関与が支配的関与と一致していない方が選択されていた. 勿論, このとき話しかける内容が B のみが知っているものだった可能性もあるが, それであっても B の主要関与が支配的関与と一致していないように見える (即ち, PC 作業に集中していない) 状況であることが, この事例によって A が円滑に話しかけることが可能となったと考えられる.

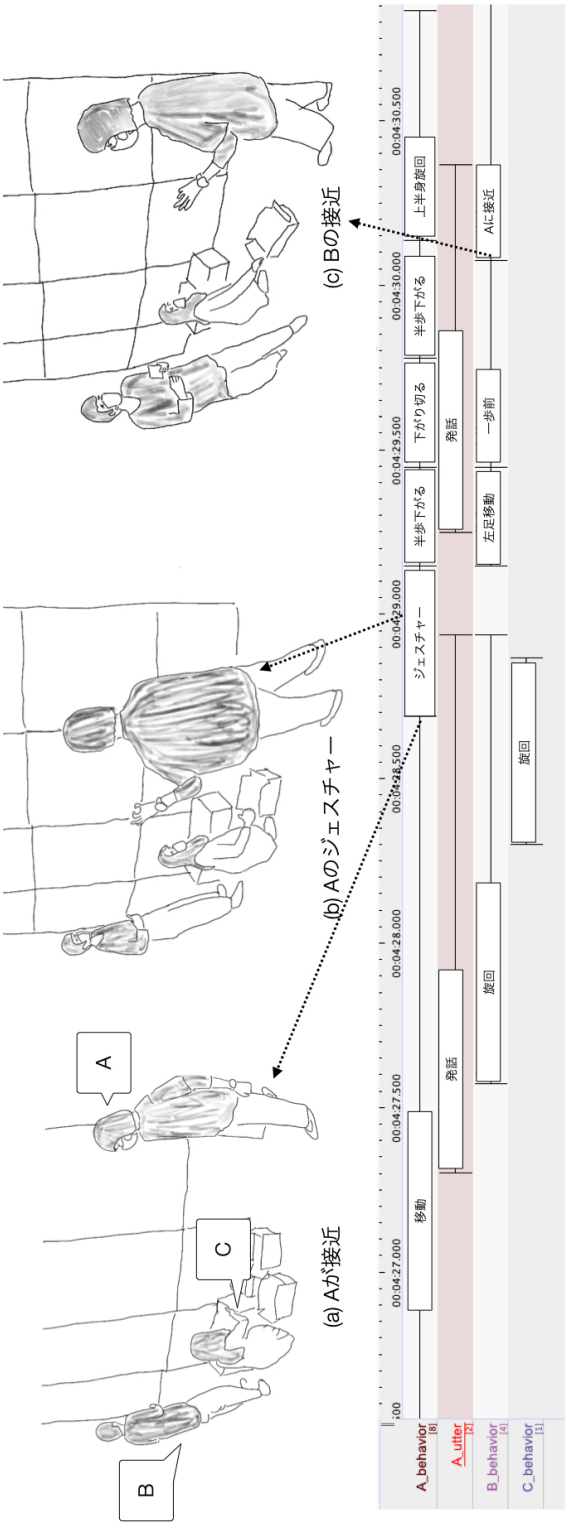


図3 事例3 聞き手候補側の自己選択

3.3 事例 3 聞き手候補の自己選択

次の事例 3 は, 事例 2 と同じく共在状態ではなかった A が, 聞き手候補(B と C)に話しかけるものである. 一方で, 事例 2 とは異なり, 2 名の聞き手候補のうち B

が,A に接近し, 会話を開始するものである.

A は何かを探すような様子で, 収納棚前に近づく. 収納棚前では, B が立った状態, C は座った状態で作業していた. 作業している 2 名に気がついた A は接近し(図 3-a), 断りの発話を産出し,B と C が自身のほうへと視線を向けた状態で左手をあげるジェスチャーを行う(図 3-b). ジェスチャーを保持しながら,A は一歩下がると, 同時に B が左足を移動させ, 一歩前にでると(図 3-c), A も下がりきった. 続けて, B が A に接近すると, A は旋回し, 対面の陣形を形成し, 用件を伝え始めた.

事例 3 では, 共在状態ではなかった A と B 間の会話が開始されるものであり, 事例 2 と同様に断りの発話から A は会話を開始していた. この事例では,A は B と C の視線を開始してからジェスチャーを産出しており, 2 人を平等な聞き手候補としていた. このような振る舞いに対して, 立ち上がっていた A が接近するという反応をすることで, 聞き手として自己選択がなされていた. 事例2 では, 支配的関与と主要関与の一致の異なる 2 者から話者側が選択していたが, 事例 3 では, ともに収納棚前で作業している支配的関与と主要関与のズレが明確に観察可能ではない 2 者に対して, どちらが聞き手となってもよいように話しかけていた.

3. 総合考察

本稿では, オフィスにおける「事前に予定されていない会話」が, どのように開始されているかについて, 3 つの事例を通して検討した. その中で, 隣り合って座っているなど, すでに共在状態が構築されている事例 1 では, 「断り」の発話を産出せずに会話を開始することが出来ていたが, 一方で, 共在状態を構築から開始された事例 2 と事例 3 では, いずれも「断り」の発話から会話が開始されていた. オフィスにいるワーカーは, 基本的に, 業務を進めるという支配的関与に従事していると互いに想定しており,「事前に予定されていない会話」を開始するためには, 他者の業務遂行を一時的に中断させることになるので, 基本的には「断り」から会話を開始する必要があったと考えられる. 事例 1 のような共在状態においてこの断りが生じなかったのは, ワーカー間の会話が業務に必要なものという共通認識がすでに構築されている, または一つ前の会話からの継続として組み立てられている[2]などの可能性があり, 発話内容も含めたより詳細な検討が必要である.

また, 話者は, 聞き手候補が, どのような業務に従事しているか, すなわち, 彼らの主要関与が支配的関与に向いているのか, 従属的関与に向いているのかに基づき, 話しかけを行っている可能性があった. 事例 1 では, 聞き手候補がファイル整理作業という支配的関与ではない作業に従事したことを確認して, 会話が開始されていた. 事例 2 では, 話者側が, スマートフォンを操作しているという比較的, 支配的関与に従事していない話者を 2 名から選択し, 会話が開始されていた. それに対して, 事例 3 では, 両者ともに支配的関与に従事しているように見える 2 名に対して, 両者ともに聞き手となりうるように話しかけ, 聞き手候補側が自己選択することで, 会話を開始していた. 事例 1 と事例 2 から, 話者となるワーカーは, 他者の身体状態から関与を推定し, いま話しかけることが可能なのか, 加えて, 話しかけることが適切なのはどちらであるのかを決定していると考えられる. このことは, 相互行為が可能な環境下では, 参与者自身の意図に関わらず情報を伝達しており[3], 人々はその情報を利用して推定を行ったり, さらには自身の行動を決めたりしている[4][5]という相互行為の側面を強く表すものであろう. これらの伝達意図のない行動に基づいて会話が開始されるという側面については, 後に展開される会話を検討し, 会話の開始の仕方を参与者が実際にどのように扱っているかに着目することで, さらなる検討が可能となるだろう.

文献

[1] Goffman, E. (1963). Behavior in Public Places: Notes on the Social Organization of Gatherings, Glencoe: Free Press. （丸木恵祐・本名信行訳(1980)『集まりの構造』誠信書房.）
[2] Hoey, E. (2017). Lapse organization in interaction. PhD Thesis, Radboud University Nijmegen, Nijmegen.
[3] Goffman, E. (1981). Forms of talk, University of Pennsylvania Press.
[4] 高梨克也(2015). 他者を環境とともに理解する，木村大治（編），動物と出会う II：心と社会の生成，ナカニシヤ出版，55-75.
[5] Enfiled, N., J. (2011). Elements of Formulation, Streeck, J., Goodwin, C., LeBaron, C. (eds) Embodied Interaction: Language and Body in the Material World, Cambridge University Press, 59-66.

美術鑑賞での省察的思考の育成における生成 AI の応用可能性に関する理論的検討

A Theoretical Discussion on the Application of Generative AI in Cultivating the Reflective Thinking in Art Appreciation

劉　栓栓[†]，緒方　思源[‡]
Shuanshuan Liu, Shigen Fang Ogata

[†]筑波大学，[‡]兵庫教育大学

University of Tsukuba, Hyogo University of Teacher Education
lss.edu.tsukuba@gmail.com

概要

本稿では, 21 世紀型の美術鑑賞教育の在り方に着目し, まず美術鑑賞における省察的思考の育成の重要性に焦点を当て, その意義を検討する. 次に, 文献調査に基づいて, 対話型 AI と画像生成 AI という 2 種類の生成 AI を美術鑑賞における省察的思考の育成にどのように活用できるのかについて理論的な検討を行う．さらに, 生成 AI が美術鑑賞の場面で提供できる情報と，人間的な他者から取得される視点とを比較することで, 生成 AI の活用が省察的思考の指導において持つ利点について検討する.

キーワード：美術鑑賞，省察的思考，生成 AI

1. 研究の背景と目的

省察とは, 特定の問題解決を目的として, 自身の思考過程を意識的に精査し再評価することである（劉, 2019）. 美術鑑賞における省察的思考に関する議論は，Edmund Burke Feldman の美術批評理論に遡ることができる. Feldman の理論（Feldman & Woods, 1981）によると，美術作品を理解する思考プロセスは，作品の細部の様子に関する説明（description），形式的分析（formal analysis），作品の意味に対する解釈（interpretation），作品の芸術的価値に対する評価（evaluation）という 4 つのステップからなる. 解釈というステップでは, 作品の意味に対する自分の理解を作品の視覚的事実（visual facts）と照合することで, その理解の正確性を検証することが求められる.

省察的思考力の育成が21 世紀型の人材育成に対する重要性について，OECD が実施した教育研究プロジェクト「DeSeCo」(2001)及び「Future of Education and Skills 2030」(2019)では, 省察の能力が義務教育において育成すべき核心的なコンピテンシー及び認知的基盤として位置づけられている．さらに，日本の『中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 美術編』（文部科学省, 2017）において，美術鑑賞が「単に知識や作品の定まった価値を学ぶだけの学習ではなく，〔中略〕様々な視点で思いを巡らせ，自分の中に新しい意味や価値をつくりだす学習である」と指摘されており，美術鑑賞における多様な視点からの省察的思考の重要性が示唆されている.

本稿の第一著者である劉は，中学生の美術鑑賞における省察的思考を育成する授業方法の開発を目的とし，文献調査に基づいて，美術鑑賞での省察的思考に利用可能な三つの視点を抽出した（劉, 2021）. 具体的には, Michael Parsons の発達心理学理論（Parsons, 1987）によると，人は所属する社会的グループでの他者の考え方（グループ内の他者の視点），及び作品に関わる美術史の知識（美術史の視点）を内面化することで, 作品に対する自分の初期の理解を再評価し更新することができる. また, Van de Cruys と Wagemans (2011)の認知理論に基づくと，美術作品の作者の創作意図（美術作品の創作者の視点）を考慮することで，作品への理解が変容することが示されている.

その後，近年の生成 AI の迅速な進展に注目し，生成 AI を美術鑑賞の省察的思考に応用する可能性を探求している．2018 年 10 月には，GAN によって生成された一枚の肖像画がクリスティーズのオークションで 43 万 2500 ドルで落札された事例が報告された（CNN, 2018）．これは, 画像生成 AI がアート業界に与え始めた影響を象徴する出来事とされる．さらに，2022 年 11 月に ChatGPT が公開され，対話型 AI の大規模な応用が開始した.

本稿では，筆者らが最近の研究で整理した，対話型 AI と画像生成 AI を美術鑑賞の省察的思考力を育成するツールとして活用する方法について理論的な検討を行う.

2. 対話型 AI を美術鑑賞における省察的思考に活用する方法

本節では，一連の文献調査の結果を基に，対話型 AI を活用することで美術鑑賞学習者の省察的思考力を向上さ

せる可能性について検討する. この理論的検討は, 筆者らの 2024 年の論文（劉・緒方, 2024）で詳述されているため，本稿ではその主要な結論を紹介する.

まず, アート業界における生成 AI に関する議論に焦点を当て, 資料調査を実施した. この調査の結果, 美術批評, キュレーション，美術展での観覧という三つの分野において, 対話型 AI を美術品の鑑賞と評価に利用する方法がすでに提案されていることがわかる. まとめると, 対話型 AI が以下の 3 つの特性を持って，美術鑑賞の際に有用な情報を提供することができるとされている.

①情報源の多様性：対話型 AI は，鑑賞者が提供する美術品に関する様々なフォーマットのデータを解析できる．さらに，Microsoft Copilot や Perplexity.ai などのツールの場合，インターネットを通じて作品に関する検索を行い, 美術館やアーティストの公式ウェブサイト, インタビュー, オークション記録, 学術文章など, 多様な情報源の内容を包括的に整理し回答を生成することができる.

②応用場面に対する適応性：同一の美術品に対しても, 需要によって AI に求められる出力は異なる．例えば，博物館や美術館で一般の訪問者に向けて案内と解説をする際には, 簡潔でわかりやすい言葉使いが必要である. 一方, 美術専門誌やオークションなどを企画・設計する場合には, 美術品に対する詳細な分析, マーケティング戦略, アーティストの影響力への把握と予測など，専門的な情報が求められる．対話型 AI が利用者のニーズに合わせて, 提供する情報の難易度や厳密度などを調整することが可能である.

③回答形式の柔軟性：対話型 AI は自然言語のテキストだけでなく，表やプログラミングのスクリプトなど, 色々な形式での情報提供ができる. さらに, 美術館や博物館での案内装置で搭載された場合，歴史上の有名な芸術家の口調や性格を模倣して来館者と対話したり，展覧会の内容に応えてマスコットや仮想キャラクターを生成したりすることも期待される. さらに, 美術館や博物館で開催される教育ワークショップでは，教師役を演じて参加者が書いた感想文や鑑賞文に基づいてコメントを行ったり，展覧会の運営や企画に対する改善提案を受け付けたりするなど，自動フィードバックシステムとしての機能も考えられる.

美術品の鑑賞と評価における対話型 AI による情報提供が上述した 3 つの特性を有しており，これにより美術鑑賞における省察的思考の実践に新たな視点をもたらすことが可能であると考える．したがって, 次には, 美術科以外の教科も含んだ学校教育学の文献を対象に，対話型 AI を省察的思考の指導に応用する方法について調査を行った．この調査の結果，対話型 AI を省察的思考の指導に具体的に応用した実践例は見つからなかったが，このような応用が理論的には十分可能であるとの先行研究の論述が存在する.

これらの先行研究の知見を総括すると，対話型 AI は, まず, 学習者が知らなかった情報源（ウェブサイト，データセット，学術論文など）を提示することにより，学習者に省察的・批判的な思考の促進につながる新たな視点を取得させることができる.

さらに, 対話型AIはグループワークでの相手役として, 批判的な質問やコメントなどを出すことが期待される. また，学習者からの返答の論理に基づいてフィードバックを行うことで，学習者との間で学習内容に関する意見交換のサイクルを形成することが可能である.

3. 画像生成 AI を美術鑑賞における省察的思考に活用する方法

対話型 AI とは対照的に，画像生成 AI を省察的思考の育成に活用した先行研究はまだ存在していない．しかし, 筆者らは，画像生成 AI が次の 2 つの場面で，美術鑑賞学習における省察的思考を助力できると考えている.

まず，GAN を基盤とした画像生成 AI には，Creative Adversarial Networks (CAN)という種類がある（Elgammal et al., 2017）．CAN の特徴は，新しい抽象画の画風を創出できることである．また，CAN の損失関数には,「新しい画風を探求する際に，一定のレベルで過去の芸術伝統を継承し, 伝統からの過度な逸脱を避けたい」という，人間の芸術創作プロセスでよく現れる心理状態もエンコードされている. これらの特性を活用し, 美術鑑賞の授業において CAN によって生成された画風の絵画を生徒に提示することで，それらの画風と美術史上で既に存在している画風とを比較させることができる．このような比較を通じて, 絵画が表現する感性の空間において, まだ探求されていない感性があるのか，どのような画風がまだ未開拓なのか, 人類がどのような画風と感性の表現を好むのか, どのような画風を発展させることで新しい感性を容易に創出できるのかといったトピックについて生徒を考察させることができる．これらのトピックに対する考察を通じて, 生徒は芸術創作の文化的伝統や, 無意識に作動する心理メカニズムの存在を認識し，人類の芸術創造の独自性に対する理解を深めることが期待される. さらに, 美術作品の画風が現代美術の発展においてもつ意義について新たな視点を与え，これまでの理解の見直しと深化を促すことができると考える.

次に，対話型 AI のモジュールと画像生成 AI のモジュールを同時に搭載した AI ツール（GPT と DALL·E 3 を搭

載したChatGPT Plus とMicrosoft Copilot, Gemini とImagen を搭載したGoogle Gemini など）を活用することで，美術鑑賞の学習者は，従来よりも容易に美術理論や美術史における抽象的な概念を可視化することができると考えている．現在の画像生成AIのツールでは，生成される絵画のスタイルを細かく設定することが可能である．美術の流派や思潮といった感性的に捉えるべきコンセプトの意味を理解しようとする際，画像生成AIのスタイル設定の機能を活用することで，これらのコンセプトを反映した絵画作品を自ら作成することができる．また，同一の画像に異なる流派のスタイルを適用し，生成される絵画を比較することで，流派間の相違点を明確にすることができる．このような学習方法は，学習者に抽象的な概念に対する初期の理解を見直させ，その理解の修正と更新を促進することができると考えられる．ただし，これらの方法を効果的に実施するためには，プロンプトの内容を精密に設計する必要がある．このプロンプトエンジニアリングを容易にする方法として，どのような絵を描きたいのかという要望を対話型AIモジュールに伝え，その結果として生成されるプロンプトを画像生成 AI に入力することが挙げられる．さらに，画像生成AIのモジュールによって生成された絵画が要望に合致しない場合，対話型AIのモジュールを通じて意見を入力することで，生成される絵画を修正したり細部を微調整することも可能である．図1は，筆者らが考案したChatGPT Plus の画像生成機能を利用して絵画の流派について学習する際に使用できるプロンプトとその効果を示している．

4. 生成AIの活用のメリットと展望

前述の通り，学校における美術鑑賞授業に生成AIを適切に導入することで，美術鑑賞における省察的思考の育成において新たな可能性が開かれることが示されている．美術鑑賞授業における生成AIの活用は，第1節で検討された人間の他者から得られる三種類の視点と比較すれば，以下の3つの点で異なる（劉・緒方, 2024）．

まず，生成AIを学習の際の省察的思考に活用することで，従来の三種類の視点を利用する際に生じる学習環境の制約，授業時間の限界，及び同調圧力などの心理的プレッシャーを乗り越え，自分に適切なスケジュールを立てて省察的思考を実践することができる．

次に，生成 AI は様々な分野での情報源にアクセスし，高度な計算能力を用いて異なる情報源から得た情報の内容を比較・照合し，一つの出力に整理し統合することが得意である．この特性により，生成AIは教科と教師の専門分野を超えて，学際的な視点を提供し，学習内容に対する

図1　ChatGPT Plus（GPT4 と DALL·E 3）を利用して絵画の流派について学習する際に使用できるプロンプトのフォーマット：

私は中学校で美術の教師をしています．授業で *(流派の名称)* の絵画の最も重要で顕著な特徴について生徒に教えようと思います．*(流派の名称)* というスタイルの典型的な特徴をすべて明確に示した絵を 1 点描いてください．その絵は *(横長 or 縦長)* の構図で，人物と風景両方を含む絵をお願いします．また，その絵がどのようにこれらの特徴を表しているのか，またその絵が *(流派の名称)* に属することをどのように判断できるのかについて，中学生が理解できるレベルの言葉で説明する文章を書いてください．その絵と文章を授業の教材の一部として使用するため，まじめに作成してください．どうぞよろしくお願いいたします．

(a) 流派の名称：印象派；横長 or 縦長：横長

- 生成された画像：

- 生成された文章：

印象派の絵画の特徴と説明

絵の説明

この絵は、印象派のスタイルを典型的に表現した風景と人物を描いた絵です。公園での晴れた午後のシーンを描いており、次のような特徴があります：

- **ソフトでぼんやりとした輪郭**：人物や風景の輪郭がはっきりと描かれておらず、柔らかくぼんやりとしています。これにより、自然な雰囲気が強調されています。
- **鮮やかで対照的な色彩**：明るく鮮やかな色使いが特徴です。特に光の反射や影が強調されています。
- **目に見える筆跡**：絵全体にわたって筆のタッチがはっきりと見えます。これにより、動きや感情が感じられます。
- **光と雰囲気の強調**：自然光がどのように風景や人物に影響を与えるかに焦点を当てています。陽光が公園の風景に反射し、美しい効果を生み出しています。

印象派の特徴

印象派の絵画は、以下の特徴を持つことが多いです：

1. **瞬間の印象を捉える**：一瞬の光や色の変化を捉えようとします。
2. **自然光の効果**：自然光が風景や対象物にどのように影響するかを描写します。
3. **日常の風景**：普通の日常の風景や場面を題材にすることが多いです。
4. **色彩と筆跡の表現**：色の対比や筆の動きを重要視し、絵全体に動きと生命感を与えます。

この絵が印象派に属する理由

この絵が印象派に属することは、上記の特徴をすべて含んでいるためです。柔らかい輪郭、鮮やかな色彩、目に見える筆跡、そして自然光の描写が、印象派の絵画スタイルを明確に示しています。

このような特徴を持つ絵を通じて、印象派の絵画がどのように人々の視覚と感情に訴えかけるかを理解してもらいたいと思います。

図１（続き）

(b) 流派の名称：キュビズム；横長 or 縦長：縦長

- 生成された画像：

- 生成された文章：

キュビスム絵画の特徴についての説明

キュビスムの絵画の特徴:

1. **幾何学的な形**: キュビスムの絵画では、物体や風景が幾何学的な形に分解され、再構築されています。この絵でも人物や風景が多角形や直線で表現されています。
2. **多視点**: 一つの物体を複数の視点から同時に見ることが特徴です。人物の顔や体の部分が、異なる角度から見たかのように描かれています。
3. **抽象化**: 現実の物体を具体的に描くのではなく、抽象的な形に変換しています。橋や木、建物などが幾何学的な形に分解され、抽象的に表現されています。
4. **色彩の控えめさ**: キュビスムの絵は、鮮やかな色彩よりも、落ち着いた色調が使われることが多いです。この絵でも、 muted（落ち着いた）色調が使われています。

この絵がキュビスムに属する理由:

- **多視点の使用**: 人物が異なる角度から同時に描かれており、顔の特徴や体の部分が複数の視点から見られています。
- **幾何学的な形の分解**: 物体や風景が幾何学的な形に分解されて描かれています。例えば、橋や木、建物などがすべて多角形や直線で表現されています。
- **抽象化**: 現実の物体が具体的ではなく、抽象的に描かれています。これはキュビスムの重要な特徴です。

この絵を通じて、キュビスムの基本的な特徴をさらに深く理解することができます。物体を様々な角度から観察し、それを幾何学的な形に分解して描くことで、視覚的な複雑さと深みを持つ作品が生まれます。

この説明と絵を参考にして、キュビスムの本質を学び、感じ取ってください。

多角的な再認識を促進することが可能である．

さらに，省察的思考を個別最適な形式で指導することが，授業中の教師やグループワークの仲間だけでは実現が難しい．生成 AI は学習者各自の学習目標，進捗状況，興味や疑問点などに応じて，出力される回答または画像の内容，難易度，複雑度をリアルタイムで調整することができる．このため，生成 AI は省察的思考の実践を個別最適化する学習支援ツールとして，美術鑑賞学習の場面で役立つことが期待される．

謝辞

本研究はJSPS 科研費 21K17842 の助成を受けたものです．

文献

CNN (2018). *「AI 画家」が描いた肖像画，4800 万円超で落札*. https://www.cnn.co.jp/style/arts/35127632.html

DeSeCo (2001). *Definition and selection of competencies: Theoretical and conceptual foundations (DeSeCo) background paper*, OECD.

Elgammal, A., Liu, B., Elhoseiny, M., & Mazzone, M. (2017). CAN: Creative Adversarial Networks, generating "art" by learning about styles and deviating from style norms. *arXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.07068.

Feldman, E. B., & Woods, D. (1981). Art criticism and reading. *Journal of Aesthetic Education*, *15*(4), 75-95. https://doi.org/10.2307/3332547

Future of Education and Skills 2030 (2019). *OECD Learning Compass 2030: A series of concept notes*, OECD.

文部科学省 (2017). *中学校学習指導要領（平成29 年告示）解説 美術編*.

劉 栓栓 (2019). 美術鑑賞における省察的学習を促す方法に関する考察. *日本美術教育研究論集*, *52*, 67-76.

劉 栓栓 (2021). 美術鑑賞における省察的学習を促す授業案の開発と効果検証：中国の中学生を対象として. *美術教育学：美術科教育学会誌*, *42*, 361-377. https://doi.org/10.24455/aaej.42.0_361

劉 栓栓, ・緒方 思源 (2024). 中学生の美術鑑賞における省察能力の育成につながる外的視点：グループ内の他者の視点から対話型 AI の視点へ. *美術教育学：美術科教育学会誌*, *45*, 305-323.

Parsons, M. J. (1987). *How we understand art: A cognitive developmental account of aesthetic experience*, Cambridge University Press.

Van de Cruys, S., & Wagemans, J. (2011). Putting reward in art: A tentative prediction error account of visual art. *i-Perception*, *2*(9), 1035-1062. https://doi.org/10.1068/i0466aap

道徳基盤と社会問題に対する意見の関連
The Relationship Between Moral Foundations and Opinions on Social Issues

山川 真由，島田 彩乃，三輪 和久
Mayu Yamakawa, Ayano Shimada, Kazuhisa Miwa

名古屋大学
Nagoya University
yamakawa.mayu.a4@f.mail.nagoya-u.ac.jp

概要

本研究では、道徳基盤理論に着目し、社会問題に対する意見との関連を検討した。5 つの社会問題に対し、賛否意見および、道徳基盤の志向を考慮した理由を含んだ項目を作成した。各項目への同意の程度と道徳基盤尺度との関連を検討した結果、自身の道徳的志向と、理由における道徳的志向とが一致する項目に対して、より同意する傾向が見られた。ただし、社会問題によって関連がみられる志向が異なっており、それらについて考察した。

キーワード：道徳基盤理論 (moral foundation theory), 社会問題に対する意見

1. はじめに

社会問題に対する意見の対立は、社会の分断につながる重要な問題である。特に、政治的イデオロギーに関連する社会問題については、意見の対立の背景に人の道徳的な考え方があると考えられる。

人の道徳的な考え方について、道徳基盤理論では 5 つの基盤が提唱されている（Haidt & Joseph, 2007; Graham et al., 2011）。5 つの基盤は、それぞれ Harm（他者に苦悩を強いることを非難し、同情と保護を与えることを徳とする）、Fairness（不公平を認めず、互恵性と正義を徳とする）、Ingroup（集団への忠誠を徳とする）、Authority（権威や社会秩序の尊重を徳とする）、Purity（汚染を忌避し、清潔さや貞節を守ることを徳とする）である。この 5 因子はさらに上位の構造として、Harm と Fairness をまとめた個人の権利を重視する「個人志向」と、Ingroup、Authority、Purity をまとめた集団や組織を重視する「連帯志向」に大別される（ただし、Purity に関しては、連帯志向としてまとめず、独立に扱われる場合もある）。

道徳基盤は、政治的イデオロギーなど、社会問題に対する意見との関連が検討されている。個人志向はリベラル的な意見と関連し、連帯志向は保守的な意見と関連することがわかっている（Graham et al. 2009; 村山・三浦, 2019）。村山・三浦 (2019) では、日本語版道徳基盤尺度について、労働格差、外国人の在留資格、学校における国歌斉唱、という 3 つの社会問題を取り上げて検討している。各社会問題について、リベラル的イデオロギーに関連する意見文、保守的イデオロギーに関連する意見文を用いて、道徳基盤との関連を検討した結果、おおむね、リベラル的イデオロギーに関連する意見文に対しては個人志向（Harm、Fairness）が高いほど賛成する傾向があり、保守的イデオロギーに関連する意見文に対しては連帯志向（Ingroup、Authority）が高いほど賛成する傾向が示されている。

ある社会問題に対しては、賛否だけでなく、なぜそのような賛否の態度を示すのか、その理由についても、道徳基盤が関連するのではないだろうか。同じ賛成という意見であっても、個人志向的な理由で賛成の者もいれば、連帯志向的な理由で賛成の者も存在すると考えられる。本研究では、昨今の状況を考慮した 5 つの社会問題について、賛否意見および、道徳基盤の志向を考慮した理由を含んだ意見文を作成し、道徳基盤で測定される道徳的な考え方との関連について検討する。

2. 方法

2.1. 参加者

クラウドソーシングサービスを通して 200 名が調査に参加した。回答に不備のあった 4 名を除外し、残った 196 名を分析対象とした（男性 82 名、女性 144 名、$M_{age} = 42.16$、$SD_{age} = 8.71$）。

2.2. 手続き

調査はすべてウェブ上で行われた。参加者はオンラインアンケートフォームを通して調査に回答した。はじめに、社会問題に対する意見についての質問に回答し、続いて、道徳基盤尺度に回答した。最後に、年齢と性別に回答した。

2.3. 調査内容

道徳基盤尺度 参加者道徳的な志向性は、道徳基盤尺度 (Moral Foundations Questionnaire; 以下 MFQ）を用いて測定した。5 つの基盤について 3 項目ずつ計 15 項目で測定される。本研究では、日本語版道徳基盤尺度（村山・三浦, 2019）の一部の項目を差し替えたものを

使用した。

社会問題に対する意見についての質問 5 つの社会問題（積極的安楽死の合法化、原子力発電の廃止、マスク着用の義務化、ロックダウン、死刑制度廃止）を題材として取り上げた。各題材に対して、賛否（賛成／反対）とその理由（個人志向理由／連帯志向理由）を考慮した 4 種類用意した。積極的安楽死合法化を例として表 1 に示す。1 ページにつき 1 文を提示し、各意見文に対して、どの程度同意するかを 6 件法で尋ねた。

3. 結果と考察

MFQ の得点について、Harm、Fairness からなる個人志向得点、Ingroup、Authority からなる連帯志向得点、Purity 得点として分析に使用した。社会問題対する意見各 20 項目に対する回答を目的変数、MFQ の個人志向得点、連帯志向得点、Purity 得点、年齢、性別を説明変数とした重回帰分析を行った。以下では、各社会問題について順に結果を示す。

積極的安楽死合法化についての結果を表 2 に示す。まず賛成意見・個人志向理由の意見文に対する同意の程度について、個人志向得点が正の関連を示し、連帯志向得点が負の関連を示した。一方、賛成意見・連帯志向理由の意見文に対しては、個人志向得点が負の関連を示した。反対意見・個人志向理由の意見文は道徳基盤との関連がみられなかったのに対して、反対意見・連帯志向理由の意見文では、連帯志向得点と正の関連がみられた。これらの結果から、同じ賛成意見、反対意見であっても、その理由の内容によって、道徳基盤との関連のパターンは異なり、個人志向が高いほど個人志向理由の意見文に同意し、連帯志向が高いほど連帯志向理由の意見文に同意することが示された。

次に、原子力発電廃止については、反対意見・連帯志向理由の意見文のみ連帯志向との正の相関がみられた

表 1 議題と意見文の例（積極的安楽死合法化）

賛否	理由	提示した意見文
賛成	個人志向	対象者を苦痛から解放することができるから、積極的安楽死の合法化に賛成である。
	連帯志向	少子高齢化社会においての、高齢者と若者の人口のバランスを保つことができるから、積極的安楽死の合法化に賛成である。
反対	個人志向	優生思想の助長につながる可能性があるから、積極的安楽死の合法化に反対である。
	連帯志向	家族や周りの人々の間で、いさかいや不和が生まれる可能性があるから、積極的安楽死の合法化に反対である。

(β =.06, p<.05)。それ以外の意見文では、道徳基盤との関連はみられなかった。連帯志向が高いほど反対意見・連帯志向理由の意見文に同意する傾向があることが示されるというこの傾向は、積極的安楽死合法化の場合と同様であった。

マスク着用義務化とロックダウンについては、Purity 得点のみが関連を示し、個人志向得点、連帯志向得点は有意な関連を示さなかった。賛成意見については、個人志向理由、連帯志向理由、いずれの場合にも、Purity が正の影響を示したのに対して、反対意見については、個人志向理由、連帯志向理由、いずれの場合にも、Purity が負の影響を示した。このことについて、Purity 因子が感染忌避や清潔を重視する内容であったことから、感染症蔓延を防ぐことを目的としたマスク着用義務化と

表 2 積極的安楽死合法化の是非に対する各意見に関する重回帰分析の結果

	賛成意見				反対意見			
	個人志向理由		連帯志向理由		個人志向理由		連帯志向理由	
	β	p	β	p	β	p	β	p
個人志向得点	**.04**	.02	**-.06**	.01	.00	.92	.00	1.00
連帯志向得点	**-.04**	.03	.01	.62	.01	.59	**.08**	.00
Purity 得点	.06	.06	.06	.14	-.02	.52	-.03	.42
性別	.10	.49	-.06	.76	.17	.31	-.03	.83
年齢	**-.02**	.02	-.02	.10	**.03**	.01	.01	.50

ロックダウンといった施策に同意する傾向がみられたと考えられる。

最後に、死刑制度廃止については、道徳基盤尺度と有意な関連はみられなかった。この結果について、意見に対する同意の回答分布を確認したところ、4 項目すべてにおいて「廃止すべきでない」という方向の回答に偏っていた。意見項目に対する回答にばらつきがみられなかったことが、この結果の一つの原因であると考えられる。

本研究では 5 つの社会問題について、道徳基盤を考慮した理由付きの意見文を作成して個人の道徳基盤との関連を検討した。その結果、議題によって異なる結果のパターンがみられた。そのうち、積極的安楽死の合法化や原子力発電の廃止については、意見の理由と道徳的な考え方が関連している可能性が示唆された。

今後の展開として、本研究において道徳基盤との関連が見られた社会問題を議題として、他者との議論を行うような実験的検討が考えられる。こうした道徳的考え方が関連する議題において、自身や相手の道徳的な考え方は、議論の内容、相手への印象、自身の意見変容などにどのような影響を与えるのだろうか。こうした検討を通して人々の対立や社会の分断を解消につなげたい。

文献

Graham, J., Haidt, J., & Nosek, B. A. (2009). Liberals and conservatives rely on different sets of moral foundations. *Journal of Personality and Social Psychology, 96*, 1029-1046.

Graham, J., Nosek, B. A., Haidt, J., Iyer, R., Koleva, S., & Ditto, P. H. (2011). Mapping the moral domain. *Journal of Personality and Social Psychology*, *101*, 366-385.

Haidt, J., & Graham, J. (2007). When morality opposes justice: Conservatives have moral intuitions that liberals may not recognize. *Social Justice Research*, *20*, 98-116.

村山綾・三浦麻子 (2019). 日本語版道徳基盤尺度の妥当性の検証――イデオロギーとの関係を通して―― 心理学研究, 90, 156-166.

道徳的ジレンマ状況でのロボットの行為への評価に対して大規模言語モデルを用いた対話が与える影響
The effect of dialogue using large language model on evaluating robot action in moral dilemma situation

金野 武司[1], 堀ノ 文汰[1], 長滝 祥司[2], 柏端 達也[3]
大平 英樹[4], 橋本 敬[5], 柴田 正良[6], 三浦 俊彦[7], 加藤 樹里[1]
Takeshi Konno[1], Bunta Horino[1], Shoji Nagataki[2], Tatsuya Kashiwabata[3]
Hideki Ohira[4], Takashi Hashimoto[5], Masayoshi Shibata[6], Toshihiko Miura[7], Juri Kato[1]
[1] 金沢工業大学, [2] 中京大学, [3] 慶應義塾大学,
[4] 名古屋大学, [5] 北陸先端科学技術大学院大学, [6] 金沢大学, [7] 東京大学
[1]Kanazawa Institute of Technology, [2]Chukyo University, [3]Keio University,
[4]Nagoya University, [5]Japan Advanced Institute of Science and Technology
[6]Kanazawa University, [7]University of Tokyo
[1]konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

本研究では，人間のロボットに対する道徳性の帰属意識の違いを明らかにすることを目的に，トロッコ問題において一人の命を犠牲にするという道徳的なジレンマを引き起こす行為の是非について，人–ロボット間の対話がどのような影響を与えるのかを調べた．実験では，参加者は最初に人型ロボットとトロッコ問題について 10 分間の対話を行なった．この対話には大規模言語モデルの 1 つである ChatGPT を用いた．その後，そのロボットが一人の命を犠牲にする行為を選択したことが告げられ，参加者はその行為の問題性を評価した．結果は我々の予想に反して全ての参加者がロボットの行為には問題がないと回答した．この実験において人間は，ロボットとの対話によってロボットを非常に理性的で感情のない存在として認知するようになったことを報告する．

キーワード：Human agent interaction, トロッコ問題, 大規模言語モデル

1. はじめに

近年，自動運転や病理診断といった，人々の命を左右する分野への人工知能（AI）の活用が始まりつつある．しかしそういった AI が何らかの問題を起こし人々に危害を加えた場合に，人々はどのようにその行為を評価するのだろうか．あるいはまた，法的な責任はどのように追及すべきなのだろうか．

こういった問題意識の検討につながる思考実験にトローリー課題 [1, 2] を用いた Komatsu らの研究がある [3]．トローリー課題は，図 1 のような状況で中央のトロッコが暴走しており，そのままでは A 側にいる 5 人が轢死するが，ポイントを切り替えることで B 側にいる 1 人を犠牲に 5 人が助かることが伝えられる．ポイントに立つ者は，1 人を犠牲に 5 人の命を助けること（功利主義的な判断）と，1 人の命を奪うポイントの切り替えをしないこと（義務論的な判断）の間でジレンマを抱えることになる．

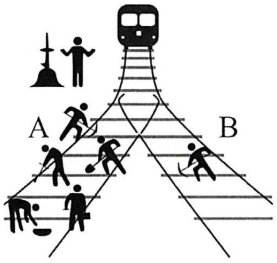


図 1　トローリー課題の状況

Komatsu, Malle, and Scheutz (2021)[3] は，このトローリー課題でポイントを切り替える行為者をロボットに変更して，ロボットの行為が人間と同等に評価されるかどうかを調べた．結果，特にポイントを切り替えたことに対する行為の是非について，テキストベースで実施されたウェブアンケートの回答においては，その行為を問題視する程度に関して人間とロボットの間で有意な差は見られなかったことが報告されている．

これに対して堀川ら [4] は，ロボットが実体として

目の前に存在する場合に，そのロボットがポイントを切り替えたと説明されたときに，その行為の評価がどのように変化するのかを調査した．すると，基本的にはロボットの行為に対して，人間の行為を問題視する人数の割合が有意に低下することが確認された．

これらの結果は，テキストで「ロボット」とだけ説明された場合と，そのロボットが実際に目の前にいる場合とで，その行為の評価を人間は変化させるようであることを示している．では，実体として目の前にいるロボットにどのような要素が加わると，そのロボットの行為の評価は人間と同等なものに変わるのだろうか．この要素として我々は「対話」に着目した．近年の大規模言語モデル（LLM）の発展は，あらかじめシナリオを用意することのない対話が可能になりつつある．実物としてのロボットを目の前にした人間がそのロボットと対話をし，そのロボットがトローリー課題でポイントを切り替えたと伝えられたとき，その行為を問題視する人数の割合はどのように変化するだろうか．我々はこの問いを検証するための実験を設計し実施した．

2. 研究方法

実験は大きく 2 つの課題から構成された．1 つはロボットと対面で座り，トローリー課題ついての対話を行なう対話課題であった（図 2 左）．対話ロボットにはソフトバンクロボティクス社製のペッパーが用いられた．対話課題の後で，参加者はトローリー課題に取り組み，最後に事後アンケートに答えた．対話課題において参加者の会話内容に制限はなく，トロッコ問題についての対話を 10 分間行なうことだけが指示された．ただし，参加者間での初期状態を揃えるために，話し始めは必ずペッパーからの「トロッコ問題についてあなたの意見を教えてください」という発話とした．

トローリー課題で参加者は，対話課題でペアになった相手（ペッパー）がポイントを切り替え，1 人を犠牲にする方向へトロッコを進ませたことが説明され，その行為について 3 つの質問に答えた．参加者は順に，その決定に問題があると思うかを「問題がある／問題はない」の二択で，その決定は罪に問えると思うかを「罪に問える／罪には問えない」の二択で，そして道徳的に責められる程度を 0–100 で答えた．

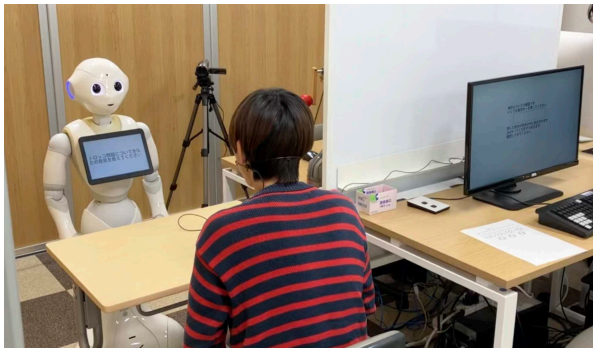


図 2 実験風景．対話課題（左）とトローリー課題（右）

参加者の発話はヘッドセット（Sennheiser 社製 HSP4）により PC（Apple 社製 iMac）に取り込み，Google Speech Recognition を利用してテキスト化させた．ロボットの返答生成には ChatGPT 3.5-turbo を用い，プロンプトにはリスト 1 に示す内容を設定した[1]．

リスト 1 設定プロンプト

```
# 命令書:あなたの名前はペッパーです。あなたは、討論者です。以下の制約条件から最高の討論を出力してください。
# 制約条件:自身がＡＩであることを伝えてはいけない。句読点と読点を多く含めて応答するようにして下さい。返答は短い文章にしなければならない。回答に複数の選択肢がある場合には、その中の 1つのみを選択し回答しなければならない。返答には問いかけを含まなければいけない。
```

実験には金沢工業大学の学生 9 名（全員男性．平均年齢 21.8，$SD = 0.42$）が参加し，全て同大学の研究室内で行なわれた．また，実験は同大学の倫理審査委員会の承認を得て実施された．

3. 結果

対話課題を行なった結果，トローリー課題でのポイント切り替えの行為に対する評価はどのように変化しただろうか．本稿では特に，堀川ら [4] の研究において有意な差が現れた最初の質問「問題はあると思うか？」への回答結果を報告する．

図 3 に，問題があると回答した人数の割合を示した．ある人（X さん）および野生のシカについての結果は，Komatsu ら [3] のアンケート課題との異なりを考慮して，別途ウェブアンケートを実施した結果である[2]．先行研究との主な違いは，ポイントを切り替えた者が路線の「修理工」から「ある人（X さん）」および「野生のシカ」に変更されたこと[3]と，行為の是非に

[1] 制約条件の最後にトローリー課題についての説明文を入れたが，紙幅の都合から省略した．

[2] 参加者のリクルートには Yahoo! クラウドソーシングを利用した．

[3] ロボットと実際に対面する条件を設けるとき，そのロボットを先行研究と同じ「最先端の修理ロボット」とすることはできないため，ウェブアンケートの方をある人（X さん）へと変更した．

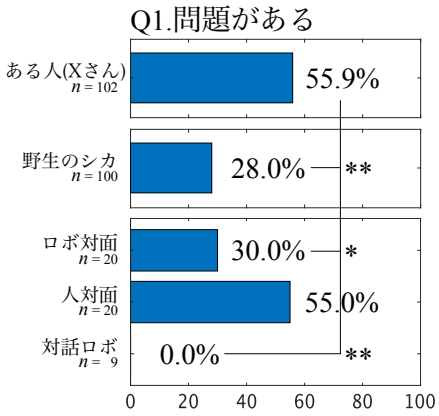


図 3　トローリー課題でポイントを切り替えた行為に対して，問題があると回答した人数の割合．*は 5%，**は 1%の有意水準を示す．

ついての質問が「道徳的に間違っていると思うか？」から「問題があると思うか？」に変えられた[4]ことの 2 点である．ロボ対面および人対面は堀川ら [4] による実験の結果であり，本研究での実験の結果は「対話ロボ」に示した．それぞれの条件での回答人数は n で表記した．

この結果の興味深い点は，我々が行なった「対話ロボ」条件において，「問題がある」と答えた参加者が 0 人であったことである．ある人（X さん）との間でのフィッシャーの直接確率検定では，野生のシカ，ロボ対面，対話ロボのそれぞれで $p < .001$, $p = .049$, $p < .001$ だった．他方で，続く質問に対しては，「ある人（X さん）」を罪に問えると答えた人の割合は 42.2%であったのに対し「対話ロボ」では 44.4%と有意な差はなく[5]，責任の程度についても，分散分析において「対話ロボ」条件と有意な差を持つ条件群はなかった．この結果は，問題があると思うか？という質問に対してのみ，参加者の反応に有意な変化が現れたことを示している．

4.　議論

1 人を犠牲にして 5 人を助けるという判断に「問題があると思うか？」と聞いた場合に，行為者が見知らぬ人（ある人）であるときには問題があると回答する人数の割合は 50%程度で，集団的な回答としてのジレンマ性が現れているように思われる[6]．他方，行為者が野生のシカに変わったときには，30%程度にまでこの割合が減少する．興味深いことに，実体としてのロボットに対面した後で，そのロボットが及んだとする行為に対して同じ質問をしたときには，ウェブアンケートでの野生のシカと同程度にまで割合が低下する．この低下は人間の対面者[7]に対しては起こらないことから，人間の場合にはウェブアンケートでの見知らぬ人も目の前にいる人も，その問題性についての評価は変わらないのだろうと思われる．

これらの結果を踏まえて，ロボ対面条件にあった割合の低下は，ロボットとの対話によって人対面と同程度に近づくのではないかと我々は予想していた．ところが，結果は全く逆の割合となって現れた．なぜこのような結果になったのだろうか．我々はその原因を探るために事後アンケートを分析した．すると，堀川ら [4] の先行研究に比べて，相手の形容詞対での評価（人間味のある–人間味のない，感情的な–理性的な）と，「ペッパーにも感情がある」という設問に対して，全くそう思わない（1）と非常にそう思う（7）の 7 段階での回答に有意な差が現れていることがわかった（図 4. 人対面およびロボ対面は堀川ら [4] の実験結果）．これらの結果は，今回の実験のペッパーが，先行研究での人間およびペッパーに比べて，人間味がなく，理性的で，かつ感情がないという印象を持たれたようであることを示している．

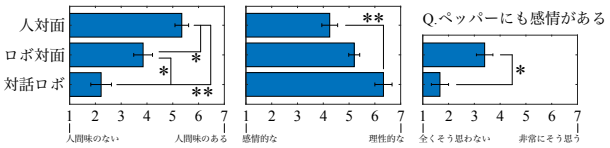


図 4　事後アンケートの主要な回答．エラーバーは標準誤差．*は 5%，**は 1%の有意水準を示す．

加えて，対話課題での応答時間を分析してみると，人間の平均応答時間は 46.4 秒（$SE = 4.86$）であったのに対し，ペッパーは 3.4 秒（$SE = 0.19$）であった．また，人間の発話をシステムが音声認識によってテキスト化した文字数は平均 164 文字（$SE = 36.6$）であったのに対し，ペッパーは 940 文字（$SE = 117.2$）であった．つまりペッパーは，人間に比べて 7%程度の短時間に，5 倍強の発話量を返したようである．この偏りがロボットの行為の評価に影響した可能性は十分に考えられる．この点に関しては，ChatGPT の設定やプロンプトにより返答量や時間を調節することで，結果への影響を検討することができるものと考え

[4] 3 つ目の問いで道徳的な責任の程度を尋ねるため，最初の質問としては単純に問題があると思うかどうかだけを尋ねた．
[5] 「野生のシカ」においては 14.0%に低下する．
[6] 参加者個人のジレンマを示すものではない．
[7] 堀川ら [4] の実施した人およびロボ対面条件では，参加者はペッパーとハンドルを回す課題に取り組んでいる．

られる．

返答の量と共に，重要なのは対話の内容であると思われるが，この点の分析・評価については今後の課題としたい．特に，今回の実験では対話の話題をトロッコ問題に設定したが，ジレンマ性を含まない話題をコントロール条件に設定することは最低限実施することとして考えられる．本論では，未だ参加者数の少ない状態での結果を報告することになったが，反応の傾向としては，対面するロボットとの対話によって，道徳的なジレンマを抱えるような行為判断の評価に対して大きく偏った反応が引き出される可能性が示されたものと考えられる．

5. 結論

先行研究で行なわれたテキストベースのアンケート実験では，人はロボットに対して人と同等の道徳的葛藤を投影することが示唆されている．しかし，実物のロボットが目の前に存在した場合には，その葛藤性は有意に下がることが指摘されていた．その結果から我々は，対話という要素が大きく関わる可能性に着目し，ロボットとの対話を組み入れた実験を行なった．結果は我々の当初の予想とは異なり，対話によってよりロボットを理性的で人間味のない存在であると捉え，道徳的な葛藤の度合いを極端に低下させたことをうかがわせる結果を得ることになった．これらの結果は，ロボットとの対話によって，ロボットを人間味のない理性的な存在として人間に認識させることができることを示唆している．今後は，対話の内容によっては，人間と同等の葛藤を示す回答を導くことがあるのかを検討したい．

文献

[1] Foot, P. (1967). The Problem of Abortion and the Doctrine of Double Effect. Oxford Review, 5, 5–15.
[2] Thomson, J. J. (1985). The Trolley Problem. The Yale Law Journal, 94(6), 1395–1415.
[3] Komatsu, T., Malle, B. F., & Scheutz, M. (2021). Blaming the reluctant robot: parallel blame judgments for robots in moral dilemmas across US and Japan. In proceedings of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 63–72.
[4] 堀川 裕太郎, 金野 武司, 長滝 祥司, 柏端 達也, 大平 英樹, 橋本 敬, 柴田 正良, 三浦 俊彦, 加藤 樹里 (2021). ロボットとの身体的同調動作が与える道徳性帰属度合いへの影響調査, HAI シンポジウム 2021 予稿集, P38, 4 pages.

書作品制作における探索行為促進方法に関する実践的研究

A design-based research study on a method to facilitate exploratory activity in a Japanese calligraphy

畠田 優衣†，岡田 猛†
Yui Hatakeda, Takeshi Okada
†東京大学
The university of Tokyo
hatakeda@p.u-tokyo.ac.jp

概要

書において筆は定められた正しいやり方で扱い，文字は整えて書かなければならないという固定観念は日本の書教育でよく見られるものであり，これに捉われることは書の美的な側面への理解を妨げていると考えられる.そこで，本研究では探索行為を積極的に行いながら書作品を制作するワークショップを設計し，それを通して書に対する態度を変化させることができるという仮説の検証を試みる.

キーワード：書道，探索行為，ワークショップ

1. はじめに

書において筆は定められた正しいやり方で扱い，文字は整えて書かなければならないという固定観念は日本の書教育でよく見られる(大野, 2011). 書写教育は「どのようにしたら字の形を整えられるのか」を学ぶことが目的とされているにも関わらず, 実際は, どれだけ似ているかで評価される指導が行われており,「手本絶対主義」と批判されている(谷口・松本, 1999).

固定観念を生み出してしまうことや「手本絶対主義」に捉われることは書の創造的な側面への理解を妨げていると考えられる. 創造的な側面とはすなわち, 書は多様な表現が可能なもの(河内・高城, 2011) であり，個性を発揮できるもの(西田, 1998)という側面を指す. 本研究では，より多くの人が書の創造的な側面について理解することが，書領域の受容者や創造的教養人(縣・岡田, 2012)の育成に貢献すると考え，新しい書教育のあり方について探る.

学習者が身につけた固定観念を外すためには探索が有効であるとの指摘がある(岡田・縣, 2020). そこで，本研究では探索行為を積極的に行いながら書作品を制作するWSを設計した. 本WSは，畠田(2023)において行ったWSから， Design-based research (Barab & Squire, 2004; Anderson, 2012) の枠組みを用いてデザイン指針を変更したものである. 畠田(2023)において，探索行為の促進を目指すのみでは書領域への理解が進まず，絵を描いてしまう参加者が見られたことにより，書領域への理解を促すと同時に探索を促すためには「模倣」も併せて行うことが有効であることが示された. そのため，「多様な線や文字を模倣する」と「探索行為を促す」の二つの要素をデザインの柱としてWSを設計し，その効果を測定した.

1.1 デザイン指針「多様な線や文字を模倣する」

本実践における「模倣」は，一つの手本を正解としてそっくりそのままに書くというものではなく，筆によって可能な多様な線や，過去に書かれた多様な形の文字を模倣することを指す. このように学習者が，慣れ親しんでいないものの模倣を行う(Okada & Ishibashi, 2017; 石橋・岡田, 2010)ことで自身の持つ認知的制約を緩和させることを目指した. また，書を専門に学ぶ場合には，多様な古典を模倣する臨書という学習が行われている(河内・高城，2011). その学習法を参考にし，この指針を決定した.

具体的には，「線のワーク」において多様な線の引き方を，「字形のワーク」において平安時代に書かれた多様なひらがなの書き方を模倣するワークを行った.

1.2 デザイン指針「探索行為を促す」

固定観念を外すために有効とされる探索(岡田・縣, 2020)を参加者が行うことで新しい線や自分の表現を発見することを目指した. 具体的には，模倣をしたものを参考に「線のワーク」では自分にしか引けない線を，「字形のワーク」では自分にしか書けない文字を考えてもらうというワークを行った. このように，個々のワークに徐々に探索を組み込み，「作品制作」では，それまでに行ったワークを活かして自分なりの作品制作をするという探索を行った.

そのほかに探索行為を促す仕掛けとして働く下位のデザイン指針として，「触発を促す」「身体を使う」「自律性を促す」という活動を設定した.「触発を促す」ことは「熟達者の作品制作を見る」と「他参加者

の作品鑑賞」の 2 つに分けられる. まず，「熟達者の作品制作を見る」について説明する. 縣・岡田(2009)は，創作プロセスに触れることが，創造や表現に関する認識を改めさせ動機づけを高めることを示した. 本 WS では，まず参加者に今回のテーマである「かぜ」という言葉のイメージを挙げてもらい，そのイメージに基づいて講師が 3 種類異なるタイプの作品を仕上げる様子を見るという「見るワーク」を行った.これによって，参加者は熟達者がテーマを与えられ，作品を作り出すまでの一連の流れを見ることができる.

次に「他参加者の作品鑑賞」は，制作後に他参加者の作品を鑑賞する時間を設けることとする. 他者の作品を鑑賞することでデュアル・フォーカスが促されると，触発が促されることが予想される (石黒・横地・岡田, 2023).本 WS では，参加者が実際に書くワークを終えた後，お互いに作品を鑑賞し合う時間を設けた.

「身体を使う」は，墨をつけていない状態の筆先に，身体を使って触れ，筆というものを身体で理解するワークを指す. 身体性が思考に影響を与えることは指摘されている(阿部, 2010；岡田, 2020)が，本 WS では筆そのものを身体を通して感じることで，筆への理解を促すことが探索行為につながると考えた.

最後に「自律性を促す」という指針について説明する. WS 内では，参考として提示された線や文字や参加者が書いたものに対し，よくできたかどうかを講師が判断するのではなく，参加者自身がどの線／文字が好きかを判断する.自律的な自己決定は，内発的動機づけを高めることが明らかにされている(Deci, 1975; 鹿毛, 1995).自律性を促し，書への動機づけを高め，積極的な探索行為を促すことを目指した.

2. 方法

参加者 都内中高一貫の協力を得て公募した 13 名(年齢:M =14.8 歳, SD =1.69, max =17, min =12, 性別:男性 1 名，女性 12 名).13 名のうち，学校の授業以外で書道を経験している参加者が 4 名，学校の授業以外で美術表現活動をしている参加者が 7 名であった.

WS の講師 書家及び書道講師として 10 年以上の経験を持つ第一著者が，WS のデザインと実施を担当した.

WS の手続き 「かぜ」という言葉をテーマに作品製作をする WS を行った.表 1 に WS の概要を示す.

質問項目と実施の手続き 質問紙の項目を以下に示す. まず，WS 参加者の基礎項目として，名前や性別や芸術経験など 8 項目をたずねた.また WS 前後の変化を図るために，WS 前後に「美術に対する難解なイメージ (縣・岡田,2010) 」を元に作成した「書に対する難解なイメージ」(3 項目)と，湯・外山(2016)の興味尺度を書に書き換えたもの 8 項目，作品を鑑賞させその見方を測る項目(4 項目) (Matsumoto & Okada, 2020 を参考)とその触発強度を測る項目(石黒・岡田, 2017) (5 項目)，独自に作成した書道観を測る項目(6 項目)に加えて，WS 前後に作成した自分の作品について点数をつける項目の計 23 項目を事前質問紙と事後質問紙でたずねた.独自に作成した書道観を測る項目は，「手本絶対主義」の考え方を持つかどうかをたずねる 2 項目，書による「個性の発揮の理解」ができているかをたずねる 2 項目，書の「一過性の理解」をたずねる 2 項目から成る.

また，WS 中の触発の変化を図るため，「見るワー

表 1 WS の流れ（所要時間：110 分）

	ワーク	時間	内容
0	ウォームアップ	15分	プレ作品制作、ウォームアップ
1	見るワーク	5分	提示された課題「かぜ」に対して参加者からそのイメージを募り、そのイメージに合わせた書作品を書家として活動する発表者が制作する過程を見る。作品は3種類製作する
2	触れるワーク	3分	身体を使って筆に触れる
3	線のワーク（模倣）	15分	多様な線／字形の参考を見せ、その模倣をした後、各自探索を行う。その後、参加者同士で作品の鑑賞を行う。 字形のワークでは、「か」と「せ」のひらがなを扱う。
	線のワーク（探索）	15分	
4	字形のワーク（模倣）	20分	
	字形のワーク（探索）	20分	
5	作品制作	17分	ワークで学んだことを活かし自身の作品を制作した後、自分の作品を一枚選び、参加者同士で作品の鑑賞を行う。

表 2　WS 前後の質問紙の回答の *t* 検定結果 (* $p<.05$　** $p<.01$ *** $p<.001$)

		実施前		実施後				
		M	SD	M	SD	t値	p値	d [95%CI]
書に対する難解なイメージ(5件法) **		3.38	0.86	2.64	0.98	2.84	.007	0.81[0.13, 1.48]
興味尺度	感情的価値による興味 **	5.35	1.18	6.02	1.21	3.35	.006	0.56[-0.94, -0.19]
(7件法)	認知的価値による興味 ***	4.71	0.85	5.85	0.79	5.69	.000	1.38[-2.08, -0.68]
作品鑑賞態度	好み *	4.85	1.63	5.92	1.61	2.94	.012	0.67[-1.18, -0.15]
(7件法)	感嘆 **	4.92	0.76	5.85	0.80	4.38	.001	1.18[-1.91, -0.46]
	精神的側面への注目	5.54	1.13	6.08	1.26	1.53	.151	0.45[-1.09, 0.19]
	物理的側面への注目 **	4.54	1.98	6.38	0.87	3.76	.003	1.09[-1.85, -0.33]
	触発 **	4.82	0.62	6.03	0.89	4.40	.001	1.58[-2.69, -0.47]
書道観	手本絶対主義 *	3.69	0.52	3.31	0.48	2.54	.026	0.77[0.05, 1.47]
(5件法)	個性の発揮の理解 *	3.85	0.94	4.50	1.10	2.76	.017	0.63[-1.15, -0.12]
	書の一過性の理解	3.96	1.09	4.15	0.86	0.81	.433	0.19[-0.68, 0.30]
制作作品自己採点(10点満点) ***		3.54	1.81	8.46	1.13	10.71	.000	3.14[-4.62, -1.67]

ク」後,「線のワーク」後,「字形のワーク」後の計 3 回, 触発強度(5 項目) (石黒・岡田, 2017)と他者作品鑑賞態度を測る項目(6 項目)をたずねた.さらに,「書へのイメージが変わったかどうか」の自由記述回答を分析対象とした.

3.　結果と考察

3.1 WS を経験した参加者の変化

WS 実施前・後に行った質問紙の項目について, それぞれ対応のある *t* 検定を実施した（表 2）

「書に対する難解なイメージ」が WS 前後で低下し,「興味尺度」では「感情的価値による興味」「認知的価値による興味」が上昇した.また,「作品鑑賞態度」では「好み」「感嘆」「物理的側面への注目」「触発」に有意差が見られた.「精神的側面への注目」では有意差が見られなかった.精神的側面よりも, 物理的側面に変化が現れたことは, 実際に筆を扱い探索をさせるワークが, 精神的側面よりも物理的側面に注目させるものとなっていたことと考えることができるだろう.

「書道観」では「手本絶対主義」の態度が WS 前後で低下し,「個性の発揮の理解」が上昇した.「書の一過性の理解」は有意差がなかった.「書の一過性」の理解に直接的に影響を与えるワークは行っていないため, 結果が出なかったと考えられる.

最後に,「制作作品自己採点」が WS 前後で上昇した. これは, ワークショップ参加者が自身の書いた作品に自信を持てるようになったことを意味するだろう.

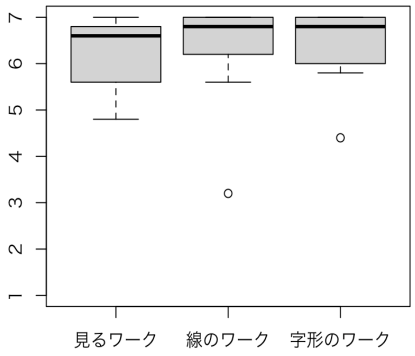
3.2 WS 中の触発・他者作品鑑賞態度の変化

WS 中に実施した質問紙の尺度得点を従属変数として, 磁気を独立変数とする一要因分散分析を行った.

その結果, 他者作品鑑賞態度について時期間に有意差が見られた($F(2,24)=8.01$, $p=.002$).また, 触発については時期間の有意な差は見られなかった($F(2,24)=1.58$, $p=.226$).他者作品鑑賞態度について下位検定(Shaffer)を行った結果,「線のワーク」から「文字のワーク」の間に有意差が見られた($p=.008$).

以上の結果から, 参加者はワークを重ねるごとに他者の作品をよりよく観察しようとしていたことがわかった.また, 触発は「見るワーク」の時点から平均点が 7 点中 6.22 点(SD=0.75)と高く, その後はさらに上がっている(図 1)ため, 天井効果が生じたと考えられる.

図 1 各ワーク後の触発尺度得点



3.3 WS 後の自由記述の分析

「書へのイメージが変わったかどうか」という問いに

対する自由記述回答をカテゴリに分けたものを表 3 に示す.また，回答において，書のイメージに変化があったと述べたものは，13 名中 13 名であった.

表3 自由記述カテゴリとその人数

カテゴリ	人数 (n=13)
手本絶対主義からの解放	5
書は個性の発揮ができる	5
書は自由で豊かなもの	3
書は面白く楽しい	3
書は表現である	3
書の一回性	1

.4 まとめ

本 WS を経て，参加者は書に対する態度を変化させたと言えるだろう.それは，書に対する固定概念を解きほぐすことにつながったと考えられる.「模倣」というデザイン指針を中心に据えたことで，絵を描いたりする参加者もおらず，参加者全員が「書」に向き合うことのできた WS であったと言える.

ただし，本研究において実践前の参加者のもつ書道観の測定は行なっていない.しかし，実践により書道観が変化したという結果より，この実践によって変化するような書道観を持っていたということができる.

DBR の今後の見通しとして，今回のワークショップでは，変化を見ることのできなかった作品鑑賞時の「精神的側面への注目」も併せて向上させることができるような作品制作時の WS を構築したい.書制作の物理的側面のみならず精神的側面への注目を促す WS を構築できれば，さらに多くの書の創造的教養人の育成につなげることができるだろう.

文献

阿部慶賀. (2010). 創造的アイデア生成過程における身体と環境の相互作用. *認知科学*, *17*(3), 599-610.

Anderson,T. & Shattuck,J.(2012). Design-based research. Educational researcher, *41,* 16-25.

Barab Sasha & Squire Kurt(2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground Journal of the Learning Sciences, *13(1)*, 1-14

縣拓充，& 岡田猛. (2009). 教養教育における 「創造活動に関する知」 を提供する授業の提案–「創作プロセスに触れること」 の教育的効果–. 教育心理学研究, *57*(4), 503-517.

縣 拓允・岡田 猛 (2010). 美術の創作活動に対するイメージが表現・鑑賞への動機づけ に及ぼす影響 教育心理学研究, *58,* 438-451.

縣 拓允・岡田 猛 (2013). 創造の主体者としての市民を育む: 「創造的教養」を育成する 意義とその方法 認知科学, *20,* 27-45.

畠田優衣(2023). 書領域における探索行為促進のための方法に関する実証的及び実践的研究 東京大学, 2022, 修士論文

石橋健太郎，& 岡田猛. (2010). 他者作品の模写による描画創造の促進. 認知科学, *17*(1), 196-223.

石黒 千晶・岡田 猛 (2017). 芸術学習と外界や他者による触発; ——美術専攻・非専攻学生の比較—— 心理学研究, *88,* 442-451.

石黒 千秋・横地 早和子・岡田 猛(2023). 触発するアート・コミュニケーション 創造のための鑑賞ワークショップのデザイン. あいり出版

河内 君平・高城 弘一 (2011). 書道学概論 大東文化大学書道研究所(編) 書道テキスト 1 巻 二玄社

Matsumoto,K. & Okada,T.(2021). Imagining how lines were drawn: The appreciation of calligraphy and the facilitative factor based on the viewer's rating and heart rate. Frontiers in human neuroscience, 15,

西田 幾多郎(著)・岩城 見一(編) (1998)「芸術哲学」論文集 燈影舎.

大野 加奈子(2011). 「書ハ美術ナラズ」 : 明治政府の美術政策と日本の書についての考察 人間社会環境研究, *21,* 29-44.

Okada, T., & Ishibashi, K. (2017). Imitation, inspiration, and creation: Cognitive process of creative drawing by copying others' artworks. *Cognitive science*, *41*(7), 1804-1837.

岡田猛. (2020). アートの発想. *学術の動向*, *25*(7), 7_16-7_21.

岡田 猛・縣 拓充 (2020). 芸術表現の創造と鑑賞，およびその学びの支援. 教育心理学年報, *59,* 144-169.

谷口 邦彦・松本 仁志(2000). 手書き文字の個性の教育に関する研究方向性 学校教育実 践学研究, *6,* 27-37

湯 立・外山 美樹(2016). 大学生における専攻している分野への興味の変化様態–大学生用学習分野への興味尺度を作成して–. 教育心理学研究, *64 (2)*, 212-227.

手順記憶と実演を組み合わせた課題の軽度認知障害スクリーニングへの活用可能性
Possible use of a task combining procedural memory and subject performance as a screening for mild cognitive impairment

渡辺　裕生[†‡]，瀬川　大[†]，服部　雅史[§]
Yuki Watanabe, Dai Segawa, Masasi Hattori

[†]大和大学保健医療学部，[‡]立命館大学大学院人間科学研究科，[§]立命館大学総合心理学部
[†]Faculty of Allied Health Sciences, Yamato University
[‡]Graduate School of Human Science, Ritsumeikan University
[§]College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University
watanabe.yuki@yamato-u.ac.jp

概要

本研究では，軽度認知障害（mild cognitive impairment; MCI）の認知機能が低下している項目を健常群と比較検討した．また，手順記憶と実演を組み合わせた手順記憶実演課題を作成し，MCI スクリーニングへの活用可能性について検討した．その結果，MCI 群では記憶項目だけではなく実行機能の項目でも低下を認めた．軽度認知機能検査 MoCA-J による分類結果を正解としたときの評価指標（AUC）は，手順記憶実演課題の色や場所，物品等の指定をした「条件」の項目について高い値が得られることから，この課題が MCI のスクリーニングに活用できる可能性が示された．

キーワード：軽度認知障害（MCI），手順記憶，実演課題，認知機能

1. はじめに

正常な加齢と認知症の境界領域として軽度認知障害 (mild cognitive impairment; MCI) がある．MCI とは，(1) 本人または家族による物忘れの訴えがある，(2) 加齢の影響だけでは説明できない記憶障害，(3) 日常生活動作は自立している，(4) 認知機能は正常，(5) 認知症は認めない，と定義されている (Petersen et al., 2001)．Summers & Sanders (2012) は，認知機能検査について実施した 20 か月の縦断的研究の結果を「62.9%が MCI の状態を維持し，MCI 群の 12.3%が認知症へ進行した．24.7%が MCI から健常レベルに戻った」と報告している．すなわち，MCI にいたったとしても，必ずしも認知症に進行するわけではない．よって，MCI の時点でアプローチをし，健常レベルへの復帰もしくは現状の維持に努めることが必要である．しかし，MCI には早期発見の難しさがある．MCI の機能低下としては，実行機能，中でも特に視空間ワーキングメモリの低下の報告がある (Kessels et al., 2015)．しかし，MCI の定義にもある通り，日常生活動作は自立しているため，加齢による影響なのか MCI なのかの判断はつきにくく，発見が遅れるケースも珍しくない．

MCI は，日常生活動作は自立しているが，手段的日常生活動作において問題が生じている報告もある (Ah et al., 2009)．たとえば，服薬については，「薬を飲むこと」だけでなく「いつ飲むのか」「食後か，食前か」「どの薬なのか」について一連の流れを含めて「条件」や「順番」を覚えている必要がある．つまり，手順的な要素の記憶が必要となる．また，指示を記憶して実行する能力は，実行機能の処理に依存しており，特に視空間ワーキングメモリは物と運動の結びつけに関与している (Yang et al., 2015)．MCI スクリーニングについては日本語版 Montreal Cognitive Assessment (MoCA-J)が使用されることが多い．しかし，MoCA-J は質問紙を用いた検査ツールであり，特に MCI が疑われる対象者において，その試験的なスタイルを敬遠する対象者も少なくはない．そのため，認知機能を試されている要素の少ない MCI スクリーニングの必要性は高い．そこで，手順的な記憶と実演を組み合わせた「手順記憶実演課題」が MCI のスクリーニングに有効なのではないかと考え，試作した．

本研究の目的は，認知機能の低下している項目に対して健常と MCI の差を確認し，試作した手順記憶実演課題について ROC (receiver operating characteristic) 解析による AUC (area under the curve) を用いて MCI スクリーニングへ活用の可能性があるのかを明らかにすることである．

2. 方法

2.1 実験参加者

茨城県の X 地域に在住し，Y デイサービスセンターにおいてデイサービスに参加している者 47 名（男性 8

名，女性 39 名，年齢 M＝82.8, SD＝8.6）が実験に参加した．Y 施設内にポスターを掲示して参加希望者を募り，研究概要を説明後に同意を得られた者を実験参加者とした．

2.2 手順記憶実演課題

手順記憶実演課題は，机を拭いたりトランプ課題を実施したりといった行動や物品操作を中心に 10 工程ほどで構成された（図 1）．また，それぞれ被験者の主目的動作を「行動」, 色や場所, 物品等の指定を「条件」, 動作の順番を「順番」と 3 つに分類した．「行動」が 10 項目，「条件」が 18 項目，「順番」が 7 項目の計 35 項目で構成された．実験者が一連の動作手順を口頭で説明しつつ，被験者が一連の動作を実演しながら記憶した．20 分後に動作手順を再現させ，その動作について採点した．

2.3 Mini Mental State Examination (MMSE)

MMSE は認知症スクリーニング検査であり，「見当識」「記銘」「注意と計算」「再生」「呼称」「復唱」「理解」「読字」「書字」「描画」の 11 カテゴリーの一連の質問と課題から構成される．実施には約 10 分〜15 分程度の時間を要する．総得点は 30 点満点であり，23 点以下の場合には，認知機能低下または認知症が疑われる．

2.4 MoCA-J

MoCA-J は主として軽度認知機能低下を評価するツールとして活用される検査であり，「視空間/実行系」「命名」「記憶」「注意」「言語」「抽象概念」「遅延再生」「見当識」の 8 カテゴリーに分けられる一連の質問と課題から構成される．実施には約 10 分〜15 分程度の時間を要する．総得点は 30 点満点である．

2.5 手続き

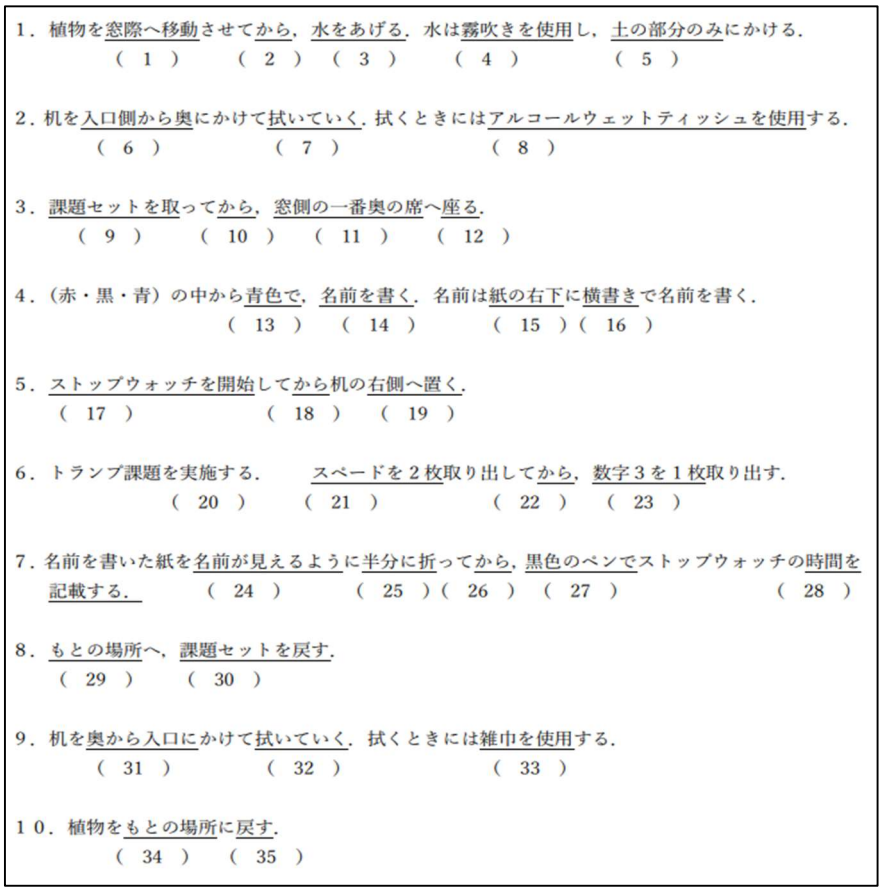
最初に手順記憶実演課題を実施し，次に MMSE および MoCA-J を実施した．

2.6 分析方法

Luis らの基準を参考に，MMSE が 23 点以下の者は除外し，MoCA-J が 23 点以下を MCI 群，24 点以上を健常群に分類した．MoCA-J の下位項目である 8 カテゴリーについて，健常群と MCI 群の MoCA-J スコアの差を Mann-Whitney U-test において処理した．また，手順記憶実演課題の「合計」「行動」「条件」「順番」それ

図 1　手順記憶実演課題

3, 7, 12, 14, 17, 20, 28, 30, 32, 35 は被験者の主目的動作を「行動」．1, 4, 5, 8, 9, 11, 13, 15, 16, 19, 21, 23, 24, 25, 27, 29, 33, 34 は色や場所，物品等を「条件」．2, 6, 10, 18, 22, 26, 31 は動作の順番を「順番」に設定した．



ぞれについて，MoCA-J による分類結果を正解としたときの判定を ROC 解析によって分析した．

3. 結果

実験参加者 47 名のうち，MMSE（23 点以下）で 6 名が除外された．MoCA-J の点数（23/24）により，健常群が 20 名，MCI 群が 21 名に振り分けられた．

健常群と MCI 群の MoCA-J スコアの差については「視空間/実行」「注意」「言語」「遅延再生」「合計」においては健常群の方が有意に高かった（図 2）.「命名」「抽象概念」「見当識」で有意差は認められなかった．

ROC 解析の結果，「合計」の AUC は.877（95% CI: .767–.987）であり，カットオフポイントが 27 点で感度 85.0%，特異度 81.0%であった．「行動」の AUC は.756（95% CI: .693–.942）であり，カットオフポイントが 7 点で感度 85.0%. 特異度 76.2%であった.「条件」の AUC は.917（95% CI: .829–1.00）であり，カットオフポイントが 14 点で感度 85.0%，特異度 90.5%であった.「順番」の AUC は.818（95% CI: .693–.942）であり，カットオフポイントが 5 点で感度 85.0%, 特異度 76.2%であった（図 3）.

4. 考察

MoCA-J の下位項目について「言語」「遅延再生」は主に記憶を評価する項目であり MCI 群が有意に低かった．「視空間/実行」「注意」については，視空間認知を中心とした実行機能を評価する項目であり MCI 群で有意に低下していた．すなわち，Kessels et al. (2015)でも述べられている通り，MCI 群は，健常群と比較して記憶項目だけでなく視空間認知を中心とした実行機能においても低下していることが示された．実行機能は，認知機能制御の総称とされ，その構成は，抑制，ワーキングメモリ，注意や思考の柔軟性等の要素を含むものとされる (Miyake et al., 2000)．そのため，「記憶」および「実行機能」について健常と比較することで, MCI スクリーニング検査としての有効性を高められる可能性がある．

本研究では，手順記憶と実演を組み合わせた課題が MCI スクリーニングへの活用可能性があるかについて明らかにすることを試みた．手順の記憶は一般的にエピソード記憶に分類される．検査においてエピソード記憶を想起する場合には「ペンを持ち上げる，手を洗う」など「行動」を選択することが多い．しかし，生活

図 2　MoCA-J 下位項目についての差

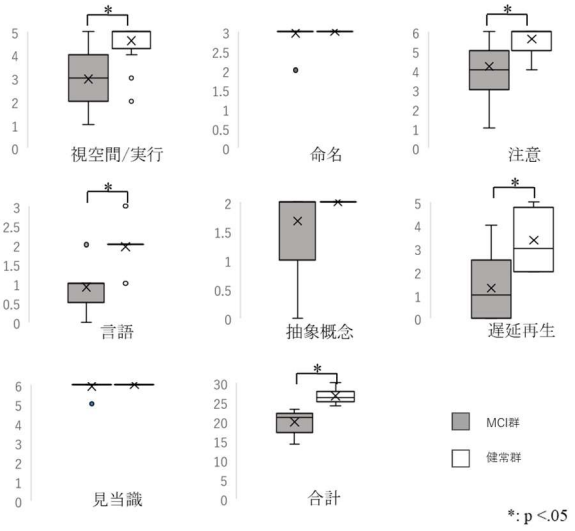
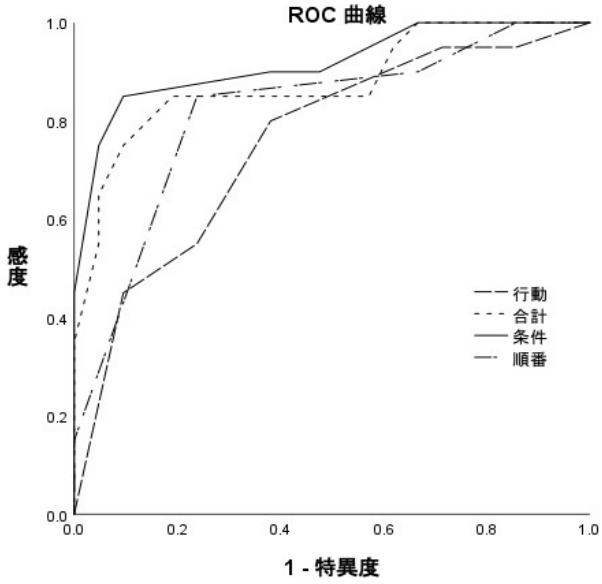


図 3　軽度認知機能検査 MoCA-J による分類結果を正解としたときの ROC 曲線



場面では「行動」を実施するだけでなく，その行動をする上での条件（どのペンなのか）や，行動をする順番（ペンを持ち上げるのと手を洗うのはどちらが先か）についての方が重要視される．行動の記憶をするだけではなく条件や順番という付加的要素を処理するためには，ワーキングメモリを含めた実行機能の役割が必要不可欠となる．つまり，記憶をする項目について，行動だけではなく，条件や順番を加えて手順記憶としたことが MCI スクリーニングにとって有用であった可能性がある．

また「実演」について Charlesworth et al. (2014) は，実験者実演課題条件と口頭指示条件で，ワーキングメ

モリに関する動作想起を必要とする指示課題について検討した．MCI 患者と健常高齢者の記憶能力を比較した結果，どちらの条件も実験者実演課題の方が再現率が優れていた．その中でも，実験者実演課題の効果は MCI 患者に比べて健常高齢者グループでわずかに大きかったと報告している．「行動」を実施する項目に比べて，実行機能の要素を必要とする「条件」や「順番」については，健常群および MCI 群ともに低下することが想定される．その際，MCI 群に比べて健常群の方が実演による効果が高くなった結果，「条件」について AUC が高くなったと考えられる．研究計画の段階では，「条件」だけではなく「順番」についても MCI スクリーニングに活用可能ではないかと考えていた．しかし，AUC の結果としては，条件（AUC .917）に比べて順番（AUC .818）は低かった．本研究での「順番」は基本的に 2 択となる．その 2 択の処理だけでは実行機能の要素が少なかったことも影響した可能性がある．また，河野・斎藤 (2006)は，習慣化された身振りに比べて無意味肢節動作の模倣課題で認知機能低下の検出可能性について示している．本研究でも習慣動作の観察ではなく、手順記憶として新規的な課題を与えたことが効果的に働いた可能性もがある．以上のことから，手順記憶に実演を組み合わせた手順記憶実演課題は，行動についての「条件」に着目することで MCI スクリーニングに活用できる可能性が示されたのではないか．つまり，MCI をスクリーニングするためには新規動作を実演にて記銘・再現することにより実行機能の要素を判別することがポイントになると考える．

一方， MoCA-J のような質問紙を用いた検査ツールについて，この試験的なスタイルを敬遠する対象者は多い．その点，本研究で使用した手順記憶実演課題は身体の動きを中心としており，ゲーム感覚的な要素も多い．特に MCI を疑う段階では，日常生活が自立しているため自覚症状も少ない．そのため，試されることに抵抗があり検査を受けたくない対象者に対しては効果的に活用できる可能性もある．

5. まとめ

本稿では，健常群と MCI 群で MoCA-J の下位項目を比較した．また，手順記憶と実演を組み合わせた手順記憶実演課題を作成し，ROC 解析による AUC を用いて MCI スクリーニングへの活用可能性について検討した．その結果，MCI 群では記憶機能だけではなく，視空間認知を中心とした実行機能にも低下が見られていた．また，手順記憶実演課題を「合計」「行動」「条件」「順番」に項目分けして分析した結果，色や場所，物品等の指定をする「条件」の AUC が.917 であり MCI スクリーニングに有効な可能性が示された．「行動」「条件」「順番」の各項目についての検討は今後の課題である．

文献

Ah, I. S., Kim, J. H., Kim, S., Chung, J. W., Kim, H., & Kang, H. S. (2009). Impairment of instrumental activities of daily living in patients with mild cognitive impairment. *Psychiatry Investigation, 6*(30), 180–184. https://doi.org/10.4306/pi.2009.6.3.180

Charlesworth, L. A., Allen, R. J., Morson, S., Burn, W. K., & Souchay, C. (2014). Working Memory and the Enactment Effect in Early Alzheimer's Disease. *ISRN Neurol, 28*, 694761. https://doi.org/10.1155/2014/694761

河野直子・斎藤洋典. (2006). 無意味肢節動作の模倣検査を用いた Dementia of the Alzheimer's Type における身振り障害早期発見の可能性　認知科学, *13*(3), 472–475. https://doi.org/https://doi.org/10.11225/jcss.13.472

Kessels, R. P. c, Overbeek, A., & Bouman, Z. (2015). Assessment of Verbal and Visuospatial Working Memory in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Dementia. Dementia & *Neuropsychologia, 9*(3), 301–305. https://doi.org/10.1590/1980-57642015DN93000014

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology, 41*(1), 49–100. https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734

Petersen, R. C., Stevens, J. C., Ganguli, M., & Tangalos, E. G. (2001). Practice Parameter: Early Detection of Dementia: Mild Cognitive Impairment (an Evidence-Based Review). Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology, 56*(9), 133–1142. https://doi.org/10.1212/wnl.56.9.1133

Summers, M. J., & Sanders, N. L. (2012). Neuropsychological Measures Predict Decline to Alzheimer's Dementia from Mild Cognitive Impairment. *Neuropsychology, 26*(4), 498–508. https://doi.org/10.1037/a0028576

Yang, T., Allen, R. J., & Gathercole, S. (2015). Examining the Role of Working Memory Resources in Following Spoken Instructions. *Journal of Cognitive Psychology, 28*(2), 1–13. https://doi.org/10.1080/20445911.2015.11011

短時間育児支援のための対話ロボットの研究
Research on Dialogue Robots for Short-Time Childcare Support

豊田 将也 †，金野 武司 †
Masaya Toyoda， Takeshi Konno
† 金沢工業大学 工学部 電気電子工学科
Kanazawa Institute of Technology, College of Engineering,
† Electrical and Electronic Engineering
c1016125@planet.kanazawa-it.ac.jp,konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

本研究では，AI による短時間育児支援について，幼児が飽きない対話方法および内容を検討するために，ロボットをアバターにした保育士と園児の対話環境を構築し，AI に必要な能力とその水準を明らかにすることを目的とした．対話実験に参加した園児は計 7 名であり，2 名は 1 回のみ，他 5 名は日を置いて 2 回の実験に参加した．各回の園児の様子について，保育士は普段の様子との違いをアンケートで回答した．結果，2 回程度のロボットとの対面では，たとえロボットから流れる音声が日頃から接している保育士であってもそれと気づくことはなく，かつ園児たちは普段よりも大きく緊張した状態になり，ほとんど対話できないことが確認された．他方，そういった状態の園児に対して保育士が語りかける方法と内容は，ある一定の傾向を持ちながらも多岐に渡り，AI が再現すべき発話サンプルを十分に確保できることがわかった．保育士の語りかける方法と内容を大規模言語モデルで再現する場合に，どういった難しさがあると考えられるのかを議論する．

キーワード：人工知能，育児支援，対話，ロボットアバター

1. はじめに

近年の日本は少子化や核家族化，地域との関わりの希薄化により，育児における養育者（主に母親）の孤立化が起こっていると考えられる．子育て中の養育者に対して，周りからのサポートがない場合には，育児ストレスを解消できずにうつ傾向になる可能性があることも指摘されている [1]．このことから，子育て世帯への社会的な育児支援は急務な状態であると考えられる．阿部ら [2] は，末子に未就学児のいる親を対象に AI の受容性についてのアンケートを行った．そのアンケートの中では，「10 分でいいから育児を手伝って欲しいか」という質問に対し，6〜7 割の親が「ほとんど毎日」，「週 3，4 回」と回答した．これは多くの養育者が普段の育児を大変だと感じていることを表した結果だと考えられるが，我々は 10 分程度の短時間であっても，育児支援が望まれる状況があるのではないかと考えた．例えば養育者が家事（料理や洗濯物の取り込みなど）に取り組む際に，幼児を自分の方に近づけたくない，かつ幼児から目を離さなければならない状況が存在するのではないかと考えられるからである．このような状況で，養育者が安心して幼児から目を離すことができるようにすることは，短時間の育児支援として潜在的に望まれているのではないかと考えられる．

それでは，ロボットや AI が 10 分程度の短時間でも，幼児の気を引くためにはどのようなことができれば良いのだろうか．この実現に最も重要と考えられることの 1 つは，幼児を飽きさせないようにすることであろうと思われる．ここで Youtube のようなデジタルメディアの視聴も 1 つの手段ではあるが，そういった一方向的なメディアの幼児単独での利用は，幼児の発達や健康に関する観点から不適切であることが指摘されている [3]．この観点から，幼児とのやりとりにおいては相互のコミュニケーションが重要だと考えられる．阿部ら [4] は，遠隔操作型の幼児向け対話ロボットを用いて，遠隔保育を目指した研究を行っている．この研究の場合，ビデオチャットによる対話を行うのは，対象の幼児とは離れた場所にいる幼児の祖父母や親戚，保育士である．この人間が行う部分を AI が代替することができれば，経済的な助けになると考えられる．この観点に加え，ロボットにジェスチャや移動を可能にするような身体を持たせることなく，対話のみでどこまで幼児の気を引き続けることができるのかを検証することは大きな価値があると考えられる．したがって本研究では，対話のみで幼児の気を引き続け

ることの可能性の検証を目指した．

大規模言語モデル（LLM）を利用した対話サービスの発展は近年著しく，音声会話型の AI サービスは成人向けのもの [5] だけでなく，アニメキャラクターを活用した幼児向けの対話サービスも始まろうとしている [6]．しかし，実際にこれら AI との対話が幼児にどのような影響を与えうるのかについては，丁寧な検証が必要になるものと考えられる．加えて，AI がどのような話し掛けをすることが適切なのかを検討する必要もあるのではないかと思われるが，その知見が十分に積み重ねられたとは言い難いのではないだろうか [7]．

LLM に学習させるデータとしては，例えば親と幼児が対話する様子を収めたコーパスの利用が考えられる．一例として，NTT 乳幼児音声データベース [8] の内容を参照すると，そこには大きく 2 つの観点で課題があることがわかる．1 つは，当たり前だが幼児の対話相手は親であり，AI やロボットではないという点である．幼児の視点から見て，親という認識による対話内容は，親という認識を前提としていない対話型 AI（LLM）に学習させるデータとしては不適切だと考えられる．そしてもう 1 つは，コーパスに収められた対話内容のほとんどが，絵本やおもちゃを介した三項関係の対話であり，共通の体験やエピソードを基にした二項関係の対話例が少ない点である．我々は，対話のみで幼児の気を引き続けることができるのか検証することを課題とするため，LLM の学習データとしては不十分であると考える．そこで本研究では，ロボットをアバターにした保育士が園児と対話する環境を構築し，そこで交わされる対話内容を収集することで，ロボットや AI に必要とされる幼児への話しかけ方や内容についての知見を得ることを目的とした．

2. 対話事例収集環境の構築

幼児に対して，ロボットや AI からはどのような話しかけが適切なのだろうか．あるいはまた，そういったロボットや AI からの話しかけに対して，幼児はどのように反応するのだろうか．この 2 つを同時に検証できるようにするために，我々は保育士がロボットの役を演じ，そのロボットと対面する幼児とロボット越しに対話する様子を収録する方法を考案した（図 1）．

収録では隣接する 2 つの部屋を用意し，それぞれを部屋 A,B とした．部屋 A にはテーブルの上にロボット（タカラトミー社製 Robi ジュニア）とその背後に円筒形スピーカ（SONY 社製 SRS-XE300）を図 2 のように設置し，同じ部屋の園児からは見えない位置に設置したノート PC（Apple 社製 Macbook）と Bluetooth

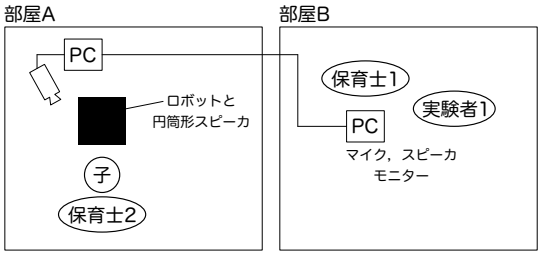


図 1　実験概要図

図 2　収録風景

により無線接続した．この PC は部屋 B に設置するノート PC に無線 LAN で接続し，Zoom でやりとりできるようにした．これにより，部屋 B に設置した PC は，部屋 A と映像および音声を使ってやりとりできるようになっていた．

収録に参加する園児は，保育士 2 の誘導により部屋 A に入り，ロボットの前に設置された椅子に腰掛けた．保育士 2 はそのまま園児の横で待機した．このとき，保育士 2 には対話には極力参加しないことを原則としながら，園児が困った様子を見せる場合には手助けをして構わないこと，および園児がロボットに触れることを静止する必要はないことが説明された．園児の対話相手となる保育士 1 は部屋 B に設置された PC の前で待機し，園児の着席後に話しかけを開始した．保育士 1 には，冒頭のみ「ボクは機械なんだけど，おしゃべりが大好きなんだ！○○くん/ちゃんとお話がしたくて，△△先生に連れて来てもらったんだ！ボクとお話してくれるかな？（○○に入るのは園児の名前，△△に入るのは保育士の名前）」といった内容の発言を行なうことが求められ，それ以降は自由に対話することが依頼された．対話時間の目安は 10 分程度としたが，園児の様子によってはそれ以前に切り上げることも可能とした．時間の経過については部屋 B に待機する実験者が適宜提示した．

保育士 1 は，一人の園児との対話が終わるごとに，普段の様子との違いを尋ねた 3 つの設問（以下）に 7

件法で答えた．ここで，*は反転項目とした．

1. 園児の発話量は普段と比べてどうでしたか？（少ない ～ 多い）
2. *園児は普段と比べて緊張していましたか？（していなかった ～ していた）
3. 園児が機械との対話を楽しむ様子は見られましたか？（見られなかった ～ 見られた）

また，1 日の収録が終わったときに，保育士 1,2 は園児に対する気付きを尋ねる以下の設問に自由記述で回答した．

1. 機械を演じるにあたって，意識したことがあれば教えてください。
2. 機械が園児とやりとりするにあたって，園児がより対話を楽しむには，どのような内容が望ましいと思いますか？振り返って思いつくことがあれば，教えてください。また，対話に限るとそれが難しいと思われる場合には，他にどのような手段があれば良いと思いますか？
3. 対話調査全体を通じて，何か他に気づいたことがあれば教えてください。

収録には，金沢工業大学に併設せれた扇が丘保育園に通う園児 7 名（女児 4 名，男児 3 名，平均月齢 30.71 ヶ月，$SD = 5.34$）が参加した．このうち，2 名は 1 回のみ，5 名は 2 回の収録で，計 12 回の収録が実施された．園児にとっての 2 回目の収録は，おおよそ 1〜2 週間の間が開けられた．保育士は計 6 名の協力を得た．実験は金沢工業大学倫理審査委員会の承認を受け実施された．

3. 実験結果

7 件法によるアンケートへの回答結果と対話時間を表 1 に示す．表 1 では，数字が表す意味合いを揃えるため，反転項目は数値を逆転して記載した（緊張度について，1 が「していた」，7 が「していなかった」とした）．これにより，回答結果は数字が小さいほど普段に比べて発話量が少なく緊張し，楽しむ様子も見られなかったことを表す．また，対話時間はロボット役の保育士が冒頭文を読み上げ始めたとき，または「こんにちは」といった挨拶を行なったときを開始時点とし，「バイバイ」などといった別れの挨拶を行ったときを終了時点とした．

発話量，緊張度，および楽しんでいる度合いについての保育士の回答を見ると，平均的には中立の 4 より低い評価となった．これは保育士の印象として，園児の様子が普段と比べて全体的には発話量が少なく緊張しており，楽しんでいる様子が見られなかったことを示している．ただし，園児によっては，発話量や緊張する様子は見られながらも，1 回目から楽しんでいる様子を見せることもあったようである．また，2 回目においてその評価が大きく変化する園児もいたようであり，これは回数を重ねることで異なる反応を見せるようになる可能性があることを示す結果だと考えられる．

対話時間については，園児 A，B の 1 回目の収録では，当初の想定として 10 分間（600 秒）を設定したが，対話を行う保育士側に手詰まり感が見られ，7 分程度で対話を終えることになった．この結果を踏まえ，その他の収録では，保育士に依頼する対話時間を 5 分間（300 秒）に設定した．また，対話の内容を確認すると，ほぼ全ての時間にわたって保育士が一方的に園児に語りかける状況になっており，園児からの応答や発話は極めて少ない状態だった．

4. 議論

実験結果より，2 回程度のロボットとのインタラクションでは，園児たちは緊張し，対話を行うことが困難であることが確認できた．このような結果になった要因について，園児側と保育士側に分けて考察する．園児側における要因は主に 2 つあると考えられる．1 つは，ロボットへの慣れが不十分であったことである．ここで，園児 F の発話量や緊張度に注目すると，1 回目と 2 回目で数値が大きく変化していることが確認できる．このことから，インタラクションの回数を重ねることでロボットに慣れ，対話のみで気を引き続けることが可能になることも十分に考えられる．

もう 1 つは，実験環境によるものである．本研究で行った収録では，参加する園児を保育士が集団から 1 人だけ連れ出し，収録を行う部屋に移動させた．これが園児の不安を高め，消極的な姿勢を生んだのではないかと考えられる．これに対しては，園児が複数人いる集団の中にロボットを配置して対話を行うなど，対話の状況を変化させることが考えられる．

保育士側における要因についても主に 2 つが考えられる．1 つは，園児がほとんど応答を返さないことで，対話が一方向的になったことである．園児が緊張した様子であることに加え，表情やジェスチャなどを使えない対話のみでのやりとりでは，保育士であっても園児からの反応がほとんど得られず，一方向的な対話になってしまい，保育士が手詰まり感を感じている様子が見られた．もう 1 つは，収録におけるシステムの不備によるものである．隣接する部屋で遠隔対話を行ったことで，実音声と隣の部屋からの音声がズレを持

表 1　アンケートの回答（7 件法）と対話時間（秒）．ハイフンは不参加を表す．
緊張度の数値は逆転して表記した．

	回数	A	B	C	D	E	F	G	平均	*SD*
月齢		28	38	38	24	33	25	29	30.71	5.34
発話量	1 回目	2	1	2	1	1	2	1	1.43	0.49
	2 回目	2	–	1	–	1	5	1	2.00	1.55
緊張度*	1 回目	1	2	1	1	1	2	1	1.29	0.45
	2 回目	5	–	2	–	1	6	1	3.00	2.10
楽しみ度	1 回目	5	1	2	1	6	6	1	3.14	2.13
	2 回目	4	–	4	–	1	7	1	3.40	2.24
対話時間（s）	1 回目	430	429	343	290	183	295	164	304.86	98.22
	2 回目	287	–	317	–	272	282	294	290.40	15.11

ちながら同時に聞こえる収録状況だった．隣の部屋が目視できるようにすることを狙った配置であったが，保育士にとっては対話しづらい状態になってしまい，思ったように対話が行えなかったのではないかと考えられる．

園児とロボットによる対話収録では，このような問題点がありながらも，我々が収録したデータは十分に有効な側面があるといえる．なぜなら，収録データには緊張した園児に対する保育士のノウハウが表れているためである．保育士の工夫として，自由記述式のアンケートの回答から例を挙げると，「園児が好きなものについて話すように心がけた」，「身近なもの（日常的なもの）を話題として話した」，「身振り手振りで答えられる問いかけをした」などという意見があった．このような内容が含まれた対話データは，幼児の気を引き続けることを目指す対話型 AI が学習・再現すべきものだといえるのではないだろうか．したがって，保育士の対話内容や方法が LLM に再現できるのかを検証し，その LLM が行う対話内容の有効性について検討していくことを今後の課題としたい．

5. 結論

本研究では，AI（LLM）による幼児が飽きない対話方法・内容を検討するために，ロボットをアバターにした保育士と園児の対話収録実験を行った．実験の結果，2 回程度のロボットとの対話では，園児の緊張を緩和することができず，園児の発話を促すことが困難であることが確認できた．その一方で，園児に対する保育士の対話内容や方法は，園児の発話を促すノウハウが詰まっており，AI が学習すべき対話データを十分に確保することができた．今後の課題としては，LLM による保育士の対話内容の再現性を検証していくことが考えられる．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費基盤研究 (C)「ことばへの意味づけ過程に見られる解釈的循環メカニズムの脳科学・計算論的解明」/課題番号 22K12756 の助成を受けました．国立情報学研究所 音声資源コンソーシアムから提供を受けた「NTT 乳幼児音声データベース（INFANT）」を利用しました．また，実験では金沢工業大学扇が丘保育園の保育士の方々および園児たちの多大な協力を得ました．ここに記し謝意を表します．

参考文献

[1] 高木健志. (2006). うつ病患者に対するソーシャルワーク介入の可能性. 川崎医療福祉学会誌, 16(1), 129-132.
[2] 阿部香澄, 塩見昌裕, 粕谷美里, & 長井隆行. (2021). 未就学児育児におけるロボット・AI の社会受容性と期待. 日本ロボット学会誌, 39(4), 371-374.
[3] Hill, D., Ameenuddin, N., Reid Chassiakos, Y. L., Cross, C., Hutchinson, J., Levine, A., ... & Swanson, W. S. (2016). Media and young minds. Pediatrics, 138(5).
[4] 阿部香澄. (2022). ポストコロナ時代に活躍する遠隔保育技術. 計測と制御, 61(3), 227-230.
[5] 音声会話型おしゃべり AI アプリ Cotomo, https://cotomo.ai/, アクセス 2024.4.21.
[6] Benesse and Softbank Robotics, こどもちゃれんじ 35 周年特別企画 AI「しまじろう」, https://shimajiro.benesse.ne.jp/cp/35th/, アクセス 2024.4.21.
[7] 白井宏美. (2022). 談話研究の知見に基づく対話システムの現状と課題. 日本音響学会誌, 78(5), 277-282.
[8] 天野成昭，近藤公久，加藤和美 (2008):NTT 乳幼児音声データベース（INFANT）. 国立情報学研究所 音声資源コンソーシアム. (データセット). https://doi.org/10.32130/src.INFANT

創造活動における複数名間の相互作用過程の定量化手法の提案：交差再帰定量化解析を用いた動的過程の可視化

Synchronized Arousal between Dancer and Audience in Breakdance Battle Scenes

清水 大地[†]，岡田 猛[‡]，亀山 淳史郎[†]，鷲尾 和彦[†]，佐藤 悠[†]
Daichi Shimizu, Shuhei Tsuchida, Ayumi Ohnishi, Tsutomu Terada, Masahiko Tsukamoto
[†]神戸大学，[‡]東京大学,
Kobe University, The University of Tokyo, SIGNING
d-shimizu@people.kobe-u.ac.jp

概要

本研究では，複数名で営まれる創造活動において生じる相互作用過程を可視化・定量化する解析を提案し，その有用性を実際のデータを対象に検討した．提案した手法は，交差再帰定量化解析と呼ばれる，力学系の非線形時系列解析の一種である．洞察問題やアイデア生成課題、絵画制作場面を対象に検討を行った結果，提案した手法により，1）創作者間の潜在的な相互作用過程を抽出出来る可能性，2）フェイズ間の動的な変化を直接的に比較出来る可能性，3）多様な場面を対象に適用出来る可能性，が示唆された．

キーワード : 創造性，相互作用過程，CRP/CRQA，可視化・定量化

1. はじめに

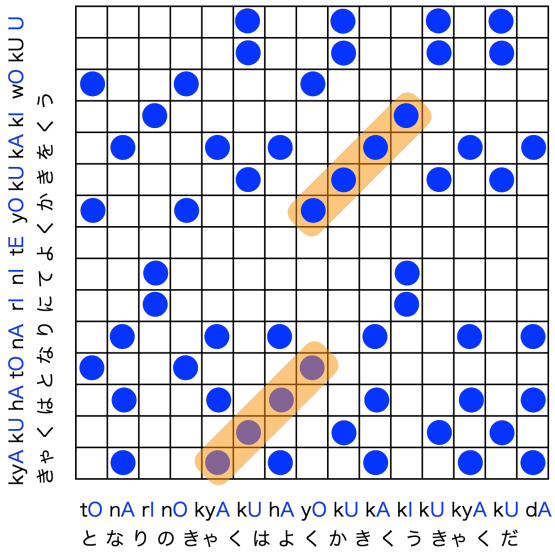
本研究は、複数名の人々により営まれる創造活動において生じる相互作用過程を可視化・定量化する解析手法を提案し、その有用性を実際の創造活動のデータを対象に検討する。複数名で営む創造活動の重要性やその際に生じる相互作用の重要性は、経験的にも認識されており（e.g., Bailey, 1980）、心理学・認知科学において様々な研究で検証されてきた（e.g., Okada & Simon, 1997; 清河ら，2007）。また、5A’s framework（Glaveanu, 2013）や Psychological model of inspiration for art-making through art appreciation（Ishiguro & Okada, 2021）など、近年提案されている様々な創造性の枠組み・モデルにおいても、活動を営む個人の認知・性格特性、活動が行われる周囲の物理的環境等に加え、他の活動者・観客・他者作品などとの社会的関わり合いの特徴や過程に着目する必要性が指摘されてきた。

以上の研究が主張するように、創造活動における人々の相互作用やその過程の検証の必要性が強く認識される一方、上記の相互作用過程を一貫した形で可視化・定量化して扱うことには、常に困難さが付き纏ってきた。実際、これまでの創造性研究において、相互作用の過程自体を定量的に検証した研究は限られており、ケースによるプロセスの仔細な分析が主流である（e.g., Sawyer, 2006）。加えて、その仔細な検討を妨げるより大きな障壁と考えられるのが、各分析の題材依存性である。例えば、相互作用過程に関する定量的検討を行った研究においても、そのほとんどにおいて各研究で対象とする創造活動・題材に特化した手法で検討が行われてきた（例えば、清河ら，2007 における T パズルの問題解決場面における制約からの逸脱回数、Okada & Simon, 1997 における科学的発見における探索空間の分類、清水・岡田，2013 におけるブレイクダンスにおける具体的なダンスステップの分類）。ここには、創造活動という複雑で抽象的な認知・身体行為の営みを定量的に抽出すること、さらにその複数名間の各時系列における対応関係とその変遷を図・数値として可視化・定量化する技術的困難さが存在することが推測される。

以上を踏まえ、本研究では創造活動における複数名の人々の相互作用過程を可視化・定量化して捉える汎用的な解析手法の提案を目指す。提案する手法は、非線形時系列解析の一種である交差再帰定量化解析（Cross Recurrence Plot, Cross Recurrence Quantification Analysis、以降 CRP、CRQA と記載）を応用したものである。

2. 交差再帰定量化解析

CRP/CRQA は、連続値・離散値・二値等の多様な値を取る 2 つの時系列間の対応関係（同期・協調）の可視化・定量化を目指し、提案された解析である（Marwan, 2008; Webber et al., 2009）。そこでは、一方の時系列を横軸（参加者 A の発言のカテゴリー分類など）、他方の時系列を縦軸（参加者 B の発言のカテゴリー分類など）に並べた正方形プロットを作成し、2 つの時系列が類似/同一の値を示した点のみを塗り潰す（図 1）。以上の手続きにより生成された図が CRP であり、この図を観察することで 2 者間の発話や身体行為の時間変遷も含めた対応関係の全体像を捉えることが可能となる。そし



%REC（%Recurrence）：実際の再帰点の数/可能な再帰点の数
55/225（15×15）= 0.24→24 %
%DET（%Determinism）：対角線と平行な再帰点の数/実際の再帰点の数
33/50 = 0.66→66 %
MaxL（Max Line）：斜め線の最大の長さ
4
L（Mean Line）：斜め線の平均の長さ
2.54

図 1. Cross Recurrence Plot（上）と Cross Recurrence Quantification Analysis（下）の概要. 児玉ら（2021）を参考に作成

て、主に塗り潰した点の全体比率（%REC）、塗り潰した点が連続して続く斜め線の頻度（%DET）、斜め線の最大の長さ（Max Line）、斜め線の平均の長さ（Line）などの指標を図より抽出・検討し、2 者間の発話や身体行動の対応関係（同期・協調の生起頻度・継続程度）を定量化する（図 1、e.g., Zbilut & Webber, 1998）。

本解析の特徴は、連続値に加えて、特定事象の生起の有無（例：発話の有無、特定行為の有無）を表す 2 値データや生起した事象の種類（例：発話の内容、行為の内容）を表すカテゴリカルデータなど、題材に限定されない多様な認知・身体・生理のデータに対して直接適用出来る点にある。つまり、複雑に営まれる創造活動において、潜在・顕在双方の過程を経て生成される発話や身体行為、生理反応の生起・内容に関する、複数名間の対応関係とその変化を時間に沿って可視化・定量化出来る。よって創造活動において生じる複数名間の相互作用過程の様相とその時間変化を、多様なデータについて広く可視化・定量化可能と考えられた。また、創造活動が休憩・日にちを跨ぎ複数フェーズに渡って営まれる際には、フェーズごとに生成した CRP を直接比較することでその間の変化も可視化・検討可能となる。なお、細かな数式等の仔細な情報については、以下の文献を参照いただきたい（Marwan, 2008; 清水ら, 2024; Webber et al., 2009）。

3. 多様な創造活動への適用

以降では、上記の解析（CRP/CRQA）を創造性研究でしばしば取り上げられてきた活動に適用し、その有効性を検討する。

3. 1. 洞察問題への適用

まず、ペアで洞察問題に取り組む場面を対象とした。洞察問題は、その解決に至る際に問題解決を妨げる制約の緩和を必要とし、本人の主観において解決方法の突発的な生成体験が生じる問題解決の一種である（開・鈴木, 1998; 清河ら, 2007）。本研究では、この洞察問題の一種として T パズル（開・鈴木, 1998）を利用し、2 名の参加者が協働して問題を解決する過程を検討した。なお T パズルでは、①五角形のパーツ A の窪みを埋めようとする傾向（制約）、②パーツ A またはパーツ B を縦・横に並べようとする傾向（制約）が生じて問題解決が阻害されること、失敗を繰り返す中でそれら制約が徐々に緩和し、回答に近いパーツ A を斜めに置く頻度が増加することが示唆されてきた（開・鈴木, 1998）。

参加者は、大学生 2 名（女性 2 名、年齢は共に 22 歳）である。時間制限を 25 分とし、課題に取り組んだ。2 名とも過去 T パズルに取り組んだ経験を有さない。

結果の概要を記す。対象としたペアは 16 分 30 秒（990 秒）で解決に至っていた。また、問題解決中の 2 名の発話を確認したところ、ペア 1、2 共に解決に至る直前までパーツ A を斜めに置く重要性には顕在的には気づいていない様子が伺われた。実際、14 分 40 秒（880 秒）にその重要性に関する発言が初めて見られた。

そして、各参加者のパーツの操作行為に着目し、その対応関係を CRP/CRQA により可視化・定量化した。結果を図 2、3 に示す。まず各参加者のパーツ操作を、①：その他、②：パーツ A、B を縦または横に置く、③パーツ A の窪みを埋める、④パーツ A を斜めに置く、の 4 種類に分類し、カテゴリカルな時系列データを作成した（図 2）。前述した通り、②③の操作が制約に囚われた操作、④の操作が制約から外れた操作である。分類は ELAN（Max Plank Institute）を用いて、1 秒ごとに映像から同定した。そして、参加者 1 のデータを横軸、参加者 2 のデータを縦軸に並べ、共通のカテゴリが生起したマス目を異なる色で塗り潰し、CRP を作成した（黄

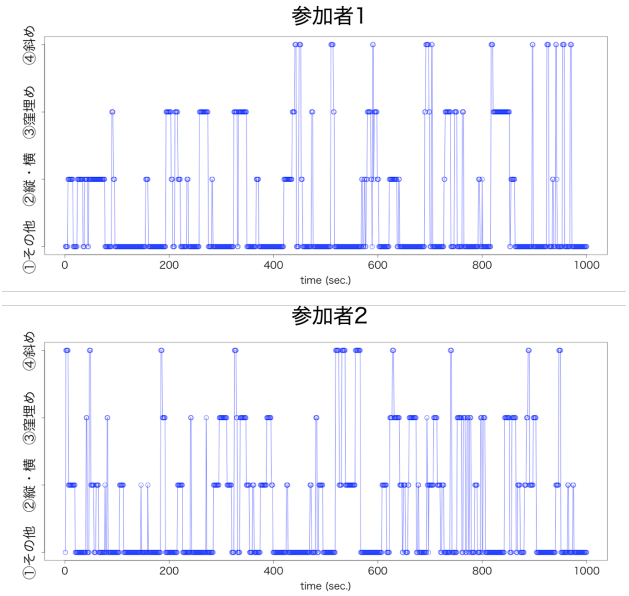
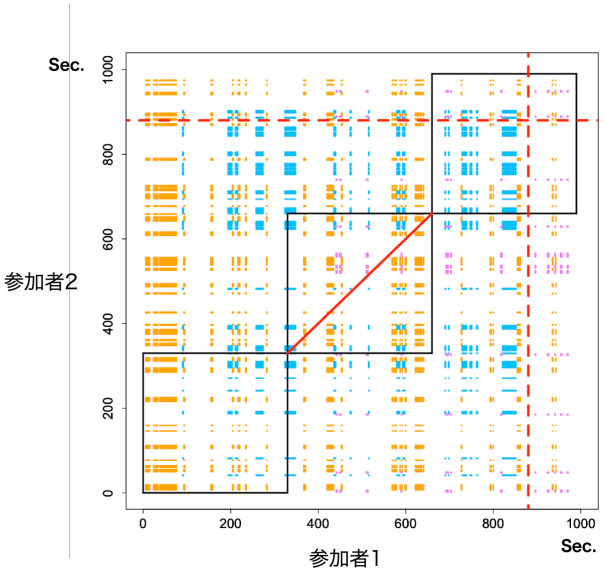


図 2. 洞察問題における各参加者のパーツ操作のカテゴリカル時系列データ

色：パーツ A・B の縦横操作、青色：パーツ A の窪み埋め操作、紫色：パーツ A の斜め置き操作)。なお、塗りつぶしの色をカテゴリごとに調整する手法は、著者らの知る限り本研究が初めて行った試みである。また、取り組み全体を 3 フェイズ（330 秒ごと）に分割し、各フェイズを比較した。また、パーツ A を斜めに置く重要性に参加者が明確に気づいた時点を、赤の点線の交点で表した（880 秒)。

以下、CRP の定性的解釈を記す。図 3 上より、フェイズ 1 では、②③の制約に囚われたパーツ操作が量産化者に共通して多く見られ、④の制約から逸脱したパーツ操作については共通した形では全く営まれていない。一方で、各参加者の時系列データ（図 2）では、参加者 2 が④の操作をフェイズ 1 の最初に数回行っていた。これは、参加者 2 単独では制約から逸脱したパーツ操作をしばしば（潜在的に）行っていた一方、その操作を他方の参加者 1 が引き継いだり発展させたりはしていないことを示す。次に、フェイズ 2 を確認する。フェイズ 2 では、斜め置きの重要性に顕在的に気づくかなり前の段階(331 秒ー660 秒)であるにも関わらず、④の制約から逸脱したパーツ操作が両参加者で共通して営まれた様子が見られた（図 3 上の紫プロット)。一方で、フェイズ 2 の正方形を対角線で区切った場合（赤の斜線)、左上側にこの紫プロットが集中している。これは、参加者 1 のリード関係を示す結果であり、まず参加者 1 が④の操作を行い、それに少し遅れる形で参加者 2 が④の操作を行っていたことを示す。一方で、



②パーツA・Bの縦・横操作（黄色）

	RR	DET	maxL	L	ENTR
フェイズ1	4.72	92.66	13	4.94	2.13
フェイズ2	3.99	92.13	16	3.62	1.67
フェイズ3	0.84	77.78	8	2.83	1.24

③パーツAの窪み埋め操作（青色）

	RR	DET	maxL	L	ENTR
フェイズ1	1.18	92.02	15	3.79	1.63
フェイズ2	1.47	93.81	12	4.35	1.97
フェイズ3	3.74	95.11	13	4.39	1.98

④パーツAの斜め置き操作（紫色）

	RR	DET	maxL	L	ENTR
フェイズ1	0	NA	0	0	NA
フェイズ2	0.35	91.53	5	2.98	1.27
フェイズ3	0.25	82.22	4	2.49	0.87

図 3. 上：洞察問題における参加者 2 名のパーツ操作の対応関係（CRP)．両参加者間で共通して見られた部分を色のプロットで示す（黄色：②パーツ A・B の縦横操作、青色：③パーツ A の窪み埋め操作、紫色：④パーツ A)。赤の点線の交点は、④の操作の重要性に両参加者が顕在的に気づいたタイミング（880 秒）を示す．赤の斜線はフェイズ 2 の動作のリード・フォロー関係を区分するための対角線を示す．下：2 名のパーツ操作の対応関係の定量化指標の各フェイズの値（CRQA)．

右下にこのプロットが見られないことから、参加者 2 が④の操作を行い、参加者 1 がそれを引き継ぐという逆方向の関係は確認されなかった。フェイズ 2 の④の操作は、参加者間で双方向に影響を与え合いつつ行われることはほとんど無く、ある参加者から他の参加者に一方向に引き継がれる形で行われていた。最後に、フェイズ 3 では、制約の一種である②の操作（黄色）を共通して営む頻度が他フェイズと比べて大きく減少し

た様子、④のパーツ操作の重要性に参加者らが顕在的に気づくタイミング（880 秒）の前から④の操作（紫のプロット）が時折確認される様子、が見られた。さらに④の重要性に気づいた後では、ほぼ④の共通操作（紫プロット）のみが確認され、また対角線の左上・右下双方にプロットが確認された。以上は、④の操作の顕在的な発見後では、主に④の操作のみが両者の間で共通して行われること、参加者 1 が行った操作を参加者 2 が引き継ぐ形と参加者 2 が行った操作を参加者 1 が引き継ぐ形との、双方向に影響を受けつつ操作が営まれたことを示す結果である。

なお、以上の結果は、CRP の定量化手法である CRQA（図 3 下）を確認した場合も、同様の傾向が確認された。表の数値より、②のパーツ操作がフェイズ 1、2 で活発に営まれる一方で、フェイズ 3 で著しく減少する様子、④のパーツ操作がフェイズ 1 では全く営まれず、フェイズ 2、3 で相対的に多く営まれる様子が確認された。特に、制約の顕在的な気づきよりも前に潜在的に動作レベルでそのやり取りを行っていた様子、このやり取りを潜在的に行った際と顕在的に行った際とでは、参加者間の対応の方向性が異なる様子（潜在時では一方向、顕在時では双方向）を抽出出来た点に、本解析の意義が存在する。

3．2．他の課題への適用

紙面の都合上仔細は省略するが、本研究では、他にペアでアイデア生成課題に取り組む場面（創造的な美術館の提案）、4 名 1 組のグループで絵画制作を行う場面の 2 つを対象とし、CRP/CRQA を適用している。例えば、アイデア生成過程では、アイデアの検討内容（複数の観点）の大まかな変遷とその統合の様相を CRP/CRQA により可視化・定量化することが出来ている。以上の結果についても、発表においては仔細に説明を行う予定である。

4. 今後の展望と課題

以上のように本研究では、複数名による創造活動の相互作用過程に CRP/CRQA を適用する有効性を具体的な事例と共に示した。一方で、今後検討を継続すべき点、発展して検討を行うべき点が複数存在するのも事実である。例えば、有意性検定を可能とする人数を対象にした検討を行う点、相互作用過程の定量化指標の値と、生成された創作物の特徴や評定（e.g., Finke et al., 1996 の新奇性・有用性評定）との関係を回帰モデルや線形混合モデル等により表現して相互作用過程の影響を検討する点、実験・フィールド双方を含む多様な創造活動場面に適用して有効性の検討を行う点を、今後の展望として挙げることが出来る。

文献

Bailey, D. (1980). Improvisation. Nottingham: Moorland Publishing.

Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M. (1996). Creative cognition: Theory, research, and applications. MIT press.

Glăveanu, V. P. (2013). Rewriting the language of creativity: The Five A's framework. Review of general psychology, 17(1), 69-81.

開一夫・鈴木宏昭. (1998). 表象変化の動的緩和理論: 洞察メカニズムの解明に向けて. 認知科学, 5(2), 2_69-2_79.

Ishiguro, C., & Okada, T. (2021). How does art viewing inspires creativity?. The Journal of Creative Behavior, 55(2), 489-500.

清河幸子・伊澤太郎・植田一博. (2007). 洞察問題解決に試行と他者観察の交替が及ぼす影響の検討. 教育心理学研究, 55(2), 255-265.

児玉謙太郎・清水大地・安田和弘 (2021). 非線形時系列解析による動作の質の評価と表現: 医療・スポーツ分野への応用. バイオメカニズム学会誌, 45(4), 227-238. https://doi.org/10.3951/sobim.45.4_227

Marwan, N. (2008). A historical review of recurrence plots. The European Physical Journal Special Topics, 164(1), 3-12.

Okada, T., & Simon, H. A. (1997). Collaborative discovery in a scientific domain. Cognitive science, 21(2), 109-146.

Sawyer, R. K. (2006). Educating for innovation. Thinking skills and creativity, 1(1), 41-48.

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

清水大地・児玉謙太郎・岡﨑俊太郎・藤原健. (2024). シンクロする人々: 個人間の身体的同期に関する解析手法のレビュー. 認知科学, 2023-063.

Webber Jr, C. L., Marwan, N., Facchini, A., & Giuliani, A. (2009). Simpler methods do it better: Success of Recurrence Quantification Analysis as a general purpose data analysis tool. Physics Letters A, 373(41), 3753-3756.

Zbilut, J. P., Giuliani, A., & Webber Jr, C. L. (1998). Detecting deterministic signals in exceptionally noisy environments using cross-recurrence quantification. Physics Letters A, 246(1-2), 122-128. https://doi.org/10.1016/S0375-9601(98)00457-5

ダンスが不安および抑うつに及ぼす影響：身体感覚の媒介効果に着目した検討
Effect of dance on anxiety and depression: Focusing on the mediating effect of body awareness

酒井 美鳥[†]，清河 幸子[‡]，溝川 藍[†]
Midori Sakai, Sachiko Kiyokawa, Ai Mizokawa
[†]名古屋大学，[‡]東京大学
Nagoya University, The University of Tokyo
sakai.midori.r5@s.mail.nagoya-u.ac.jp

概要
本研究の目的は，身体感覚の媒介効果に着目して，ダンスをすること自体が不安および抑うつを軽減するメカニズムを明らかにすることである．参加者はダンス動画を見ながら踊る条件 (実施群) と，ダンス動画を視聴するのみの条件 (視聴のみ群) に無作為に割り当てられ，約 15 分の介入が行われた．その結果，ダンスをすること自体が不安および抑うつを軽減し，そのメカニズムとして身体感覚のひとつである身体感覚受容感が媒介している可能性が示唆された．

キーワード：ダンス，身体感覚，不安，抑うつ

1. 問題と目的

ダンスをすることは心理的健康にポジティブな影響をもたらすことが明らかとなっている (Koch et al., 2019)．また，ダンスは運動と音楽を伴うことが一般的であるが，ダンスは他の運動や単に音楽を聴くことよりも抑うつの軽減効果が大きいことが示唆されている．例えば，ダンスは他の運動介入よりもうつ病の改善効果が大きいことや (Noetel et al., 2024)，同強度のストレッチ (Ho et al., 2020) や自転車こぎ (Koch et al., 2007)，またダンスと同じ音楽を座って聞くだけ (Koch et al., 2007) では見られなかった抑うつ軽減効果が，ダンス群でのみ確認されたことなどが報告されている．しかしながら，Ho et al. (2020) と Koch et al. (2007) では，ダンス群は，他の条件群よりも積極的に他者との交流が行われていたため，他者交流をしたことの影響が交絡していた可能性がある．ダンスが抑うつの軽減に効果的であるメカニズムを解明するためには，ダンスをすること自体の影響，つまり，他者交流のない状況でダンスの効果を検証する必要がある．

ダンスをすること自体にも心理的健康を高める可能性がある．より具体的には，ダンスをすることによって身体感覚が向上し，そのことが心理的健康を高める可能性が考えられる．ダンスは左右非対称な動作や，曲線的な軌道の動作など，複雑な動作が多用される．このような非日常的かつ複雑な動作により，普段とは異なる自分の身体に対する認知的な感覚，すなわち身体感覚が喚起され，身体感覚が高まることが予想される．

身体感覚にはいくつかの側面があるが，代表的なものとして，身体所有感，身体感覚受容感，身体的マインドフルネスがある．身体所有感とは自分の身体をどの程度自分のものであると感じられるかという感覚である．身体感覚受容感は，「世界と身体が交叉している共通の根にかかわる根源的な感覚」 (田所，2009) と定義されているが，自分の身体をどの程度ポジティブまたはネガティブに感じているかの感覚である．身体的マインドフルネスとは，身体感覚をどれだけ敏感に感じ取れるかという感覚に対する敏感さである．これらの身体感覚は，心理的健康と関連していることが示されてきている (身体所有感：Löffler et al., 2020；身体感覚受容感：田所，2010；マインドフルネス：前川・越川，2015)．このことから，ダンスをすることによって身体感覚が高まり，その結果として心理的健康が高まると予想される．

以上から本研究は，ダンスをすること自体が心理的健康へ及ぼす影響について，身体感覚の媒介効果に着目して検証する．心理的健康の一側面として，本研究では不安と抑うつを取り上げる．ダンスを実施する条件 (実施群) と，実施群にお手本として提示するダンス動画と同じものを，座って視聴するだけの統制条件 (視聴のみ群) を設定し，比較する．本研究では，具体的に，以下の 2 つの仮説を検証する．第一に，ダンスをすること自体は，不安と抑うつにポジティブに作用すること．第二に，ダンスによる不安と抑うつの軽減は身体感覚の高まりが媒介することである．

2. 方法

2. 1 参加者

習慣的にダンスを行っていない大学生または大学院生130名が実験に参加した (*Mage*＝20.09，*SD*＝1.59). 参加者はランダムに, ダンスを実施する群 (実施群) またはダンス動画を見るだけの群 (視聴のみ群) に割り振られた (各群 65 名).

2.2 尺度

不安および抑うつを測定する尺度として福井 (1997) の Depression and Anxiety Mood Scale (DAMS) と，不安を測定する尺度として肥田野他 (2022) の新版 STAI-1 を用いた. DAMS は 9 項目 7 件法の尺度, STAI-1 は 20 項目 4 件法の尺度であった.

身体感覚を測定する尺度として, 身体所有感, 身体感覚受容感尺度 (田所，2009)，状態マインドフルネス尺度 (Tanay & Bernstein，2013) を用いた. 身体所有感は自身の身体に対してどの程度自分自身のものであると感じるかを測定するもので，両腕，両脚，胴体の 3 か所についてそれぞれ VAS を用いて 0–100 の範囲で回答を求めた. 身体感覚受容感尺度は自身の身体の質的な状態 (例: 生き生きとした―絶望的な) について測定するもので，SD 法 13 項目 5 件法の尺度である. 状態マインドフルネス尺度は精神事象因子と身体事象因子の 2 因子で構成される 21 項目 7 件法の尺度である. 本研究では身体感覚に対する敏感さを測定する目的で，身体事象因子の 6 項目のみを日本語に訳して使用した.

2.3 手続き

実験室で個別実験を行った. 参加者は最初に, 不安および抑うつ，身体感覚を測定する尺度から構成されるアンケートに回答した (課題前).

続いて, ダンス課題を行った. 両群とも，ダンスの内容に慣れるためにダンス動画 (2 種類，計約 8 分) を視聴した. その後, 実施群はダンス動画を見ながら真似して動くように教示され，動画群は再度ダンス動画を視聴した. ここでは, 2 種類のダンス動画がそれぞれ 2 回ずつ連続で再生された (計約 15 分).

ダンス課題終了後，参加者は再度アンケートに回答した (課題後). 課題後のアンケートは，課題前のアンケート内容に加えて，課題に対する楽しさ・恥ずかしさ・達成度 (それぞれ 5 件法)，今回の課題に限らずダンスが好きか･得意か (それぞれ 5 件法), ダンス経験, 年齢についての質問を含むものであった.

3. 結果

群ごとの各尺度の得点の平均値を表 1 に示す. DAMS は福井 (1997) に基づき，不安因子 3 項目の平均点を DAMS 不安得点とし，残りの 2 因子から算出された得点を DAMS 抑うつ得点とした.

表1 群ごとの各尺度の得点の平均

	実施群		視聴のみ群	
	課題前	課題後	課題前	課題後
DAMS不安	3.77 (1.61)	1.95 (1.15)	3.82 (1.44)	2.71 (1.30)
DAMS抑うつ	3.37 (1.05)	2.21 (0.70)	3.23 (0.97)	2.77 (1.05)
STAI不安	2.14 (0.47)	1.78 (0.37)	2.08 (0.44)	1.89 (0.45)
身体所有感	85.92 (14.29)	90.17 (11.54)	89.16 (13.42)	87.49 (13.80)
身体感覚受容感	3.59 (0.61)	4.05 (0.45)	3.81 (0.55)	3.90 (0.59)
身体的マインドフルネス	4.75 (0.74)	5.54 (0.82)	4.69 (0.80)	5.25 (0.70)

註:括弧内は標準偏差

3.1 分散分析の結果

条件が各得点に及ぼす影響を検討するため，DAMS 不安得点，DAMS 抑うつ得点，STAI 不安得点，身体所有感得点, 身体感覚受容感得点, 身体的マインドフルネス得点の 6 つの従属変数について，時期 (課題前／課題後：参加者内) ×条件 (実施／視聴：参加者間) の 2 要因混合計画の分散分析を行った. 多重検定を実施するにあたり，全体としての有意水準が.05 となるよう，各検定における有意水準 α を.008 とした.

3.1.1 DAMS 不安 時期の主効果 ($F(1, 128) = 139.54$, $p < .001$, $\eta^2 = .52$) と交互作用が有意であった ($F(1, 128) = 8.42$, $p = .004$, $\eta^2 = .06$) が，条件の主効果は有意ではなかった ($F(1, 128) = 3.66$, $p = .058$, $\eta^2 = .03$). 単純主効果の検定の結果, 実施群, 視聴のみ群ともに課題前よりも課題後の方が得点が低く (実施群：$t(128) = 10.41$, $p < .001$, $d = 1.31$; 動画群：$t(128) = 6.30$, $p < .001$, $d = 1.06$), 実施群の方が変化が大きかった.

3.1.2 DAMS 抑うつ 時期の主効果 ($F(1, 128) = 77.21$, $p < .001$, $\eta^2 = .38$) と，交互作用 ($F(1, 128) = 14.63$, $p < .001$, $\eta^2 = .10$) が有意であったが，条件の主効果は有意ではなかった ($F(1, 128) = 2.35$, $p = .128$, $\eta^2 = .02$). 単純主効果の検定の結果, 実施群, 視聴のみ群ともに課題前よりも課題後の方が得点が低く (実施群：$t(128) = 8.92$, $p < .001$, $d = 1.22$; 動画群：$t(128) = 3.51$, $p = .001$, $d = 0.64$), 実施群の方が変化が大きかった.

3.1.3 STAI 不安 時期の主効果 ($F(1, 128) = 37.06$, $p < .001$, $\eta^2 = .23$) のみ有意で，課題前よりも課題後の方が得点が低かった (条件の主効果：$F(1, 128) = 0.09$, $p = .767$, $\eta^2 = .00$; 交互作用：$F(1, 128) = 3.32$, $p = .071$, $\eta^2 = .03$).

3.1.4 身体所有感 交互作用 ($F(1, 128) = 7.75$, $p = .006$,

η^2 = .06) のみ有意であった (条件の主効果：$F(1, 128) = 0.02, p = .892, \eta^2 = .00$；時期の主効果：$F(1, 128) = 1.46, p = .229, \eta^2 = .01$). 単純主効果の検定の結果，実施群は課題前よりも課題後の方が得点が高かった ($t(128) = 2.82, p = .006, d = 0.32$). 一方で，視聴のみ群は課題前後で有意な差はみられなかった ($t(128) = 1.11, p = .267, d = 0.17$).

3.1.5 身体感覚受容感 時期の主効果 ($F(1, 128) = 26.99, p < .001, \eta^2 = .17$) と交互作用 ($F(1, 128) = 12.47, p = .001, \eta^2 = .09$) が有意であったが，条件の主効果は有意ではなかった ($F(1, 128) = 0.19, p = .665, \eta^2 = .00$). 単純主効果の検定の結果，実施群は課題前よりも課題後の方が得点が高かった ($t(128) = 6.17, p < .001, d = 0.83$) のに対して，視聴のみ群は課題前後で有意な差はみられなかった ($t(128) = 1.18, p = .241, d = 0.21$).

3.1.6 身体的マインドフルネス 時期の主効果 ($F(1, 128) = 95.13, p < .001, \eta^2 = .43$) のみ有意で，課題前よりも課題後の方が得点が高かった (条件の主効果：$F(1, 128) = 2.29, p = .113, \eta^2 = .02$；交互作用：$F(1, 128) = 2.78, p = .098, \eta^2 = .02$).

3.2 多母集団同時分析の結果

時期を母集団とする多母集団同時分析により，条件から不安および抑うつへの直接効果と，身体感覚を媒介した効果を検討した (図 1). その結果, 課題前には条件と身体感覚受容感に関連があったが，課題後には関連はみられなかった. また, 課題前には条件とマインドフルネスに関連はみられず，課題後には関連がみられた. 課題前, 課題後ともに, 身体感覚受容感は不安および抑うつと関連があった.

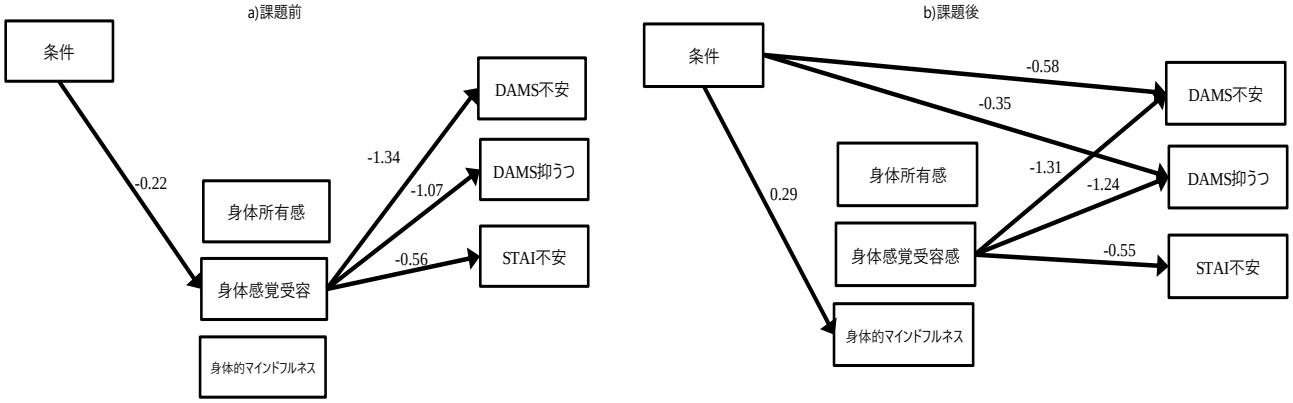
4. 考察

本研究の目的はダンスをすること自体が心理的健康へ及ぼす影響について，身体感覚の媒介効果に着目して検証することであった. 分散分析の結果から,「ダンスをすること自体が不安と抑うつにポジティブに作用する」という仮説 1 は支持された. また，多母集団同時分析の結果から、「ダンスによる不安と抑うつの軽減には身体感覚の高まりが媒介する」という仮説 2 は，部分的に支持された.

仮説 1 について，本研究では不安を 2 つの尺度を用いて測定したが, 尺度間で異なる結果となった. DAMS 尺度の不安得点では，実施群は視聴のみ群よりも大きな軽減を示した. 一方で，STAI 尺度の不安得点では，群間の違いは有意でなかった. 尺度間で結果が異なった理由として，項目内容の違いが影響した可能性が考えられる. DAMS 尺度の項目は「不安な」「気がかりな」など, 特定の対象を想起させない, 身体感覚的観点での不安を測定する内容であった. 一方 STAI 尺度の項目には「ためらっている」,「なにか良くないことが起こるのではないかと心配している」といった, 不安を喚起させる対象を意識させるような，認知的観点での不安と解釈できる項目が含まれていた. つまり，DAMS 尺度の不安得点で群間に影響の差がみられたのは，群間の身体感覚の差が反映されたからである一方，STAI 尺度の不安得点は，身体感覚の差が反映されないものであったためではないだろうか.

仮説 2 については，本研究では身体感覚として身体所有感, 身体感覚受容感, 身体的マインドフルネスの 3 つの指標を用いて検討した. その結果, 身体所有感と身体感覚受容感は実施群のみ高まったが，身体的マインドフルネスは実施群，視聴のみ群ともに高まるという結果であった. 視聴のみ群でも身体的マインドフルネスが高まったという結果は, 予想に反していた. 視聴のみ群で身体的マインドフルネスが高まった理由として, 教示内容の影響が考えられる. 視聴のみ群の参加者は,

図1 条件，身体感覚，不安および抑うつの関連



ダンス動画視聴時に,「この後踊るつもりで見てください. ですが, ダンス動画を見ている間はできるだけ手足は動かさないようにしてください」と教示されていた. したがって, 視聴のみ群の参加者は. 自分が実際にダンスをすることを頭の中でイメージしていたために, 身体感覚が敏感になり, その結果, 身体的マインドフルネスが高まった可能性がある, 教示によって操作される視聴の構えによって身体的マインドフルネスへの影響が異なるかどうかについては, 今後, さらなる検討が必要がある.

身体感覚の媒介効果としては, 課題前, 課題後ともに, 身体感覚受容感は不安および抑うつと関連があることが示された. 条件から身体感覚へのパスを見ると, 課題前には条件と身体感覚受容感に有意な関連があるが, 課題後には有意な関連が示されていない (図 1). これは, 課題前には, 実施群の身体感覚受容感が視聴のみ群よりも低かったものが, 課題後に向上した結果として, 差が消失したことを反映していると解釈できる.

今後は, ダンスをすること自体が心理的健康に及ぼす影響について, 身体感覚の向上とは別のメカニズムを考慮した上で検討する必要がある. 本研究の多母集団同時分析の結果によると, 課題後に, 条件と不安および抑うつに直接的な関連が示された. これは, 身体感覚の媒介効果とは別の要因が不安および抑うつを軽減したことを意味している. 別の要因として, 創造性が関与していた可能性がある. すなわち, 手本のダンスを自分の身体で再現するという再創造や, 音楽から受ける印象を身体動作として表現するといった創造的行為とその自己受容が自信を高め, 不安および抑うつを軽減したかもしれない. 創造性は, ダンスの特性の一つでもあり (Basso et al., 2021), 他の運動と区別される重要な違いでもある. したがって, 次の課題として, ダンスをすること自体が心理的健康へ及ぼす影響のメカニズムについて, ダンスの創造性の観点から検討することが必要とされる.

文献

Basso, J. C., Satyal, M. K. & Rugh, R. (2021). Dance on the Brain: Enhancing Intra- and Inter-Brain Synchrony. *Frontiers in Human Neuroscience*, *14*:584312. https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.584312

福井 至 (1997). Depression and Anxiety Mood Scale (DAMS) 開発の試み 行動療法研究, *23*(2), 83-93.

肥田野 直・福原 眞知子・岩脇 三良・曽我 祥子・Spielberger, C.D. (2022). 新版 STAI 実務教育出版

Ho, R. T. H., Fong, T. C. T., Chan, W. C., Kwan, J. S. K., Chiu, P. K. C., Yau, J. C. Y. & Lam, L. C. W. (2020). Psychophysiological effects of dance movement therapy and physical exercise on older adults with mild dementia：A randomized controlled trial. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences, 75*(3), 560–570.

Koch, S. C., Morlinghausb, K. & Fuchs, T. (2007). The joy dance specific effects of a single dance intervention on psychiatric patients with depression. *The Arts in Psychotherapy, 34*, 340–349.

Koch, S. C., Riege, R. F. F., Tisborn, K., Biondo, J., Martin, L. & Beelmann, A. (2019). Effects of dance movement therapy and dance on health-related psychological outcomes. A meta-analysis update. *Frontiers in Psychology, 10*, 1806. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01806

Löffler, A., Kleindienst, N., Cackowski, S., Schmidinger, I. & Bekrater-Bodmann, R. (2020). Reductions in whole-body ownership in borderline personality disorder : A phenomenological manifestation of dissociation, *Journal of Trauma & Dissociation*, *21*(2), 264-277. https://doi.org/10.1080/15299732.2019.1678213

前川 真奈美・越川 房子 (2015). 6 因子マインドフルネス尺度 (SFMS) の開発 健康心理学研究, *28*(2), 55-64.

田所 まり子 (2009). 身体感覚受容感尺度作成の試み：尺度の開発と信頼性・妥当性の検討 健康心理学研究, *22*(1), 44-51.

田所 まり子 (2010). 大学生における身体感覚と心理的 Well-being との関連 健康心理学研究, *23*(1), 42-51.

Tanay, G. & Bernstein, A. (2013). State mindfulness scale (SMS) : development and initial validation *Psychological Assessment*, *25*(4), 1286-1299. https://doi.org/10.1037/a0034044

生成 AI は人間のように信頼されるべきか？
—生成 AI によるフィードバックに対する大学生の見解—
Should artificial intelligence be trusted as humans?
—Perspectives towards trust issues of generative AI feedback by university students—

大滝 文一[†]，大島 律子[†]，大島 純[†]
Bunichi Otaki, Ritsuko Oshima, Jun Oshima
[†]静岡大学
Shizuoka University
otaki.bunichi.23@shizuoka.ac.jp

概要

本研究では，AI と人間の教員によるフィードバック（FB）に対する学生の認識を，信頼と学びのメタファの観点から議論することを目的とした．データ収集として，スウェーデンの大学で学部生と修士学生を対象にフォーカス・グループ・インタビューを実施し，再帰的テーマティック分析を行った．結果から，生成 AI は獲得メタファに基づく文法やスペル修正における能力信頼を獲得し得るが，人間の教員は参加メタファに紐づく，関係性や時間軸を伴うコミュニケーション信頼を得ている観点を考察した．

キーワード：人工知能, 学習，メタファ

1. はじめに

2022 年以降，生成 AI 技術の基盤となる大規模言語モデルが急速に発展し，高等教育における学習機会への活用が積極的に模索されている．UNESCO の報告書[1]では, 高等教育場面における生成 AI の様々な役割を擬人的なメタファで表現することで，人間の教師や学生同士が担ってきた役割を AI に付与するなど，AI と人間との協調的な学びが期待されている．具体的には，議論を活性化させる「ソクラテス的な対話相手（Socratic opponent）」, あるいは共同作業における課題解決を促進する「協働コーチ（collaborative coach)」など，従来は人間の教師や学生同士が担ってきた役割を，AI が擬人的なメタファを付与された形で担うことが期待されているという点が注目に値する．

一方で, 人工知能と脳・認知科学間における学問領域間の言語交差において，conceptual borrowing のプロセスで生まれる悪影響を懸念する考えもある．例えば Floridi and Nobre (2024)は「機械学習」という言葉が脳科学や認知科学で用いられる際，人間や動物がある環境における経験の結果として新しい態度や精神を習得したり，既存の知識を修正したりするような学習概念を意味するものではないと指摘している[2].

また，人間の学習については Paavola and Hakkarainen（2005）が 3 つの学習メタファ（獲得，参加，知識創造）を用いてその詳細を論じている[3]が，人同士あるいは人と物との対話プロセスの中で頻繁に学習が起きる参加や知識創造の学習メタファの特徴を見る限りでは，このような学習に AI を導入しても AI と人間との対話的な学びが人間同士と同じように行われるとは捉え難い．このような学習メタファを通して人間の AI への認識を調査することにより，AI との学習プロセスにおける潜在的な限界や課題を明確にし，より効果的な教育・学習設計や実践的な応用に役立てることができると考える．

これらの背景をもとに，本研究では人間と AI との対話的な学びを検討する際に信頼と FB という側面から議論する．信頼は学習者の主体性や学習プロセスにおいて重要であり[4]，また対話の中で頻繁に起こる相手からの FB に深い関連があるとされている. 関連する研究として信頼と FB の関係を「能力信頼」と「コミュニケーション信頼」として論じたもの[5]や，生成 AI が能力信頼だけでなく人間のようにコミュニケーション信頼も獲得すべきか，という問いへの批判的検討の必要性を提起したもの[6]などがある．

今回は上記の問題意識と学びのメタファ及び信頼に関する概念的枠組みを踏まえ，対話型 AI による FB を人間の教員によるそれと比較することで，学生がどのような学びのメタファの元にそれらの差異を理解し，信頼しているかを明らかにすることを目的とした．

2. 方法

2023 年 3 月から 4 月にかけてスウェーデンの 2 つの国立大学にて，17 名の大学生・大学院生を対象にフォ

ーカス・グループ・インタビューを実施した．フォーカス・グループは，研究トピックに焦点を当てて，被験者にインタラクティブな議論をさせることによってデータを生成するように設計されている（Wilkinson, 2004）．

2.1 被験者

被験者17名はスケジュールの都合を見ながら5つに分け（1グループ3〜4名），グループ1と2は修士課程の学生，グループ3から5は修士課程と学士課程の学生の混合グループで編成した．被験者の全員が勉強のために生成AIを使用した経験を持っていた．国際性に富むスウェーデンの大学の性質上，被験者の国籍はスウェーデン，ポルトガル，イタリア，ラトビア，イラン，パキスタン，中国，日本から，また所属学部は社会科学，自然科学，IT，教育，人文系学部からの参加があった．

2.2 インタビュー

質問テーマは生成AIと人間の対話的FBについて大きく次の4つのカテゴリーの質問を中心に構成した：(1)人間とAIが生成するFBの比較，(2)FBに対する感情的反応，(3)倫理的考慮，(4)AIと人間によるFBの統合．被験者は質問に基づき，自身が卒業論文やグループ課題に取り組むといった大学での学びの場面における，自身と生成AIとのやり取り，また教員とのやり取りを想定しながら，互いに意見を述べ議論した．インタビューは英語で，各グループにつき約1時間ずつ行った．

2.3 分析手法

分析については被験者の見解における生成AIと人間のFBに対する認識に関する発言を同定するために，収集されたインタビューデータについて再帰的テーマティック分析[7]を行った．分析は筆頭著者を中心に行った．分析段階として初めに録音データの書き起こしを行った後に，最初のコーディングを行った．関連するデータの抽出が特定され，暫定的なコードで分類した．この段階で，研究課題に関連する潜在的なテーマを生成した．続いて，テーマに基づきコード化された抜粋とデータセット全体をレビューした．次に，残った各テーマを定義し，各テーマが表すデータの具体的な側面を理解できるようにした上で，最終的に分析結果をナラティブに統合した．分析のプロセスは反復的で，分析が進むにつれてテーマやパターンを再検討し，修正した．

3. 結果

本論文の目的に基づきインタビューデータを再帰的テーマティック分析した結果，(1) 道具的（instrumental）なFBと包括的（holistic）なFB，(2) 感情的な受け止めやすさのダイナミクス，(3) 関係性に基づく時間軸の3つのテーマが抽出された．

3.1 道具的(instrumental)なFBと包括的(holistic)なFB

学生はインタビューの中で生成AIのFBにおける利点と人間によるFBとの差異を見出した．何人かの学生は生成AIのFBにおける利点を文法やスペル修正などで，人間より利用しやすく優れていると認識していた．修士学生の一人は，教員に文法ミスなどで負担をかけることを恐れ，生成AIを他の英文校正AIのように効率的に自身の文章を修正してもらうための効果的なツールだと捉えた．一方で，学生はAIによるFBを受けた後，教員との「face-to-face」による活発な相互コミュニケーションを通したFBを求めた．

> *AI feedback is best to use as a first step. For example… grammar mistakes. (If) my supervisor found tons of grammar mistakes, they're going to be so mad. So yeah, AI feedback is really good as a first step. But after that, I really want to receive that active, vibrant feedback.... That is much better than AI feedback, I would say. But like you said, it's the balance, you know."*

上記のように，生成AIは学生が求めているFBのある側面を補助することはできるが，バランスが重要であろうと話した．ある学生は，人間の教員は生徒の返答に基づいてFBを適応させることができるが，生成AIは「子供」のようなもので，何でも簡単な言葉で伝えないといけないとした．またある学生は，教員に「経験に基づく，具体的で専門的なフィードバック」を期待していた．同様に，質問に対する教師の返答は，授業全体の状況を包括的に把握しているため，よりインパクトのあるものになる傾向があると指摘する学生もいた．

3.2 感情的な受け止めやすさのダイナミクス

一方で，人間によるFBの感情的な側面は，ポジティブな特徴としてだけで捉えられているわけではない．ある学生は，AIとの気軽なやり取りのしやすさを評価し，指導教授から（厳しい）FBを受けるのは心理的な負担があるため，下記のようにChatGPTのような生成AIのFBが好ましいと話した．"*I don't speak much in front of the supervisor, so ChatGPT is really good for me. You can ask a stupid question and […] you don't need to think about the other person.*"

別の学部生は, ChatGPT に気軽に何度でも質問できることが，人間とのやり取りと比べて「more relaxed（リラックスできる)」と指摘した．この意見に同意する学生は，「AI には（同じ内容について）10 回質問しても大丈夫だけれど，人間（の先生）には 10 回質問したら，きっと大丈夫ではないだろう」と話した．学生は自分を緊張する場にさらすことなく，感情的に中立に生成 AI からの FB を得ることができると認識していた．

しかし，この感情的な中立さという面でも AI の FB が人間の FB より優れているという単純な結論には帰着しない．ある学部生は，同じ批評を生成 AI と人間の教員から受ける時の心境について次のように話した．

> *I wonder if I would be like, if the same thing was said by a teacher, the exact same like critique, I wonder if I would feel like, what the difference would be. I think I would take the critique by the teacher more to heart and the AI sort of, maybe more in line in a sort of way as an like online quiz or something where I get a score like a percentage and you're just like, oh yeah, I have to do it again. But you don't take it so much to heart.*

上記のように，学生は生成 AI の FB を「オンラインクイズのようなもの」と見なし，人間の教員による FB をより心に留めると言及した．また別の修士学生も，AI からの FB を「真剣に受け止めない」とした上で，次のように述べた．

> *If I receive negative feedback (from a human teacher), I will be very sad, but I will also trust them. So I will feel like, okay, this needs to change. If I respect that person, then I think, okay, they are right. This hurts me, but it is true…And I think that respect, almost like admiration or looking up to whoever is giving you feedback is so important.*

上記のように学生は人間の教員からの FB は尊重し，「前向きなものであれば喜びを感じ，ネガティブなものは痛みを感じるが, 真実であり, 成長のために受け取め，信頼する」と話した．

3.3 関係性に基づく時間軸

教員と学生との関係性に基づく時間軸についてある修士学生は次のように言及した．「私と先生の間の時間軸は連続している．私が大学に入って，先生が 2 年間のプログラムのリーダーで……徐々に時間軸 (timeline) ができあがっていく．(略) 感情的に, 他のものよりも，連続的なタイムラインによって，人間により深く関わることができる」と感じるとした．話を受け，別の修士学生は次のように話した．”Teachers, while giving feedback they also put some subjective um…not judgment but comments . Subjective comments but also like drawn from personal experience.” 学生にとって人間の先生は，FB をする時に，ジャッジするだけではなく個人的な経験に基づくコメントをしてくれる．そして, 生徒はそれを自分の経験に結びつけることができ，自分は間違っていないと思うことができると考え，そのような経験は AI には持ち得ないのではないかと述べた．

4. 考察

結果から，生成 AI または教員からの対話的 FB についての学生による認識差が顕になった．生成 AI は言語や文法を修正するといった能力信頼を得る傾向にあり，これは獲得メタファに関連していると考えられる．一方教員については，認知的徒弟制に紐づくであろうコミュニケーション信頼が見られたことから参加メタファに関連しているものと考えられる．

コミュニケーション信頼は，FB の受容性と効果に大きな影響を与える．学生は，信頼できる教員からの FB を真剣に受け取り，尊重する傾向がある．例えば，学生は教員からのネガティブな FB を受け取った際, 自己の成長のために受け入れると述べている．これは, 教員が学生との間に築いた信頼関係が，FB の受容に直接影響していることを示している．一方，生成 AI からの FB は感情的に中立であり，利用することが容易であるが，その分，FB の重みや影響力が薄いと感じられている．学生は，生成 AI の FB を「オンラインクイズ」のように受け止め, 信頼ある人間の教員からの FB をより深く心に留める傾向がある．しかし, 教員が学生と信頼関係を築くことができなかったり，また教員の FB を厳しく，感情的に受け止められない経験を学生が積み重ねた場合，教員との FB のやり取りを避け，より中立的に受け止めやすい生成 AI の FB を求めたりするかもしれない．

学びのメタファの違いに基づく FB の認識差を検討することも重要である．学習メタファは, 教育の設計や実践において，特定の行動や認識を引き出すフレーム

ワークとして機能し得る．学生は生成 AI と獲得メタファに基づく修正的なやり取りをしながらも，人間の教員とはより固有の関係性に基づく参加的な学びを期待している．つまり，学生は学びに対するメタファ及び認識を複数持ち，AI と人間とで別のメタファに基づいて認識を切り替えている傾向が示唆された．知識創造メタファに結びついた言及は今回見られなかったが，学生，もしくは教員がこれらの学習メタファを認識することで，AI との対話コミュニケーション及び認識に変化が起きるかどうかは検討の余地がある．

生成 AI は今後の教育や学びにおいて革新的な変化をもたらす可能性がある．一方で，生成 AI と人間の違いを捉えることなく，AI との対話を人間の代替かのように捉えて学びを設計することには注意が必要である．これは，AI がより性能を高め，更なる能力信頼を高めることで代替し得るものではないと考えられる．学習者及び教員は，AI と人間を本質的に異なるものとして理解することで，それぞれを信頼することが可能ではないかと思われる．学習メタファを元に，教育者や研究者は AI と人間に対する異なる視点やアプローチを理解し，より包括的な教育実践を検討することができる．また，学習者自身がどのようなメタファに基づいて学びを捉えているのかを理解することで，より適切な指導方法を見つける手がかりとなる．今後は場面に応じて異なる学習メタファを検討し，使い分けることで，AI と人間の協調的な学びの実現を検討し，捉えていくような実証的研究が求められる．

文献

[1] Sabzalieva, E., & Valentini, A. (2023). ChatGPT and artificial intelligence in higher education: Quick startguide. UNESCO Publishing.
[2] Floridi, L., & Nobre, A. C. (2024). Anthropomorphising machines and computerising minds: The crosswiring of languages between Artificial Intelligence and Brain & Cognitive Sciences.
[3] Paavola, S., & Hakkarainen, K. (2005). The knowledge creation metaphor: An emergent epistemological approach to learning. Science & education, 14, 535–557.
[4] Bryson, C., & Hand, L. (2007). The role of engagement in inspiring teaching and learning. *Innovations in Education and Teaching International*, *44*(4), 349–362.
[5] Carless, D. (2012) Trust and its role in facilitating dialogic feedback. *Feedback in Higher and Professional Education*, Routledge, pp.90-103.
[6] 大滝文一, 神拓実, 長沼祥太郎, Lindwall O., 大島純. (2024). 生成 AI によるフィードバックの信頼に対する大学生と教員の見解. 日本教育工学会第 44 回全国大会講演論文集, 499-500.
[7] Braun, V., & Clarke, V. (2022). Conceptual and design thinking for thematic analysis. *Qualitative Psychology, 9*(1), 3.

自己推薦ロボットが推薦商品の印象形成に与える影響の検討
The Impact of Self-Recommendation Robots on Impression Formation of Recommended Products

岩本 拓也†，岡藤 勇希†
Takuya Iwamoto, Yuki Okafuji
†株式会社サイバーエージェント
CyberAgent,inc
iwamoto_takuya_xa@cyberagent.co.jp

概要

本研究では，自己推薦ロボットが推薦商品の印象形成に与える影響を検討した．8 種類の商品を対象に，静止状態（ロボット化無）と動作状態（ロボット化有）での印象評価を行った．動作状態では「高価な」「新しい」「可愛らしい」という印象が強まり，「美味しそう」という印象が弱まることを確認した．さらに動作状態の中でも，飲食経験のある商品では「美味しそう」「飽きなさそう」「好き」の評価が下がり，飲食経験のない商品では「高価な」「個性的な」「好き」「可愛らしい」という評価が上がることが示された．これらの結果から，自己推薦ロボットは商品の種類や消費者の経験に応じて異なる印象を与えることが示唆された．

キーワード：自己推薦ロボット（SRR），印象形成，消費者行動

1. はじめに

商業施設において，対話ロボットを活用した販促事例が増加している[1][2]．対話ロボットは自身の身体を活用することでユーザの興味を惹きつけ，集客効果も一般的な広告より高い事例が報告されている[3]．対話ロボットはインタラクティブなコミュニケーションを通じてユーザの関心を引きつけ，来店者数や販売数の増加に寄与することが期待されている．しかし，対話ロボットの存在がユーザの興味を過剰に引きつけてしまい，販促対象の商品や配布物に対する関心が薄れる可能性が指摘されている[4]．この問題を解決するため，商品自体に注目されやすい特徴を持つ自己推薦ロボット（Self Recommendation Robot，以下 SRR）が開発された（図 1,2）[5].

SRR は専用デバイス上に商品を陳列することで，商品そのものをロボット化するシステムである．SRR は商品に音声と動きを付与することで生命感を付与し，商品単体では与えられなかった印象を形成することで，販促に繋げることを目的としている．これまでに新商品や季節性のある商品の販売数を増加させた実績があるが，定常的に販売されている商品は販売数が増加しにくいことが確認されている[6].

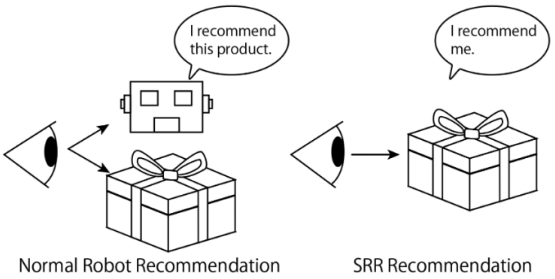


図 1:SRR の特徴

図 1:SRR イメージ

本研究では，これまでの実証実験の結果を踏まえ，SRR の効果に影響を与える要因として商品の印象形成度合いに着目した．印象形成の度合いが異なる商品に対して，静止状態（ロボット化無）と動作状態（ロボット化有）での印象評価を行い，それぞれの状態での消費者の反応を比較した．本研究の仮説は以下の通りである．

- H1：商品を動作状態にすることで，静止状態と異なる印象を持たれる
- H2：対象商品の印象形成の度合いにより，動作時に与える印象の変化が異なる

2. 関連研究

SRR は複数の実証実験によって，対象商品の販売効果が向上することが確認されている．大型雑貨店では, 商品説明の代わりに快感情を刺激する Playful Recommendation を行うことで, 販売数が 6 倍以上に増加している[7]．またドラッグストアでは販売数が 2.37 倍，滞在時間が 1.22 倍になったと報告されている[8]．このように SRR は複数の実証実験で効果が確認されているが，定常的に販売されている商品では販売数が増加しにくい可能性も示唆されている[6].

フィールドでの実験以外に SRR の印象評価についての研究も行われており, 第一著者は SRR の感情表現を構成する要素について調査した．SRR が提示した視覚情報・言語情報・聴覚情報の 3 つの情報が表現する感情が全て異なった場合の感情認識への影響度は，視覚情報 15.2%，言語情報 16.8%，聴覚情報 68.0%であり，対象物の感情の判定に対して聴覚情報が最も強く影響することがわかった[9]．このように SRR の印象に関して研究は行われているが, 一般的なロボットの印象評価の事例に比べて少ないといった課題がある.

3. 実験

本実験では実在する 8 種類の商品を対象に，静止状態の写真と約 3 秒の動作状態の動画の 2 種類を準備した. 動作状態の声は合成音声ソフトである Voicepeak の女性声を用いて「(商品カテゴリ名)です. 買って下さい」というセリフを発話し，それに合わせて上下運動をさせた.

商品を動作させるために SRR 動作システム (図3) を使用した．システム上部の動作部分に商品を設置することで設定した動きと同時に音声を再生する.

実験協力者にそれぞれの状態を見た後に，その商品の飲食経験の回答と，「高価な」「個性的な」「美味しそう」「新しい」「飽きなさそう」「好き」「可愛らしい」の 7 つの印象項目に対して 5 段階で評価してもらった．今回は飲食経験がある物を既に印象が形成されている商品として扱う. 商品はポテトチップス, チョコレート菓子，飲料など身近なカテゴリから飲食経験があると思われる商品 4 種と，飲食経験が少ないと思われるプライベートブランドの商品を 4 種類選定した．アンケートはオンラインサーベイで実施し，有効回答 80 名の

図 3：SRR 動作システム

回答を対象に分析を行った.

4. 結果と考察

飲食経験の有無と静止･動作状態の2要因に対して, ANOVA を行った．ANOVA の結果を表 1 に示す．図 4 に静止・動作状態の主効果の平均値と有意差が確認された項目を示す. 動作状態では,「高価な」「個性的な」「新しい」「可愛らしい」では有意に高く,「美味しそう」に関しては動作条件が有意に低い結果となった．これは生命感を付与することで食べることに対して抵抗感を与えてしまい,「美味しそう」という印象が減少した可能性が考えられる．この結果から一部の印象に対して，H1 が支持されることが示された.

続いて，ANOVA の多重比較の結果から，「飲食経験有商品の静止状態と動作状態」,「飲食経験無商品の静止状態と動作状態」を比較した．図 5 および図 6 にそれぞれの結果を示す．飲食経験有では動作させることで「美味しそう」,「飽きなさそう」,「好き」の項目が有意に下がったが,「高価な」,「個性的な」,「新しい」,「可愛らしい」の項目は有意に上昇した. 一方で飲食経験が無い商品は動作させることで,「高価な」,「個性的な」,「好き」,「可愛らしい」で有意に値が上昇した.

飲食経験有では, 動作させることで「新しさ」の印象が高く評価されたが,「美味しそう」,「好き」,「飽きなさそう」の項目が下がっていることから, 販売促進にマイナスの効果を与える可能性が確認された．飲食経験無は有意差が出る項目は限定的であったが，印象が有意に減少することはなかった．特に,「好き」の項目に関しては, 飲食経験有の条件下では有意に減少し, 飲食

表 1　Anova 結果

設問	飲食経験の主効果	静止動作状態の主効果	交互作用
高価な	F(1, 79) = 4.53, p < .05, ges = .004	F(1, 79) = 4.78, p < .05, ges = .011	F(1, 79) = 0.175, p = .677, ges < .001
個性的な	F(1, 79) = 17.86, p < .01, ges = .023	F(1, 79) = 12.00, p < .01, ges = .023	F(1, 79) = 4.21, p < .05, ges = .002
美味しそう	F(1, 79) = 193.10, p < .01, ges = .211	F(1, 79) = 5.74, p < .05, ges = .011	F(1, 79) = 29.23, p < .01, ges = .029
新しい	F(1, 79) = 50.25, p < .01, ges = .105	F(1, 79) = 23.16, p < .01, ges = .059	F(1, 79) = 45.71, p < .01, ges = .024
飽きなさそう	F(1, 79) = 102.38, p < .01, ges = .144	F(1, 79) = 2.58, p = .11, ges = .005	F(1, 79) = 17.33, p < .01, ges = .013
好き	F(1, 79) = 188.52, p < .01, ges = .228	F(1, 79) = 0.002, p = .96, ges < .001	F(1, 79) = 38.62, p < .01, ges = .038
可愛らしい	F(1, 79) = 36.81, p < .01, ges = .041	F(1, 79) = 52.04, p < .01, ges = .173	F(1, 79) = 7.42, p < .01, ges = .003

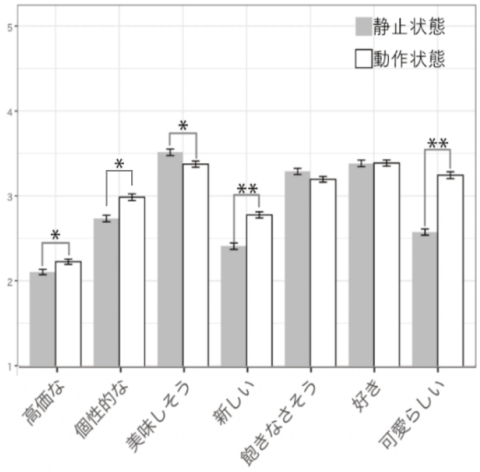
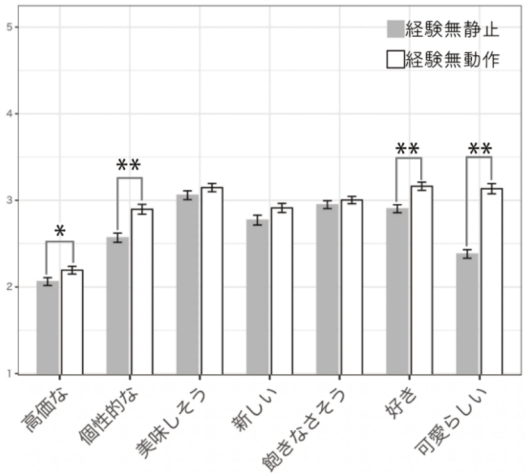


図 4：静止・動作の比較



図：5 飲食経験無結果

経験無の条件下では有意に増加した．これらの結果は，H2 を特定の印象に関して支持するものであった．

過去にも既存商品では販売率が下がった事例[6]ではこれらが要因になった可能性がある．一方で飲食経験がない商品は，動作によっていくつかの項目で高く評価されているため，過去の新商品や低認知率商品の販売数増加に影響している可能性が考えられる．

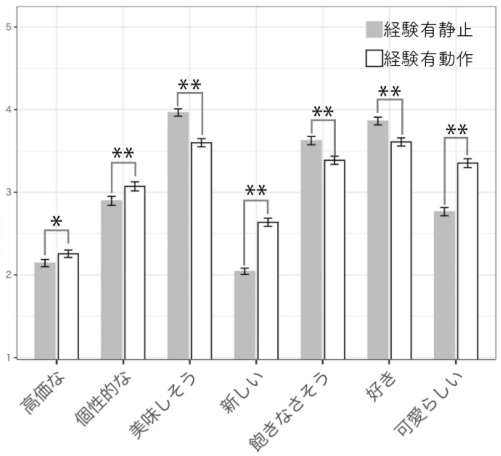


図 6：飲食経験有結果

5. まとめ

本研究では，自己推薦ロボット（SRR）が推薦商品の印象形成に与える影響を明らかにするため，8 種類の商品を対象に静止状態と動作状態での印象評価を実施した．その結果，動作状態では「高価な」「個性的な」「新しい」「可愛らしい」という印象が強まり，「美味しそう」という印象が弱まることが示された.また，飲食経験のある商品では「美味しそう」「飽きなさそう」「好き」の評価が下がり，飲食経験のない商品では「高価な」「個性的な」「好き」「可愛らしい」という評価が上がることが確認された.これにより，SRR は商品の種類や消費者の経験に応じて異なる印象を与えることが示唆された.

本研究の結果はSRR が商業施設において効果的なプロモーションツールとなり得ることを示している．しかし，特定の商品（本研究では飲食経験がある商品）の販売促進には逆効果となる可能性もあるため，SRR を用いたプロモーション戦略の設計には慎重な検討が必要である．今後の研究では，より多くの商品カテゴリや消費者層を対象にした実証実験を通じて，SRR の最適な運用方法を探ることが求められる．

以上の結果から，自己推薦ロボットは商業施設における新しいプロモーション手法としての可能性を示しつつも，その効果を最大化するためには商品の特性や消費者の経験を考慮した適切な運用が重要であることが示された.

文献

[1] Kanda, T, Shiomi, M., Miyashita, Z., Ishiguro, H., and Hagita, N.: A communication robot in a shopping mall, IEEE Transactions on Robotics, 26(5), pp.897-913, 2010.

[2] Matsumura, R, Shiomi, M., and Hagita, N.: Does an animation character robot increase sales?, Proceedings of the 5th International Conference on Human Agent Interaction, pp.479-482, 2017

[3] Malaika Brengman, Laurens De Gauquier, Kim Willems, Bram Vanderborght,From stopping to shopping: An observational study comparing a humanoid service robot with a tablet service kiosk to attract and convert shoppers,Journal of Business Research,Volume 134,2021,Pages 263-274

[4] H. Osawa, R. Ohmura, and M. Imai. 2008. Embodiment of an Agent by Anthropomorphization of a Common Object. In 2008 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, Vol. 2. 484–490.

[5] Iwamoto, Takuya, et al. "The effectiveness of self-recommending agents in advancing purchase behavior steps in retail marketing." Proceedings of the 9th International Conference on Human-Agent Interaction. 2021.

[6] Iwamoto, Takuya, et al. "Pick-me-up strategy for a self-recommendation agent: A pilot field experiment in a convenience store." 2022 17th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI). IEEE, 2022.

[7] T. Iwamoto, J. Baba, J. Nakanishi, K. Hyodo, Y. Yoshikawa and H. Ishiguro, "Playful Recommendation: Sales Promotion That Robots Stimulate Pleasant Feelings Instead of Product Explanation," in IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 7, no. 4, pp. 11815-11822, Oct. 2022

[8]株式会社サイバーエージェント，2023，商品が自ら動いて話す 「自己推薦ロボット」を活用した新しい販売促進手法の確立を目指し、ハーベス LINKS UMEDA 店にて実証実験を開始 (2024/07/18 確認)
https://www.cyberagent.co.jp/news/detail/id=28687

[9] 岩本拓也，西本一志 : 商品販促を目的とする自己推薦ロボットの感情表現を構成する各要素情報が感情認識に与える影響，日本感性工学会論文誌，Vol. 22, No. 2, 2023.

かわいい映像が痛みの耐性へ及ぼす影響
Watching a Kawaii movie increases pain tolerance

中田　龍三郎†，森　優花†
Ryuzaburo Nakata, Yuuka Mori

†北星学園大学
Hokusei Gakuen University
† r-nakata@hokusei.ac.jp

Abstract

かわいいというポジティブな感情にも痛みの軽減効果が認められるか明らかにすることを目的として、映像（お笑い条件、かわいい条件、中性条件のどれか１つ）を見ながら冷水の冷たさをできるだけ我慢する実験を実施した。お笑い条件とかわいい条件は中性条件よりも有意に耐久時間が長かった。先行研究で指摘されたユーモア映像による笑いの鎮痛効果だけでなく、かわいい映像を見ることで生じる温かく癒されるといったポジティブな気分によっても鎮痛効果が生じると推測された。

キーワード：かわいい，鎮痛効果，コールドプレッサーテスト

1. はじめに

志水（1998, 2001）は、笑いやユーモアは情緒的な安静や安定にとって有益なものであり、ストレス低減や不快な刺激に対する対処性を高めると指摘している。例えば友人と笑いあった時や面白い TV を見た時など、抱えていた不安やストレスが軽減され、何となくすっきりした感覚を体験したことがある人は多いのではないだろうか。

今野，吉川（2010）は冷水で感じる痛みとユーモア映像刺激との関係を研究している。容器に張った水を凍らせ、その上に参加者が右手を載せて痛みを誘導し、耐久時間を測定した。大笑いする番組を見るユーモア群、自然映像を見る中性群、サメに襲われる映像を見る恐怖群の３群で痛みに対する耐久時間の平均値を比較した結果、ユーモア群は中性群や恐怖群よりも有意に長時間痛みに耐えられることが明らかになった。

ユーモア映像を見ると笑いの効果によって鎮痛効果が見られたと考えられるが、ユーモア映像には、笑いの効果とともに、温かく癒されるといったポジティブな気分にさせる効果も含まれていると考えられる。しかし、先行研究で使用されたユーモア映像刺激は多くは人々が大笑いするような映像であり、痛みに対する笑いの効果と温かく癒されるといったポジティブな気分にさせる効果が区別されていない。そのため両者の違いによる痛みの耐性に及ぼす効果を検討する必要があるだろう。

そこで本研究では、笑いとは異なるかわいいというポジティブな感情にも痛みの軽減効果が認められるか明らかにすることを目的として「大笑いするというユーモア映像刺激」とポジティブな意味をもつが笑いの要素は含まれない「かわいい映像刺激」での効果を実験的手法により比較検討した。かわいいものを見たり触れたりすることで、自然と笑顔になり癒された経験がある人が多いであろう。入戸野（2019）により、実際に心の痛みはかわいいぬいぐるみを抱くことで緩和されることが知られている。“かわいい”画像を見ることが癒されたり気が紛れたりリラックスしたりすることにつながり、心の痛みと同様に身体の痛みも緩和し、痛みにも長く耐えることができるの

だろうか。

2. 方法

2.1. 実験参加者

大学生 45 人（女性 38 名、平均年齢 20.4 歳）を実験参加者とした。

2.2. 装置

映像刺激は EIZO 製の 24.1 インチカラーマネージメントモニター(型番：CS2410)によって提示した。痛みの誘導には、サーモス製の真空断熱アイスペール(型番：JIN-1300)を使用した。最大 1.3 ℓ 入る容器の中に水を約 700 ㎖入れ、氷で温度を調節することで冷水を作成した。アイスペールに水温計がついているため、常に水温を確認することができた（Figure 1-a)。

2.3. 刺激

予備調査による映像の主観評定で得られた結果をもとに、お笑い条件の映像として“楽しい”“愉快な”“面白い”の評価が高く“かわいい”の評価の低い”サンドウィッチマンのコント「携帯ショップ」（https://youtu.be/rPMZ--JYerc）”の動画、かわいい条件の映像として、“かわいい”“癒される”の得点が高く、笑いの効果である“楽しい”や“面白い”の得点が低い“YouTube より「【癒し】とろける可愛さ　動物の赤ちゃん動画集#01」（https://youtu.be/ETvWUgDX60E）”の動画を選択した。

中性条件は“寂しい”“静かな”“落ち着いた”の得点が高く、笑いやかわいいの効果である“楽しい”“面白い”“かわいい”の得点が低い”「【自然音】せせらぎと野鳥のさえずり」（https://youtu.be/NNp08pT3G8g）”の動画を選択した（Figure 1-b)。

痛みの耐性の測定にはコールドプレッサーテストを用いた。田中・根建・上里（1989）によると、コールドプレッサーテストは痛みの軽減効果を検討する際に多く用いられる一般的な方法である。くつろいだ状況で片方の手を冷水に入れる。我慢できないと思ったらいつでも手を引き上げてよいことを事前に教示する。実験参加者が冷水の中から手を引き上げるか 5 分経過した時点で課題を終了させる。冷水による方法は冬場に水道水を使用するなど、日常でも体験しうる温度感覚であり、かつこの方法では実験参加者が自分の意思で手を冷水に出し入れするため、強制が少なく自由に行動をコントロールできる利点がある。田中他（1989）は、15℃では必ずしも明確な痛みは報告されず、否定的な感覚(冷たい)と肯定的な感覚（心地よい）の両方が生じることがあり、10℃では比較的おだやかな否定的感覚、5℃では厳しい否定的感覚が生じると指摘している。今回の実験では実験参加者の負担面にも考慮し、中間の 6－7℃で実験を実施することに決定した。

a

b

Figure 1. 実験イメージ

2.4. 手続き

要因計画は、1 要因 3 条件（映像刺激：お笑い条件、かわいい条件、中性条件）の被験者間計画であった。実験参加者の課題は、3 条件いずれかの映像を見ながら冷水の冷たさをできるだけ我慢することであった。氷と水で約 6℃に調節した冷水の中に利き手とは逆の手を入れた直後に映像視聴を開始し、実験参加者が冷水の中から手を引き上げるまでの時間を測定したのち、今野・吉川（2010）の質問項目を使用して映像を評価させた。

VTR に対する印象評価では、楽しい，愉快な，面白い，嬉しい，かわいい，癒される，寂しい，静かな，落ち着いた、の 9 項目を 5 件法（1 = 当てはまらない、5 = 当てはまる）で回答させた。そのほか、痛みに対する耐え方について、痛かったかどうか、耐えるのが楽だったかどうかについて、気が紛れた程度についても回答させた。室温は 20℃前後に保たれた。速やかな実験遂行のため、実験中は氷による温度調整は行わなかった。

3. 結果

3.1. 映像の印象評価

個々の印象評価項目について刺激条件間に差があるか調べるため一元配置分散分析を行ったところ、すべての項目において有意差が見られた。多重比較を行ったところ、“楽しい”、“愉快な”、“面白い”は、お笑い条件と中性条件、かわいい条件と中性条件の間に有意な差が見られた（p < .001）。また、“面白い”はお笑い条件とかわいい条件の間にも有意な差が見られた（p < .05）。“嬉しい”は、お笑い条件と中性条件の間（p < .01）とかわいい条件と中性条件の間（p < .001）に有意な差が見られた。“かわいい”と“癒される”は、かわいい条件とお笑い条件、かわいい条件と中性条件の間に有意な差が見られた（p < .001）。“寂しい”と“静かな”は、中性条件とお笑い条件の間、中性条件とかわいい条件の間に有意差が見られた(p < .001)。“落ち着いた”は、中性条件とお笑い条件の間（p < .001）、中性条件とかわいい条件の間（p < .05）に有意差が見られた。また“静かな”と“落ち着いた”においては、お笑い条件とかわいい条件の間にも有意差が見られた（p < .001）。特に顕著な“面白い”、“かわいい”、“落ち着いた”の結果を Figure 2 に示す。

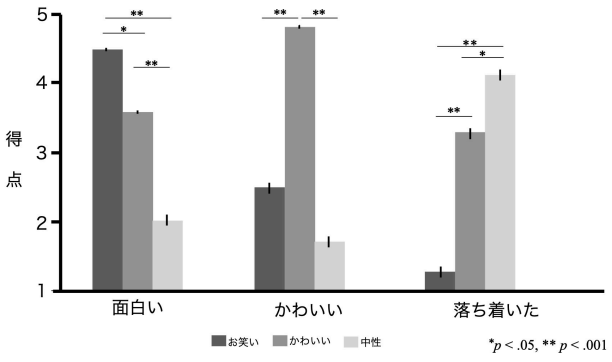


Figure 2. 映像の印象評価

3.2. 耐久時間

痛みに対する耐久時間を 3 条件で比較した(Figure 3)。お笑い条件は 170.1 秒（SD = 96.8）、かわいい条件は 167.1 秒（SD = 98.1）、中性条件は 87.3 秒（SD = 67.6）であった。一元配置分散分析を行ったところ、3 条件の間に有意差が見られた（F(2, 42) = 3.99, p < .05）。多重比較を行ったところ、お笑い条件と中性条件の間、かわいい条件と中の間に有意差が見られた（p < .05）。

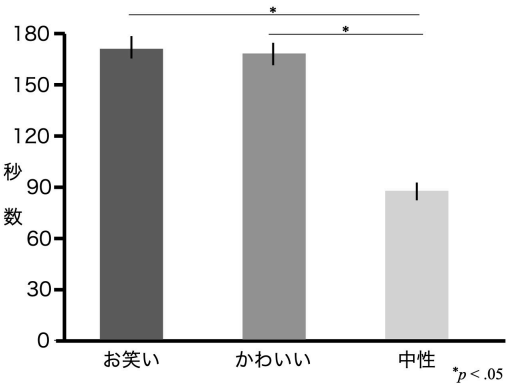


Figure 3. 耐久時間

4. 考察

映像の印象評価項目の得点について、“面白い”“かわいい”“癒される”“静かな”“落ち着いた”という感情は、お笑い条件とかわいい条件の間に有意な差が見られた。“癒される”という項目は、かわいい映像を見たことで癒されたため、得点が高くなったと考えられる。また、お笑いは笑いが起こり、賑やかな印象を持つため、“静かな”“落ち着いた”という項目はかわいい映像よりも低かったと考えられる。

以上のことから、お笑いとかわいい映像では喚起されやすい感情が異なり、お笑いは“面白い”による影響が強く、かわいい映像は“かわいい”“癒される”の影響が強いと考えられる。そのため、お笑いの映像とかわいい映像は同じポジティブな感情をもたらすが質的には異なっていると考えられる。

耐久時間を比較したところ、お笑い条件とかわいい条件は中性条件よりも有意に長かった。以上のことから、かわいい映像を見ることでもお笑い映像を見ることと同様に長く痛みに耐えることができたと考えられる。つまり、ユーモア映像の笑いの効果による鎮痛効果だけでなく、かわいい映像を見ることで生じる温かく癒されるといったポジティブな気分による効果によっても鎮痛効果が生じると推測される。したがって、大笑いするというユーモア映像だけでなく、ポジティブな意味をもつが笑いの要素は含まれないかわいい映像によっても痛みの耐性に及ぼす効果が認められることがわかった。

Sherman et al. (2009) によると、ベビースキーマの特徴をもつ人間や動物の赤ちゃんを“愛らしい、かわいい”と報告し，“かわいい”ものは「対象をもっと見ていたい」「細部までよく見たい」という欲求を引き出すためより視線を集めると述べている。また、吉武・勝身・南口ら（2016）によると、“かわいい”には、認知機能を促進する有用性が指摘されており、成犬や成猫よりも子犬や子猫のようなより“かわいい”画像を見た時は，集中力や慎重さ、視覚的注意が向上すると指摘している。本実験で使用したかわいい条件の映像は、様々なかわいい動物の赤ちゃんを集めた動画であった。そのため、上記で報告した先行研究のように、かわいい映像を見るなかで「対象をもっと見ていたい」という欲求が引き出され、視覚的注意が向上した可能性も考えられる。そうすることで気が紛れたために痛みに長く耐えることができたのかもしれない。

引用文献

志水彰（1998）「笑い」の治癒力 凸版印刷株式会社

志水彰 (2001) 笑いと脳の精神疾患　精神神経誌, *103*, 895-903

今野義孝・吉川延代（2010）痛みの耐性に及ぼすユーモア映像刺激の効果に関する研究　『人間科学研究』文教大学人間科学部 *32*, 165-171

入戸野宏 (2019)「かわいい」のちから：実験で探るその心理　化学同人

田中共子・根建金男・上里一郎（1989）痛みの制御に関する実験臨床心理学的研究(5) ―コールドプレッサー・テストで生じる痛み感覚と皮膚温の検討－　広島大学総合科学部紀要 *13*, 37-50

Sherman, G. D., Haidt, J., & Coan, J. A. (2009) Viewing cute images increases behavioral carefulness. *Emotion*, *9(2),* 282-286.

吉武裕美子・勝身俊之・南口誠・西川雅美・宮正 光・近藤みずき・白仁田沙代子・田辺里枝・山本麻希（2016）「かわいい」を取り入れた科学実験・工作のコミュニケーション効果　科学技術コミュニケーション, *19*, 31-42

日本における BtoB 企業の効果的セールスモデルの探索
How To Take Control of the Customer Conversation in Japan

牧之内洋和，松田憲，高橋建二
Hirokazu Makinouchi, Ken Matsuda, Kenji Takahashi

北九州市立大学大学院マネジメント研究科
The University of Kitakyushu Graduate School of Business Administration
matsuken@kitakyu-u.ac.jp

概要
BtoB 企業の「営業活動」を技術として捉え，効果的なセールスモデルを探求することを目的とした．米国で行われた先行研究において卓越した成果を上げるとされた「チャレンジャー」と，成果を残せないとされた「リレーションシップ・ビルダー」について，日本で調査を行い，先行研究との比較を行った．その結果，「成約」に関して「チャレンジャー」に対する顧客側の積極的な意思決定（成約意思）が行われる傾向がみられた．

キーワード：BtoB(Business to Business)， 営業活動(Sales Model),成約効果(Elements for closing),ロイヤルティ効果(Elements for loyalty),達成動機(Achievement motivation),親和動機(Affiliative motivation)

Ⅰ.研究の背景と目的

営利企業の目的である利益は営業活動を源泉としているが，営業活動はその他の企業活動と比較すると各営業担当のパーソナリティによるところが大きく，暗黙知と捉えられがちである．しかし，利益の源泉である以上は，業績予測や経営計画の根幹となるべき売上を上げる方法が暗黙知であってはならない．そこには正確性や再現性、継続性（技術の承継）といった要素がなく，不確実な根拠で経営がなされることの原因となり得るからである．営業の技術について，体系的に語っている研究は少ないが，その中でディクソン&アダムソン（2015）[1] は欧米の企業 90 社・6,000 サンプルに対して調査を実施し，セールスマンのアプローチ手法を因子分析により 5 つのタイプに分類している． そして 5 つのタイプのうち，卓越した成果を残したのが「チャレンジャー」であり，逆に最も成果を残さなかったのが「リレーションシップ・ビルダー」であった．

本研究では，米国で行われた先行研究[1]において最も成果を上げるとされた「チャレンジャー」が現在の日本でも同様に成果をあげることができるかを検証するとともに，その特徴的なアプローチ手法のどのような要素が成約やロイヤルティといった顧客の意思決定に影響を与えるかを，調査および分析によって明らかにしたい．また，先行研究[1]では5つのタイプのうち圧倒的に成果が残せないタイプとして分類された「リレーションシップ・ビルダー」について，従来の日本の営業活動において重用されているアプローチであると考えられることから，比較対象として併せて調査・分析を行う．先行研究 [1] の文脈から「チャレンジャー」のセールスアプローチは「新たな視点」「自社の強み」「論理的主張」，「リレーションシップ・ビルダー」のセールスアプローチは「人間関係の構築」「サービス精神」「受動的問題解決」のそれぞれ 3 要素を特徴的なアプローチとして抽出し，これらを調査項目とした．2 つのタイプのセールスアプローチに対して，顧客側からの評価を「成約（取引成立）」と「ロイヤルティ（取引継続）」として効果測定し，併せてセールスアプローチの各要素の影響度について考察することで，暗黙知とされがちな営業の技術を明確な方法論として確立することを目指す．

また，企業の営業活動はセールス側の一方的なアプローチのみで「成約」の決定や「ロイヤルティ」の醸成がなされるものではなく，当然ながら顧客側の意思決定プロセスを経て最終的な意思決定がなされるものである．本研究ではそれらの顧客側の重要な特性として「心理特性」を取り上げ，中でも「チャレンジャー」「リレーションシップ・ビルダー」の営業特性と関連が深いと考えられる「達成動機」と「親和動機」の 2 つの測定尺度を使用した．先述のセールスアプローチの成果分析と要素抽出に，顧客の心理特性を加えることで，より効果的な営業手法を考察する．

Ⅱ. 仮説

先行研究[1]においては，「チャレンジャー」の営業アプローチが卓越した成果を上げるとされ，一方「リレーションシップ・ビルダー」は圧倒的に低い業績に留まるとされた．しかし，この調査は欧米企業を対象に実施されており，卓越した実績の「チャレンジャー」セールスアプローチは文化や価値観の異なるその他の国々で世界共通に成果を残すことができるのか疑問が残る．特に日本では摩擦を避け，協調性を重んじる傾向が強いと思われることから，「チャレンジャー」にとって成果を残しにくい環境ではないかと想定される．同じ理由から，日本国内では従来か

ら重用されている「リレーションシップ・ビルダー」も一定の成果を上げるのではないかと考えた．また，営業活動における成果は「成約」だけではなく，顧客の「ロイヤルティ」も重要な成果となる．ロイヤルティ醸成には継続的な人間関係構築が重要な要素と考えられ，その点ではリレーションシップ・ビルダーが成果を上げる結果も想定される．

加えて，商取引の意思決定においては顧客側の心理特性も影響することが考えられるため，顧客の「達成動機」と「親和動機」についても同時に調査を行なう．達成動機の高い顧客は高い向上心を持つため，積極的な提案と論理的主張を展開する「チャレンジャー」アプローチとの相性が良く，親和動機の高い顧客は人間関係を重視するため，その点が共通する「リレーションシップ・ビルダー」との相性が良いことが想定され，それぞれ「成約」と「ロイヤルティ」を高めるものと想定される．

Ⅲ. 手続き，調査方法

Ⅲ-1 調査設計

「チャレンジャー」の特徴的なアプローチ（新たな視点の提案・自社の強み・論理的主張）と「リレーションシップ・ビルダー」の特徴的なアプローチ（人間関係の構築・サービス精神・受動的問題解決）を受けた顧客側の意思決定（成約・ロイヤルティ）を調査した．調査にあたって顧客側は「造船会社の調達担当」として，ストーリー設定された架空のビジネスシーンの中で、チャレンジャーアプローチ（設計変更の提案・組織構成の優位・長期的視点でのコストパフォーマンス），リレーションアプローチ（接待等の懇親，献身的なスタンス，値引き対応）について期待感や影響度について 5 段階で評価する．なお，顧客役のアンケート参加者は各々一つのタイプのアプローチのみを受けた．これはそれぞれのセールスアプローチに対して，比較検討を経ることによって生じるバイアスを避けるため参加者間要素（対応なし）とした．また，顧客の意思決定は顧客側の心理特性からの影響を受けるという仮説を検討する目的で顧客の「達成動機」と「親和動機」を併せて測定した．心理特性の測定尺度については後述する（Ⅴ-4 項）．

Ⅲ-2. 参加者（アンケート被験者）

日本国内の 20 歳以上の有職者（学生除く）151 名（男性：118 名，女性：33 名 20 代 12 名，30 代 44 名，40 代 60 名，50 代 24 名，60 代以上 14 名）がアンケート調査に参加した．

Ⅲ-3. 手続き

アンケートにおいては，研究参加に関する意思確認（自由）とデータ使用の許諾（不利益とプライバシー）を確認後，参加に同意した参加者の基本属性として性別・職業・年齢について回答を求め，この段階で一部対象外（20 歳未満・無職および学生・生徒）を除外している（除外サンプル:5）．続いて，参加者の心理特性（達成動機尺度 5 項目・親和動機尺度 5 項目），誕生月について質問を設定している．誕生月はその後の 2 つのセールスアプローチ（チャレンジャー，リレーションシップ・ビルダー）を振り分ける目的で使用した．奇数月（n = 78）はチャレンジャー，偶数月(n = 72)はリレーションシップ・ビルダーのセールスアプローチに対する評価と取引に関する意思決定について回答（5 段階）を求めた．意思決定は「成約」と「ロイヤルティ」についての評価を回答するものとし，それぞれ 5 件法による評価選択肢を設定した．

Ⅳ. 調査結果の概要

先行研究[1]では、「目標に対する実績が上位 20%に入る販売員」を「ハイパフォーマー」と定義。チャレンジャータイプの販売員のハイパフォーマーの割合は 39%、リレーションタイプでは 7%であり、「圧倒的勝者である」と評価した。今回の研究において，チャレンジャーないしリレーションシップ・ビルダーからのアプローチに対して「ぜひ取引したい」という回答（5 段階評価の内最上位評価）を積極的意思決定として捉えれば，「チャレンジャー」が 16.7%，「リレーションシップ・ビルダー」が 5.6%と，チャレンジャーが米国での先行研究[1]同様に高い評価を獲得した．また，「あまり取引したくない」「取引したくない」という取引に否定的な評価を両タイプ間で比較した場合，リレーションシップ・ビルダーに対する否定的評価(15.5%，チャレンジャー:7.7%)も特徴的であった．成果を「ロイヤルティ」で見た場合，「リレーションシップ・ビルダー」が成果を残す想定をしていたものの，「チャレンジャー」も僅差（リレーション:40.8%，チャレンジャー:33.3%）で成果を残す結果となった．

Ⅴ. 調査結果の分析

Ⅴ-1. セールスアプローチのタイプ別成果の t 検定

単純集計による分析において「成約」に関しては「チャレンジャー」が高い評価を獲得し，「ロイヤルティ」においてはやや「リレーションシップ・ビルダー」が優れているという結果となった．これらの成果を 5 件法による評価選択肢を得点換算し（成約：ぜひ取引したい 100 取引

したい 75　どちらとも言えない 50　あまり取引したくない 25　取引しない　ロイヤルティ：継続して取引したい 100 条件次第で取引したい75 どちらとも言えない50 他社も含めて検討したい 25　他社との交渉が前提だ 0)，それぞれの成果の平均値と分散を基に t 検定を行った. t 検定においては 2 群の等分散を仮定しない「Welch 検定」を採用した.

V-1-1. セールスアプローチタイプ別「成約」の t 検定

セールスアプローチが「チャレンジャー」の場合と「リレーションシップ・ビルダー」の場合の「成約」に対して t 検定を行った. その結果, タイプの違いによる差は有意傾向であった. すなわち, チャレンジャーアプローチの成約効果がリレーションアプローチの成約効果より優れる傾向にあったと言える.

表 1 〈成約を目的変数とした場合の有意差検定〉

チャレンジャー：n = 78 リレーション:n = 72

	M	*SD*	t 検定 (Welch)		
			t 値	*df*	p 値
チャレンジャー	65.1	22.2	1.74	146.47	.084+
リレーション	58.7	22.6			

V-1-2. セールスアプローチタイプ別「ロイヤルティ」の t 検定

次に「チャレンジャー」の場合と「リレーションシップ・ビルダー」の場合の「ロイヤルティ」に対して t 検定を行った. その結果, セールスアプローチのタイプの違いによる有意差は認められなかった. すなわち, チャレンジャーアプローチとリレーションアプローチの間にロイヤルティ効果の差はなかったと言える.

表 2 〈ロイヤルティを目的変数とした場合の有意差検定〉

チャレンジャー：n = 78 リレーション:n = 72

	M	*SD*	t 検定 (Welch)		
			t 値	*df*	p 値
チャレンジャー	75.00	25.48	-1.14	147.96	.257
リレーション	79.51	23.11			

V-2. 有意傾向が認められるチャレンジャーの「成約」に関する重回帰分析

前項において,「成約」に対して「チャレンジャー」タイプのセールスアプローチが優れた成果をあげるという仮説が支持される傾向にあった. では,「チャレンジャー」タイプのセールスアプローチの中でどの要素が成約に影響を与えているかを検証するために, 重回帰分析を行った.「新たな視点」「自社の強み」「論理的主張」を説明変数,「成約」を目的変数として重回帰分析を行った. その結果,「論理的主張」が有意であり,「自社の強み」は「成約」に対する要素として有意傾向が見られた. 一方で,「新たな視点（の提案)」は有意ではなかった.

表 3

〈チャレンジャーの重回帰分析　目的変数：成約〉 n = 78

R^2=.30	*b*	*SE*	β	*df*	t 値	p 値
新たな視点	3.6	4.35	.124	74	.827	.411
自社の強み	7.17	4.17	.252+	74	1.719	.090+
論理的主張	8.41	3.73	.270*	74	2.257	.027*

V-3.「ロイヤルティ」に関する重回帰分析

V-1 項において,「ロイヤルティ」に関しては「チャレンジャー」と「リレーションシップ・ビルダー」の間に有意差は認められなかった. そのため, 両タイプにおいて「ロイヤルティ」に影響を与える要素を抽出する目的で重回帰分析を行った.

「ロイヤルティ」を醸成する要素として,「チャレンジャーアプローチ」の 3 つの要素の中では「論理的主張」,「新たな視点」が有意であった. 一方で,「リレーションシップ・ビルダー」の特徴的な 3 要素では,「サービス精神」と「人間関係」が有意であり, 特に「サービス精神」は 1% 水準で有意であったことから, ロイヤルティ醸成においては大きく影響することが想定される.

ロイヤルティ醸成の成果要素として, アプローチの異なる 2 つのタイプ（チャレンジャー, リレーションシップ・ビルダー) の特徴的な要素から抽出すると「サービス精神」「論理的主張」「人間関係」「新たな視点」があげられる結果となった.

表 4

〈チャレンジャーの重回帰分析　目的変数：ロイヤルティ〉 n = 78

R^2=.311	*b*	*SE*	β	*df*	t 値	p 値
新たな視点	10.37	4.99	.310*	74	2.079	.041*
自社の強み	1.40	4.78	.043	74	0.293	.771
論理的主張	10.18	4.27	.285*	74	2.383	.020*

表 5

〈リレーションシップ・ビルダーの重回帰分析　目的変数：ロイヤルティ〉 n = 72

R^2=.220	*b*	*SE*	β	*df*	t 値	p 値
人間関係	6.36	2.96	.240*	68	2.151	.035*
サービス精神	12.45	4.65	.292*	68	2.681	.009**
受動的解決	4.25	3.07	.155	68	1.386	.170

V-4.
顧客側の心理特性とセールスアプローチの相性

ここまではセールスアプローチが特徴的に異なる２つのタイプ（チャレンジャー，リレーションシップ・ビルダー）について，「成約」「ロイヤルティ」の二点を成果とする場合の比較，およびその成果に影響する要素を抽出してきた．だが，BtoB 企業の取引においては顧客側の意思決定プロセスも大きく影響することは言うまでもない．本項では顧客側の心理特性に着目し，前述のセールスアプローチ 2 タイプとの相性とその成果の違いを明らかにしていく．

顧客側の心理特性として，「達成動機」「親和動機」の 2 つの測定尺度を使用した．達成動機は堀野・森(1991)[2]の開発した「達成動機尺度」23 項目のうち 5 項目を用いた．親和動機は Braunstein(1987)[3]により開発され，岡島(1988)[4]によって翻訳された 26 項目中 5 項目を用いた．なお，これらの尺度の使用手法は大津・西田（2004）[5]に基づくものである．「達成動機」「親和動機」は先の 5 項目について 5 件法で回答を求め，それぞれ合計点で上位 50%を各動機の強い層として抽出した．

仮説では「チャレンジャー」のアプローチが「達成動機の高い顧客」に相性が良いことを想定したが，実際の達成動機の上位 50%の参加者に対する調査結果（目的変数：成約）では 3 つの要素の全てが有意ではなく，説明変数となり得ない結果となった．むしろ，達成動機上位 50%と相性がよいのは「リレーションシップ・ビルダー」のセールスアプローチであることが確認された．これは達成動機の高い顧客は「新たな視点」や「論理的主張」を求めず，「受動的解決」や「人間関係」，「サービス精神」への評価によって「成約」の意思決定していることを示唆している．また，目的変数をロイヤルティとした場合においては心理特性の違いに関わらず「チャレンジャー」のアプローチが影響する結果となった．

VI. 考　察

本研究は，従来「暗黙知」とみなされてきた営業活動を技術と捉え，明確な方法論として確立することを目的とした．先行研究[1]（ディクソン&アダムソン， 2015）で提唱されたチャレンジャー・セールス・モデルにおいて，卓越した成果をあげるとされた「チャレンジャー」のセールスアプローチは，「成約」の視点では今回の調査においても成果をあげる傾向を示した．また，「ロイヤルティ」においては「チャレンジャー」と「リレーションシップ・ビルダー」の両アプローチ間に統計的な差が認められなかったため，通常のセールス活動においては原則として「チャレンジャー」アプローチを心がけるべきと考える．「自社の強み」を十分にアピールし，顧客との議論に対して積極的に「論理的主張」を展開することが「成約」につながるであろう．「ロイヤルティ」を高める視点では，常に「新たな視点」を提示し続けることが成果につながると考える．2 つのタイプが「ロイヤルティ」に及ぼす影響に差が認められなかったことからも，「リレーションシップ・ビルダー」タイプの「サービス精神」要素も重要なロイヤルティ要素として意識しておくことが重要である．

注意すべきは「達成動機の高い」顧客である．この層は「チャレンジャー」のアプローチによって成約を得ることは難しい．むしろ，「リレーションシップ・ビルダー」が特徴とする「人間関係」と「受動的解決」が成約に効果的であったことからも，まずは顧客との間に信頼関係を構築し，顧客のニーズに熱意を持って解決にあたる姿勢が「成約」につながる．ただし，これらの姿勢はこの層の「ロイヤルティ」には寄与しない．この層に対しては，成約段階はリレーションアプローチ，その後のロイヤルティ段階ではチャレンジャーアプローチと，顧客の成熟段階に応じてアプローチ手法を変化させていくことで成果をあげることが考察される．

参照文献

[1] マシュー・ディクソン&ブレント・アダムソン　ニール・ラッカム序文 三木俊哉=訳, 2015, チャレンジャー・セールス・モデル　成約に直結させる「指導」「適応」「支配」

[2] 堀野緑　森和代, 1991, 抑うつとソーシャルサポートにおける達成動機の介在要因

[3] Steers, R. M. and D. N. Braunetein, 1976, A behaviorally-Based Measure of Manifest Needs in Work Settings

[4] 岡島京子, 1988, 親和動機測定尺度の作成

[5] 大津誠 西田豊昭, 2004, アントレプレナーの心理的特性と企業業績

アート没入空間の構築と心電データを用いたその評価
Construction of Immersive Art Space and Its Evaluation Using ECG

中津 良平[†]，土佐 尚子[†]，浦岡 泰之[‡]，北河 茜[‡]，村田 耕一[‡]，務中 達也[‡]，
上田 祥行[†]，古田 雅史[‡]，野村 理朗[†]
Ryohei Nakatsu, Naoko Tosa, Yasuyuki Uraoka, Akane Kitagawa, Koichi Murata, Tatsuya Munaka, Yoshiyuki Ueda, Masafumi Furuta, Michio Nomura

[†]京都大学，[‡]株式会社島津製作所
Kyoto University, Shimadzu Corporation
nakatsu.ryohei.7r@kyoto-u.ac.jp, tosa.naoko.5c@kyoto-u.ac.jp, uraoka-y@shimadzu.co.jp, kitagawa.akane.5jf@shimadzu.co.jp, murata.koichi.9ar@shimadzu.co.jp, munaka@shimadzu.co.jp, ueda.yoshiyuki.3e@kyoto-u.ac.jp, m_furuta@shimadzu.co.jp, nomura.michio.8u@kyoto-u.ac.jp

概要

アート鑑賞が鑑賞者の創造性の向上に効果があるという仮定を立て，その実証のため没入型の環境を構築し，その環境で被験者を用いたアート鑑賞時の生理データの計測・分析を行った．本報告では，没入型環境の構成について簡単に述べた後，その環境でアートコンテンツを幾何学図形コンテンツや無コンテンツと比較した際の心電データの計測・分析の結果について報告する．

キーワード：没入空間，デジタルアート，心電データ，創造性

1. はじめに

筆者らは，アート鑑賞がストレス軽減などに加え，創造性向上などのより高次の効果を人に与えるのではないかと考えており，それを評価することを目的とし，アート鑑賞に適した没入空間の構築とその評価を行っている．

アートコンテンツとしては，筆者の一人である土佐尚子のビデオアート（以下「土佐アート」）を用いる．土佐アートを鑑賞した多くの人から，宇宙空間にいるように感じる，さらには創造性が向上するように感じるという感想をもらっている．

創造性の向上のようなアート鑑賞の高次の効果を評価するには，無限に広がる感覚を与える没入空間を構築し，そこで被験者にアートを鑑賞してもらうことが適していると考えられる．無限の空間内にいる感覚を与えるため，鏡とディスプレイの機能を持つミラーディスプレイで囲まれた空間を構築し，その中で土佐アートを鑑賞してもらうこととした．

評価法に関しては，心理評価による方法と生理データを計測・分析する方法が考えられる．心理評価結果についてはすでに国際会議などで発表しているため[1]，本論文では生理データ，具体的には心電データの分析に焦点を当ててそのプロセス・結果について述べる．

2. デジタルアート「サウンドオブ生け花」

筆者の一人土佐尚子は，絵の具などの流体に音の振動を与えてそれを高速度カメラで撮影することによって，流体が生け花のような形状を作り出すことを見出した．スピーカーを上向けに置き，上に薄いゴム膜を張り，その上に絵の具などの流体を置いて，スピーカーをサウンドで振動させると，絵の具が飛び上がり種々の造形が作り出される．

土佐は，この環境を用いて音の形状・音の周波数・流体の種類・流体の粘度などを変化させることによって，種々の流体形状が生成されることを確かめた[2]．さらに，そのようにして得られた映像を日本の季節の色に合わせて編集し，「サウンドオブ生け花」と呼ばれるデジタルアートを制作した[2]．図1は，作品の一シーンである．

図1.「サウンドオブ生け花」の一場面

「サウンドオブ生け花」を鑑賞した人たちの多くから，自分の創造性が高まる気がするという感想をもらっている．アート鑑賞が鑑賞者の創造性向上につながるとすると，アートの興味深い効能が見出されることになる．そのような効果は無限に広がり没入感を与える空間の中でより発揮されると考えられるため，無限に広がる感覚を与

える空間を設計・構築し，その中で土佐アートを鑑賞してもらい評価することとした．

3. 没入空間の設計と構築

無限に広がる空間を感じさせるシステムの構築には，鏡を用いることが適している．同時に，映像を表示するためには表示させる仕組みが必要である．ここでは鏡とディスプレイの両方の機能を持ったミラーディスプレイを用いることとした．没入空間の概念図を図 2 左に示す．

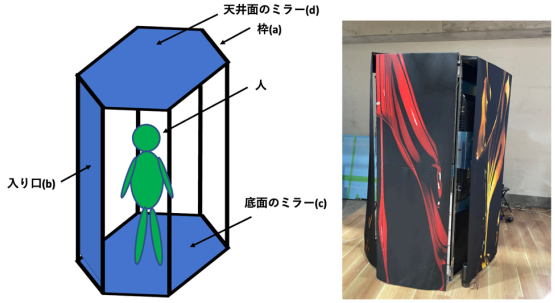


図 2. 没入空間の概念図（左）とその外観（右）

3 組の向かい合った鏡（合わせ鏡）から構成されている 6 角形の空間を構築した．合わせ鏡が無限に続く像を作ることはよく知られている．この 6 角形の空間を構成している 6 枚の鏡はディスプレイの機能も持つミラーディスプレイとなっており，映像を表示することが可能である．構築した没入空間の外観を図 2 右に示す．

この装置の内部では単純な図形でも前後左右及び上下に無限に続くことによって，図 3 左のように，美しさを感じさせる．土佐アートを表示した例を図 3 右に示す．

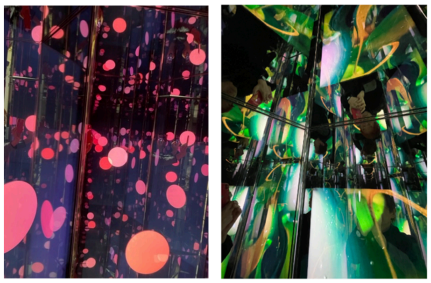


図 3. 没入空間で円を表示した様子（左）と土佐アートを表示した様子（右）

4. 没入空間におけるコンテンツ評価

4．1 評価のコンセプト

本研究で没入空間において表示するアートとして，著者の一人である土佐アートを用いる理由は以下の通りである．

(1) 土佐アートは流体現象を高速度カメラで撮影することを生成手法としており，物理現象をベースとしたアートである．したがって，アーティストの人手によって作り出されたアートに比較すると，科学的手法による評価との相性が良い．

(2) 流体現象をベースとしていることから，流体の種類，音の種類などを変更することによって種々のバリエーションを作り出すことができる．この点でも条件を変えて実験を行うという科学的手法と相性がいい．

アートコンテンツを用いた評価実験を行う方法として，心理実験に基づいた心理評価を行う方法と，生理データを計測・分析することにより評価する方法がある．本研究では，心理評価と生理データの計測・分析を同時に行い，それらの関係に関しても検討した．心理評価結果に関しては国際会議などで報告を行った[1]．本報告では，生理データ計測方法と，そのうち心電データに関する分析を行った内容について述べる．

4．2 生理データの計測

生理データを計測するために，島津製作所の HuME (Human Metrics Explorer)[3]と呼ばれる機器を用いた．HuME は心電，脳波，皮膚電位，発汗，視線などの複合的な計測が可能な感性計測プラットフォームである．本研究では，HuME を用いて心電，脳波，筋電位を計測した．計測したデータのうち本報告では，心電に着目しその分析を行った．

4．3 コンテンツ

アートコンテンツは，「サウンドオブ生け花」を用いた．「サウンドオブ生け花」をアートコンテンツとして選択した理由は，4.1 に述べたとおりである．アートコンテンツと比較するためのコンテンツとして，「幾何学図形」を用いた．複数の幾何学図形コンテンツを用意し，心理実験により，それらの間の有意差がないことを確認した上で，色と共に形状が順に円と四角に変化する幾何学図形コンテンツ（以下「図形」）を用いることとした．

4．4 実験参加者

実験参加者は京都大学の学生 40 名であった．また実験にあたっては，十分な事前説明を行い，各参加者の同意を得て同意書に署名してもらった．

4．5 実験手続き

実験参加者の生理データ計測の手順は以下の通りであった．

移動：実験参加者は没入空間内に移動する

評価１：実験参加者は最初の心理評価を行う.
安静 １：実験参加者の状態をリセットするためコンテンツは表示されない. 生理データ計測が行われる.
コンテンツ１：アートもしくは図形が表示される. 同時に生理データ計測が行われる.
評価２：実験参加者は２度目の心理評価を行う.
安静 ２：実験参加者の状態をリセットするためコンテンツは表示されない. 生理データ計測が行われる.
コンテンツ ２：アートもしくは図形コンテンツが表示される. コンテンツ１がアートの場合は図形, コンテンツ１が図形の場合はアートが表示される. 同時に生理データ計測が行われる.
評価３：実験参加者は３度目の心理評価を行う.
移動：実験参加者は没入空間から退出する.

5. 心電データの解析結果

５．１ 用いた生理データ

40 名を対象として生理データ（心電, 脳波, 皮膚電位）を測定したが, 3 種のデータが揃って正常に測定できたのはそのうち 22 名であった. 心電, 脳波, 皮膚電位間の関係も分析する予定なので, 3 種のデータが揃って測定できた 22 名に絞って解析することとした. 本報告書では, 心電データに着目して分析した結果を述べる.

５．２ 心電データの解析手法

心電図から求められる隣り合う R 波の間隔（RRI）の周期的な揺らぎである心拍変動は, 自律神経活動を反映している. 22 名の心電データを対象として, 心電データから得られる以下の心拍変動指数に注目した.

RRI：RR 間隔
SDNN：RR 間隔の標準偏差
RMSSD：隣接する RR 間隔の差の２乗平均根
pNN50：隣接 RRI の差が 50msec を超えた比率
LF：RR 間隔データを周波数解析した低周波成分
HF：RR 間隔データを周波数解析した高周波成分
LF/HF：低周波成分と高周波成分の比

これらのうち, SDNN, RMSSD, pNN50, HF は副交感神経活動の指標として用いられ, LF/HF は交感神経活動の指標として用いられている. これらはいずれも時系列データとして得られるが, 今回は, 3 分間提示される 4 種類のコンテンツ（図形 : Figure, アート : Art, 安静 1 に対応する無コンテンツ : Rest1, 安静 2 に対応する無コンテンツ : Rest2）を, 3 分間を 1 つの区間として求めた値を用いて Figure, Art, Rest1, Rest2 の比較を行い, それらの間の差が有意かどうかを確かめるための分散分析を行った.

５．３ 心拍変動指数の分析結果

上記の心拍変動指数のうち, SDNN, RMSSD, pNN50, HF, LF/HF の 5 種の心拍変動指数のそれぞれに関して, Figure, Art, Rest1, Rest2 の 4 種類のコンテンツの比較を行ったグラフを図 4～図 8 に示す. また差が有意かどうかを確かめるための分散分析を行ったので, その結果も同時に示してある. これらの結果から以下が言える.

図 4：SDNN に関しては, Art の値が低く副交感神経活動が抑制されていた. 分散分析の結果, コンテンツに関する主効果が有意（$F(3, 63) = 5.87$, $p = .002$）であった. 多重比較を行ったところ, Art と Rest1, Rest2 の間にはいずれも 5%水準で有意な差があることがわかった.

図 5：RMSSD に関しても, SDNN と同様に Art の値が低く, 副交感神経活動が抑制されていた. 分散分析の結果, コンテンツに関する主効果は微差で有意ではなかった（$F(3, 63) = 3.23$, $p = .064$）. コンテンツ間の差を見ると, Art と Figure の差は有意ではないものの Art と Rest1 の差に関しては $p = .047$, Art と Rest2 の差に関しては $p = .033$ であった.

図 6：pNN50 に関しても, Art の値が低く, 副交感神経活動が抑制されていた. 分散分析の結果, コンテンツに関する主効果が有意（$F(3, 63) = 3.11$, $p = .043$）であった. しかし, 分散が大きいため, 多重分析の結果では, コンテンツ間で有意な差はみられなかった.

図 7：LF に関しても, Art の値が低いという意味では図 4～図 6 と似た傾向であった. コンテンツに関する主効果は有意ではなかった（$F(3, 63) = 1.81$, $p = .165$）.

図 8：LF/HF に関しては, 図 8 をみると, Rest1 の値がそれ以外に比較して低い. これは, コンテンツが提示される前は交感神経活動が抑制され, コンテンツ提示によって活発化したことを示していると考えられる. また, Rest1 に対して Rest2 が大きな値になっている. これは, コンテンツ提示が終わっても次のコンテンツに対する期待があり, 交感神経活動の活発化が継続していると理解できるのではないだろうか. 分散分析の結果, コンテンツに関する主効果は有意（$F(3, 63) = 3.41$, $p = .028$）であった. ただし, 多重分析の結果ではコンテンツ間で有意な差は見られなかった. これも, 分散が大きいことが影響していると考えられる. 注目すべきは, Art の値が Rest1 に比較すると少し高くなっているが, Figure に比較すると低いことである.

図 4～8 を合わせると, Art 鑑賞時は交感神経および副交感神経活動が共に抑制されているということを示している. 交感神経活動と副交感神経活動は拮抗作用すると

言われており，興味深い結果と言える.

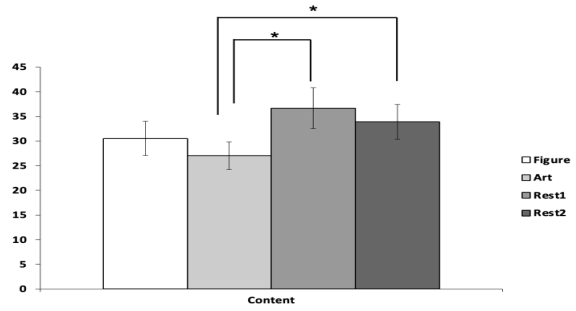


図 4. SDNN に関する平均値および分散分析結果

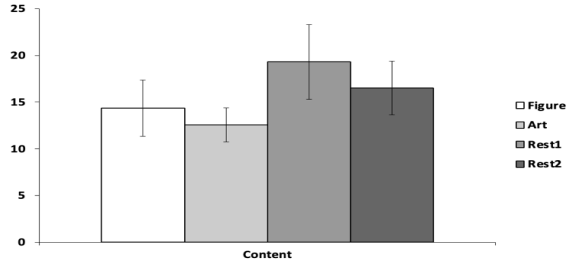


図 5. RMSSD に関する平均値および分散分析結果

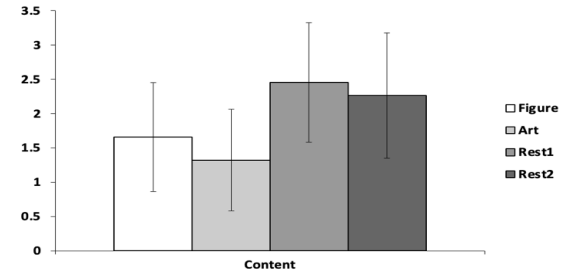


図 6. pNN50 に対する平均値および分散分析結果

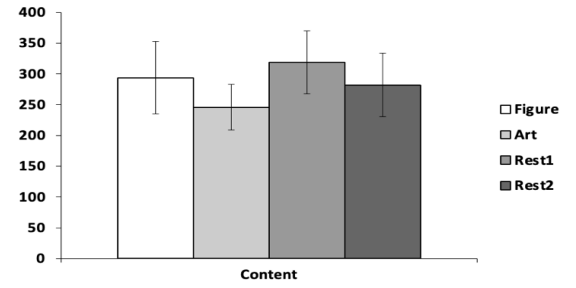


図 7. HF に対する平均値および分散分析結果

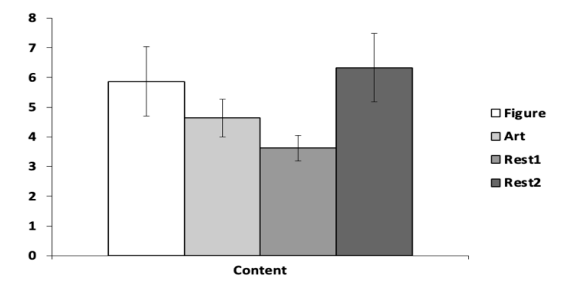


図 8. LF/HF を対象とした平均値および分散分析結果

6. まとめ

アートが人の心を落ち着かるなどの効果があることは知られているが，人の創造性を高めるなどの効果があることが予想される. 我々は, 筆者の一人である土佐尚子の制作するビデオアート（土佐アート）を用いてそのような効果があるかどうかを明らかにする研究を行った. 土佐アートの持つ効果を発揮するには，無限に広がる感覚を与える没入空間で鑑賞するのが適している. そこで, 鏡とディスプレイの機能を持つミラーディスプレイで構成される没入空間を設計・構築した.

次に，このような没入空間内における土佐アート鑑賞が被験者にどのような影響を与えるかを知るため，心理実験と生理データ計測を同時に行い，それぞれに関して，また相互の関係に関して分析を行うことを目指している. 心理評価に関しては，すでに没入空間における土佐アート鑑賞が人の心を奮い立たせたり，創造性を喚起する効果を持つという興味深い結果を得ている[1].

生理データとしては，心電，脳波，皮膚電位の 3 種類を測定したが, 本報告ではそのうち心電に着目し, 心拍変動解析を行い, アートコンテンツ提示時, 幾何学図形コンテンツ提示時, 2 回の無コンテンツ提示時の計 4 種の条件下での心拍変動に関して，平均値および分散分析結果の観点から解析した. その結果, 幾何学図形や無コンテンツ提示時に比較してアート提示時には副交感神経活動と交感神経活動が共に抑制されているという興味深い結果が得られた.

今後は，本研究で得られた結果をベースとして心電データのさらに詳しい分析を行う．同時に心理評価結果と心電データ分析結果の関係を調べる．また，脳波・皮膚電位に関しても分析を行うことによって，アート鑑賞が人の心に与える効果を明らかにしたい.

文献

[1] Ryohei Nakatsu, Naoko Tosa, Yunian Pang, Satoshi Niiyama, Yasuyuki Uraoka, Akane Kitagawa, Koichi Murata, Tatsuya Munaka, Yoshiyuki Ueda, Masafumi Furuta, Michio Nomura, “Construction of Immersive Art Space Using Mirror Display and Its Evaluation by Psychological Experiment,” EAT ArtsIT 2023 (2023.11).

[2] Yunian Pang, Liang Zhao, Ryohei Nakatsu, Naoko Tosa, “A Study of Variable Control of Sound Vibration Form (SVF) for Media Art Creation,” 2017 International Conference on Culture and Computing (2017).

[3] Akane Kitagawa, Yasuyuki Uraoka, Masafumi Furuta, Tatsuya Munaka, “Human Metrics Explorer System for Multi-Device Physiological Measurements in Emotion Estimation,” SII 2024, pp.184-189 (2024).

語彙検索を促進させる自己接触行動の機能
A function of self-adaptor that facilitates lexical retrieval

西東 理花，堀田 浩司，関根 和生
Rika Saito, Hiroshi Hotta, Kazuki Sekine

早稲田大学
Waseda University
rika.s@fuji.waseda.jp

概要

自分の手で自分自身の身体に触れる行為は，自己接触行動と呼ばれている。本研究は，自己接触行動が語彙検索を促進させるかについて検討した。実験参加者を統制群，自己接触群（課題中手で頬に触れてもらう群），抑制群（ジェスチャーができない群）に分け，語彙検索課題と再生課題を行った。その結果，自己接触行動は語彙検索を促進させることが明らかになったが，TOT 状態に陥った際には，自己接触行動は影響を及ぼしていないことが明らかになった。

キーワード：言語，認知，記憶

1. 問題と背景

身体動作が語彙検索に影響を与えることが明らかにされてきた。身体動作として，特に発話に伴うジェチャーに焦点があてられてきた。例えば，Pine et al.(2007)は，自己接触行動の語彙検索への影響を検討した。参加者は，身振り抑制群と統制群にランダムに分けられ，絵を提示して回答してもらう課題を行った。その結果，ジェスチャーが語彙検索を補助する役割を果たしていることを示唆した。同様に Rauscher et al.（1996）の研究は，ジェスチャーを抑制すると，発話速度が落ちることを報告しており，ジェスチャーが語彙の検索に影響を及ぼしていることを示した。しかし，Kisa et al.（2021）は，Rauscher et al.（1996）の研究は統計的に不十分な箇所があることを指摘し，ジェスチャーが語彙検索を促進させる確固たる証拠はないと論じている。だが，身体活動自体が語彙検索に影響を与えること自体を否定しているわけではない。Kisa et al.(2021)は，Pine et al.(2007)の研究について言及した際，Pine et al.(2007)の実験で最も生起したのはジェスチャーではなく自己接触行動であることを指摘した。つまり，自己接触が語彙検索に影響を与えている可能性を示唆した。いくつかの研究では，自己接触行動が語彙検索に影響を与えていることが報告されている。自分の手で自分自身の身体に触れる行為は，自己接触行動(Self-adaptor）と呼ばれている（Ekman & Friesen, 1969)。従来，自己接触行動は，会話場面の特に不安や緊張を感じた際によくみられると報告されている。だが，自己接触行動は，ストレスや不安の低減のみならず，認知処理へ影響を及ぼすことが明らかになっている。藤井(1997)の研究では，自己接触行動が語彙検索を促進させるかについて検討した。語彙検索課題で用いられたことわざと四字熟語は，TOT(Tip of the Tongue)と呼ばれる既知感はあり喉まで出てきているが取り出せない状態になりやすいものが選ばれた。結果として，手の動きを抑制すると語彙検索がしづらくなることを示した。また，TOT 状態になると，自己接行動が増えることを明らかにした。藤井（1997）の研究から語彙検索時，自己接触行動が増えることは明らかになっているが，自己接触行動が語彙検索に影響を与えているということはわかっていない。そこで，本研究では，自己接触行動が語彙検索を促進させるのか，ということを自己接触行動を実験的に操作することで，明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2-1. 参加者　日本語を母語とする成人 60 名で 18 歳から 25 歳（M = 20.41，SD = 1.91）であった。

2-2. 実験計画　一要因被験者間計画で統制群（自由に課題に取り組む群)，自己接触群（課題中手で頬に触れてもらう群)，抑制群（ジェスチャーができない群）の 3 群に分けた。

2-2. 手続き　実験参加者は，ことわざと四字熟語の定義の音声を聞いて，ターゲット語を答える語彙検索課題(正しい単語は回答のたびに口頭にて提示)と，出てきたターゲット語を 3 分間で思い出す再生課題の２つを行った。語彙検索課題の回答パターンは検索成功，検索失敗，TOT 正答，TOT 失敗の４つに分けた。

3. 結果

3-1. 語彙検索課題における正答数　語彙検索課題

における各群の正答数を算出し，各群の平均値と標準偏差を表１と図１に示した。

表１　各群における平均値と標準偏差

群	平均値	標準誤差
統制群	10.7	6.3
自己接触群	13.05	4.96
抑制群	8.45	3.9

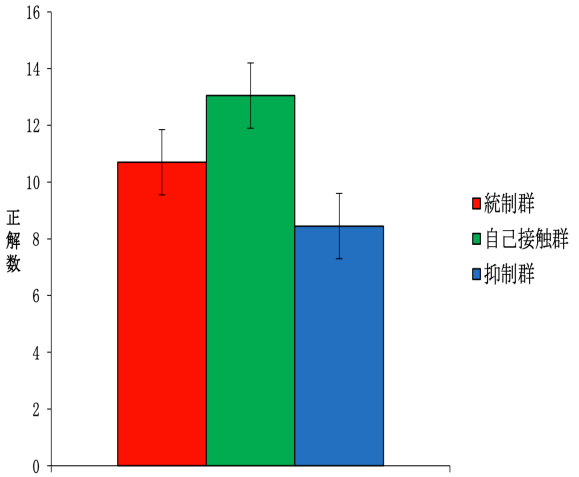


図 1 各群の正答数(正しい検索と TOT 正答の合計)
(エラーバーは標準誤差)

各群を独立変数，正答数を従属変数として分散分析を行った。その結果，正答数と自己接触の間に主効果がみられた，$F(2, 57)=3.99$，$p=.024$，偏$\eta 2=.12$。従って，自己接触行動は語彙検索を促進させることが明らかになった。

3-2. 語彙検索課題における TOT に陥ってからの正答割合　語彙検索課題における各自己接触群(統制群，自己接触群，抑制群)の TOT 状態に陥ってからの正答割合について平均値と標準偏差を表２と図２に示した。

表２　各群における TOT 状態から正答する割合

群	平均値	標準誤差
統制群	0.16	0.25
自己接触群	0.18	0.27
抑制群	0.07	0.13

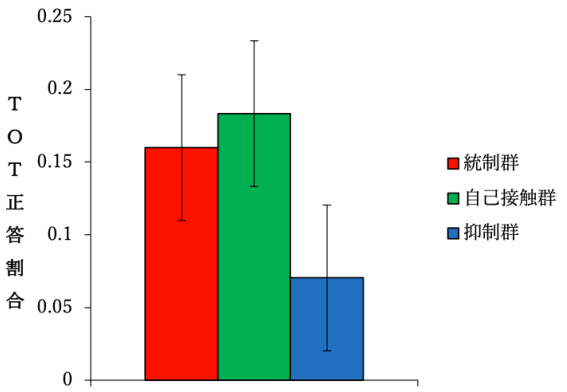


図２　各群の TOT 状態に陥ってから正当する割合
(エラーバーは標準誤差)

3-1. と同様に分散分析を行った結果，TOT 正答数と自己接触の間に主効果はみられなかった，$F(2, 57)=1.41$，$p=.25$，偏$\eta 2=.047$。このことから，TOT に陥ってから正答を導くのに自己接触行動は有効ではなかった。

3-3. 語彙検索課題における統制群の自己接触とジェスチャー生起　語彙検索課題において生起したジェスチャーと自己接触行動を ELAN(2016)によって求めた。その結果，ジェスチャーより自己接触行動の方が生起数は多く，また，TOT に陥った際は非 TOT 時と比べてジェスチャーは約２倍増えることが明らかになった。

4.　考察

4-1. 語彙検索課題における正答数に関する考察

語彙検索課題での正しい検索数について，自己接触群は抑制群よりも高かったことから，自己接触行動は語彙検索を促進させることが明らかになった。自己接触群と抑制群の間に有意差がみられた理由として，自己接触は語彙検索をする際に何らかの補助的な役割を示している可能性が考えられる。本実験で自己接触行動が最も生起したように，ジェスチャーではなく自己接行動触をすることで話し手の認知的資源を絞り，語彙検索を促進しているのではないだろうか。

4-2. 語彙検索課題における TOT に陥ってからの正答割合

表２に示すように TOT 状態に陥ってからの正答割合に自己接触行動の主効果はみられなかった。つまり，TOT に陥ってから正答を導くのに自己接触行動は有効ではないという結果となった。このことから，語彙検索自体に自己接触行動は影響を与えているが，TOT に陥った場合，自己接触行動は影響を及ぼさないことを

示唆している。

4-3. 語彙検索課題における統制群の自己接触とジェスチャー生起

語彙検索課題時，ジェスチャーよりも自己接触行動の方が生起することがわかった。また，非 TOT 状態よりも，TOT 状態に陥った時の方が自己接触行動もジェスチャーも正規数が多かった。ただ，この分析で最も注目すべきは， TOT 状態に陥った際，そうでない時と比べて明らかにジェスチャーの生起数が増えることである。このことから，TOT 状態時には，自己接触行動ではなくジェスチャーが検索の助けになることが考えられる。

文献

Ekman, P. & Friesen, W. V. (1969). The Repertoire of nonverbal behavior: Categories, Origins, Usage, and Coding. Semiotica, 32, 49-98.

藤井美保子 (1997). 語彙検索における自己接触行動の役割 心理学研究, 68, 187-196.

Kısa, Y. D., Goldin-Meadow, S., & Casasanto, D. (2021). Do Gestures Really Facilitate Speech Production?. *Journal of Experimental Psychology: General*. Advance online publication.

Pine, K. J., Bird, H., & Kirk, E. (2007). The effects of prohibiting gestures on children's lexical retrieval ability. *Developmental Science,* 10(6), 747-754.

Rauscher, F. H., Krauss, R. M., & Chen, Y.（1996）. Gesture, speech, and lexical access: The role of lexical movements in speech production. *Psychological science*, *7*（4）, 226-231.

進化型画像生成システムを用いた視覚言語モデルの音象徴的感性に関する分析
Analysis of Sound Symbolism in Visual Language Models Using Evolutionary Image Generation Systems

進藤 稜真 †,‡, 飯塚 博幸 ‡
Ryoma Shinto, Hiroyuki Iizuka
† 北海道大学 情報科学院, ‡ 人間知・脳・AI 研究教育センター
Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University,
Center for Human Nature, Artificial Intelligence, and Neuroscience, Hokkaido University
shinto.ryoma@gmail.com

概要

本研究では,Vision Language Model (VLM) が人間とどの程度類似した音象徴的感性を持つかを分析する. 実験には, 人間の評価に沿って画像を進化させるシステムである CONRAD をベースに, 新たに VLM の評価も反映可能な進化型画像生成システムを構築して分析を行った. 実験の結果,VLM は新たに作成した疑似単語を対象にした場合も含め, 人間と類似した音象徴的感性を示すことが確認された.

キーワード： 大規模言語モデル (LLM), 視覚言語モデル (VLM), 感覚 (Sensibility), 音象徴 (Sound Symbolism)

1. はじめに

GPT に代表される大規模言語モデル（LLM: Large Language Model）は, 大規模なテキストデータの学習により, 様々な言語処理タスクに汎用的に適用可能となった (Brown et al., 2020). さらに, 言語に加えて画像の学習を行った視覚言語モデル（VLM: Vision Language Model）も登場し, 画像キャプショニングや視覚質問応答 (VQA) など, 様々なマルチモーダルタスクにおいて人間と同等のパフォーマンスを発揮している (Radford et al., 2021).

しかし, 人間と同等の文章生成やタスク遂行が可能となっても, 人間の感性を理解し表現できるかどうかは定かではない. そこで本研究では,「音象徴」という感性的側面に焦点を当て,VLM が人間とどの程度類似した音象徴的感性を持つかを明らかにする.

音象徴とは文字の音そのものが, ある特定のイメージを喚起する事象のことを指す. 代表的な実験としては,「bouba / kiki 実験」(Ramachandran et al., 2001) がある. この実験では, 丸みを帯びた曲線的な図形と尖った直線的な図形に対し, ほとんどの被験者が丸みを帯びた図形を「bouba」と答え, 尖った図形を「kiki」と回答した. この現象は, 言語や年齢に関わらず共通してみられる現象であり (Maurer et al., 2006) , 文字の音が言語・聴覚的な意味を持ち, 人間の感性に影響を与えていることを示唆している.

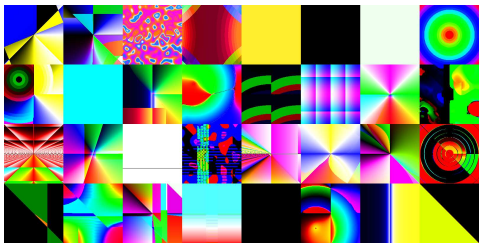


図 1: CONRAD を用いて生成した画像の例. この図は, 計 32 枚の画像を横 4 行, 縦 8 列に並べたものである. このように, 様々な図形が描かれた画像を生成できる.

特に感性のような定量化の難しい対象の場合, 高性能汎用 VLM はその巨大なパラメータ数や, 大規模な学習データ, 内部の詳細が非公開などの要因により, これらの観点から分析・解釈を行うことは現実的ではない. そこで本研究では, 進化の自然選択の性質を利用したアプローチを提案する. すなわち,VLM の評価結果を反映して進化した画像を分析することで,VLM の感性について明らかにする.

本研究によって得た,VLM の感性的側面やその分析手法についての新たな知見は, 実社会における VLM の制御と倫理的運用に役立つことが期待される.

2. 提案手法

本システムは「CONRAD」[*1]をベースに構築した進化型画像生成システムである. CONRAD はウェブ上で公開されており, サイトの訪問者による画像への 11 段階評価（0 から 5 の 0.5 刻み）によって, 世代を重ねるごとに評価者の選択を反映させた画像へと進化するシステムである. CONRAD では,A,T,G,C の 4 種類の文字からなる計 n 文字のゲノム文字列を交叉・突然変

[*1] https://genetic-algorithms.com/

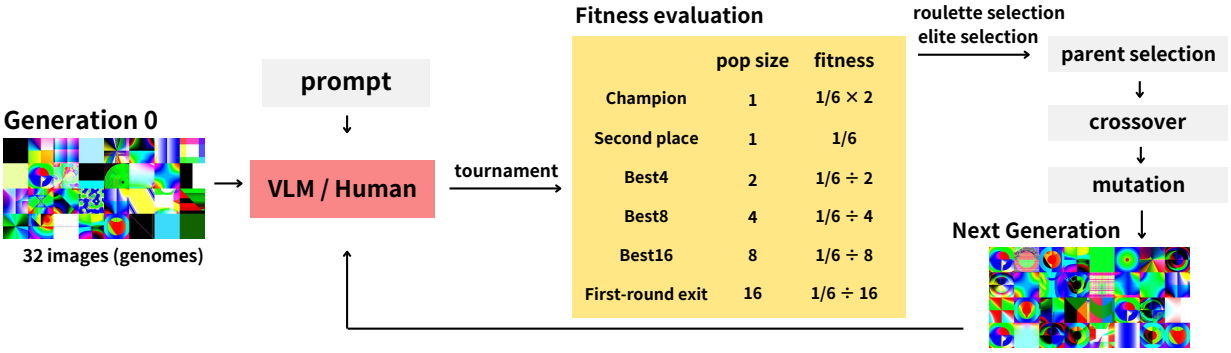


図 2: 構築したシステムの概要図. ゲノムから画像を生成した後,VLM または人間にプロンプトと画像を 2 枚ずつ提示しトーナメント戦を行う. 各個体 (各画像) にはその順位に応じた適応度が割り振られ, 適応度をもとに親個体を決定した後, 交叉・突然変異を行う. ここまでを一世代として, これらの処理を繰り返すうちに評価者の感性に沿った画像へと進化していく.

異させることで画像を進化させる (図 1）. ゲノム文字列から画像が生成される処理は次の通りである. まず, ゲノム文字列内の連続した 3 文字のまとまりを「コドン」とする. 全部で 64 種類あるコドンにはそれぞれ数学的な関数が定義されている. 最初に生成したランダムな初期値の正方行列に対し, ゲノム内のコドンに対応する関数を適用し続け, 全ての関数を適用した後の行列から画像を生成する.

この CONRAD をベースとして構築したシステムの概要図を図 2 に示す. 本研究ではこのシステムを, 人間だけでなく VLM が評価を行えるように次のように変更した. まず, 一つの世代には m 枚の画像（m 個のゲノム）が存在し, 評価者には質問用のプロンプトと共に 2 枚ずつ画像が提示される. 評価者は提示された 2 枚の画像のうち, 質問プロンプトに合致する方を選択する. これを一つの世代内で優勝を決定するまでトーナメント戦を実施し, 順位に応じてスコアを割り振る. その後, スコアをもとに確率的に親個体 (画像) を決定し, 交叉・突然変異を経て次世代の個体を決定する. ここまでを一世代として, これらの処理を繰り返すうちに評価者の感性に沿った画像へと進化していく.

■適応度評価　その画像がどれだけ評価されたかを表す「適応度」の設定方法は次のとおりである. まずトーナメントの結果に基づき 32 個体を 6 つのグループに分ける. 「優勝（1 個体）」「準優勝（1 個体）」「ベスト 4（2 個体）」「ベスト 8（4 個体）」「ベスト 16（8 個体）」「1 回戦敗退（16 個体）」である. それぞれのグループには 1 をグループ数で割ったスコア (この場合は 1/6) を割り振り, さらにグループに割り振られたスコア (1/6) をグループ内の個体数で割ったスコアが各個体のスコアとなる（図 2）. また, 優勝した個体は 2 倍のスコア（この場合は 2/6）を獲得する.

■親個体の決定　適応度が高いほど選出される確率が高くなる「ルーレット戦略」を用いて, 次世代の親個体を決定し k 世代にわたって進化を繰り返す. また, 優勝, 準優勝となった 2 個体については, それぞれ交叉や突然変異処理を行わずに, 次の世代のトーナメント戦において第一シード, 第二シードとなるエリート戦略を取った. これにより, 評価者が最後まで選び抜いた画像は変化せずに次の世代に継承されるため, ユーザーの評価を反映させる画像へと進化しやすくなる.

■交叉　交叉では, 2 つの親個体のゲノムにおいてランダムにゲノム文字列の 2 点を決定し, その点を基に文字列を入れ替える処理を行う（二点交叉）.

■突然変異　突然変異では,A,T,G,C の文字列であるゲノムに対して, 各文字を一定の確率で他の文字に変更する. また, 一世代の個体数の十分の一にあたる個体は, 初期世代の個体と同様に完全にランダムな数値を用いて新規生成される. これによって, 評価者の感性を反映させつつも収束を防ぎ, 探索の幅を広げることで多様な画像を生成することが可能になる.

3. 実験

本実験では「bouba/kiki 効果」をもとに,VLM と人間の音象徴的感性が類似しているかを検証する. すでに「bouba/kiki 効果」の内容が学習データとして含まれている可能性を考慮して, 全く新たな疑似単語の組を作成し, それらを用いた分析も行った.

疑似単語の作成方法は次の通りである. まず (McCormick et al., 2015) に基づき, 尖ったイメージを連想させる文字と丸いイメージの文字のグループに分ける. 尖ったイメージの母音は「i/e」, 子音は無声閉鎖音の「t/k/p」である. また, 丸いイメージの母音は「u/o」, 子音は共鳴音の「m/n/l」である. それぞれのグループにおいて, これらの文字から構成される 4 から 6 文字の単語を総当たりで作成し, 既存の単語と重複するものを除外した後, 最終的に尖ったイメージを持つ疑似単語として「tikike」, 丸いイメージを持つ疑似単語と

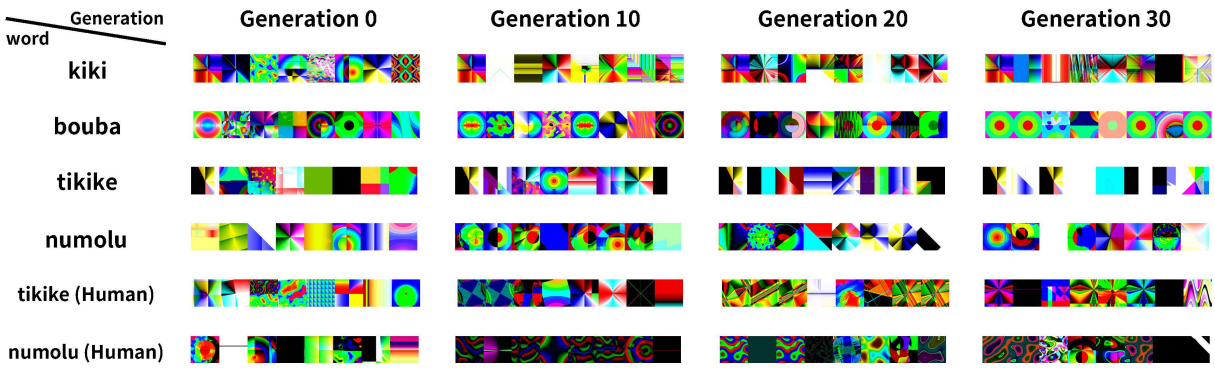


図 3: 単語別の各世代上位 8 枚の画像. それぞれ左から,Champion(1 枚), Second place(1 枚), Best4(2 枚), Best8(2 枚) という順番に並べている. ここでは, 第 0 世代, 第 10 世代, 第 20 世代, 第 30 世代の推移を示す. それぞれの単語から喚起されるイメージに沿って, 画像が進化する様子を観察できる.

して「numolu」を選定した.

以上の疑似単語の組 (tikike/numolu) と kiki/bouba を, 以下のプロンプトの「word1, word2」と置き換えて評価者に提示する.

プロンプト

入力した画像は 2 つの画像が左右に結合されています.
質問
左側の画像と右側の画像において, どちらが「word1」でどちらが「word2」ですか？
図の形状に注目し,「word1」だと思う方を答えてください.
左の画像を「word1」とするならば'1' を, 右の画像を「word1」とするならば'2' を出力してください.
int 型の整数 1 文字以外は何も出力しないでください.
出力：

画像生成システムのパラメータは, 世代数を 30, 一世代の個体数を 32, 突然変異率を 0.1 に設定した.

以上の実験設計で,VLM と人間を対象にした以下の 2 つの実験を行った.

■実験 1 - VLM モデルは gemini-1.0-pro-vision-001(Gemini-Team et al., 2023) を用いた. 出力の一貫性を保つため,tmperature パラメータは 0 に設定した.

■実験 2 - 人間 新しく作成した疑似単語の「tikike, numolu」は,(McCormick et al., 2015) に基づき作成されたものの, 実際に人間にどのような形状の印象をあたえるかは定かではない. そこで, tikike/numolu の組を用いて人間を対象とした実験を行った. 被験者は男性 (22 歳), 女性 (23 歳) 各一名である.

次に, 以上の実験 1,2 で生成された画像の形状特性を評価する分析を行った. 各画像が尖った形状（直線的な図形）であるか, 丸みを帯びた形状（曲線的な図形）であるかを次のように評価する. まず, 画像をグレースケールに変換し,Canny エッジ検出アルゴリズムを用いて画像内のエッジを検出する. 次に, ハフ変換を適用することで, 画像内の直線と曲線をそれぞれ検出し, 各世代ごとにそれらの本数を平均する. 平均直線数を横軸, 平均曲線数を縦軸とするグラフを作成し, 原点を通る傾き 1 の直線を基準として, どちらの領域により多くの点がプロットされるかを観察した.

なお, この分析においては各世代の上位 8 個体 (画像) のみを対象にする. その理由は, 交叉や突然変異によって形状が大きく変化した画像も同世代に含まれるため, トーナメントを最低 2 回勝ち上がった画像 (ベスト 8 以上) を分析対象とすることが,VLM の選択傾向に対する適切な評価となるためである.

■Result まず, 実験 1 および実験 2 にて生成された画像を図 3 に例示する. 図 3 では, 各世代上位 8 枚の画像を左から順に Champion(1 枚), Second place(1 枚), Best4(2 枚), Best8(2 枚) と横に並べ,10 世代ごとに示したものである. なお, 各単語においてそれぞれ 5 回実験を行ったが, 紙面の関係上 1 回目の結果のみを例示するに留める. 図 3 からは,「kiki, tikike」を用いた場合は, 直線的で尖った図形へ変化し,「bouba, numolu」の場合は曲線的な図形に変化していく様子が見られる. これは, 人間の被験者に対して行った実験（tikike(Human), numolu(Human)）からも同様の傾向を読み取ることができる.

次に, これらの結果を定量的に評価したグラフを図 4 に示す. このグラフは, 縦軸に検出した平均曲線数, 横軸に検出した平均直線数を設定して各世代の値をプロットしたものであり, プロットの偏りから全体を通して画像の図の形状が尖っている (直線的) か, 丸みを帯びている (曲線的) かを確認できる. 図 4 では人間と VLM の場合のいずれにおいても,「kiki, tikike」を用いた場合には, 基準となる直線より下側に多数の点がプロットされる傾向を見ることができる. また,「bouba, numolu」を用いた場合には, 基準線より上側にプロットされる点が多く見られた.

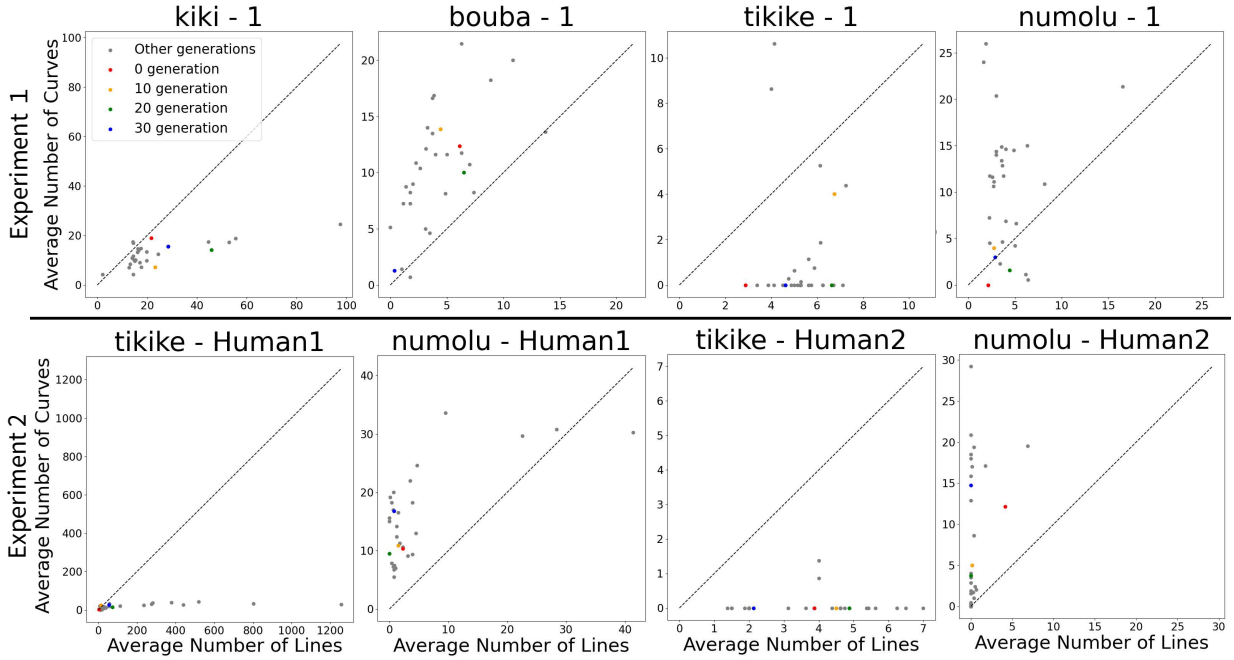


図 4: 実験 1 と 2 の結果. 縦軸は平均曲線数, 横軸は平均直線数を表し, プロットされた点は各世代の値を表している. 上段は VLM が評価を行った実験 1 の各単語の結果, 下段は人間の被験者二人が評価を行った実験 2 の結果である. 傾き 1 の対角線を基準として, 点の偏りを視覚化することで, 各単語に関連する音象徴と図形の形状の関係について, 人間と VLM が持つ傾向を理解することができる. グラフの第 0, 10, 20, 30 世代の点には異なる色を付与している.

4. 考察

まず実験 2 の結果からは, 人間の被験者に対して疑似単語「tikike/numolu」を提示したところ, 両者とも「tikike」は直線的,「numolu」は曲線的な画像へと変化する傾向が見られた. この結果は, これらの疑似単語が人間に対して「kiki」「bouba」と同様の音象徴的感覚を与えていることを示唆する.

その上で, 実験 1 では,VLM も同様に「kiki, tikike」を提示すると直線的な尖った画像へ,「bouba, numolu」を提示すると曲線的な丸みを帯びた画像へ変化する傾向が見られた. この結果は,VLM と人間の音象徴的感覚について一定の類似を示唆している.

音象徴は, 発音時の口の形状や音の高さなど, 身体感覚や音韻的特徴が要因の一つとして考えられている (Ramachandran et al., 2001). それにもかかわらず, 身体を持たない VLM が, 新たに作成した疑似単語でも人間と一定の類似を示したことは興味深い. 一つの仮説としては, 本研究で用いた VLM は単語単位ではなく, サブワード単位で単語ベクトルを構築している. そのため,VLM が文字あるいは音節単位で音象徴に関する知識を学習したことで, 本実験のような結果が得られた可能性が考えられる. 例えば,「母音「u/o」や共鳴音「m/n/l」といった文字が丸みを帯びた図形のイメージと結びつけられる」という知識を既に学習しており, その知識をもとに単語を構成する文字に注目することで, 画像がより曲線的である方を選択できたのではないかと考えられる. よって, 今後の課題として,VLM が学習によって獲得した単語ベクトルから形状に関する意味を抽出し, 実験で用いた単語がどのような形状特徴をベクトルとして表現しているかを分析する. また, 使用したモデルや実験で用いた単語が限定的であり, さらに被験者の数も少ないため, 得られた結果がどの程度一般性を持つのかについては慎重な議論が必要である. さらに, 本システムのパラメータ設定が結果に与える影響についても, より詳細な検討が求められる.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP23K25163 の助成を受けたものです.

文 献

Brown et al., (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in neural information processing systems*, *33*, 1877-1901.

Radford et al., (2021). Learning transferable visual models from natural language supervision. *International conference on machine learning*, 8748–8763.

Ramachandran et al., (2001). Synaesthesia–a window into perception, thought and language. *Journal of consciousness studies*, *8*(12), 3–34.

Maurer et al., (2006). The shape of boubas: Sound–shape correspondences in toddlers and adults. *Developmental science*, *9*(3), 316-322.

McCormick et al., (2015). Sound to Meaning Mappings in the Bouba-Kiki Effect. *CogSci*, 1565-1570.

Gemini-Team et al., (2023). Gemini: a family of highly capable multimodal models. *arXiv preprint arXiv:2312.11805*, https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.11805.

呼吸視覚同期刺激を用いたクロスモーダル現象と統合失調型パーソナリティの関係についての検討

孔 令辰†，寺澤 悠理‡
Lingchen Kong, Yuri Terasawa

†東京大学大学院，‡慶應義塾大学
The University of Tokyo, Keio University
reishin.k@keio.jp

概要
本研究は呼吸と同期して大きさが変化する視覚刺激を提示し，その同期が呼吸の深さや視覚刺激の大きさに対する推定をどう変容させるかを検討した。同時に，感覚評価の変容の度合いと単感覚の精確性や統合失調型パーソナリティとの関係を調べた。その結果，呼吸を実際よりも小さく反映する視覚刺激によって，大きく息を吸う傾向はみられたが，その反対の影響はみられなかった。結果から，感覚間の相互影響に方向性があることが示唆されている。
キーワード：内受容感覚，クロスモーダル知覚，統合失調型パーソナリティ障害

1. はじめに

内受容感覚と外受容感覚の相互作用を対象とするクロスモーダル知覚研究は，外受容刺激が内受容感覚の報告に影響を与える研究が多く，心拍感覚を中心に展開された。統合失調症ではこのような内外情報の統合処理に特異的な欠陥があると考えられるが(Corlett et al., 2019)，実験的な証拠が不足である。本研究は呼吸感覚に注目し，先行研究を参照して，標準試行と比較試行の吸気感覚を比較する課題を作成した(Murphy et al., 2018)。呼吸と同期して大きさが変化する視覚刺激を提示し，その同期が呼吸の深さと視覚刺激サイズの推定を変容させるかどうかを検討した。また，比較試行では呼吸による視覚刺激の変化の度合いを変えて，呼吸や視覚の推定にどのような影響を与えるかを調べることを目的とした。さらに，その感覚評価の変容の度合いと単感覚の精確性や統合失調型パーソナリティとの関係を調べた。

2. 方法

本研究の実施は慶應義塾大学文学部研究倫理委員会による承認を得た。参加者は大学生・大学院生計 28 名（平均年齢 22.11 歳, SD ＝ 2.01）であった。刺激呈示するためにディスプレイを用いた。参加者の胸部に呼吸計測ベルトを装着した(Biopac 社, MP-150, TSD201)。実験プログラムは MATLAB 2023a (Mathworks)及び Psychtoolbox-3 を用いて作成した(Brainard, 1997;Pelli, 1997;Kleiner et al., 2007)。市販のヘッドホン(Anker Soundcore Life, Q30)を用いて，呼吸が求められる課題中にホワイトノイズを呈示した。被験者が自身の呼吸音について聞こえなくなるように音量を調節した。視覚刺激はディスプレイ上に提示される，面積が変化する四角形であった。面積の変化範囲は 44 ピクセル×44 ピクセルから 660 ピクセル×660 ピクセル（1cm²から 225cm²）であった。連動判断課題を実行する際に，視覚刺激は呼吸の強度によって変化した。事前に被験者ごとに呼吸曲線の最大値と最小値を取得し，それを元に標準化を行った。視覚刺激も同様に辺長が 1cm である四角形を視覚刺激の最小面積とし，辺長15cm である四角形を最大面積とし，それを元に標準化を行った。視覚刺激の面積はいつも呼吸の標準化された値で表示されていた。

実験課題は視覚 ONLY 条件課題，呼吸 ONLY 条件課題，および 3 条件からなる連動課題の三種類があった。全ての課題は連続する標準試行と比較試行を比較するものであった。比較試行では参加者は標準試行の刺激の 50%または 70%（ターゲット値）を目指して反応し，その後，実際に行った反応が標準試行の何パーセントであったかについて評価した（評価値)。

視覚 ONLY 条件での判断対象は連続的に拡大するように変化する正方形視覚刺激のサイズであった。呼吸 ONLY 条件では，参加者は開始キーを押すと，呼吸計測が始まり，モニターの画面中央に RECORDING の文字が提示され，終止キーを押すと呼吸計測が終了し，文字

も消えた。課題はセットとなる1回の標準試行と1回の比較試行の繰り返しであり，標準試行では，参加者は呼気しきったら開始キーを押し，それと同時にゆっくりと最大限まで吸気を行うよう求められた。参加者は吸気が最大限に達したと思った時点に終止キーを押して計測を終了した。標準試行では終止キーを押した時点の呼吸の値が記録された。それに続く比較試行では，参加者は標準試行の終了時の呼吸の深さを 100 とし，試行開始前に 50 または 70 のような目標値が提示され，参加者は標準試行と同じように，呼気しきったら開始キーを押し，それと同時にゆっくりと最大限まで吸気を目指すが，吸気の過程中，呼吸の深さまたは経過時間が標準試行の目標値のパーセンテージ，に到達したと感じた際に，終止ボタンを押すように教示された。比較試行の後に，画面上に 0 から 100 までの評価軸が提示され，参加者は実際に比較試行において行われた呼吸の深さについて数値で評価した。比較試行において，終止キーを押した時点の呼吸の値，および呼吸に対する評価の値が記録された。

連動課題では NORM 条件，OVER 条件と UNDER 条件があり，吸気が求められ，その深さに同期して拡大する視覚刺激が提示された。吸気の深さと視覚刺激を判断する課題の両方が行われた。各条件において，比較試行における視覚と呼吸の関係が操作された。NORMAL 条件の比較試行の呼吸と視覚刺激の関係は標準試行と同様である。OVER 条件の比較試行では標準試行に比べ，同様な呼吸に対してより大きな視覚刺激が提示され，UNDER 条件ではより小さな視覚刺激が提示された。解析は試行の反応の値（以下制御と呼ぶ）と反応に対する評価値について行った。サイズ，呼吸の深さについて，①と②に基づいて制御のエラー率と判断のエラー率をそれぞれ計算した（Figure 1）。参加者は日本語版 The Oxford Schizotypal Personality Scale (STA)を回答した (Ueno et al., 2010)。課題の実施はカウンタバランスを考慮した。

①制御のエラー率

$$= \left(\frac{\text{比較試行の最大値}}{\text{標準試行の値}} - \frac{\text{ターゲット値}}{100} \right) \times 100$$

②判断のエラー率

$$= \left(\frac{\text{比較試行の最大値}}{\text{標準試行の値}} - \frac{\text{評価値}}{100} \right) \times 100$$

Figure 1. データの処理法

3. 結果

視覚 ONLY 条件のサイズ判断エラー率と視覚連動刺激の有無による呼吸深さ判断のエラー率の変化について相関分析を行った結果，両者間に有意な負の相関がみられた（r= -0.572, p = 0.001; Figure 2）。呼吸 ONLY 条件の呼吸深さ判断エラー率と呼吸視覚連動刺激の有無によるサイズ判断エラー率の変化ついて相関分析を行った結果，両者間に有意な相関関係がみられなかった（r= -0.28, p = 0.888）。

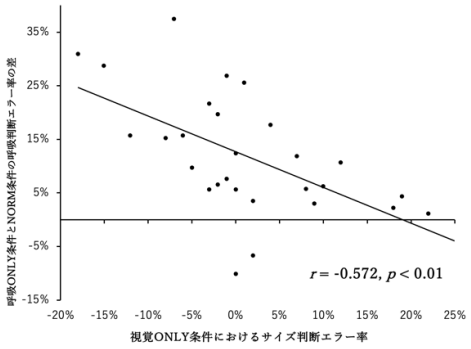


Figure 2. サイズ判断の精確性と呼吸同期視覚刺激の提示による呼吸判断変化の散布図

呼吸の深さ判断課題における制御エラー率に対して，呼吸 ONLY 条件，NORM 条件，OVER 条件，UNDER 条件の 4 条件の反復測定分散分析を行った結果，目標が 70%である試行のみで平均制御エラー率に条件の有意な効果が見られ（F (3, 25)=9.122, p<0.001, η^2=0.523; Figure 3），OVER 条件は NORM 条件に比べて制御のエラー率が有意に大きかった（p = 0.016）。

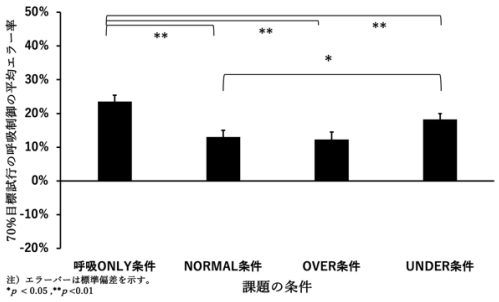


Figure 3. 異なる条件の 70%目標試行の呼吸制御エラー率の平均.

STA 得点と各条件のサイズ判断のエラー率に相関分析を行った結果，OVER 条件（Figure 4）と UNDER 条件 (Figure 5)の 2 条件にのみ，STA 得点とサイズ判断のエラー率が正の相関傾向を示した(OVER 条件: r = 0.419, p

< 0.05; UNDER 条件: r=0.446, p < 0.05 ）。

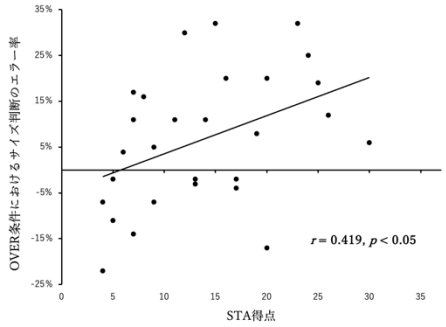


Figure 4. STA 得点と OVER 条件におけるサイズ判断エラーの散布図.

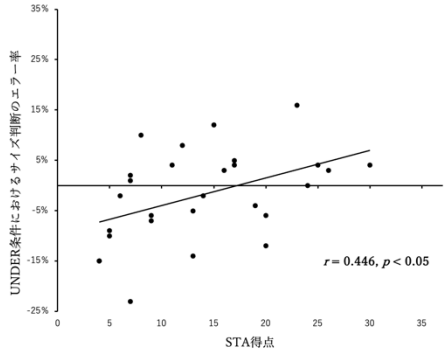


Figure 5. STA 得点と UNDER 条件におけるサイズ判断エラーの散布図.

4. 考察

第一に，同期刺激の提示によって呼吸感覚評価に生じた変化は視覚の精確性と相関するが，視覚評価の変化は呼吸感覚の精確性と相関しないことがわかった。つまり，呼吸同期視覚刺激の有無は，より精確性の高い視覚のサイズ判断に影響を及ぼさないが，呼吸に対する判断には影響を与えた。しかし，呼吸を実際よりも小さく反映する UNDER 条件のみで，視覚刺激による呼吸の制御への影響が観察され，呼吸の制御が外部刺激の影響を受けることには方向性があることが認められた。

第二に，呼吸課題において目標が 70%である試行で相互作用が観察されたため，逆有効性の法則が支持されたと言える。課題において，100%の刺激との弁別がしづらい 70%の目標を目指す際に，複数の感覚によってより正確な判断が得ようとしていたことが考えられる。多感覚的な刺激がある際に，単感覚の精確性が十分でない場合，それについての判断は精確性の高い他感覚で補おうとする可能性がある。

第三に，標準試行と比較試行で呼吸に応じた視覚刺激が異なる倍率で拡大する条件にのみ，ＳＴＡ得点がより高いものは視覚刺激をより大きく見積もる傾向があった。つまり，STA 得点の高い統合失調型パーソナリティ傾向をより強く持つものは，予測と感覚との間により大きい誤差がある条件において，多感覚刺激に対して，外部刺激が過度の顕著性を持って実際より誇張されて認識してしまうと考えられる。統合失調症患者は内受容感覚の精確性が低下し，内受容情報へ信頼度も下がり，外受容的情報は過度に高い精度を持ち，外部刺激に対する過関心を作ってしまう(Yao & Thakkar, 2022)。これは今回の結果

5. 引用文献

[1] Corlett, P. R., Horga, G., Fletcher, P. C., Alderson-Day, B., Schmack, K., & Powers, A. R. (2019). Hallucinations and Strong Priors. *Trends in Cognitive Sciences*, *23*(2), 114–127. https://doi.org/10.1016/J.TICS.2018.12.001

[2] Murphy, J., Catmur, C., & Bird, G. (2018). Alexithymia Is Associated With a Multidomain,
Multidimensional Failure of Interoception: Evidence From Novel Tests. *Journal of Experimental Psychology. General*, *147*(3), 398. https://doi.org/10.1037/XGE0000366

[3] Okajima, K. (2018). 2. 視覚情報によって誘発されるクロスモーダル効果. 映像情報メディア学会誌, *72*(1), 8–11. https://doi.org/10.3169/ITEJ.72.8

[4] Ueno, M., Takano, K., Asai, T., & Tanno, Y. (2010). 日本語版オックスフォード統合失調型パーソナリティ尺度の信頼性と妥当性.パーソナリティ研究, *18*(2), 161–164. https://doi.org/10.2132/PERSONALITY.18.161

[5] Yao, B., & Thakkar, K. (2022). Interoception abnormalities in schizophrenia: A review of preliminary evidence and an integration with Bayesian accounts of psychosis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *132*, 757–773. https://doi.org/10.1016/J.NEUBIOREV.2021.11.01

創作ダンスにおける主題の創造場面の分析
Analysis of the scene of creation of the theme in creative dance

新田 一洋†
Kazuhiro Nitta
†青山学院大学
Aoyama Gakuin University
c8123008@aoyama.jp

概要

本研究では，創作ダンスの創造場面における対話や環境などの観点から作品の主題がどのように創造されているか，ダンサーとして熟達していない非熟達者がどのような要因によって創造に主力として参加することができているのかを多層的に検討してきた．その結果，参加者たちは創作ダンスに取り組む共同体としての集合的な主体性（エージェンシー）を構成し，創造活動をしており，その営み自体が熟達者と非熟達者の相互行為を可能とし，創造性を促進させていることが示唆された．

キーワード：創作ダンス（creative dance），主体性（agency），創造性（creativity）

1. はじめに

現代のダンスのジャンルの一つに「創作ダンス」というものがある．創作ダンスは体育教育の文脈から派生したジャンルであり，高校生や大学生を中心に競技として取り組まれている．毎年 8 月には，ダンスの甲子園とも呼ばれる国内最高峰の創作ダンスのコンクールである『全日本高校・大学ダンスフェスティバル（神戸)』（以下，AJDF）という全国大会があり，多くの団体は AJDF 出場を目指し，日々鍛錬を積んでいる．

一般的なダンス学習, 特にストリート・リズム系ダンスでは振付師という熟達者が振り付けを創造し，非熟達者へ振り付けを通した知識・技術の教え込みが行われている. その一方で創作ダンスでは, 熟達の度合いが異なる参加者たちが即興的に共同し，主題や振り付けを創発し, 作品を創造するという特徴がある. 創作ダンスの実践において興味深いことは，熟達度合いの異なる参加者たちが即興的な対話や身体活動を通し，彼ら特有の作品の世界観を構築し，共同的に振り付けや主題を創造している点である．

本研究では，高校生や大学生の創作ダンスコンクールの最高峰である『全日本高校・大学ダンスフェスティバル（神戸)』に出場経験のある大学ダンス部を対象に，全 12 回の参与観察を実施した．そのうち，作品の主題のモチーフが創造された第 1 回の創造場面に焦点を当て，創作ダンスの創造場面における対話や環境などの観点から作品の主題がどのように創造されているか，ダンサーとして熟達していない非熟達者がどのような要因によって創造に主力として参加することができているのかを多層的に検討していく．

2. 問題と目的

創作ダンスには上述したように，熟達度合いの異なる参加者たちが即興的な言語的・身体的なやりとりによって共同的に作品を創造しており，創造に参与する参加者の中には，創作ダンスの経験が全くない非熟達者も存在する．一般的に競技や芸術創作を行うためには基礎力が必要だが，創作ダンスのフィールドにおいては新参者，つまり非熟達者が 1 年足らずで全国大会に主力として出場するという事象が生じている．

本研究では，ダンサーとしての能力が熟達していない非熟達者が，どのような要因によって創造に主力として参与することができているのか，多層的に検討していく．

3. 方法

（1）協力者

都内の私立大学で活動を行う大学ダンス部に所属する大学生 3 名，OB 1 名，指導する顧問 1 名に協力を依頼した．本研究で対象とする第 1 回目に参加したのは顧問を除く 4 名であった．

（2）調査時期及び調査内容

2024 年 2 月から 2024 年 4 月までにかけて，平日を中心とした創作ダンスに取り組む大学ダンス部の活動に全 12 回の参与観察を行った．調査時間は一回につき 3 時間から 5 時間程度であった．調査参加者，その創作ダンス歴などについて表 1 にまとめた．対象とした団体は新入生歓迎会に向けて創作活動を行っており，夏

の全国大会で発表する作品の萌芽的な作品としても位置付けられていた.

表１　主要な参加メンバー

A	OB（大学院 1 年）	男性	歴 9 年
B	大学 3 年	女性	歴 6 年
C	大学 2 年	女性	歴 1 年未満
D	大学 3 年	男性	歴 3 年

フィールドワーク中は映像撮影および活動に関するメモの記録を行った. その後, フィールドワークを通して得られた映像やメモ, 経験を参照しながら, 場所や日時, 生じた出来事や発話などをまとめたフィールドノートを作成した.

また, 執筆者自身もフィールドワークに参加し, 積極的に創作ダンス活動を行っていた. これは, 実際に創造活動を行うことで活動のリアリティを捉えることを第一の目的としている. また, 執筆者自身が創作ダンスの経験, 受賞歴を有しているため, 以下の分析では執筆者自身の活動の直観的な理解も参照している.

創作ダンスにおける創造の流れは, おおよそ以下の４段階に分かれる. 第一に, 情報を収集したり, アイデアを出し合ったりすることで作品の主題を決める段階である. 第二に, 主題に応じた作品の構成を構築し, 使用する楽曲や振り付けの核となる身体モチーフを探索する段階である. 第三に, 身体モチーフや楽曲の解釈を展開させ, 振り付けや衣装, 作品構成を精緻化し, 作品を作り上げる段階である. 第四に, 完成した作品を踊り込み, 振り付けの巧みさや技術力の向上, 表現力を向上させる段階である. ただし, 第一段階から第二段階については不可逆なものではなく, 例えば, 使用したい楽曲からイメージを膨らませ主題が創造されることや, 核となる身体モチーフや衣装案から主題が創造されることもある.

本研究では「創作ダンスにおいて作品の主題がどのように創造されているのか」というリサーチ・クエスチョンを明らかにするために, フィールドノートを繰り返して読み直すとともに, ビデオカメラで録画したメンバーの相互行為を検討する作業を行った.

4. 倫理的配慮

研究参加者全員に対し, 研究開始前に研究内容を説明し, 同意を得た. また, 撮影の際はいつでも録画を中止できること, 撮影後も使用して欲しくない箇所があればいつでも削除できることお伝え, 掲載する画像に関しては顔などの個人情報が載らないよう処理を施すこととした. フィールドワークの参加メンバーの名前についても匿名化している. なお, 本研究の実施手順に関しては青山学院大学倫理審査委員会による倫理審査を受け, 承諾されている（H23-042）.

5. 結果と考察

以下では, 主題が創造されるまでの流れを４つの事例にわけ, 特徴的なフィールドノートの記述を紹介しながら, 創作ダンスにおける主題がどのように創造されているかを検討する. その上で, 熟達者と非熟達者が自然と共同している要因がどのようなところにあるのかについて考察していく.

［事例１］

2024 年 2 月 27 日の活動にて.

4 月に学内で行われる新入生歓迎会に向けて作品作りをする. 既に R&B 作品と ED 作品（いずれもリズム系ダンス）は内容が固まっているが, 創作ダンス作品のみ何も決まっていない状態である. 創作ダンス作品のテーマについて, 座ってストレッチをしながら雑談まじりにアイデア出しをしている. 最初は各々が別々の方向を向いたり, 歩き回ったりしていたが, 徐々に円形の形になり全員が中心を向いた状態で対話をするようになっていった. どのような雰囲気にしたいか, これまでの創作活動で没になったアイデアや実際に演じた作品, 自分たちがこれまでに鑑賞した他校の作品などを参照しながら話を広げていく.

［事例２］

広がった話を一度整理し, 再度どのような雰囲気にしたいのか絞り込み始める. 1 人の参加者が明るい雰囲気にしたいと提案したことで, 明るさの種類について話が展開した. コミカルなのか, 綺麗な明るさなのかという選択肢が提示され, 綺麗さは向かないという集団の意思決定がされ, コミカルさを作品のベースに据えることとなった. その上で, 過去作品の没アイデアとして出ていた『ビール』という作品についての対話がなされた. 新入生歓迎会において, 主たる鑑賞者が新一年生であることを加味し,『ビール』という作品の内容は通じないものだという鑑賞者としての視点が生じた. ま

た，一年生を笑わせたいという伝え手としての視点も生じた.

［事例３］

このように，集合的な主体性（エージェンシー）が構成され，共同体がコミカルな作品作りに向かい始め，トレンドについて語り始める.「ハッピーな作品にしたい」という発話から，「ハッピー」という言葉に皆が反応し，当時のトレンドであった猫と山羊がやりとりしているように見えるミーム動画が対話に出てくる．その対話の中で，出演できる部員が 3 名しかいないことに対する言及がなされ，1 人が小道具を使うことを提案し，室内の端に置かれていた椅子を持ってきた. そこで，先ほどのミーム動画と椅子でできること，椅子取りゲームから就職活動という主題を創造した.

［事例４］

現在，参加者が現実世界で置かれている状況（例えば，保育実習先の出来事や就職活動中の出来事など）をもとに，椅子の奪い方や座り方など，椅子取りゲームの内容を発展させていた. また，椅子にキャスターがついていたことから，椅子に座ってその場を椅子に乗って滑走するという動きが創造された.

上記の事例から，参加者たちは対話の中で各々が持っている考えや作品に対する志向性をすり合わせ，創作ダンス活動に取り組む共同体としての集合的な主体性（エージェンシー）を構成していたと言える．このように，熟達者と非熟達者という異なる主体性を持って創造に参与するのではなく，団体として集合的な主体性を構成したことが，非熟達者が創造に主力として参加できる一因なのだと考えられる.

青山（2012）は，主体は固定的な何かではなく，モノの関係のあり方の変化によって，ダイナミックにその都度生成されるモノであると述べている．創作ダンスに取り組む共同体においても主体性は，取り組む目標（例えば，新入生歓迎会やコンクールなど）やその時の構成員によってその都度生成されていると言えよう．創作ダンスにおける創造は，熟達者と非熟達者という人々の属性によって成り立つものではなく，伝え手である参加者や受け手である観客との関係性の間に生成された主体性をもとに，どのように伝えていくか表現技法を模索しながらその共同体特有の世界観が構成され，作品が創造されていると言えよう.

上述したように，創作ダンスでは第一に，情報を収集したり，アイデアを出し合ったりすることで作品の主題を決める段階がある. 本事例では，あらかじめ調べたり情報を収集したりする時間を設けなかったため，過去作品やこれまでの蓄積された没アイデアなどへの言及がされていたと考えられる. また，創作ダンス作品は主題に沿った身体を作りあげ，作品に参与する必要があるため，表現のリアリティさを常に追求する. そのため，現実にある多様なものを援用し主題や作品を創造していく. 例えば，本事例では参加者自身の保育実習や就職活動の経験，日常で触れているトレンドなどを持ち寄り，その場にあった椅子というアクターに結びつけ就職活動という主題を創造した.

中野・岡田（2015）はプロのコンテンポラリーダンサーの振付創作認知プロセスを分析しており，プロのコンテンポラリーダンサーは様々な対象から発想のきっかけを得る「着想の観点」，それを様々な身体運動として具現化するための「具体化の観点」，この２つを方向付け組織化する「目的」という観点で捉えられることが明らかになったと述べている．アマチュアの創作ダンスに取り組む大学生たちも，自然と類似したプロセスを辿っていることが観察できる. これは，そもそも創作ダンスとコンテンポラリーダンスが共に魅力的で独創的な振り付けを創造するジャンルであることが関係していることが推察される. また，プロのコンテンポラリーダンサーと類似したプロセスをアマチュアの参加者たちが辿ることができている要因として，参加者たちが集合的な主体性を構成していることが関係していると考えられる.

椅子というアクターと対話を経て創造された就職活動という主題から，「就職活動は椅子取りゲーム」というモチーフを創発した. これは，椅子というアクターが環境に置いてあったことから，座るか座らないか，もしくは椅子を奪うのかといった選択圧，つまり選択可能性が生じていた．現実の就職活動において椅子があるということは企業に内定すること，椅子に座れないことは選考で落選することを意味する．このような現実世界で対面しているリアリティと椅子というアクターが相互作用したことで，モチーフが創発されたと言えよう.

6. 結語

本研究では，創作ダンスの創造場面における対話や

環境などの観点から作品の主題がどのように創造されているか，ダンサーとして熟達していない非熟達者がどのような要因によって創造に主力として参加することができているのかを多層的に検討してきた.

事例１・２からは，参加者たちは直接的に想像とは関係のない雑談の中で各々が持っている考えや作品に対する志向性をすり合わせ，創作ダンス活動に取り組む共同体としての集合的な主体性（エージェンシー）を構成していたことが確認された.

このような雑談という一見意味のない活動が，創造活動を促進させる前段階において，集合的な主体性，言い換えればその共同体がこれから創造する方向性を決め，創造性を促進させていたと言えよう．そのため，熟達者と非熟達者という関係性の中で教え込みが行われるのではなく，集合的な主体性を持った共同体の一員として非熟達者が参与していたことが創造に主力として参加できる一因となっていることが推察される.

今後の課題として，本研究では触れることができなかった参加者たちの相互作用を細かく観察したり，創造が行われていた現場の環境に着目したりし，モノの相互行為に関する研究や，インタビュー調査を用いてどのようなことを考えながら創造をしていたかなどを研究していく予定である.

7. 文献

青山征彦. (2012). エージェンシー概念の再検討: 人工物によるエージェンシーのデザインをめぐって. 認知科学, 19(2), 164-174.
中野優子, 岡田猛. (2015). コンテンポラリーダンスにおける振付創作過程の解明. 舞踊學, 2015(38), 43-55.

電話応対時のお辞儀が音響特性に与える影響
Effects of bowing during telephone answering on acoustic characteristics

野中 郁子[†]，関根 和生[‡]
Ikuko Nonaka，Kazuki Sekine
[†]早稲田大学[‡]
Waseda University
ikuko_nonaka@moegi.waseda.jp

概要
非対面でのコミュニケーションが増え，また個人が携帯する電話の普及により電話応対の機会が多くなっている。電話応対において，お礼やお詫びなどでお辞儀をしながら発話をすると感じの良い応対になると古くから言われ，企業では指導をしている。しかしそれらは経験則と知識の継承であり，明らかにされてはいない。魅力を高めるお辞儀が電話応対ではどのような働きがあるのかを検証するために，電話応対でのお辞儀がどのような影響を音響特性に及ぼすのかを明らかにする。

キーワード: お辞儀，電話応対，非対面，非言語コミュニケーション

1. 問題と背景

デジタル化や感染症対策など対面から非対面でのコミュニケーションへ機会の増加が生じている。非言語コミュニケーションであるお辞儀について柴田（2015）は円滑な人間関係形成で重要な知見になると述べ，また大杉ら(2020)は丁寧なお辞儀は顔の魅力に及ぼす影響は大きいと示している。これらはいずれも対面場面であり，電話応対という非対面の場面では明らかにされていない。古くから電話応対時にはお辞儀をしながら発話すると感じが良いといわれており，企業の電話応対教育や文部科学省後援資格の秘書検定 3 級問題としても取り上げられているがその理由は明らかにはされていない。視覚情報がない電話応対などの場面では音響特性はどのように機能するのか。例えば，Hoetjes et al,.（2014）では，お辞儀と同じ非言語コミュニケーションの一つであるジェスチャーが発話にどのように影響を与えるかをネクタイの結び方の説明で検討した。そこでは，ジェスチャーの有無は音響特性に有意な影響を与えなかったことが示されている。一方，Cravotta et al.（2019）はジェスチャーを促すことで発話の声の高さに有意性がみられたと述べている。そこで，本調査では，電話応対時のお辞儀が音響特性に影響を与えるのかを明らかにすることを目的とした。また，お辞儀をしながらの応対とお辞儀をしない応対での音響の特性に変化があるのか検証する。

2. 方法

2.1 実験計画

2 要因被験者内計画として独立変数はお辞儀の有り・無しの 2 水準，スクリプトの問合せ・不在取次・クレームの 3 水準をいずれも被験者内要因とした。従属変数として音声の大きさ・高さ・発話の持続時間などの音響特性を用いた。

2.2 実験参加者

会社員 42 名（男性 26 名，女性 16 名）年齢は 31 歳から 64 歳（M=49.6，SD=9.22）

2.3 手続き

事前に録音された相手役のトーク音声に対し，実験参加者は設定されたスクリプトに従って応答し，それらを録音，録画した。（図 1）スクリプトは様々な発話場面を想定し，ビジネス上典型的な 3 つのシチュエーション「問合せ」,「不在取次」,「クレーム」を設定した。お辞儀をするケースでは，一連の応対の中で指定されたセリフでお辞儀をしながら発話（同時礼）をする。お辞儀をするセリフは青文字で表記し区別した。各スクリプトの中でお辞儀の回数は，問合せ 11 発話中 7 回，不在取次 9 発話中 5 回，クレーム 8 発話中 7 回である。お辞儀をしないケースでは，全セリフともお辞儀をせずに発話をする。それぞれのお辞儀有無とスクリプト 3 種の応対で 6 呈示パターンとした。収録した録画データは音響解析ソフト Praat で，以下音響特性項目「声の大きさ（intensity）」，「声の高さ（pitch）」，「指定した発話の持続時間（duration）」）を分析した。

図１　実験状況

3. 結果

お辞儀の有無（被験者内）とスクリプトの種類（被験者内）を独立変数，音響特性を従属変数とし被験者内計画の 2 要因分散分析を行った。従属変数は音響特性の数値である。

3.1　声の大きさ（intensity）

声の大きさの平均ではお辞儀の有無の主効果（F(1,41) =14,774，p <.01，η2=.265）およびスクリプトの種類の主効果（F (2,82) =14.486，p <.01，η2=.261）が有意であった。さらにお辞儀の有無とスクリプトの種類の交互作用（F(2,82)=4.621，p <.05，η2=.101）が有意となった。スクリプト不在取次におけるお辞儀の単純主効果（F(1,123)=8.059，p <.01，η2=.164）は，お辞儀無し（M=68.4，SD=2.38）とお辞儀有り（M=67.9，SD=2.68）に有意差が得られた（無し>有り，p <.01）。また，スクリプトクレームにおけるお辞儀の単純主効果（F(1,123)=21.882，p <.01，η2=.348）としてお辞儀無し（ M=68.5，SD=2.33 ）とお辞儀有り（ M=67.5，SD=3.00）に有意差が得られた（無し>有り，p <.01）。声の大きさの最大ではお辞儀の有無の主効果（F (1,41) =26.561，p <.01，η2=.393）は有意であったが，スクリプトの種類の主効果（F (2,82) =1.139，p =.320，η2=.027）とお辞儀の有無とスクリプトの種類の交互作用（F(2,82) =0.605，p =.516，η2=.015）が有意ではなかった。多重比較（Bonferroni 法）の結果，声の大きさの最大では，お辞儀有り（M=67.6，SD=2.87）がお辞儀無し（M=68.1，SD=2.47）よりも有意に大きかった。声の大きさの最小では，スクリプトの種類の主効果（F (2,82) =7.797，p =<.01，η2=.160）は有意であったが，お辞儀の有無の主効果（F (1,41) =0.012，p =.912，η2=.000）とお辞儀の有無とスクリプトの種類の交互作用（F(2,82) =0.007，p =.993，η2=.000）が有意ではなかった。多重比較の結果，声の大きさの最小では，スクリプト問合せ（M=24.7，SD=3.97）よりもスクリプトクレーム（M=23.8，SD=4.03）が有意に大きかった。またスクリプト不在取次（M=24.9，SD=4.42）よりもスクリプトクレーム（M=23.8，SD=4.03）が有意であった。

3.2　声の高さ（pitch）

声の高さの平均ではお辞儀の有無の主効果（F(1,41) =4.359，p <.05，η2=.096）とスクリプトの種類の主効果（F (2,82) =28.243，p <.01，η2=.408）は有意であったが，お辞儀の有無とスクリプトの種類の交互作用（F (2,82) =1.613，p =.209，η2=.038）は有意ではなかった。多重比較の結果，声の高さの平均では，お辞儀有り（M=178.8，SD=48.0）がお辞儀無し（M=177.4，SD=47.1）よりも有意に大きかった。スクリプトの種類では，スクリプト問合せ（M=175.6，SD=47.0）よりもスクリプト不在取次（M=181.7，SD=48.4）が有意に高かった。またスクリプトクレーム（M=176.9，SD=47.1）よりスクリプト不在取次（M=181.7，SD=48.4）が有意であった。声の高さの標準偏差ではお辞儀の有無（F (1,41) =2.097，p =.155，η2=.049），スクリプトの種類（F(2,82)=1.721，p =.193，η2=.040）およびお辞儀の有無とスクリプトの種類の交互作用（F (2,82) =0.156，p =.155，η2=.004）に有意差は得られなかった。声の高さの最小ではスクリプトの種類の主効果（F (2,82) =5.237，p <.01，η2=.113）は有意であったが，お辞儀の有無（F (1,41) =0.001，p =.977，η2=.000）とお辞儀の有無とスクリプトの種類の交互作用（F(2,82)=1.429，p =.246，η2=.034）には有意差が得られなかった。多重比較の結果，声の高さの最小では，スクリプトクレーム（M=107.2，SD=25.4）よりもスクリプト不在取次（M=111.0，SD=28.0）が有意に高かった。声の高さの最大ではスクリプトの主効果（F (2,82) =7.934，p <.01，η2=.162）は有意だったが，お辞儀の有無（F(1,41)=3.186，p =.082，η2=.072）と交互作用（F (2,82) =0.310，p =.731，η2=.008）には有意差が得られなかった。多重比較の結果，声の高さの最大においてスクリプト問合せ（M=355.19，SD=61.9）よりもスクリプトクレーム（M=373.7，SD=57.3）の方が有意に高く，また，スクリプト不在取次（M=352.5，SD=63.9）よりもスクリプトクレーム（M=373.7，SD=57.3）の方が有意に高かった。

3.3 発話の持続時間（duration）

発話の持続時間については，お辞儀の有無の主効果（$F(1,41)=38.157$，$p<.01$，$\eta 2=.482$）とスクリプトの主効果（$F(2,82)=1796.510$，$p<.01$，$\eta 2=.978$）は有意であったが，お辞儀の有無とスクリプトの交互作用（$F(2,82)=1.624$，$p=.206$，$\eta 2=.038$）には有意差は得られなかった（図 2）。多重比較の結果，発話の持続時間でのお辞儀の有無ではお辞儀有り（M＝5.09, SD＝0.93）はお辞儀無し（M＝4.91，SD＝0.89）よりも有意に長かった。そして，スクリプトの種類については，スクリプト問合せ（M＝4.48，SD＝0.37）はスクリプト不在取次（M＝4.37，SD＝0.36）よりも有意に時間が長く，スクリプト問合せ（M＝4.48，SD＝0.37）はスクリプトクレーム（M＝6.16，SD＝0.51）の方が有意であった。さらに，スクリプト不在取次（M＝4.37, SD＝0.36）よりもスクリプトクレーム（M＝6.16，SD＝0.51）の方が有意であった。スクリプトのクレームは問合せや不在取次よりも有意に時間が長いことを示した。

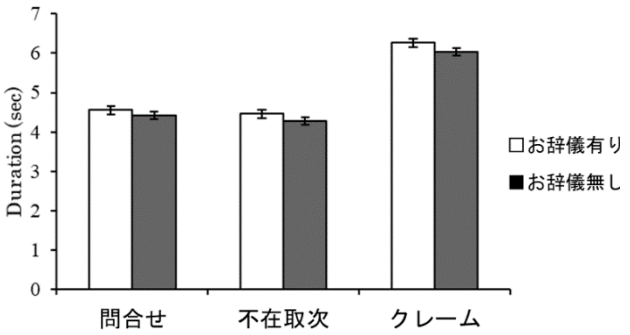


図 2　発話の持続時間（duration）

4. 考察

同じ非言語コミュニケーションでジェスチャーを研究している Hoetjes et al,（2014）では，ジェスチャーを抑制されている状態とできる状態では音響指標に有意な影響はないとのことだった。非対面である電話応対でお辞儀をしながらの発話は音響特性に影響を与えることは示された。身振り産出と音響特性との関係を研究している Cravotta et al.（2019）は，物語を語る時にジェスチャーをする方が発話者の音響特性の声の高さの周波数は増加し，また関根ら（2019）は，ラッパーが手を動かせるときの方が声の高さは高くなり，声の大きさでは手の動きは音声を強める効果があることを示唆した。お辞儀という行動は声の高さの平均ではお辞儀有りの発話で高くなったが，標準偏差や最小値，最大値において影響はなかった。一方，発話の持続時間では状況に関わらず有意性があり，お辞儀の動きは音声を長くする関係に影響があると示された。お辞儀という動作をすることにより，「受話器から口元が離れることで無意識に声が大きくなる」や「上半身を下げて上げる動きで時間がかかる」ことなどが推察される。Pouw et al.（2021）は腕をリズミカルに振るような上肢運動が発声を調節する身体が関係し音響特性の pitch（声の高さ）に影響を及ぼすと示してる。お辞儀という頭や上半身の運動ではどのような影響が出るのかは明らかではないが何らかの発声につながるものがあるのではないか。非対面の電話でもお辞儀をした方が感じの良い印象であるといわれるのは，ゆったりとメリハリのある話し方で分かりやすくなるからだと考えられる。今後はお辞儀の有無の変化が聞き手にどう受け止められるのか印象評定の知覚実験をして明らかにする。さらに印象の良いお辞儀という運動が筋肉などの身体的な制御や発声時の呼吸器官，声帯の動きなどの違いも明らかにしていくことも課題と考える。

5. 文献

[1] Cravotta,A.,Busà,M.G.,&Prieto,P.(2019).Effects of encouraging the use of gestures on speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 62*(9), 3204–3219.
[2] Hoetjes,M.,Emiel,K.,Marc,S.(2014).Speech Communication.February 2014,57
[3] 関根 和生・児玉 謙太郎・清水 大地 (2019).手の動きがラップの音響特性に与える影響日本認知科学会第 36 回大会発表論文集, 693-696.
[4] 柴田 寛・髙橋 純・,行場 次朗 (2015)． お辞儀の主観的印象と社会的文脈に対する適切さ 心理学研究, *85*(6), **571-578.**
[5] Wim,P.,Steven,J,H.,James,A,D., Gesture-speech physics: The biomechanical b asis of the emergence of gesture-speech synchrony. J. Exp. Psychol. Gen. 149, 391–404 (2020).

見知らぬ他者への援助行動は伝播するか？(2)：フィールド実験を用いた検討
Is helping behavior toward strangers contagious? (2): An examination by a field experiment

平山 陽菜†，清河 幸子†
Haruna Hirayama, Sachiko Kiyokawa
†東京大学
The University of Tokyo
hirayama-haruna602@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要
本研究では，援助要請に対する他者のふるまいが見知らぬ他者への援助行動に及ぼす影響を検討した．通行人 289 名を，通行人役がアンケートに協力している協力条件，通行人役がアンケートへの協力を拒否し去る非協力条件，通行人役が存在しない統制条件のいずれかに割り当て，アンケート協力への承諾率を条件間で比較した．その結果，協力条件と統制条件で，非協力条件よりも承諾率が高かった．よって，他者が援助要請を拒否することで援助行動が抑制されることが示唆された．

キーワード：援助行動，向社会的行動，向社会的模倣，記述的規範

1. 問題と目的

日本においては，たとえ見知らぬ他者であっても援助が必要とされる状況が存在するにもかかわらず (e.g., 東京都福祉保健局,2022)，見知らぬ他者を援助することが少ないことが指摘されている (e.g., Charities Aid Foundation,2019)．よって，日本において，見知らぬ他者への援助行動を促進する手立てを検討することの社会的意義は高い．

援助行動の生起には，思いやり感情や共感などの援助者の内的要因だけでなく，周囲の他者のふるまいといった社会的要因が関与する．他者のふるまいに着目したアプローチとして，記述的規範 (descriptive norm) 研究と向社会的模倣 (prosocial modeling) 研究がある．記述的規範とは，社会規範の一つであり，「今ここで，大多数の人はどのように行動しているか」あるいは「自分と同じ状況に遭遇した場合，大多数の人はどのようにふるまうか」に関する社会規範である (Cialdini et al., 1990)．例えば Croson et al. (2009, Study 2) では，1 人の他者の寄付額という社会的情報を参加者に呈示することで，記述的規範認知が変化し，寄付に関する行動意図が変化することが媒介分析によって示された．向社会的模倣とは，他者が向社会的行動をとっている場面を目撃すると，その目撃者も向社会的行動をとりやすくなる現象のことを指す (Jung et al., 2017)．例えば Bryan & Test (1967) および Solomon & Grota (1976) では，既に援助している者が 1 人いる条件の方が，そのような他者がいない条件と比較して，援助率が高かった．記述的規範研究と向社会的模倣研究は，見知らぬ他者への援助行動を促進する手立てとして一定の成功を収めているが，これらの 2 つの研究領域では，寄付行動以外の援助行動を取り扱った研究が少なく，加えてフィールドでの検討が少ないといった限界がある．

この点を改善した研究として，平山・清河 (2024) がある．その研究では，大学構内の通行人を対象としたフィールド実験を実施し，援助行動として，アンケートへの協力を取り上げた．これは，「謝礼に関する情報を与えられていない状態で，回答データを必要としている調査実施者に対して利益をもたらす行為」であり，援助行動の定義 (Nadler, 2020) に合致する．検討された仮説は，「見知らぬ他者からの援助要請に対する他者のふるまいが，それと一致した方向に他者への援助行動を方向づける」であり，アンケート協力への承諾率は，通行人役がアンケートに協力している協力条件において，通行人役が依頼を拒否し去る非協力条件よりも高いと予測した．結果として，条件間で承諾率に差は見られず，仮説は支持されなかった．また，援助要請に応じた参加者を対象に，記述的規範認知および援助志向性を測定し，条件間で比較したが，結論を下すに足るデータが得られなかった．

平山・清河 (2024) において，承諾率に関して，仮説を支持する結果が得られなかった原因として，手続きに改善すべき点があった可能性がある．第一に，人通りの多さや道幅の広さの影響によって，通行人役に参加者の注意が向きにくかった可能性がある．第二に，援助要請者である依頼役が参加者に直接声を掛ける以外に援助が必要であるということを伝える手がかりを用意

しなかったため，援助を必要としていることに気づかなかった可能性がある．これらの点を改善した上で再度検討を行う必要がある．

以上より，本研究では，平山・清河 (2024) の手続きを改善した上で仮説の再検証を行う．なお，上記の 2 点に加えて，ベースラインとして，通行人役がいない統制条件を設けて，援助要請に対する他者のふるまいが見知らぬ他者への援助行動に及ぼす影響をより詳細に検討する．「見知らぬ他者からの援助要請に対する他者のふるまいが，それと一致した方向に他者への援助行動を方向づける」という仮説に基づいて，以下の予測をした．第一に，承諾率は，降順に，協力条件，統制条件，非協力条件となるだろう (予測 1)．第二に，記述的規範認知に関しては，降順に協力条件，統制条件，非協力条件の順でより協力的な記述的規範認知を有しているだろう (予測 2)．第三に，援助志向性については，非協力条件における援助者は援助に非協力的な記述的規範があるにもかかわらず，自ら進んで援助した人，統制条件における援助者は援助に協力的な記述的規範がないにもかかわらず，自ら進んで援助した人と解釈することができる．よって，援助志向性は，降順に，非協力条件，統制条件，協力条件となるだろう (予測 3)．

2. 方法

2.1 実施期間

本研究は東京大学倫理審査専門委員会の承認を受けて (承認番号 23－417)，2024 年 5 月上旬から 7 月上旬の平日 10 日間に実施した．実施時間は，10 時 30 分から 12 時および 13 時から 16 時 30 分であった．天候が参加者のふるまいに影響を及ぼすことが予想されたため，曇りあるいは晴れの日のみ実施した．データ収集が可能な日数は，各曜日につき 3 日を上限とした．

2.2 参加者

東京大学本郷キャンパスの伊藤国際学術研究センター門付近を通過する通行人 289 名を対象とした．参加者は，①1 人で歩いている，②推定 18 歳以上である，③日本語が理解できる，④研究従事者と面識がない，⑤参加者の前方に他の通行人がいない，⑥参加者の背後約 7m 以内に他の通行人がいないという 6 点を全て満たす者とした．参加者は，協力条件，非協力条件，統制条件のいずれかに無作為に割り当てられた．依頼されたアンケートに回答した参加者に対しては，謝礼として 100 円相当の文房具を進呈するほか，デブリーフィングをした上でデータ使用に対する同意書への回答を求めた．

2.3 手続き

基本的には，平山・清河 (2024) の手続きを踏襲した．以下，先述した限界点を考慮し本研究において改善した点を交えながら，手続きについて詳述する．

実験は第一著者および 2 名の研究協力者 (20 代前半女性) によって実施した．2 名の研究協力者が依頼役 A，通行人役，第一著者が依頼役 B として，事前に定めたスクリプトに従って実験を実施した．なお，平山・清河 (2024) では 2 名の研究協力者が毎回各役割を務めたのに対して，本研究では 7 名の研究協力者が交代で各役割を務めた．

協力条件では，通行人役が依頼役 A からのアンケートへの協力依頼を承諾しアンケートの回答を始める場面を参加者に呈示した後，依頼役 B が参加者にアンケートへの協力を依頼した．非協力条件では，通行人役が依頼役 A からのアンケートの協力依頼を拒否し去る場面を参加者に呈示した後，依頼役 B が参加者にアンケートへの協力を依頼した．統制条件では，通行人役のふるまいを呈示せず，依頼役 B が参加者に対してアンケートへの協力を依頼した．

アンケートへの協力を依頼する際は，条件によらず同じ言い回しを用いて，所要時間が 5 分であることとアンケートの内容を伝えた上で依頼した．真の研究目的を伝えることで参加者の自然なふるまいが損なわれることを防ぐため，参加者には「日常生活スキルに関する調査を実施している」というカバーストーリーを伝えた．平山・清河 (2024) からの変更点として，依頼の際に参加者の注意が通行人役のふるまいに向きやすくなるように，依頼役 B は，協力を呼び掛ける旨を記載したホワイトボードを首から掛けた依頼役 A の方を指差しながらアンケートへの協力を依頼した．

参加者が依頼を拒否した場合，そこで声掛けは終了した．参加者が依頼を承諾した場合，依頼役 B はアンケート用紙とペンを挟んだクリップボードを参加者へ手渡し回答を促した．アンケートは順に日常生活スキルに関する質問，デモグラフィック変数 (年齢・性別) に関する質問，本アンケートに対する印象に関する質問 (記述的規範認知に関する質問)，本調査の目撃経験に関する質問，援助志向性に関する質問，自由記述項目から構成された．以上は，平山・清河 (2024) と共通であったが，本研究では，これに加えて，依頼役 B が事後インタビューとして，「自分よりも先にアンケートへ

の協力を依頼されている通行人がいたか」を尋ねた. この質問に対し参加者が「他の通行人がいた」と回答した場合は, その通行人との面識の有無, 依頼に対するその通行人の反応を参加者に尋ねた. 以上の手続きにおいて, 依頼役 A は時刻, 通行人役及び参加者が依頼を承諾したかどうか, 事後インタビューにおける参加者の回答内容を記録した.

2.4 尺度

日常生活スキル 嘉瀬他 (2016) の青年・成人用ライフスキル尺度に含まれる「意思決定」(8 項目) に対し, 4 件法 (1 : 全く当てはまらない, 2 : あまり当てはまらない, 3 : やや当てはまる, 4 : とても当てはまる) で回答を求めた.

記述的規範認知 「このアンケートの回答を 10 名分集めるためには, 最低何人に声をかける必要があると思うか」(以下,「見積もり人数」),「通行人に声をかけてアンケートを依頼した場合, 承諾してもらえる確率は何%だと思うか」(以下,「主観的援助確率」) の 2 項目に対して, それぞれ英数字で回答を求めた.

援助志向性 Webb et al. (2000) の Attitudes toward helping others (AHO) 尺度を日本語に訳した 4 項目に対し, 日常生活スキルと同様 4 件法で回答を求めた.

3. 結果

手続き上のミスがあった参加者のデータ (n = 11), 日常生活スキルに関する質問が本研究の真の目的と無関係であることに気づいた参加者のデータ (n = 1), アンケートあるいは事後インタビューにおいて「本調査の実施場面を以前に目撃したことがある」と回答した参加者のデータ (n = 11), 「日本語が理解できない」と回答した参加者のデータ (n = 9) を全ての分析から除外した. 見積もり人数, 主観的援助確率, AHO 尺度のいずれかの回答に不備があったデータはなかった. よって, 承諾率の分析では 257 名のデータ, 見積もり人数, 主観的援助確率, AHO 得点の分析ではそれぞれ 60 名のデータを用いて, 臨界値を 3 および 1/3 とするベイズファクター (BF: Bayes Factor) を用いた検定を実施した. 分析には, JASP 0.18.3. (JASP team, 2024) を使用した.

3.1 承諾率

承諾率は, 協力条件が 81 名中 24 名 (29.63 %), 統制条件が 89 名中 24 名 (26.97 %), 非協力条件が 87 名中 12 名 (13.79 %) であった. 協力条件と非協力条件の承諾率を比較するために, 平山・清河 (2024) で得たデータに基づき, 事前分布として SD = 0.337 とする正規分布を仮定し BF を算出した. その結果, 協力条件の方が非協力条件よりも承諾率が高いことが認められた (BF = 5.76). 次に, 統制条件と非協力条件, 協力条件と統制条件の承諾率を比較するために, JASP のデフォルトである SD = 1.000 の正規分布を事前分布として仮定し BF を算出した. その結果, 統制条件の方が非協力条件よりも承諾率が高いことが認められた (BF = 5.40). 協力条件と統制条件に関しては, 承諾率の差の有無に関して確証を得られなかった (BF = 0.45).

3.2 記述的規範認知

見積もり人数の平均は, 協力条件で 62.08 (n = 24, SD = 46.08), 統制条件で 40.63 (n = 24, SD = 20.15), 非協力条件で 51.25 (n = 12, SD = 51.84) であった. 条件間における平均値差の有無を調べるため, 各条件対において独立な 2 群の t 検定の片側検定を実施した. 協力条件と非協力条件の比較においては, 平山・清河 (2024) で得たデータを基に標準化差 0.290 の正規分布を事前分布とし, その他の条件対比較においては JASP のデフォルトの事前分布である尺度母数 0.707 のコーシー分布を事前分布として用いた. その結果, 協力条件と統制条件においては, 平均差は認められなかった (BF = 0.11). 協力条件と非協力条件, 統制条件と非協力条件における平均値差の有無に関しては, 確証は得られなかった (BF = 0.58, BF = 0.71).

主観的援助確率の平均は, 協力条件で 26.04 (n = 24, SD = 17.45), 統制条件で 29.58 (n = 24, SD = 17.01), 非協力条件で 28.58 (n = 12, SD = 23.66) であった. 条件間における平均値差の有無を調べるため, 各条件対において独立な 2 群の t 検定の片側検定を実施した. 協力条件と非協力条件の比較においては, 平山・清河 (2024) で得たデータを基に標準化差 0.289 の正規分布を事前分布とし, その他の条件対比較においては JASP のデフォルトの事前分布である尺度母数 0.707 のコーシー分布を事前分布とした. その結果, 協力条件と統制条件の間で平均に差は認められなかった (BF = 0.19). 協力条件と非協力条件, 統制条件と非協力条件においては, 平均値差の有無に関して確証は得られなかった (BF = 0.65, BF = 0.37).

3.3 援助志向性

AHO 得点の平均は, 協力条件で 12.33 (n = 24, SD = 3.05), 統制条件で 12.71 (n = 24, SD = 2.05), 非協力条件で 13.17 (n = 12, SD = 1.90) であった. 条件間における

平均値差の有無を調べるため，各条件対において独立な 2 群の t 検定の片側検定を実施した．協力条件と非協力条件の比較においては，平山・清河 (2024) で得たデータを基に標準化差 0.287 の正規分布を事前分布とし，その他の条件対比較においては JASP のデフォルトの事前分布である尺度母数 0.707 のコーシー分布を事前分布とした．その結果，協力条件と非協力条件，統制条件と協力条件，統制条件と非協力条件のいずれにおいても平均値差の有無に関して確証は得られなかった ($BF = 1.27$, $BF = 0.43$, $BF = 0.56$)．

4. 考察

本研究では，平山・清河 (2024) の手続きを改善した上で，フィールド実験によって，援助要請に対する他者のふるまいが見知らぬ他者への援助行動に及ぼす影響を検討した．結果として，協力条件と統制条件の大小関係については *BF* が基準に達しなかったことから結論を下すことができなかったものの，協力条件および統制条件は非協力条件よりも承諾率が高いことが示された．よって，仮説は部分的に支持された．これは平山・清河 (2024) とは異なる結果である．記述的規範認知と援助志向性については，*BF* が基準に達しない場合が多く，明確な結論を下すことができなかった．

協力条件と非協力条件の間で承諾率に差が見られたことは，人々が見知らぬ他者を援助するか否かを決定する際には，援助要請に対する周囲の他者のふるまいを少なからず参照していることを示唆している．しかし，他者のふるまいの影響の方向として，援助行動の促進と抑制があり得るが，本研究の結果からは抑制方向の影響のみが見られたことになる．すなわち，援助要請を拒否している他者の存在が援助行動を抑制した結果，協力条件と非協力条件で承諾率に差が生じた可能性がある．その一方で，Bryan & Test (1967) や Solomon & Grota (1976) では協力条件と統制条件の間で差が示されている．結果が分かれた理由として，援助行動には文化的要因が関与している可能性が考えられる (レビューとして新谷, 2020)．

本研究の限界は，気温などの環境要因を十分に統制できなかった点，援助要請を拒否した参加者についての情報を十分に得られなかった点，参加者の属性に偏りがある点が挙げられる．援助要請に対する他者のふるまいが見知らぬ他者への援助行動に及ぼす影響を明らかにするためには，今後これらの限界点を改善し，更なる検討を行う必要がある．

5. 付記

研究は，https://osf.io/zgaw2 に登録されている．平山・清河 (2024) は，日本社会心理学会第 65 大会にて発表予定である．

6. 文献

Belkin, L. Y., & Kouchaki, M. (2017). Too hot to help! Exploring the impact of ambient temperature on helping. *European Journal of Social Psychology*, *47*(5), 525–538. https://doi.org/10.1002/ejsp.2242

Bryan, J. H., & Test, M. A. (1967). Models and helping: Naturalistic studies in aiding behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, *6*(4, Pt.1), 400–407. https://doi.org/10.1037/h0024826

Charities Aid Foundation (2019). *CAF World Giving Index 10th edition: Ten years of giving trends*. Charities Aid Foundation. Retrieved from December 21, 2023, from https://www.cafonline.org/about-us/publications/2019-publications/caf-world-giving-index-10th-edition

Cialdini, R. B., Reno, R. R., & Kallgren, C. A. (1990). A focus theory of normative conduct: Recycling the concept of norms to reduce littering in public places. *Journal of Personality and Social Psychology*, *58*(6), 1015–1026. https://doi.org/10.1037/0022-3514.58.6.1015

Croson, R., Handy, F., & Shang, J. (2009). Keeping up with the Joneses: The relationship of perceived descriptive social norms, social information, and charitable giving. *Nonprofit Management and Leadership*, *19*(4), 467–489. https://doi.org/10.1002/nml.232

平山 陽菜・清河 幸子 (2024, August 31–September 1). 見知らぬ他者への援助行動は伝播するか？(1)：フィールド実験を用いた検討［ポスター発表］ 日本社会心理学会第 65 大会 日本大学文理学部

JASP Team (2024). JASP (Version 0.18.3)[Computer software].

Jung, H., Seo, E., Han, E., Henderson, M. D., & Patall, E. A. (2020). Prosocial modeling: A meta-analytic review and synthesis. *Psychological Bulletin*, *146*(8), 635–663. https://doi.org/10.1037/bul0000235

嘉瀬 貴祥・飯村 周平・坂内 くらら・大石 和男 (2016). 青年・成人用ライフスキル尺度(LSSAA) の作成 心理学研究, *87*(5), 546–555. https://doi.org/10.4992/jjpsy.87.15229

Nadler, A. (2020). *Social psychology of helping relations: Solidarity and hierarchy*. Wiley Blackwell.

新谷 優 (2020). 助け合いの文化心理学 心理学評論, *63*(3), 329–345. https://doi.org/10.24602/sjpr.63.3_329

Solomon, L. Z., & Grota, P. (1976). Imitation of a helpful model: The effect of level of emergency. *Journal of Social Psychology*, *99*(1), 29–35. https://doi.org/10.1080/00224545.1976.99247

東京都福祉保健局 (2022). 令和 3 年度東京都福祉保健基礎調査「都民の生活実態と意識（福祉のまちづくり等）」東京都 Retrieved December 21, 2023 from https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2022/11/30/25.html

Webb, D. J., Green, C. L., & Brashear, T. G. (2000). Development and validation of scales to measure attitudes influencing monetary donations to charitable organizations. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *28*(2), 299–309. https://doi.org/10.1177/0092070300282010

個人分析と集団分析を媒介する--認知症公開データを用いた研究
Mediating Individual and Population Analysis--A Study Using Publicly Available Dementia Data

赤間 啓之[1,2,3], 中谷 太河[3], 染谷 芳明[1], 高岡 裕[1,2], 岩佐 憲一[4], 長井 篤[4], 山口 修平[5], 高村 真広[4,6], 小野田 慶一[7]

[1] 富山大学 医学部 附属病院 データ科学・AI研究推進センター [2] 神戸大学 大学院医学研究科 地域社会医学・健康科学講座医療システム学部門医療法・倫理学分野 [3] 元東京工業大学 生命理工学系 ライフエンジニアリングコース [4] 島根大学医学部 内科学講座 内科学第三 [5] 島根県立中央病院 神経内科 [6] 藤田医科大学 IR推進センター [7] 追手門学院大学 心理学部心理学科 心理学専攻

akama.h.aa@people.kobe-u.ac.jp

概要

本研究では安静時 fMRI データにおける脳活動の個人的特徴が、アルツハイマー病の進行に伴いどのように変化するかを検証した。症状の進行レベルの異なる3つの参加者グループを対象に、Differential Power(DP)を利用した、個人単位の個人差特徴分析、および、動的機能的連結性(dFC)とK平均法を組み合わせた、集団レベルでのネットワーク部分状態の滞留時間解析を行った。結果、いずれも同様な関心領域ネットワークをシェアしていることが明らかになり、fMRIが安静時機能的連結性(RSFC)という形で将来臨床利用される際、こうしたハイブリッドな解析が個別の診断や治療に活かされる可能性を垣間見させる結果となった。

キーワード：安静時fMRI、アルツハイマー病

1. はじめに

高齢化の進む日本において懸念されているのが、認知症患者の増加である。認知症は脳の萎縮などを伴い、認知機能の低下などの症状がみられることが特徴で、日常生活にも影響を与えることから、その患者数の増加は介護や医療の負担を増やすことに直結する。認知症の中でもとりわけ患者数が多いのがアルツハイマー型認知症（Alzheimer Disease, 略してAD）で、その早期診断や治療法の開発が急がれている。この問題の解決に向け、ニューロイメージング研究の分野では、機能的核磁気共鳴画像法（fMRI）を用いたADの研究が盛んに行われている[1-6]。これは脳のfMRIデータが疾患に特有の認知情報等を保持しており、バイオマーカーとしての利用が期待されているためである。

特に安静時と呼ばれる課題や刺激を行わない状態で撮像されたfMRIデータについて、デフォルトモードネットワーク（DMN）内の結合性の低下といった脳活動パターンの変化が多数例確認されている[1]。多様な研究がされているADのfMRI研究だが、しかしながらまだ研究が不十分な領域も存在する。本研究は、中谷&赤間の『アルツハイマー病の進行による個人的特徴の変化について』(2023)を発展させ、脳の個人分析と集団分析を懸橋するハイブリッドな解析を行い、個別の患者に合った治療法の確立を指向するものである。

2. 方法

2.1 概要

我々はAlzheimer's Disease Neuroimaging Initiative(ADNI)公開データを用い、健常者(Controlled Normal, 略してCN)から、軽度認知障害(Mild Cognitive Impairment, 略してMCI)、ADへの認知的健康状態の悪化を調べるため、脳の安静時機能的連結性(Resting State Functional Connectivity, 略してRSFC)データを通じ、個人レベルと集団レベルの二つの視点でアプローチした。この二つのアプローチとは、1)Differential Power(DP)を利用した、個人単位の個人差(fingerprint)特徴分析[7-8]、および、2)時間窓を導入した動的機能的連結性(Dynamic Functional Connectivity, 略してdFC)とK平均法を組み合わせた、集団レベルでのネットワーク部分状態[9-11]の滞留時間解析である。このうち、1)は中谷&赤間の[12]を再度異なる視点から取り上げる。

2.2 前処理

我々は、ADNIのDicomデータから出発して、Docker上のBidskitを利用し、全データをBids形式に変換した上で、Child Mind Institute の提供する The Configurable Pipeline for the Analysis of Connectomes（略してC-PAC)v.1.6のパイプラインを使い、独自に前処理からデータ取得まで行った。ここではAAL(Automated Anatomical Labelling)という脳アトラスを使い、AALが分割した関心領域（ROI）ごとにBOLDの時系列推移データ(ROI timeseries)を計算した。

機能ネットワークは、感覚運動ネットワーク（Sensory Motor Network; SMN），視覚ネットワーク（Visual Network; VN)、実行注意ネットワーク（Execution and Attention Network; EAN)、デフォルトモードネットワーク（DMN)、大脳基底核ネットワーク（Subcortical Nuclei Network; SNN)、小脳ネットワーク（Cerebellum Network; CBN）の 6 つに限定した。

2.3 参加者

本研究では、個人差分析は実験デザインの都合上 2 回以上撮像した参加者を対象としており、CN が 120 人、MCI が 60 人、AD が 17 人となっている。dFC 分析の対象者は CN が 234 人、MCI が 106 人、AD が 33 人であり、グループによって人数に差があることが一つ制約として挙げられる。ADNI というデータセットの大きさに比べて本研究のデータサイズが小さいのは、ADNI でも fMRI を撮像したケースが少ないのが要因である。さらに、前処理で ROI timeseries まで出力したセッションのみを採用したため、データの質に問題があってパイプラインの途中でストップした多くのセッションは解析から除外しているからである。

2.4 分析手法

2.4.1 個人差(fingerprint)特徴分析

個人を予測する際にどの領域間の機能的結合性が予測に貢献したかを調べるため、Differential Power(DP)を FC 相関行列の要素、つまりエッジ一つ一つに計算している。DP はエッジの個人における特有性を定量化し、個人予測の能力を反映する。DP が大きければそのエッジには個人差が現れやすいということになる。また機能ネットワーク単位での個人予測を行い、各グループでもどの機能ネットワークが個人を同定する精度が高いかを調べた。方法論の詳細は中谷&赤間(2023)を参照されたい。

2.4.1 dFC と K 平均法

本解析では各 ROI 時系列データに対し、sliding window approach を用いて 各ウィンドウ停止状態内の範囲で ROI 間のピアソンの時系列相関を計算し、それぞれにフィッシャーの z 変換を施した。ウィンドウ の幅は 45 秒に相当する 15 volumes 分、また移動の際に隣りあうウィンドウの重なりは 36 秒に相当する 12 ヴォリューム、すなわち overlapping ratio は 0.8 で行った。得られた参加者全員の相関行列の系列データについて、その上三角部分(対角成分は含まない)を用いて k-means クラスタリングを行った。k-means クラスタリングは EM アルゴリズムに基づき、各データ点をクラスタに割り当てることでデータ点を分類する方法である。

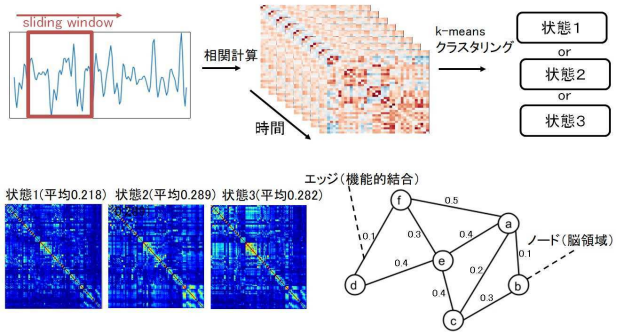


図 1 動的な機能的連結性データの取得及び解析法

クラスタ数はあらかじめ 3 に設定した。そして CN、MCI、AD の各グループで、相関行列の系列データがクラスタにどのように割り当てられるか違いを見た。また各クラスタが状態としていかなる特徴を有しているかを調べる。 さらに、クラスタの重心行列からネットワーク指標を計算した。ここでは脳領域をノード、領域間の結合強度（時系列相関）をエッジ、また無向重み付きネットワークとして相関行列を隣接行列に見立てている。使用したネットワーク指標はノード次数、ノード強度、クラスタ係数、グローバル効率などである。

3. 結果

3.1 個人差(fingerprint)特徴分析

Differential Power(DP)を利用した、個人差特徴分析として、領域間の関係をグラフのエッジに見立て、それを単位として行った分析結果を中谷&赤間(2023)より再掲する。図 2 は DP 上位 1%のエッジがネットワーク内・間に存在する割合を示している。CN グループでは実行注意(EAN)、デフォルトモードネットワーク(DMN)に分布が多いことが確認できる。また MCI グループではそれに加え感覚運動(SMN)や小脳(CBN)、AD グループではデフォルトモード(DMN)・感覚運動(SMN)間にグループの特徴を表す多くのエッジが分布していることが分かる。またネットワーク単位での個人予測では、どのグループでも感覚運動、実行注意、DMN の各ネットワークの正答率が高いという結果になった。また、DMN と感覚運動ネットワークは後半のグループで正答

率が増加しており、疾患の進行との関連が示唆される。

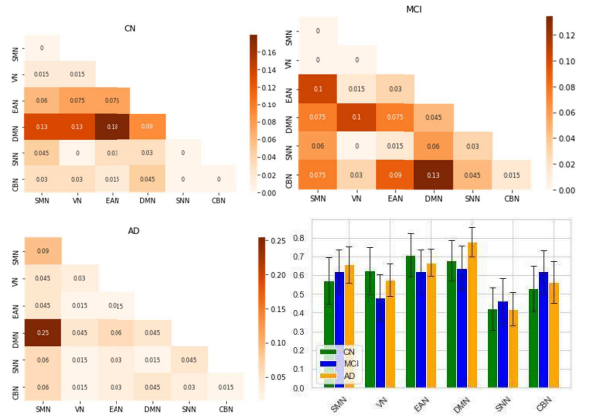


図 2 各グループの DP 上位 1%のエッジのネットワーク内-間割合とネットワークごとの個人予測課題結果

3.2 集団レベルのネットワーク分析

次に、時間窓を導入した動的機能的連結性(dFC)と K 平均法を組み合わせた、集団レベルでのネットワーク部分状態の滞留時間解析の結果を示す。各クラスタの重心行列は、図 1 の左下部に埋め込んであるが、図示にあたり、フィッシャーの z 変換を戻し、その絶対値をとった。各クラスタ重心行列の対角成分を除いた平均値は状態１，２，３の順に 0.218、0.289、0.282 となった。状態 1 は全体的に領域ごとの値の差がほとんどなく、状態２は小脳領域、状態３は小脳領域に加え、前頭領域でも局所的に高い値を示す様子が確認された。各状態の全体に占める割合については、疾患の進行に伴い状態 1 が減少、状態 2 が増加している。特に状態 2 については、CN, MCI 間でその割合の大きな増加が見られる。続いて、各クラスタの重心行列に対してグラフ指標を計算した結果をもとに、各状態に最も特徴的に関与している ROI を明らかにした。

表1. ノードの強度の大きい上位10のROI

状態1			状態2		
ROI	network	degree	ROI	network	degree
Frontal_Sup_Medial_R	DMN	10.4	Cerebelum_6_L	CBN	14.2
SupraMarginal_R	SMN	9.41	Cerebelum_Crus1_L	CBN	12.9
Frontal_Sup_Medial_L	DMN	9.37	Cerebelum_Crus1_R	CBN	12.5
Rolandic_Oper_R	SMN	8.31	Cerebelum_6_R	CBN	12.3
Temporal_Sup_R	SMN	7.27	Lingual_L	VN	11.7
Precentral_R	DMN	7.12	Precentral_R	DMN	11.5
Temporal_Sup_L	SMN	7.02	Fusiform_R	VN	11.3
Rolandic_Oper_L	SMN	6.86	Lingual_R	VN	11.2
Occipital_Sup_L	VN	6.69	Cerebelum_4_5_L	CBN	10.7
Postcentral_R	SMN	6.63	Cerebelum_Crus2_R	CBN	10.6

表 1 は状態 1, 2 のクラスタ重心行列から計算した各 ROI のノード強度について、上位 10 個をリストアップしたものである。状態 1 は DMN に属する左右の内側上前頭回(Frontal_Sup_Medial)などが上位に現れ、状態２は小脳関連の ROI が多いことが確認できる。また図 3 は、各状態におけるクラスタ重心行列のグラフ指標の計算結果であるが、どの指標も状態 1，2，3 の順に値が大きくなっていることが確認できる。

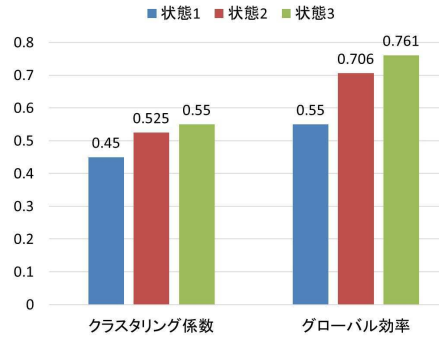


図 3 各状態におけるクラスタ重心行列のグラフ指標

4.考察

双方の分析結果を比較したところ、1)個人単位の個人差(fingerprint)特徴分析と 2)集団レベルでのネットワーク部分状態の滞留時間解析の二つを密接に関連付ける、以下の事が明らかになった。

dFC 集団分析によると、健常者では、DMN や感覚運動ネットワーク(SMN)を中心とする機能的結合状態(状態 1)の滞留時間が長く、小脳ネットワーク内を中心とする機能的結合状態(状態 2)の滞留時間が短い。また DP が明らかにする個人差は、DMN と実行注意ネットワーク(EAN)のネットワーク内、間の結合にその特徴が集中している。

MCI へと健康状態が悪化すると、dFC 集団分析では、DMN や SMN を中心とする機能的結合状態(状態 1)の滞留時間が短くなるが、DP による個人予測の特徴分析では、MCI においては、同じ DMN も SMN も他の様々なネットワークとの間の機能的連結性が個人差を表すようになる。また DMN-SMN 間は、MCI ではこれら個人の特徴的なネットワーク間結合のひとつにすぎないが、AD ではそれが個人差を集中的に表す結合となる。

また MCI では、dFC 集団分析によると小脳ネットワーク内を中心とする機能的結合状態(状態 2)の滞留時間が長くなるが、DP による個人予測の特徴分析では、MCI へと健康状態が悪化すると、小脳と他のネットワーク(特に DMN)との間の機能的連結性が個人差を表すようになる。AC に関してはサンプルサイズが小さいので、解釈に慎重な扱いが必要だが、MCI の個人、集団の双方の分析で見られた傾向が拡大している。特に状態２は状態１よりもネットワークとして効率が良いこ

とがグラフ指標による評価により明らかで、これは疾患により受けた損傷を埋め合わせるための変化である補償機構が働いている可能性がある。

概して脳の認知的健康状態の悪化とともに、集団分析でも個人特徴分析でも、小脳の果たす役割が大きくなってゆく。認知障害が進むと、小脳内ネットワークへの滞留時間が長くなり、小脳間ネットワークが個人差において決定的な意味をもつ。一方 DMN, SMN に関しては、健常者では利用時間が長く EAN とともに個人特徴を表すが、脳の認知的健康状態の悪化とともにそれぞれの内部ネットワークの滞留時間が短くなり、それが個人的特徴にも関与すると予想される。しかし、さらに AD に至って、滞留時間がさらに減少し、DMN - SMN 間のネットワークのみが個人特徴を表すようになると考えられる。

5. 結論

このように、DP に基づく個人差(fingerprint)特徴分析と、dFC-K 平均法による集団分析は、全く異なる方法論でありながら、健常者(CN) / 軽度認知障害(MCI)の特徴解析において、いずれも同様な関心領域ネットワークをシェアしていることが明らかになり、fMRI が RSFC という形で将来臨床利用される際、こうしたハイブリッドな解析が個別の診断や治療に活かされる可能性を垣間見させる結果となった。今後はこのような一致の深い理由を明らかにしつつ、大規模データを用いた精度の高い解析により、MCI の各段階の評価も含め、臨床研究の現場へ具体的に反映させる方向性を模索することが課題となる。

参考文献

[1] G. D. Michael, S. Gaurav, L. R. Allan and M. Vinod, "Default-mode network activity distinguishes Alzheimer's disease from healthy aging: evidence from functional MRI," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 101, no. 13, p. 4637–4642, 2004.

[2] K. Supekar, V. Menon, D. Rubin, M. Musen and M. D. Greicius, "Network analysis of intrinsic functional brain connectivity in Alzheimer's disease," *PLoS computational biology*, vol. 4, no. 6, p. e1000100, 2008.

[3] Y. Liu, K. Wang, C. Yu, Y. He, Y. Zhou, M. Liang, L. Wang and T. Jiang, "Regional homogeneity, functional connectivity and imaging markers of Alzheimer's disease: a review of resting-state fMRI studies," *Neuropsychologia*, vol. 46, no. 6, p. 1648–1656, 2008.

[4] D. T. Jones, P. Vemuri, M. C. Murphy, J. L. Gunter, M. L. Senjem, M. M. Machulda, S. A. Przybelski, B. E. Gregg, K. Kantarci, D. S. Knopman, B. F. Boeve, R. C. Petersen and C. R. J. Jr, "Non-stationarity in the "resting brain's" modular architecture," *PloS one*, vol. 7, no. 6, p. 39731, 2012.

[5] Y. Li, B. Jing, H. Liu, Y. Li, X. Gao, Y. Li, B. Mu, H. Yu, J. Cheng, P. B. Barker, H. Wang and Y. Han, "Frequency-Dependent Changes in the Amplitude of Low Frequency Fluctuations in Mild Cognitive Impairment with Mild Depression," *Journal of Alzheimer's disease*, vol. 58, no. 4, p. 1175–1187, 2017.

[6] A. Loddo, S. Buttau and C. D. Ruberto, "Deep learning based pipelines for Alzheimer's disease diagnosis: A comparative study and a novel deep-ensemble method," *Computers in biology and medicine*, vol. 141, p. 105032, 2022.

[7] E. S. Finn, X. Shen, D. Scheinost, M. D. Rosenberg, J. Huang, M. M. Chun, X. Papademetris and R. T. Constable, "Functional connectome fingerprinting: identifying individuals using patterns of brain connectivity," *Nature neuroscience*, vol. 18, no. 11, p. 1664–1671, 2015.

[8] J. Liu, X. Liao, M. Xia and Y. He, "Chronnectome fingerprinting: Identifying individuals and predicting higher cognitive functions using dynamic brain connectivity patterns," *Human Brain Mapping*, vol. 39, no. 2, 2017.

[9] C. Chang and G. H. Glover, "Time-frequency dynamics of resting-state brain connectivity measured with fMRI," *NeuroImage*, vol. 50, pp. 81-98, 2010.

[10] E. A. Allen, E. Damaraju, S. M. Plis, E. B. Erhardt, T. Eichele and V. D. Calhoun, "Tracking whole-brain connectivity dynamics in the resting state," *Cerebral cortex*, vol. 24, no. 3, p. 663–676, 2014.

[11] A. Zalesky and M. Breakspear, "Towards a statistical test for functional connectivity dynamics," *NeuroImage*, vol. 114, pp. 466-470, 2015.

[12] 中谷太河, 赤間啓之, 『アルツハイマー病の進行による安静時機能的連結性の個人的特徴の変化について』, 2023 年度日本認知科学会第 40 回大会発表論文集, p.589-592.

AI 翻訳を用いた英作文プロセス —自由英作文課題とビデオ分析による検討— English writing process with AI translation: A study based on free composition tasks and video analysis

島田 英昭†，長井 惇義†，田中 江扶†
Hideaki Shimada, Atsunori Nagai, Kosuke Tanaka
†信州大学
Shinshu University
info@shimadahideaki.jp

概要

本研究は，AI 翻訳を用いた英作文プロセスを明らかにすることを目的とした．日本語話者の大学生 12 名に対して，AI 翻訳が使える環境で自由英作文を求め，その操作ログを記録した. 操作を分類した結果, 英語習熟度にかかわらず AI が一定程度利用されること，英語上級者の方が AI 利用が少なく AI 利用が補助的であること等を明らかにした. 最後に, ヘイズとフラワーのモデルを拡張し, AI 利用の英作文プロセスをモデル化した.

キーワード : 英作文，人工知能（AI），学習

1. 問題と目的

DeepL や ChatGPT 等の AI の発展により，実用的な翻訳サービスが多数提供され，英語の利用環境が変化してきた. 仕事や生活の場では, 辞書を使いながら英語の読解，作文を行っていた英語利用のプロセスが，AI 活用にシフトすると考えられる（たとえば, 英語論文について，柳瀬, 2023）.

本研究は，日本語話者を対象として，AI 翻訳を用いた英作文プロセスを明らかにすることを目的とする．英語にかかわらず，一般的な文章産出プロセスのモデルとして，ヘイズとフラワーのモデルがある（Hayes & Flower, 1980）．このモデルでは，文章産出プロセスを構想，記述，推敲に分類している．このようにモデル化することで，方略の個人差や学習方法の提案などに活かせる．そこで本研究は，大学生を対象に，AI 翻訳を用いた英作文の作成場面を人工的に設定し，操作ログを観察することで，英作文プロセスのモデル化にあたっての基礎データを提供する.

2. 方法

大学生 12 名（男性 5 名，女性 7 名，平均年齢 20.4 歳）が実験に参加した．うち 4 名は英語教員免許の取得を目指す学生であった．英語教員免許の取得を目指す学生を上級群，それ以外の学生を通常群とした.

はじめに実験内容等の説明を行い，参加の同意を得た．次に実験方法の具体的な説明と練習を行った．PC の画面において，左側に DeepL，右側にメモ帳を上下 2 段に配置した画面を作成し, 参加者に提示した. メモ帳の右下は下書き欄, 右上は解答欄とした. 参加者には, DeepL の使い方を実際に操作しながら説明した．課題に対する英文を解答欄に入力すること，DeepL を用いてよいこと，下書き欄を自由に使ってよいことを伝えた．次に，「長野市の観光名所を 1 つ挙げ，説明してください.」を課題として 5 分間の練習を行った.

練習後，以下に述べる 4 つの課題についてそれぞれ 8 分間で作文することを求めた．課題は，文部科学省(2017)に示されている「書くこと」に関する 4 つの活動例（例 : 趣味や好き嫌いなど，自分に関する基本的な情報を語句や文で書く活動）に基づき，「あなたの好きな教科は何ですか．理由とともに教えてください.」,「あなたは，アメリカへ 1 か月間ホームステイに行きました．ホームステイでお世話になったホストファミリーに，お礼の手紙を書いてください.」,「あなたが考える『日本のよいところ』を，理由を挙げて，外国の方に紹介してください.」,「最近の気になるニュースを 1 つ挙げ，それに対するあなたの考えを教えてください.」の 4 つとした．4 分および 7 分経過時に合図した.

最後に，年齢，性別，英語学習歴について回答を求めた．実験終了後，謝礼として図書カード 1000 円分を提供した.

本実験は信州大学教育学部内倫理審査の承認を得て実施した（管理番号 23-25）.

3. 結果

参加者の操作ログから，操作を表 1 に示す 10 カテゴリーに分類した. 表中の「テキスト」はメモ帳を利用していることを指し,「AI」は DeepL を利用していること

表 1　操作の分類カテゴリーと時間・回答割合

			時間割合			回数割合		
操作ID	ツール	カテゴリー	全平均	通常群	上級群	全平均	通常群	上級群
1	テキスト	英文を書く	.24	.10	.53	.13	.08	.24
2	テキスト・AI	日本語英訳を参考に英文を書く	.08	.06	.12	.09	.07	.14
3	テキスト・AI	日本語英訳を貼り付けながら英語を書く	.09	.10	.06	.21	.26	.08
4	AI	日本語単語・フレーズを英訳する	.04	.03	.05	.08	.07	.10
5	AI	日本語文を英訳する	.39	.56	.07	.25	.31	.14
6	AI	英語を日本語訳する	.02	.02	.01	.04	.04	.03
7	AI	日本語を修正する	.02	.02	.02	.04	.03	.05
8	テキスト・AI	日本語英訳を利用して英語を校正する	.05	.04	.06	.10	.08	.16
9	テキスト	メモする・整理する	.04	.03	.06	.02	.01	.03
10		その他	.04	.04	.03	.04	.05	.03
2〜8	テキスト・AI	AI利用全般	.68	.84	.38	.81	.87	.70
2〜5	テキスト・AI	日本語から英語へのAI利用	.60	.75	.29	.64	.72	.46

注）上部は個々の操作の集計したもの，下部は類似した操作を集約して集計したものである。

を指す．さらに，作業内容により細分化した．各操作の概要は以下の通りである．

1. 英文を書く：AI を利用しないで英文を作成している．
2. 日本語英訳を参考に英文を書く：AI を利用して英文を作成している．ただし，そのまま書き写す（コピーアンドペースト）のではなく，加工している．
3. 日本語英訳を貼り付けながら英語を書く：AI を利用して英文を作成している．そのまま書き写す．
4. 日本語単語・フレーズを英訳する：単語・フレーズのレベルで AI に日本語を入力し，英訳する．
5. 日本語文を英訳する：文のレベルで AI に日本語を入力し，英訳する．日本語の文章をある程度作ってから英訳する操作も含む。
6. 英語を日本語訳する：記述した英語を日本語訳する．
7. 日本語を修正する：AI を利用している際に日本語を修正する．
8. 日本語英訳を利用して英語を校正する：AI を利用して英文を修正する．操作 2 に近いが，操作 2 は英文作成時，操作 8 は英語表現を変更する等の校正時として区別する．
9. メモする・整理する：テキストでメモや情報整理をする．日本語文を書くことも含まれる。
10. その他：上記に分類されない．

各操作が操作時間および操作回数に占める割合と，通常群，上級群の違いも合わせて表 1 に示す．

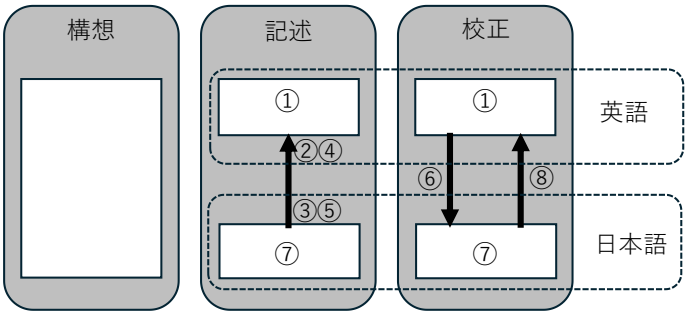
4. 考察

操作 1〜10 をいくつかのカテゴリーに分けて考察する．

AI を何らかの形で使っていると考えられる操作 2〜8 を集計すると，時間割合で 68%，回数割合で 81%程度であった．その中で，操作 6 以外はもっぱら日本語から英語への翻訳であり，操作 6 が占める割合はわずかであるから，半分以上の時間，回数で AI が使われていることが明らかになった．一方で，通常群と上級群を比べると，操作 2〜8 の割合は時間，回数ともに通常群の方が低い．その理由は操作 1 の違いであり，AI を利用しないで英語を書くスキルがあれば，AI 利用が減ることが分かる．このように上級群であっても一定の AI 利用はあるが，極めて英語に習熟していれば AI 利用がなくなると考えれば，英語習熟の程度によって AI 利用が減少していくのではないかと推察できる。

操作 2 から 5 は、2 より 3 の方が，4 より 5 の方が，英作文時の AI 依存の程度が大きくなると解釈できる。この中で操作 5，すなわち文レベルの一定のまとまりのある日本語を英語に訳す操作は全体の時間割合で 39%，回数割合で 25%と大きく占め，操作 4 よりも高い．この違いは通常群でさらに高い．一方で操作 4 と 5 の違いは上級群では比較的少ない．また，操作 2 と 3 で通

図 1　AI 翻訳を用いた英作文プロセスのモデル



常群と上級群を比較すると，通常群は操作 3 の割合が高いが，上級群では操作 2 の割合が高い．以上から，英語に習熟するほど AI 依存が少なくなり，日本語を英語に翻訳するというよりも，翻訳を参考に英語を書く傾向が強くなると考えられる．

ただし，上級群でも一定割合で操作 5 があり，習熟以外の条件によって AI 依存が生じる可能性もある．たとえば，AI の機能が上がり自身の英語力よりも AI の方が優れていると考えれば，AI に依存して課題解決する方略もあり得る．

操作 2〜5 は日本語から英語への翻訳であるが，操作 6 は英語から日本語への翻訳であり，もっぱら校正のために用いる行為であると考えられる．ただし，そのような利用のしかたは 5%未満と少なかった．たとえば，外国語尺度の日本語翻訳の際，逆翻訳によって妥当性を高めることが推奨されるように（稲田, 2015），推敲において適当な方略であると思えるが，自発的には生じにくいようである．可能性としては，本研究で設定した 8 分間の制限時間が短く，十分な推敲時間が確保できなかった可能性はある．

操作 8 は校正の特徴をあらわしている．時間割合で 5%程度，回数割合で 10%程度であった．通常群と上級群を比較すると，わずかではあるが，上級群の方が高い．これは 2 つの解釈が考えられる．一つは，上級群が適切な校正の方略を適用していることである．もう一つは，上級群は英作文が早く完成するため，制限時間内に校正の時間が十分に確保できる可能性である．

操作の分類の限界として，分類が難しい操作があった．たとえば，操作 2〜5 は AI の使い方によって分類しているが，画面ログのみから判断しているので，必ずしも解釈は一意に定まらない．また，日本語を書く行為が DeepL 上でも下書き欄でも可能であるが，同じ行為が異なる操作の分類になることも問題としてある．これらの問題点は今後の課題として残される．

最後に，ヘイズとフラワーのモデルを拡張し，AI 翻訳を用いた英作文プロセスをモデル化してみる．ヘイズとフラワーのモデルの特徴は，文章産出プロセスを構想，記述，推敲に分類していることである．ここに英語と日本語の言語の区別と AI 翻訳の役割を表現すると図 1 のようになる．構想段階では英語と日本語の区別をしていない．英語に習熟すれば英語で構想することもあると思われるが，おそらく構想では自身にとって使いやすい言語が選ばれるのではないかと考えられる．記述と校正では英語と日本語に分ける．そして，英語と日本語をつなぐ部分に AI 翻訳が入る．この拡張モデルの中に，おおむね対応すると考えられる本研究の操作を埋め込んだ．今後，このようなモデルの精緻化，モデル中での英作文プロセスの表現，英作文の質とプロセスの関係等を明らかにすることで，英作文における有効な AI 活用やその学習方法について議論できるのではないかと考えられる．

文献

Hayes, J. R. & Flower, L. (1980). Identifying the Organization of Writing Processes. In L. W. Gregg, & E. R. Steinberg (Eds.), *Cognitive Processes in Writing: An Interdisciplinary Approach* (pp. 3-30). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

稲田尚子 (2015). 尺度翻訳に関する基本方針 行動療法研究, *41*(2), 117-125. https://doi.org/10.24468/jjbt.41.2_117

文部科学省 (2017). 中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説外国語編 文部科学省

柳瀬陽介 (2023). AI を活用して英語論文を作成する日本語話者にとっての課題とその対策 情報の科学と技術, *73*(6), pp. 219-224. https://doi.org/10.18919/jkg.73.6_219

付記

本研究は，第 2 著者の卒業研究に基づいており，第 2 著者の承諾の上で第 1 著者が発表する．本研究は，科研費 23K02683 の補助を受けた.

子どもは家庭においていかにして自分の体温を測っていたか
How did children measure their body temperature in their daily lives

伊藤　崇†
Takashi Ito

†北海道大学
Hokkaido University
tito@edu.hokudai.ac.jp

概要

電子テクノロジーにより，子どもが自分で自分の身体を計測すること可能となる．新型コロナウィルスの流行にともない，家庭での子どもの日常生活に検温実践が組み込まれた．7 歳から 9 歳の子どものいる３つの家庭の生活を撮影した映像を観察したところ，検温が毎日のルーティンに組み込まれ，円滑に遂行されていた様子が見られた. 具体的には, 体温計や記録簿のある場所の身体化，および検温をめぐる親子の協働が観察された.

キーワード : 子ども, テクノロジー，日常生活，体温測定，新型コロナウィルス

1. はじめに

子どもの日常生活に遍在するセンシングデバイスなど電子テクノロジーによって，子どもの様々な側面がデータ化されている．そうしたデータは社会が子どもを理解する際のリソースとなると同時に，子どもが自身を認識する際の情報にもなる. したがって, 現代の日本社会における子どもの認知発達を明らかにするためには，様々な電子テクノロジーと子どもの結びつきという観点が不可欠である（伊藤, 2023a）.

電子テクノロジーを通して容易に指標化される側面として，子どもの身体的・生理的特性がある．例えば体重や身長は家庭内や学校制度において子どもの成長発達を可視化するための重要な指標として利用される．そのときデジタル体重計のようなテクノロジーは大人や子どもにとって子どもの特性を数値で置き換えるための手段となる.

体温もまた人間の健康状態を推測する主要な指標の一つであり，その測定を可能にする電子テクノロジーの一つに電子体温計がある.

電子体温計の普及により，家庭や医療機関での迅速で簡便な体温計測が可能となっただけでなく，従前の水銀体温計のようなアナログな指標の読み取りという人間の認知的負荷を軽減させた. 電子体温計で測定, 表示されるデジタル的な数値は，体温計測という専門性を大衆化させるのに役立ってきた. すなわち, 誰でも自他の体温を読み取ることができるようになったのである．このことは, 子どももまた, 電子体温計の普及により，自己を体温という側面から理解できるようになったことを意味する.

子どもの日常的な体温の測定が日本全国の大人や子どもにとって関心事となった出来事が，新型コロナウィルスの蔓延という事態であった. それまでは, 体調の悪いときなどまれにしか家庭に存在しなかった，毎日の体温測定実践が強制的に導入されたのである.

感染予防目的で 2020 年 2 月から全国的に休校措置がとられて以降，文科省から各種学校に通知されたガイドラインやマニュアル（文部科学省, 2020a; 2020b）により，保護者や子どもは毎朝体温を測ることを余儀なくされた．この実践は 2023 年 5 月に「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」の変更により新型コロナウィルスの分類が５類感染症に変更されるまでの約３年間続いた.

子どもの日常や学校生活においてこの３年間に起きた大きな変化として, マスク着用や「３密の回避」などがしばしば取り上げられるが，家庭内で毎日実施された検温実践についてはまったくと言っていいほど研究の俎上に上らない.

しかし，電子テクノロジーが子どもの日常生活をどのように変えるのかという問題意識からすると，電子体温計による検温が強制的に行われるようになったことはまさに生活の再編であり，そこにおいて子どもがどのような行為を行っていたのかを記録，分析することは重要な論点となりうる.

そこで本研究では，2020 年から実施された，子どもによる電子テクノロジー利用実態に関する調査で得られた家庭内の様子を撮影した映像資料を用いて，子どもによる電子体温計を使った検温実践の記述を行う.

４～10 歳の子どものいる 29 家庭の映像資料を観察したところ，子どもが自分で検温するシーンが３つの家庭において見られた．本研究ではこの３家庭を中心に検討する.

2. 方法

2.1. 調査概要

本研究は，著者によりすでに報告された研究（伊藤, 2023a）と同一のデータセットから，調査対象児が自分で体温測定をしていたケースを抽出して分析を行う．

データセットの取得方法は下記の通りであった（以下，伊藤（2023b）の記述に基づく）．国内に居住する4～10歳の子どものいる家庭に，学校に配布されるフリーペーパーやSNS，口コミを通して調査の協力を依頼したところ，30家庭の協力を得ることができた．ただし，１軒の家庭からの協力が撤回されたため，29家庭のデータがデータセットを構成する．

データは協力家族がみずから撮影する，家庭内および近隣の映像に基づく．調査対象となった子ども（以下,「対象児」と呼ぶ）が休日で家にいる日を２日間自由に選んでもらい，それらの日の起床後から夕食前までの間，アクションカメラ（GoPro8）で１日につき少なくとも５時間以上の撮影をしてもらった．固定カメラとして最大２台を室内に設置してもらったとともに，子どもの主観的視点を推測するためのカメラとして１台を胸部にチェストハーネスにて装着してもらった．

このようにして最大で３台から得られた映像を時刻同期させ，１本の動画に統合した．最終的に，データセットには58本(29家庭×２日分, 計約536時間20分，１家庭あたり平均約18時間30分)の動画が含まれる．

2.2. 分析対象

本研究で分析される３つの家族の構成と撮影日を下記に示す. なお, 家族には撮影された動画を回収した順にIDを付し，以降ID名で呼ぶこととした．

①02家 : 父，母，対象児（7歳4ヶ月の女児），弟（4歳5ヶ月）

撮影日 : 2021年9月25日，2021年9月26日

②06家 : 父，母，対象児（7歳3ヶ月の男児），２人の弟（それぞれ3歳11ヶ月，0歳9ヶ月）

撮影日 : 2021年12月25日

③11家 : 父，母，対象児（9歳8ヶ月の男児）

撮影日 : 2022年3月20日

撮影は２日間実施されたが，必ずしも両日とも検温実践が観察されたわけではなかった．上記の撮影日とは，検温が観察された日である．

3. 結果

02家において２日間とも，06家と11家においては撮影初日において，対象児自身による検温が観察された．観察された検温実践の概要を，表１に示した．

なお，対象児による体温計の操作ができなかったケースは観察されなかった．いずれの家庭でも撮影がなされたのは新型コロナウィルスの最初期の流行と全国的な休校措置の解除から１年以上経過した後であった．このことから，体温計の使用法についてはすでにインストラクションが済み，対象児自身も検温の経験を十分積んでいたものと推測される．

表１　３つの家庭における検温実践の概要

	02家	06家	11家
時間帯	朝食後	朝食後	朝食後
体温計の種類	電子式・腋下式	電子式・腋下式	電子式・非接触式
体温計の位置	ダイニングルーム	リビングルーム	ダイニングルーム
記録簿の位置	冷蔵庫のドア表面	確認できず	和室
記録者	対象児	確認できず	対象児
口頭での報告	あり	あり	なし
検温の促し	母	母	母

３つの家庭において共通して見られた特徴として，第一に，体温計を用いた検温が朝食後に行われていたこと，第二に，使用されていた体温計が電子式であったこと，第三に，リビングルームやダイニングルームなど家庭内で家族が集まることのできる場所に子どもが容易に手に取れるよう体温計が置かれていたこと，第四に，母親が検温を促していたことがあった．最後の点として挙げられた促しについて，書き起こしからの抜粋を下記に示す．

【抜粋１　02家２日目】

母　((キッチンに向かって移動中，対象児に背を向けながら)) 今日何日だっけ，今日体温やった？

対象児　((テレビの前に置かれたソファに座る父の横に座り，リュックの中に物を入れる)) ちょっ

と待って

【抜粋2　06家1日目】

母　((洗濯物を室内に干しているときに足元にあった棚から箱を取り出す)) 熱測ったxxくん

対象児　あはかってない

【抜粋3　11家1日目】

対象児　そんじゃ

母　((キッチンシンクで洗い物をしながら)) あ，体温体温

なお，母親により促される前に対象児が率先して検温をしたケースも02家の撮影初日において観察された．

他方で，バリエーションのある側面も見られた．第一に，体温の記録である．02家および11家では検温をした対象児自身が記録簿に体温を記入していた．記録簿とは，学校から配布されていると思われるプリントやファイルである．体温だけでなく健康状況も記入できるようになっているものもあり，これも対象児が記入していた（11家）．

第二に，体温の報告である．対象児は3人とも検温を終えてから液晶画面に表示された数値を読み取っていた．02家と06家では対象児がその数値を大きな声を出して家族に報告する場面が見られた．さらに，02家では報告もまた母から促されていた（抜粋4）．11家では対象児は言語的な報告を母に対して行わないまま記録簿に記入していた．

【抜粋4　02家2日目】

母　何度？

対象児　さんろくてんろく ((冷蔵庫の横に貼ってあるペンケースからボールペンを取り出す))

母　xx

対象児　ふつう ((ボールペンで冷蔵庫の正面に貼ってあるプリントに記入))

【抜粋5　06家1日目】

対象児　((脇から体温計を取り出して液晶を見る)) さんじゅうななど

母　はは

4. 考察

本研究では，4～10歳の子どものいる家庭の日常生活を観察した映像資料を用いて，子どもの日常生活の中に検温実践がどのように埋め込まれているのかを記述した．3つの家庭において観察された子ども自身が検温する例に基づいてその特徴を検討する．

第一に指摘できるのは，子どもによる検温が家庭内で円滑に可能になるように組織された物の配置である．主張を先に述べれば，体温計や記録簿は子どもの手の届くところにあらかじめ置かれていたか，あるいは親が子どもの目の前に置いていたのである．例えば02家ではダイニングルームに接したキッチンカウンターの隅に，他の様々な道具（固定電話など）と共に置かれていた．また，06家では検温を促した母が棚から体温計の入った箱を取り出し対象児の前に置くことが見られた．計測のための器具が子どもにとってアクセスしやすい場所にあらかじめ置かれてあることは，手助けをされることなく検温をするための重要な条件の1つだと言えよう．扱いを間違えると危険な薬や高価なパソコンの置かれた場所について想像してみるとその対比に気づくだろう．恐らくそうした物は，子どもの手の届かない高い場所や，父母のプライベートルームに置かれるように思われる．体温計という装置と子どもとが容易に結びつくように家庭内の物理的環境が整えられることで検温実践が日常の一部となるのである．

第二は，コラボレーションとしての検温である．直前に指摘したこととは矛盾するようであるが，検温実践の開始が母による促しから始まる事例が観察されたことは，必須のルーティンとして子どもが習慣化しているわけではなかったことを示すだろう．検温が促されるのに対応して，計測結果の報告も行われることが観察された．これらのことが示唆するのは，体温計によって計測されたデータとしての体温とは，私秘的なものではまったくなく，むしろ家族（とともに，行政機関としての学校）が共有すべき公的なデータだという点である．まず，子どもの体温が平熱を超えていた場合，家族の日常生活実践は大きな変更を余儀なくされる．他方で，子どものケアを担う大人が発熱していたとしても，ケアという実践を止めるわけにはいきづらい．つまり，子どもは家庭内の大人たちにとってケアの対象として存在しており，その実践にとって有用なデータとして子どもの体温が扱われているのであると考えられる．自身で検温し，報告まで行う子どもは，家庭内における子どものケアという日常実践の対象でありつつ，それを組織化する一人のメンバーとして協働的に関与していたのである．

文献

伊藤崇 (2023a). フラットな音と遮断される回路 : 子どもとデジタル技術の関係をどう記述するか 発達心理学研究, *34*(4), 285-297.

伊藤崇 (2023b). 子どもの日常生活におけるスマートスピーカ使用の実態 日本認知科学会第 40 回大会 公立はこだて未来大学

文部科学省 (2020a). 児童生徒等に新型コロナウイルス感染症が発生した場合の対応について https://www.mhlw.go.jp/content/000603970.pdf（2024/7/19 取得）

文部科学省 (2020b). 令和２年度における小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校等における教育活動の再開等について（通知） https://www.mext.go.jp/content/20200324-mxt_kouhou01-000004520_1.pdf（2024/7/19 取得）

SNS におけるシニカルな表現がユーザに与える心理的影響
Psychological impact of cynical expressions on SNS on users

成瀬　辰[†]，小松 孝徳[‡]
Jin Naruse and Takanori Komatsu

[†]明治大学
Meiji University
cs232031@meiji.ac.jp, tkomat@meiji.ac.jp

概要

本研究では,SNS を利用しているユーザが SNS 利用中にどのような状況を不快に感じるのかについての調査を行った。その結果, X や Instagram の利用頻度が高いユーザは自分の好きなものについてのネガティブなコメントに不快感を覚えることが明らかとなった一方，SNS での投稿が少ないユーザは根拠のない偏見による投稿に対して不快感を抱くことが明らかとなった。そして多くのユーザが,ある対象を一方的に見下すような表現を含む投稿を見ることで不快に思うという体験をしているということが明らかになった。

キーワード：SNS，炎上，社会心理学

1. はじめに

ソーシャルネットワークサービス（SNS）は我々にとって身近なコミュニケーションツールとして完全に定着した。総務省[1]の調査によると，国内の SNS ユーザは 2022 年に 1 億人を突破した。国内で最も利用率の高い SNS である LINE は，全世代での利用率が 94.0% に達している。またそれに次ぐのが Instagram の 50.1%,X(旧 Twitter)の 45.3%と，SNS は世代問わず幅広く利用されるツールとなったといえる。その SNS の世論への影響力は非常に強く,2024 年 7 月に行われた東京都知事選では,SNS を積極的に活用する候補者が話題を集めた。一方で,炎上やフェイクニュースのような SNS 上でのトラブルはユーザの増加に比例して増加し続けており，総務省によれば,年間炎上発生件数は 2011 年に 341 件から 2015 年には 1002 件まで増加しており,現在はそれ以上に増加していると考えられる。しかしこのような誹謗中傷や炎上が深刻な社会問題となり,総務省をはじめとした関係機関による実態把握と防止対策への取り組みが活発化してきたことで,SNS 上で他者を攻撃するような直接的な表現（例：罵詈雑言,暴言）は抑制されつつあると考えられる。

一方,これら直接的な表現が用いられていないのにも関わらず,読み手に強いネガティブな感情を抱かせてしまう間接的な表現が存在していることもまた事実である。例えば,皮肉を込めて対象を侮蔑したり冷笑したりするシニカルな表現はその典型例であるといえる。実際,SNS などインターネット上には,シニカルな視点から対象を皮肉的に批判するコメントが数多く投稿されている．これらの表現は，暴言などの単純な誹謗中傷などと比べて,客観的で論理的な表現であることが多いため,読み手が反論することが難しく，結果としてより深い傷を負わせる可能性があるとも考えられる。そこで本研究では,ユーザ自身が SNS 利用時に不快感を抱いた出来事についての調査を実施した．また同時に SNS の利用状況も調査し,それらとの関連について分析を行った。

2. 調査 1：SNS 利用時における不快感に関するアンケート

2.1 調査概要

本調査は,19 歳から 25 歳の大学生 128 人を対象にして実施された．まず，主要な 5 種類の SNS（X, Instagram, Threads, TikTok, YouTube）を使用する頻度を，1.利用しない（アカウントがあるが使ってない,知らないも含む,2.たまに閲覧するが投稿はしない,3.よく閲覧するが投稿はしない,4.閲覧もするし投稿もたまにする,5.閲覧もするし投稿もよくする，という五段階で回答してもらい，それらを利用する中で不快に思った具体的な出来事を自由記述にて最低 2 つ挙げてもらった。

[1] 総務省令和５年版情報通信白書：
https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepa

2.2 SNS の利用状況

表 1：SNS の利用状況

SNS の種類	1	2	3	4	5
X	8.6%	17.2%	35.9%	23.4%	14.8%
Instagram	8.6%	17.2%	22.7%	45.3%	6.3%
Facebook	97.7%	2.3%	0%	0%	0%
Threads	84.4%	11.7%	0.8%	1.6%	1.6%
YouTube	1.6%	9.4%	76.6%	10.9%	1.6%
TikTok	53.9%	18.8%	25.0%	1.6%	0.8%

表 1 は，各 SNS の利用状況を示したものである．この表から，X については回答者の 4 割近くが閲覧だけでなく投稿も行っていたこと，さらには，投稿せずに閲覧だけをするという回答者が過半数近くいることが明らかとなった．Instagram については，投稿を行う回答者が過半数を占め，閲覧のみの回答者が 4 割近くであったことが明らかとなった．その理由としては，この SNS の持つストーリーズ（画像のみで気軽に投稿できる機能）がユーザに定着していることが要因として考えられた。YouTube についてはほとんどの回答者が動画を閲覧するのみで，動画に対してコメントするのは 1 割程度に留まっていたことが明らかとなった。TikTok については，利用していない人が過半数を占めていた．TikTok は，若年層のユーザが多いイメージの SNS であるが，実際 X や Instagram と比べると利用者は少ないことが分かった。また，利用している回答者のほとんどが動画閲覧のみで利用しており，コメントをする回答者はほとんどいなかったことが確認された。なお,Facebook, Threads は回答者のおよそ 9 割が利用していなかったことが明らかとなった。

2.2 不快感を覚えた出来事

ユーザが自由記述にて報告した不快感を覚えた出来事について,各種 SNS の利用頻度を外部変数とした共起ネットワークを作成した（図 1-3）。なお,Threads, TikTok, Facebook は利用頻度の高いユーザが少ないため分析対象から除外した。

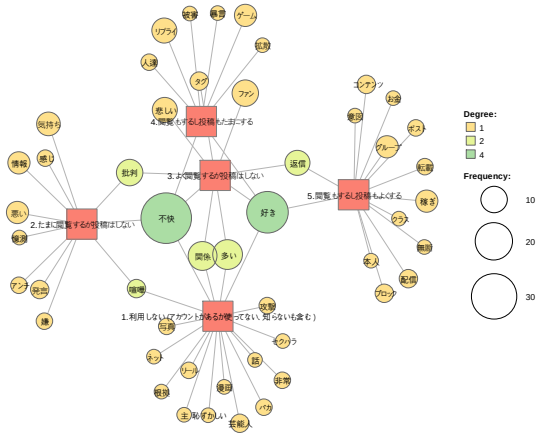


図 1：X(旧 Twitter）の利用状況と不快感報告との共起ネットワーク

X の利用状況と不快感報告との関係を示した図 1 からは，「4．閲覧もするし投稿もたまにする」「5．閲覧もするし投稿もよくする」と回答したユーザは，「配信」「グループ」「コンテンツ」「ファン」といった単語を多く用いていたことが明らかとなった。その一方，「1．利用しない（アカウントがあるが使ってない,知らないも含む）」「2．たまに閲覧するが投稿はしない」と回答したユーザは，「根拠」「憶測」といった単語や「芸能人」「漫画」のような単語を用いていたことが明らかとなった． これらの回答者が実際にどのような状況を記述していたのかを精査してみると， X の利用頻度の高いユーザはインフルエンサーやアーティストのファンやアンチの言動に対して不快感を覚えている回答者が多いことが明らかとなった．また自分が好きなコンテンツに対するネガティブコメントに不快感を覚える人が多かったことも確認された。一方,投稿はせず閲覧のみのユーザは，根拠のないデマや誹謗に対しての発言に不快感を抱いていた。このことから，投稿をあまりしない回答者は，SNS において根拠なく偏見で投稿することを嫌っているため,自身の投稿にも慎重になっているということが推測された。

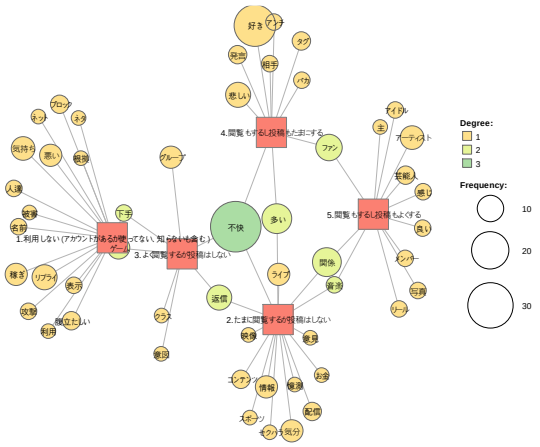


図 2：Instagram における共起ネットワーク

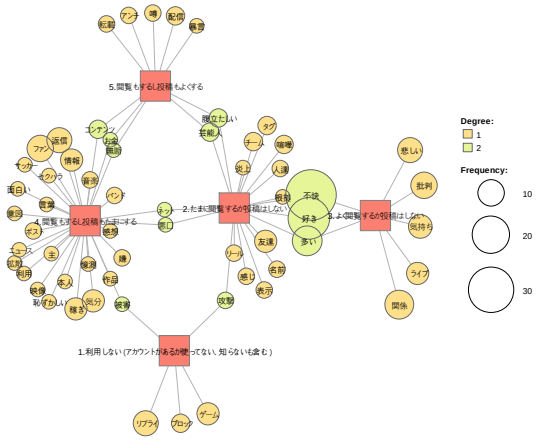


図 3：YouTube における共起ネットワーク

Instagram の利用状況と不快感報告との関係を示した図 2 からは,「4. 閲覧もするし投稿もたまにする」「5. 閲覧もするし投稿もよくする」と回答したユーザは,「芸能人」「アイドル」「アーティスト」「メンバー」「ファン」といった芸能関連の単語や「リール」という Instagram 上でショート動画を共有する機能の名称を多く用いていたことが明らかとなった。その一方,「1. 利用しない（アカウントがあるが使ってない,知らないも含む）」「2. たまに閲覧するが投稿はしない」と回答したユーザは,また「好き」や「悲しい」といった感情を表す単語も多く用いていたことが明らかとなった. これらの回答者が実際にどのような状況を記述していたのかを精査してみると, Instagram で投稿も行っている利用頻度の高いユーザはリールのコメント欄に対して不快感を抱いていた。また Instagram の利用頻度の高いユーザは X と同様に自分の好きな人やコンテンツに関するネガティブなコメントに対して不快感を覚えるということが明らかになった。Instagram は主に画像や動画メディアがメインコンテンツとなっているため,容姿や行動などを貶すことが X に比べ多く,より芸能関係の単語が共起しやすかったと推測された。

YouTube のコメントの利用状況と不快感報告との関係を示した図 3 からは,「2. たまに閲覧するが投稿はしない」「3. よく閲覧するが投稿はしない」と回答したユーザは,「不快」という単語をよく用いることが分かった。他の SNS の共起ネットワーク図では利用頻度問わず不快という単語は出現していたが,YouTube では閲覧の頻度が高いユーザに偏っていることがわかる。また,利用頻度として「4. 閲覧もするし投稿もたまにする」を回答したユーザは言及している話題が多岐にわたっている一方,「2. たまに閲覧するが投稿はしない」「3. よく閲覧するが投稿はしない」と回答したユーザは「批判」や「根拠」といった単語と共起しており共起している単語の種類は少なかった。これらの回答者が実際にどのような状況を記述していたのかを精査してみると, コメントの投稿を行わないユーザは,根拠のない批判やコメントでの喧嘩に対して不快感を抱いていた。また,「4. 閲覧もするし投稿もたまにする」と回答したユーザの言及した話題が多いのは,回答したユーザの数が多いことが最大の理由だが,YouTube でコメントの投稿をするユーザが不快に思う場面に遭遇しやすい可能性も考えられた。

以上, X, Instagram および YouTube の利用状況とその際に感じた不快な出来事との関連について考察したが,これらから, 他者を上から目線で貶すような投稿に不快感を覚えるという内容の回答が多かったことが確認された。対象を貶すという表現以外にも,他者が「人の好きなものを下げて自分が好きなものを良く見せようとする様子が不快に感じた」という回答や,他者が自分を含む応援しているチームのファンを「民度が低いと言っていて不快に感じた」

という回答など,表面上は様々な表現がされていたため共起ネットワーク図には現れなかったが,回答の多くは他者が対象を貶す表現で不快感を抱いていたことが示唆された。他にも,「終わってるわこの国」のように，見下すような表現に皮肉を含ませたシニカルな投稿に不快感を覚えるという回答もあった。

3. まとめ

本研究で行った SNS ユーザに対するアンケート調査では,対象を貶すような投稿をみて不快に思う体験をしているユーザが多いことが明らかになった。Lee[1]らによれば,Twitter の炎上において他者を見下す投稿が多く見られるということをすでに報告している。本研究の結果を踏まえると,SNS において他者を貶すような表現がユーザの心理や行動に与える影響について多角的に調査していく必要がある。また本研究ではシニカルな表現を目撃し不快に思うユーザも存在していることが分かった。シニカルな表現とは一般に見下し表現に皮肉的かつ冷笑的なニュアンスが加わった表現である。昨今の SNS 上の取り締まり強化の流れを考えれば,このような間接的な見下しといえる表現は今後増加することも考えられるので,他者を貶す表現として,直接的な表現を用いて行われる侮蔑と皮肉的で冷笑を含むシニカルな表現の双方が SNS 上で与える影響について今後調査を行っていく予定である。

文献

[1] Wonseok Lee, Takanori Komatsu, and Fujio Toriumi (2022). Investigating Users' Motives for Engaging in Flaming by Analyzing Despise Tweets, In Proc. Of ABCSS2022.

授業内グループワークにおいて意見の表明はいかに開始されるのか –振り返りを目的としたグループワークの相互行為分析

How is the Expression of Opinions Initiated in Classroom Group Work? -Analysis of group work interactions for the purpose of reflection

竹田 琢[†‡]
Taku Takeda

[†]青山学院大学大学院国際マネジメント研究科, [‡]早稲田大学大学院人間科学研究科
Graduate School of International Management, Aoyama Gakuin University
Graduate School of Human Sciences, Waseda University
taku.takeda.0@gmail.com

概要

本研究では授業内グループワークにおける個人の意見を表明する活動を開始するやり方について，相互行為分析の方法を用いて検討した. その結果, 話し合いを開始するまでに，1）話し合いの開始の提案と承諾，2）話題の限定，3）最初の話し手の決定が行われていた. 学生は教員の合図後すぐには話し合いを開始できないこと，話し合いの準備に積極的だが最初の話し手になることには消極的であることが示唆された.

キーワード : 相互行為分析, グループワーク, 振り返り

1. はじめに

近年, 大学教育においてアクティブ・ラーニングが注目されている．2012 年の文部科学省の中央教育審議会の答申は, 主体的に問題発見・問題解決を行うアクティブ・ラーニングへの転換を主張し, 具体的にはディスカッションやディベートなどの双方向型の授業実践により，質の高い学士課程教育を進めることができると述べている[1]. こうした社会的背景もあり，アクティブ・ラーニングに関する研究は多数行われている．特に双方向型の授業実践である，グループ学習と呼ばれる学習方法については, アクティブ・ラーニングが注目を集める以前から実践・研究ともに蓄積がある.

グループ学習は「数人程度を単位とした小集団学習の形態[2]」と定義されている．しかしその実態は多様である．大山・田口[3]は大学におけるグループ学習の実践事例を，事前作業および事後作業の有無に着目して６パターンに類型化し，グループ学習の様相とその実施目的の多様さを示した．大山・田口[3]が明らかにしたように, グループ学習は多様であり, 目的に応じた様々な方法論やモデルが開発されている．しかしグループ学習を用いた教育実践の開発研究に比べて，グループ学習がどのように行われているのかに関する実証的な研究は少なく，特に大学教育におけるグループ活動の実態を明らかにした研究はほとんど見当たらない[4]．グループ学習の話し合いのプロセスを検討することは，より質の高い授業実践の開発研究に貢献できると考えられる．例えば，横森[5]は授業にグループワークを導入する際には，学生がどのような課題に直面しているか，またいかにその課題へ対処しているかに関する理解と見通しを持っておく必要があると述べている. このように, グループワークの参与者である学生の相互行為上の課題を検討することは教師や研究者の視点で検討されることの多いグループワーク研究に貢献すると考えられる.

2. 目的

本研究では，授業内グループワークにおける話し合いのプロセスの一端を明らかにすることを目的とする. 特に，大山・田口[3]の分類基準である事前作業ありのグループ学習を対象に，その開始部における事前にワークシートにまとめていた個人の意見の表明を開始するやり方について検討する.

3. 方法

対象は関東の A 短期大学で行われた授業内グループワークである. この授業は, 地域の子どもを対象にワークショップの企画運営を行う演習型の形で行われた. グループワークは授業の最終回で実施されたもので, 授業全体やワークショップに関する「振り返り」を目的として行われた．グループのメンバーは全員が同じ学科の同学年の学生である. 最終回までの授業では, 基本的に同じグループのメンバーと活動を共にしているため, その関係は一定程度構築されていると考えられる. グループワークの時間は 15 分程度である.

学生は事前課題として，個人で振り返り用のワークシートを記入していた. ワークシートの項目は以下の4つである.

- 参加者として参加したワークのうち，面白かったワークとその実施していたチーム名，その理由
- 参加者として参加したワークのうち，参考になったチーム名または個人名，その理由
- 自分のチームが実施したワークの良かったこと・うまく行ったこと
- 自分のチームが実施したワークの悪かったこと・うまくいかなかったこと

グループワークを行う前に教員が行った教示は以下の通りである.

- グループでワークシートに記入したことを共有すること
- 気づいたことやもっと話したいことがあれば議論をすること
- 他のメンバーの話を聞いて浮かんできた考えや気づきがあれば，ワークシートの空いているところにメモをすること（なお, グループ学習で気づいたりメモをしたりした内容はこの後に課す個人レポートに活かすことを推奨した）

分析は, 相互行為分析の方法を用いる. 相互行為分析とは社会学の一派であるエスノメソドロジー・会話分析に基づくものであり，相互行為における参与者の注意の変化を記述的にたどっていくための体系的な方法である[6]. 相互行為分析では，映像・音声データを繰り返し観察することで相互行為の参与者の間で共有されているリアリティに接近することができる[6]. この方法を用いることで，参与者である学生の視点から相互行為における課題を明らかにすることが可能になる. 本研究ではビデオカメラ・ボイスレコーダーを用いて収集した23グループのデータ（合計時間428分）のうち，4名で構成された1グループの事例について分析を行う.

4. 分析

断片1は，教員がグループワークの開始の合図を示した直後の場面である．Tは教員を，A，B，C，Dは学生を示した記号である.

1行目で教員は教室全体にグループワークの開始の合図を出すが，2行目から7行目にかけて学生は机に設置された記録用のボイスレコーダーを触りながら喧嘩のやりとりを冗談として行っている．冗談のやりとりに区切りがついて2.5秒の沈黙の後，9行目でDが話し合いの開始を提案する．この提案に対して，A・Bは承諾する（10行目・11行目）．この提案と承諾に

```
 1    T：では（1.6）始めて- ください（.）ど[うぞ.
 2    D：                                  [ねえ.だからだめ
 3    A：(hhh)
 4    (0.5)
 5    D：や↑だよお
 6    (2.2)
 7    A：なんの話（ ）
 8    (2.5)
 9   →D：これ1個ずつ言ってけばいい？（0.3）どんなこと書いたか
10    A：(はい)
11    B：おっけい
12    A：なるほどね
13    B：(hh)
14    (1.6)
15    A：[h
16    D：[じゃ
17   →D：面白い楽しいと思ったワーク（.）(は:)
18    (0.6)
19   →D：じゃあ まあ せえ- せえの（h）でいうよ せえので=
20   →A：=<せ[：え：の：>
21    B：      [<せえの：↑>
22    A：[アイスズ
23    C：[アイスズ
24    D：[アイスズ
25    B：[ヒラメキマンズ
26    B：え嘘でしょ
```

図1 断片1：グループワークの開始部

より学生たちは「1個ずつ」意見の表明を行うことが相互行為上の課題であると言う共通認識を持っていると理解することができる．その後，16・17行目でDはワークシートのうち「参加者として参加したワークのうち，面白かったワークとその実施していたチーム名，その理由」の項目に係る「面白い・楽しいと思ったワーク」に話し合いを行う話題の範囲を限定する．続く19行目でDは「せえの」を合図に一斉に意見を述べるやり方を行うことを呼びかけた後，20行目でAは先陣を切って「せえの」を開始し，22-25行目で一斉に学生全員が「面白い・楽しいと思ったワーク」のチーム名を回答する．その結果，Bのみが異なるチーム名を述べ，全員の答えが揃わなかった．直後の26行目でBは驚きを示す.

ここではDの話し合いを開始しようとするやり方に注目する．9行目でDは教員の教示した課題に対する対応策がいくつかある中で，ワークシートの4つある項目のうち1個ずつ述べることを「これ1個ずつ言っていけばいい？」と言う許可の要求の組み立てによっ

て話し合いの開始を提案する. さらに直後に「どんなこと聞いたか」を付け加えている. これは自分がワークシートにどんなことを書いたのかは当然知っているが, 他の学生が書いた内容はわからないこと, そしてそれぞれの学生がワークシートに書いたことを相互に表明する活動を行うことへの志向を示している. 16・17 行目では「面白い・楽しいと思ったワーク」に話し合う話題の範囲を限定することで, 自らが最初の話し手（意見の表明を行う者）として話し始めようとしているように見える. しかし, D は自分が独立した最初の話し手になるような開始のやり方はとらず, 19 行目で「せえの」で全員が同時に意見を表明することを呼びかける. 20 行目で A は「せえの」を開始するが, ゆっくりと間延びした組み立てがなされている. 間延びするデザインで行うことで他の学生が途中からでも同調しやすいデザインになっている. 実際に 21 行目で B は「せえの」から入り込み, 語尾では完全に同調することができている. このことから, D だけでなく A や B もグループメンバー全員で意見を表明することを志向していることが示される.

5. まとめ

本研究では授業内グループワークの開始部において, 事前にワークシートにまとめていた個人の意見を表明するやり方について検討した. その結果, 話し合いを開始するためには 1) これから話し合いを開始することに対する提案と承諾（9 行目）, 2）話し合いにおける話題（意見を表明する範囲）の限定（17 行目）, 3）最初の話し手の決定（19 行目）の三点が必要である可能性が示された.

本研究で注目すべき点は二点ある. 一点目は, 教員によるグループワークの開始の合図が出されてもすぐに話し合いが開始されるわけではないと言う点である. 断片 1 では教員の開始の合図の後, 学生たちはこれからグループで話し合いを行うことについて合意を得た後, 話す話題を特定し, 最初の話し手を決定すると言うように, 話し合いの開始に向けて一つずつ準備をしてから話し合い開始をしていた. 教員が開始の合図を出したからとって学生はすぐにグループワークを開始することはできない可能性がある.

二点目は, D がグループにおける話し合いを開始に向けた準備を率先して行っているように見えるが, 自らが独立した最初の話し手になることには積極的ではない点である. 実際に, 最初の話し手を決めるやり方は,「せえの」と言う一斉に意見を表明するやり方を呼びかけていた. 学生には「意見の表明を行うこと」が相互行為上の課題として共通認識があった. それゆえ授業内グループワークにおいて学生は「意見の表明を行うこと」を達成するために, グループの話し合いの準備には積極的であるが, 最初の話し手にはなることには消極的であるというジレンマを抱えている可能性がある. グループワークの話し合いは教員の開始の合図があればすぐに開始することができるような単純な活動ではない, 繊細な活動である.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 23K18876 の助成を受けたものである.

文献

[1] 文部科学省 中央教育審議会, (2012) “新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け, 主体的に考える力を育成する大学へ（答申）”, https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afieldfile/2012/10/04/1325048_1.pdf （参照日 2024. 07. 19）.

[2] 山内祐平, (2000) “グループ学習”, 日本教育工学会 (編) 教育工学事典, p. 218, 実教出版.

[3] 大山牧子・田口真奈, (2013), “大学におけるグループ学習の類型化 : アクティブ・ラーニング型授業のコースデザインへの示唆”, 日本教育工学会論文誌, 37(2), pp. 129-143.

[4] 森本郁代, (2020) “アクティブラーニングにおける大学生の話し合いの特徴—意見や提案の連鎖の分析から”, 村田和代（編）これからの話し合いを考えよう, pp. 45-62, ひつじ書房.

[5] 横森大輔, (2022) 英文法の学習経験の共有を示唆する認識的態度—授業内グループワークの会話分析から, 京都大学国際高等教育院紀要, 5, pp. 135-151.

[6] 高梨克也・坂井田瑠衣, (2022) “日常生活場面の相互行為分析”, 鈴木宏昭（編） 認知科学講座 3 心と社会, pp. 103-140, 東京大学出版会.

介入判断と調整を行う役割が集団協調に与える影響：実験室実験からスポーツ現場への応用

Group coordination by the role of intervention decision and adjustment: Practical application from the laboratory experiment to the sports field

市川 淳 †，山田 雅敏 ‡，藤井 慶輔 §
Jun Ichikawa, Masatoshi Yamada, and Keisuke Fujii
† 静岡大学，‡ 常葉大学，§ 名古屋大学
Shizuoka University, Tokoha University, Nagoya University
j-ichikawa@inf.shizuoka.ac.jp

概要

先行研究では実験室実験から，不均一な役割分担を伴う集団協調で状況に応じた介入判断と調整を行う役割の重要性が示唆されている．本研究では現場応用として，3 on 3 バスケットボールを題材に撮影と計測を行い，大学チームでオフェンスにおける当該役割の動きを助言した．結果，助言後にその役割が求められる選手と相手ディフェンスとの距離が相対的に大きい値をとる頻度が高くなり，遂行の基盤となるスペーシングが体現された．

キーワード：協調 (coordination)，役割 (role)，レジリエンス (resilience)，スポーツ現場 (sports field)

1. 導入

私たちが展開する活動の多くは，集団を構成するメンバー間で不均一な役割を分担する．各自がサブシステムとして役割を担い，他のサブシステムや環境とのインタラクションを通して全体が 1 つのシステムとして機能する [1]．この分散認知により内的・外的資源が適切に配分され，個々の負荷が軽減すると言える．特にスポーツでは，時間やルールといった制約の中で集団目標や高い成果を示すパフォーマンスを発揮することが求められるため，役割分担の利点を実感しやすいと考えられる．本研究では，集団目標を達成する協調運動で実験室実験から示唆された重要な役割に関する知見のスポーツ現場応用を試みる．

関連研究として，Fujii et al. [2] は国内トップレベルの大学チームを対象に，5 on 5 のバスケットボールの協調的なディフェンスとして，ゴール手前の危機的な状況に応じた役割分担の構造を明らかにした．また，集団行動として狩りの協調メカニズムを深層強化学習から検討した研究 [3] では，追いかける役と行く手を阻む役の分担が創発する特徴がみられた．いずれも役割分担により，争う相手よりも優位な状況をつくり出していると考えられる．

一方で，Ichikawa and Fujii [4] は争う相手がいる設定ではないが，集団協調で鍵となる役割を明らかにした．3 人 1 組で各自がリールを回して糸の張力を変え，3 本の糸に接続された 1 本のペンを動かし，長さ 30 cm，幅 2 cm の正三角形の辺をなぞる課題が用いられた．2 名は，ペンを引き寄せる「張る」役割とそのペンがスムーズに動くように対応する「緩める」役割を担う．しかし，これらの役割だけでは仕様上，ペンが辺の外側に逸れる．3 人目の「適度に張る」役割が状況に応じて介入し，ペンの軌道を修正する必要がある．実験室実験では繰り返し課題を行わせ，糸の張力やペンの位置を計測して 3 つの不均一な役割の張力を用いた重回帰分析を実施した．結果，小さいペンの逸脱を維持しつつ，より素早く移動させる高いパフォーマンスの達成には「適度に張る」役割が関連していることが確認された．他を助けるように対処するこの役割にはレジリエントな性質があり，スポーツやビジネスマネジメントなどでも重要性が主張されている (e.g.,[2, 5])．また，介入しない時は他の邪魔をしない，介入する時は有利な状況をつくり出す行動は，既存の同期理論では説明が難しく，協調運動を議論する上で新たな視点を提供している．しかし，実験室実験の課題を用いた成果である点に留意する必要があり，介入判断と調整を行う役割の有用性には未だ議論の余地がある．

そこで本研究のアプローチとして，実験室実験で得られた知見をスポーツ現場に応用する．今回，先行研究 [2] で役割分担について議論されているバスケットボールの中でも計測しやすい 3 on 3 を題材とする．当該役割の有用性を検証することを研究目的とし，関連した助言の前後で試合のパフォーマンスや動きの差異

を比較する．

2. 方法

2.1 参加者

東海学生バスケットボール連盟三部リーグに属し，第二著者が監督を務める大学女子バスケットボール部の練習でフィールド実験を行った．6 名が参加し，3 名ずつオフェンスとディフェンスチームに分かれた．静岡大学並びに常葉大学の人を対象とする研究に関する倫理審査の承認，及び選手全員から書面での同意は得られている．

2.2 3 on 3

3 on 3 の概要を図 1a に示す．丸で表されたオフェンスチームの勝利条件は「制限時間 15 秒以内にメンバーの誰かがディフェンスを引き寄せた上で，最後にシュートを打つ予定の選手がノーマークでフリーなポジション取りができていること」である．一方で，四角で示されたディフェンスチームは「オフェンスチームの勝利条件を満たさないように守ること」が勝利条件である．次章の結果はこの定義に沿っており，可能な限り個人スキルに依存しない基準とした．

ゲームではオフェンスチームを対象に，介入判断と調整を行う役割（図 1a の丸 No.3）が 2 名に関わり集団が協調する過程を観測する上でいくつかの制約を設けた．具体的には，開始時のボール保持者（No.1）は固定し，No.3 に直接パスすることなくプレーを始めるように教示した．さらに，オフェンスチーム 3 名の初期位置を場ミリで指定して距離をとらせた．一方で，ディフェンスチームは No.1 と No.2 がオフェンスチームの同番号と対峙するように伝え，初期位置は任意とした．以上のルールを適用することで，最初の状況は試合間で可能な限り同一になるようにした．なお，利き手の影響を排除するために，2 vs 2 の構図がゴールに対して右側あるいは左側のどちらかを開始直前に指示し，試合間でランダマイズした．

オフェンスチームが勝つためには，No.3 が味方 2 名に介入し 2 vs 2 の拮抗状態を調整・解消して有利な状況をつくり出すことが求められる（例えば，(1) No.1 あるいは No.2 とのハンドオフ，(2) No.3 がピックアンドロール，(3) No.3 がスリーポイントシュート）．一方で無理に介入せず，2 名の邪魔をしないことも重要である．図 1a の丸で示した参加者の初期位置や No.3 に求められる動きは，5 人制の試合でも想定される[1]．

[1]監督曰く，チームは実験に参加した時点で今回の連携に関連する知識は有しているが，試合では体現できていない．

2.3 環境と手続き

体育館の環境を図 1b に示す．横のサイドラインを除き，原則 5 人制の寸法に準拠している[2]．ステージに 3 m の三脚を置き，ビデオカメラ (Sony 製, HDR-CX680) を設置してゲームを俯瞰撮影した（図 1c）．

手続きとして現地集合した後，当日の流れを確認した．そこから準備運動を行い，終了したら図 1a に対応するビブスを渡し，チーム分けとゲームの概要について説明した．この時点で，2.2 節で説明したオフェンスチームが勝つための連携は教示していない．7 試合を 1 セッションとして前半戦 3 セッション，後半戦 3 セッションの計 42 試合を実施した．試合間のインターバルは 30 秒，セッション間のインターバルは 1 分と伝え，疲労の影響が最小限になるようにした[3]．

前半戦終了後，試合を観察した本研究の主旨を事前に理解しているゲストコーチの高村 成寿氏（ベルテックス静岡アカデミーコーチ）が各チームに助言を行った[4]．オフェンスチームには，介入判断と調整を行う役割の動きを中心に全体へアドバイスした．他方でディフェンスチームには，特定の参加者への対策やゲームに特化した対策ではなく，味方をフォローする一般的なヘルプディフェンスについて助言した．片方のチームがアドバイスを受けている最中，もう片方のチームが聴くことができないように離れてもらった．

3. 分析と結果

3.1 パフォーマンス

前半戦 21 試合（セッション 1〜3）と後半戦 21 試合（セッション 4〜6）のオフェンスチームの勝利数は，9 勝と 11 勝であった．前半戦と後半戦の勝敗数について 2 × 2 のクロス集計表を作成し，カイ二乗検定を行ったが有意な関連はなかった ($n.s.$)．次に，各セッションの勝率を算出してその推移をみたところ，助言前のセッション 1 及び 2 の勝率はチャンスレベルで，セッション 3 はそこから下がった．しかし，助言後のセッション 4 で回復，さらにセッション 5 で勝率は向上したが，セッション 6 で急激に下がった特徴が確認された．

[2]http://www.japanbasketball.jp/files/referee/rule/2023rule.pdf

[3]前半戦と後半戦の直後に振り返りとして，集団目標の達成度や自身の貢献度等を各参加者に主観評価させるアンケート調査を実施した．主要ではないことや分量の都合もあり，本稿では結果の報告を省略する．

[4]元男子プロバスケットボール選手であり，現在プロチームのアカデミーでコーチを務めている．前半戦を踏まえ，特にオフェンスチームに対して研究の主旨を反映した助言を正確に伝える必要があるため，アマチュア選手への指導に優れている高村氏に依頼した．

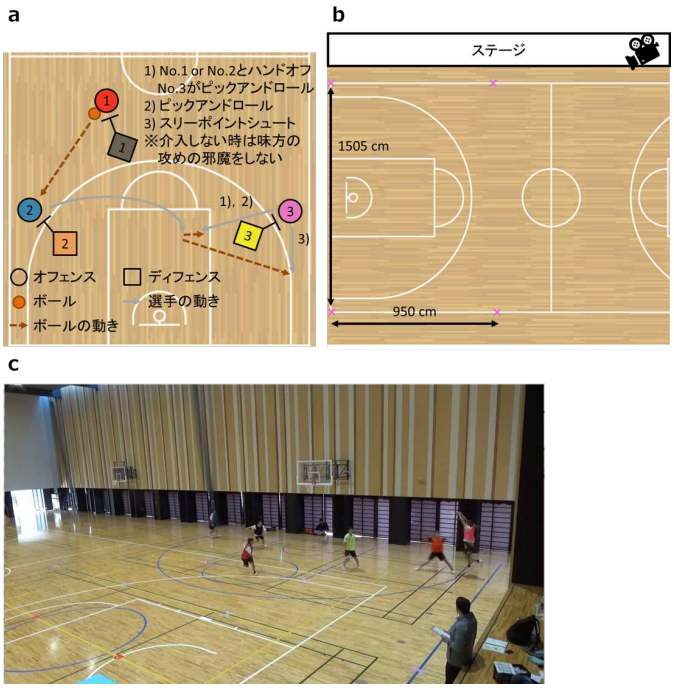


図 1　フィールド実験．(a) は 3 on 3 の概要，(b) は環境で (c) は俯瞰撮影した映像である．

以上より，介入判断と調整を行う役割の動きに関連した助言の後に，一時的ではあるもののパフォーマンスが向上したことが示された．当該役割により，集団協調が実現された可能性がある．

3.2　介入判断と調整を行う役割の動き

次に，俯瞰撮影した映像から取得した参加者全員の位置データを用いて，助言前後で介入判断と調整を行う役割（図 1a の丸 No.3）の動きを比較した．データセットは 20 fps の動画に対して ByteTrack [6] の画像処理からトラッキングを行い[5]，Labelbox で誤検出や未検出を手動補正することで作成された[6]．

基本的な分析として，介入判断と調整を行う役割で求められる動きの基盤となるスペーシングに着目した．ゲームでは，当該役割を遂行する上で相手ディフェンスとの適切な距離感が求められ，5 人制の試合においても重要である．もし，ディフェンスから大きく距離をとることができればフリーなポジション取りができていると予想され，介入して味方の拮抗状態を調整・解消して有利な状況をつくり出すプレーや，味方の邪魔にならないプレーがしやすいと考えられる．各時間フレームで No.3 とディフェンスチームの各参加者との距離を算出し，全ての値から距離を階級とするヒストグラムを作成して頻度を求めた．助言後に No.3 がスペーシングを体現できていれば，相対的に距離の値が大きい階級で助言前に比べて頻度が高くなると考えられる．また，相対的に距離の値が小さい階級で助言前に比べて頻度が低くなることも考えられる．

結果，注目すべき点として 400 cm, 1200 cm, 1400 cm の階級で上記の仮説を支持するような特徴が確認された．各階級において，前半戦と後半戦の間で t 検定を実施した．結果，相対的に距離の値が小さい 400 cm で前半戦よりも頻度が有意に低いこと，相対的に距離の値が大きい 1200 cm や 1400 cm で前半戦よりも頻度が有意に高いことが確認された ($ps < .05$)．

4.　考察

結果，助言後に役割遂行に向けたスペーシングが体現された．さらに一時的ではあるが，助言後に勝率が向上した．ゆえに，相手ディフェンスと距離をとるフリーなポジション取りに基づく介入判断と調整が，集団協調に関連した可能性がある．なお，オフェンスチームの No.3 と味方 2 名との各距離についても同様に分析したところ，相対的に距離が中程度 (800 cm) の階級で後半戦は頻度が有意に低くなる傾向を確認した ($p < .10$)．状況に応じた介入判断から距離をさらに詰める，あるいは離れる方向へ動くようになったかもしれない．実験室実験で得られた役割の有用性がスポーツ現場でも示唆され，社会的意義は大きい．

[5] https://github.com/ifzhang/ByteTrack
[6] https://labelbox.com/

ただし，最後のセッションで勝率が下がった要因として，直前にディフェンスチームが対策を話し合ったことが確認された．そのようなチームに対して助言を基に柔軟に対処する応用的な協調には至らず，1 回の実践では限界があることが示唆される．また，本分析では特定の役割を主に評価した．協調過程をより理解するためには，パスやドリブルのイベント（文脈）に着目したネットワーク解析や，幾何学を応用したチーム内の連携構造等を分析する必要がある．

謝辞

フィールド実験でご協力いただいた高村 成寿様（ベルテックス静岡アカデミーコーチ），市川 雅也さん（静岡大学）に感謝を申し上げる．また，竹内 勇剛教授と一ノ瀬 元喜准教授（ともに静岡大学）から有意義なご意見をいただいた．ここに謝意を表す．本研究は，以下から支援を受けた．

- JSPS 科研費 24K20562
- 天野財団技術研究所 2023 年度特別募集助成金「AI ロボットとの協調に向けた役割分担の構造及び原理の同時解明」
- 静岡大学令和 5 年度新学術領域開拓のための異分野間研究ネットワーク構築による研究力推進事業助成金「協調的集団行動に潜むネットワーク構造の抽出と認知情報処理に基づく原理の解明」

文献

[1] Hutchins, E., *Cognition in the Wild*, Cambridge: MIT Press, 1995.

[2] Fujii, K., Yokoyama, K., Koyama, T., Rikukawa, A., Yamada, H., and Yamamoto, Y., “Resilient help to switch and overlap hierarchical subsystems in a small human group,” *Sci. Rep.*, vol. 6(23911), https://doi.org/10.1038/srep23911, 2016.

[3] Tsutsui, K., Tanaka, R., Takeda, K., and Fujii K., “Collaborative hunting in artificial agents with deep reinforcement learning,” *bioRxiv*, https://doi.org/10.1101/2022.10.10.511517, 2022.

[4] Ichikawa, J. and Fujii, K., “Analysis of group behavior based on sharing heterogeneous roles in a triad using a coordinated drawing task,” *Front. Psychol.*, vol. 13(890205), https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.890205, 2022.

[5] Bowers, C., Kreutzer, C., Cannon-Bowers, J., and Lamb, J., “Team resilience as a second-order emergent state: A theoretical model and research directions,” *Front. Psychol.*, vol. 8(1360), https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01360, 2017.

[6] Zhang, Y., Sun, P., Jiang, Y., Yu, D., Weng, F., Yuan, Z., Luo, P., Liu, W., and Wang, X., “ByteTrack: Multi-object tracking by associating every detection box,” *arXiv*, https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.06864, 2022.

言語理解時に感情価はシミュレーションされているか
Is the valence of a word simulated during sentence processing?

田中 悠介†
Yusuke Tanaka
†福岡大学
Fukuoka University
yusuke.tanaka.07@gmail.com

概要
人は言語を理解する際に，言語化された物体の色や大きさといった物理的性質を心内でシミュレーションしている。本研究では，認知的共感性が高い言語理解者は好ましい他者の行為を描写している文が呈示された場合に文と画像の内容の一致判断をより素早く行うことを明らかにした。この結果は，物理的性質だけでなく感情価もシミュレーションされること，およびそれが認知共感性の高さと相関することを示している。

キーワード：感情価 (valence)，言語理解 (language comprehension)，メンタル・シミュレーション (mental stimulation)，認知的共感 (cognitive empathy)

1. はじめに

人は言語を，その内容を心内でシミュレーションすることで理解していると考えられており (Barsalou 1999)，これはさまざまな実験によって確かめられている。例えば，(1) のような文に続いて呈示される画像に描かれた物体が文中で言及されていたかを判断してもらう実験では，ペンが縦向きであることを含意する (1a) を読んだ後は縦向きのペンの画像に対する反応が促進された一方で，ペンが横向きであることを含意する (1b) を読んだ後は横向きのペンの画像に対する反応が促進された (Stanfield & Zwaan 2001)。

(1) a. John put the pencil in the cup.
b. John put the pencil in the drawer.
(Stanfield & Zwaan 2001: 154)

このようなシミュレーション（メンタル・シミュレーション）は “the reenactment of perceptual, motor, and introspective states acquired during experience with the world, body, and mind” (Barsalou 2008: 618) と定義される。実際，物体の方向以外にも色や形，大きさといった物理的な性質がシミュレーションされることが明らかにされている (Connell 2007; de Koning et al. 2017; Zwaan et al. 2002)。一方で，定義の中にある “introspective states” のシミュレーションに関する研究は少なく，例えば感情価のような要素がメンタル・シミュレーションに与える影響は明らかにされていない。情動ストループ課題や語彙判断課題による実験から，感情価が語彙の処理を促進したり阻害したりすることが明らかにされているため (Kissler & Koessler 2011; Kousta et al. 2009; Williams et al. 1996)，感情価がメンタル・シミュレーションに影響を与える可能性も十分に考えられる。

本研究では 2 つの仮説を立て，以上の可能性を検証する。1 つ目は「視点説」であり，(2a) のような好ましい他者の行為は行為者視点からシミュレーションされる一方で，(2b) のような好ましくない他者の行為は観察者視点からシミュレーションされるという仮説である。

(2) a. あなたの好きな人がバナナをむいています
b. あなたの嫌いな人が鉛筆を削っています

実際，メンタル・シミュレーションの際に取得される視点には行為者視点と観察者視点があり (Brunyé et al. 2009; Pickering et al. 2012; Sato & Bergen 2013)，他者の行為に対しても行為者視点が取得されることがある (田中 2024)。よって，好ましい他者の行為をシミュレーションする際にはその他者の視点が取得され，行為者視点となる可能性がある。この仮説が妥当であれば，視点と感情価の交互作用効果が観察されると予測される。

2 つ目は「情動説」であり，(2a) ではポジティブな感情がシミュレーションされる一方で，(2b) ではネガティブな感情がシミュレーションされるという仮説である。この仮説が妥当であれば，感情価が語彙の処理を促進したり阻害したりするという知見を踏まえると，感情価の主効果が観察されると予測される。以上 2 つの仮説は排他的ではないことに注意されたい。

メンタル・シミュレーションの際に選好される視点は共感性に影響される (小波津他 2023; 田中 2024)。本研究でもこの点を考慮し，対人反応性指標 (Davis 1980) の日本語版 (日道他 2017) を用いて実験参加者の共感

性を測定する。対人反応性指標は 4 つの下位尺度（共感的関心，個人的苦痛，想像性，視点取得）から構成されており，前者 2 つは情動的共感を，後者 2 つは認知的共感を測定する尺度である。

2. 実験

クラウドソーシングを利用して集められた 80 名が実験に参加した。ただし，実験を中断した 1 名とデータを提出できなかった 3 名は除外された。すべての参加者から実験開始前にインフォームド・コンセントを取得した。また，対人反応性指標の日本語版に 5 件法で回答してもらい，実験終了後に謝金を支払った。

刺激画像は図 1 のように，48 種類の行為を行為者視点（左）か観察者視点（右）から撮影したものである。

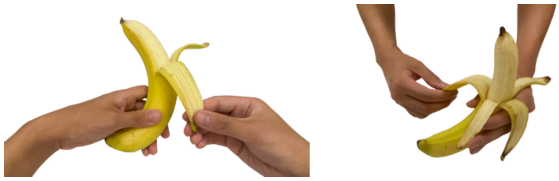


図 1 刺激画像の例

刺激文は前節で示した (2) のような他者の行為を描写したものである。主語が「あなたの好きな人」であるものと「あなたの嫌いな人」であるものを 20 文ずつ作成した。さらに，「あなたの晴れる人が腕時計を外しています」のような不自然な文を 8 文作成した。

実験は PsychoPy (Peirce 2007) で作成し，Pavlovia (https://pavlovia.org) を利用してオンラインで実施された。各試行では，注視点 (500ms)，刺激文 (3500ms)，注視点 (500ms)，刺激画像の 4 つがこの順序で呈示された。実験参加者は，文と画像の内容が一致しているかどうかを可能な限り素早くかつ正確に判断するよう指示された。この判断は，一致の場合はキーボードの M キー，不一致の場合は V キーを押すことで行われた。文の主語が読み飛ばされるとこを防ぐために，文が不自然な場合にも V キーを押すように指示した。不自然な文を作成したのはこのためである。

以上の流れを 1 試行とし，合計 48 試行（ターゲット試行 20，フィラー試行 20，不自然な文が呈示される試行 8）が課された。20 のターゲット試行のうち，半数では行為者視点の画像が呈示され，もう半数では観察者視点の画像が呈示された。この割り当てを入れ替えた刺激リストを作成することでカウンターバランスをとった。刺激の呈示順序はランダムであった。

3. 結果

統計分析に先立ち，反応時間データのスクリーニングを行った。具体的には，誤反応がみられた試行と，参加者ごとに当該参加者の平均反応時間 ±2.5SD となる反応時間がみられた試行を分析から除外した。

刺激画像への反応時間を目的変数とする線形混合効果モデル分析 (Baayen et al. 2008) を行った。固定効果は感情価（好き／嫌い），視点（行為者視点／観察者視点），認知的共感および情動的共感（対人反応性尺度得点）に加え，4 変数の交互作用効果である。「行為者視点」と「好き」を –0.5，「観察者視点」と「嫌い」を 0.5 にコーディングし，対人反応性尺度得点は z 得点に変換した。ランダム効果には，実験デザイン上適切な範囲における最大モデルを採用した (Barr et al. 2013)。分析には，R (R Core Team 2024)，lmerTest パッケージ (Kuznetsova et al. 2017)，および lme4 パッケージ (Bates et al. 2015) を使用した。

統計分析の結果は表 1 に示されるとおり，感情価と認知的共感の交互作用効果のみが有意であった (p = .008)。表 1 において，V は感情価，P は視点，CE は認知的共感，EE は情動的共感を表す。

表 1 反応時間の分析結果

固定効果	β	SE	t	p
(Intercept)	749.20	25.92	28.91	0.000
V	39.62	26.93	1.47	0.150
P	22.62	28.15	0.80	0.426
CE	–15.05	23.21	–0.65	0.519
EE	3.14	23.17	0.14	0.892
V × P	3.19	55.95	0.06	0.955
V × CE	32.40	11.78	2.75	**0.008**
P × CE	12.16	14.40	0.85	0.402
V × EE	–4.94	11.76	–0.42	0.676
P × EE	15.40	14.38	1.07	0.288
CE × EE	–9.02	21.80	–0.41	0.680
V × P × CE	–18.58	28.11	–0.66	0.511
V × P × EE	11.94	28.08	0.43	0.672
V × CE × EE	4.71	11.27	0.42	0.677
P × CE × EE	–6.67	13.71	–0.49	0.628
V × P × CE × EE	–21.78	26.80	–0.81	0.419

以上のとおり，感情価と認知的共感の交互作用効果が有意であった。この交互作用効果は図 2 に示されるとおりであり，認知的共感性が高いほどポジティブな感情価に対する反応時間が短いことがわかる。

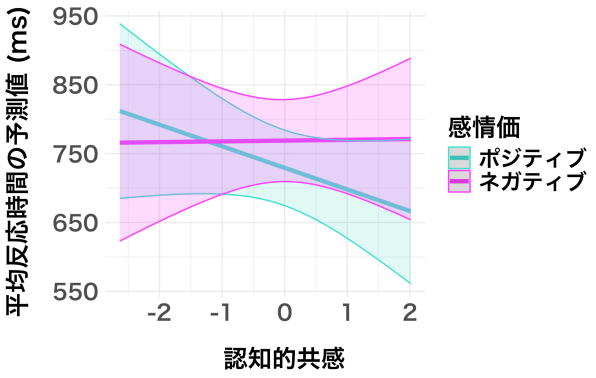


図 2　感情価と認知的共感の交互作用効果

感情価と認知的共感の交互作用効果が有意であったため，感情価ごとの認知的共感の単純主効果検定を行った。感情価（好き／嫌い）を [1, 0] および [0, 1] にコーディングし直し，先ほどと同じモデルによる分析を行った。その結果，「好き」の場合 ($\beta = -31.25$, $SE = 22.42$, $t = -1.39$, $p = 0.168$) も「嫌い」の場合 ($\beta = 1.16$, $SE = 25.38$, $t = 0.05$, $p = 0.964$) も，認知的共感の単純主効果は有意ではなかった。

4.　考察

以上のとおり，感情価と視点の交互作用効果は認められなかった。一方で，感情価と認知的共感の交互作用効果は確認された。つまり，視点説は棄却されたが，情動説は「認知的共感性が高い場合」という条件付きで支持された。この結果から，次の 3 点が論じられる。

1 つ目は，言語理解時には物体の色や大きさといった物理的性質や視点だけでなく感情価もシミュレーションされるが，そこには認知的共感の影響があるということである。情動的共感との関係性が認められなかったのは，刺激文が表す感情が他者ではなく自己に帰属するためであると考えられる。例えば「彼が泣いています」のような文の場合，「悲しい」という感情は他者である「彼」に帰属している。一方，本研究で使用した文は「あなたの好きな人がバナナをむいています」のようなものであり，この場合の「好き」という感情は自己に帰属している。そのため，他者と類似の情動状態が経験される現象である情動的共感はシミュレーションに影響を与えなかったのだと考えられる。一方，認知的共感性が高い個人は感情の理解力の高さ故に感情価の処理が素早く行われ，結果として文と画像の一致判断を促進したのだと考えられる。実際，Go/No-Go 課題による実験では，うつ病患者は感情価がポジティブな場合により多くのオミッションエラーを犯しネガティブな場合に反応時間がより短いという，健康な参加者とは真逆の傾向を示した (Erickson et al. 2005)。うつ病患者は視点取得能力が低下することが知られており (Cusi et al. 2011)，ここからも認知的共感と感情価の関連性が伺える。

2 つ目は，感情価が言語処理に与える影響の方向性についてである。感情価が言語処理を促進したり阻害したりすることが明らかにされている一方で，どちらの感情価（ポジティブ／ネガティブ）も処理を促進するという結果 (Kousta et al. 2009) とネガティブな感情価が処理を阻害するという結果 (Williams et al. 1996)，ポジティブな感情価のみが処理を促進するという結果 (Kissler & Koessler 2011) が混在している。本実験結果は，ポジティブな感情価のみが言語処理を促進する可能性を支持している。ただし，感情価が言語処理に与える影響は実験課題によっても異なるという指摘があるため (Crossfield & Damian 2021)，先行研究とは異なる課題を用いた本研究の結果が先行研究の結果と必ずしも矛盾するわけではないことに注意されたい。

3 つ目は，感情価は語の処理だけでなく文の処理にも影響を与えるということである。言語処理における感情価の影響の研究は単語を使用したものがほとんどであり，文を使用したものはあまりない。そのような背景の中で，Martín-Loeches et al. (2012) は感情価がポジティブな語を含む文は N400 を減少させる一方で，ネガティブな語を含む文は N400 に影響を与えないことを明らかにしている。感情価がポジティブな文において処理が促進されたという本実験の結果はこの結果と整合しており，ポジティブな感情価は少なくとも文処理に対しては促進効果を持つ可能性が高いといえる。

最後に，本研究の限界について述べる。本研究ではポジティブまたはネガティブな感情価として 2 種類（「好き」と「嫌い」）の語しか使用しておらず，中立的な語も使用していない。より多様な表現を使用することで本実験結果の普遍性を検証するとともに，中立的な表現との比較からより厳密な分析を行う必要がある。また，視点説は棄却されたが，「好き」や「嫌い」といっ

た単語の違いだけでは視点を変えるほどの感情価の違いが生じなかった可能性がある。ターゲット文の前に文脈を呈示し，感情価の違いを強調しても視点に影響しないか検討する必要がある。

謝辞

本研究は，福岡大学の研究助成によるものである（課題番号：GW2319）。

文献

Baayen, R. H., Davidson, D. J., & Bates, D. M. (2008). Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and Language,* 59, 390–412.

Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language*, 68, 255–278.

Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 577–660.

Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617–645.

Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67, 1–48.

Brunyé, T. T., Ditman, T., Mahoney, C. R., Augustyn, J. S., & Taylor, H. A. (2009). When you and I share perspectives: Pronouns modulate perspective taking during narrative comprehension. *Psychological Science*, 20, 27–32.

Connell, L. (2007). Representing object colour in language comprehension. *Cognition*, 102, 476–485.

Crossfield, E. & Damian, M. F. (2021). The role of valence in word processing: Evidence from lexical decision and emotional Stroop tasks. *Acta Psychologica*, 218, 103359.

Cusi, A. M., MacQueen, G. M., Spreng, R. N., & McKinnon, M. C. (2011). Altered empathic responding in major depressive disorder: Relation to symptom severity, illness burden, and psychosocial outcome. *Psychiatry Research*, 188, 231–236.

Davis, M. H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy. *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology*, 10, 85.

de Koning, B. B., Wassenburg, S. I., Bos, L. T., & van der Schoot, M. (2017). Size does matter: Implied object size is mentally simulated during language comprehension. *Discourse Processes*, 54, 493–503.

Erickson, K., Drevets, W. C., Clark, L., Cannon, D. M., Bain, E. E., Zarate, C. A., Jr., Charney, D. S., & Sahakian, B. J. (2005). Mood-congruent bias in affective go/no-go performance of unmedicated patients with major depressive disorder. *American Journal of Psychiatry*, 162, 2171–2173.

日道俊之・小山内秀和・後藤崇志・藤田弥世・河村悠太・Davis, M. H.・野村理朗 (2017).「日本語版対人反応性指標の作成」『心理学研究』88, 61−71.

Kissler, J., & Koessler, S. (2011). Emotionally positive stimuli facilitate lexical decisions—An ERP study. *Biological Psychology*, 86, 254–264.

小波津豪・赤嶺奨・里麻奈美・新国佳祐 (2023).「文理解時の視点取得に共感性の個人差が及ぼす影響：主語省略文と文脈情報の利用に着目して」『認知科学』30, 206–216.

Kousta, S.-T., Vinson, D. P., & Vigliocco, G. (2009). Emotion words, regardless of polarity, have a processing advantage over neutral words. *Cognition*, 112, 473–481.

Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest package: Tests in linear mixed effects models. *Journal of Statistical Software*, 82, 1–26.

Martín-Loeches, M., Fernández, A., Schacht, A., Sommer, W., Casado, P., Jiménez-Ortega, L., & Fondevila, S. (2012). The influence of emotional words on sentence processing: Electrophysiological and behavioral evidence. *Neuropsychologia*, 50, 3262–3272.

Peirce, J. W. (2007). PsychoPy—Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(1-2), 8–13.

Pickering, M. J., McLean, J. F., & Gambi, C. (2012). Do addressees adopt the perspective of the speaker? *Acta Psychologica*, 141, 261–269.

R Core Team (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

Sato, M., & Bergen, B. K. (2013). The case of the missing pronouns: Does mentally simulated perspective play a functional role in the comprehension of person? *Cognition*, 127, 361–374.

Stanfield, R. A., & Zwaan, R. A. (2001). The effect of implied orientation derived from verbal context on picture recognition. *Psychological Science*, 12, 153–156.

田中悠介 (2024).「メンタル・シミュレーションにおける他者視点の取得と認知的共感」『日本認知言語学会論文集』24, 287−299.

Williams, J. M. G., Mathews, A., & MacLeod, C. (1996). The emotional Stroop task and psychopathology. *Psychological Bulletin*, 120, 3–24.

Zwaan, R. A., Stanfield, R. A., & Yaxley, R. H. (2002). Language comprehenders mentally represent the shapes of objects. *Psychological Science*, 13, 168–171.

刺激セットの言語的類似性が言語隠蔽効果に与える影響：与えられた刺激に対する妨害効果の予測に向けて

The Impact of Verbal Similarity in Stimulus Sets on the Verbal Overshadowing Effect: Towards Predicting the Interference Effect on Given Stimuli

塚村 祐希 [†‡]，岡田 謙介 [†]
Yuki Tsukamura, Kensuke Okada

[†] 東京大学，[‡] 日本学術振興会
The University of Tokyo, Japan Society for the Promotion of Science
tsukkacogsci@gmail.com

概要

言語隠蔽効果とは，記銘した顔について言語的に説明することが，後の再認を妨害する効果のことである．本研究では，刺激セットの類似性が言語隠蔽効果に与える影響を調べるため，画像生成モデルを使用して顔画像を作成し，実験を行った．その結果，言語的に類似した刺激セットでのみ言語隠蔽効果が観察された．この結果は，与えられた刺激からの言語隠蔽効果の予測に貢献すると考えられる．

キーワード：記憶 (memory), 言語隠蔽効果 (verbal overshadowing effect), 顔の記憶 (face memory), 言語的類似性 (verbal similarity), 画像生成モデル (image-generation model)

1. 問題と目的

言語隠蔽効果 (verbal overshadowing effect) とは，再認前に顔の特徴を言語化することが，顔の記憶に対して妨害的に働く現象のことである (Schooler & Engstler-Schooler, 1990).

言語隠蔽効果は，Schooler and Engstler-Schooler (1990) の使用した刺激を用いた大規模再現実験を通じて再現性が確認されている現象ではあるものの (Alogna et al., 2014), 用いる刺激セットによって妨害効果は変化することが報告されている．例えば Kitagami et al. (2002) は，刺激セット（標的刺激と妨害刺激）の類似性が再認に影響を与えることを指摘している．このような，妨害効果を刺激セットの関数として捉える見方に基づいた研究は少ない．刺激に依存した妨害効果の変化を明らかにすることは，言語隠蔽効果の性質を明らかにする上で重要である．さらに，言語隠蔽効果は日常場面や犯罪捜査場面などでも生じうる重要な効果であり，与えられた刺激に対して言語隠蔽効果がどの程度生じるかを予測可能にすることは，実世界応用の観点からも重要と考えられる．

そこで本研究では，言語隠蔽効果にどのような類似性が影響するかを明らかにすることを目的とする．Kitagami et al. (2002) は，顔画像がより強くモーフィングされた場合に言語隠蔽効果が生じることを報告しているが，現実の顔画像はモーフィングされているわけではないため，この結果から，与えられた刺激において言語隠蔽効果がどの程度生じるかを予測することは難しい．本研究では，顔画像の言語化しやすい特徴は共有されているが，言語化しにくい特徴は共有されていない条件（以下「言語的類似条件」と呼ぶ）と，言語化しにくい特徴は共有されているが，言語化しやすい特徴は共有されていない条件（以下「非言語的類似条件」と呼ぶ）の 2 条件で言語隠蔽効果を検討することで，刺激セットの「言語的類似性」が言語隠蔽効果に与える影響を検討する．

2. 方法

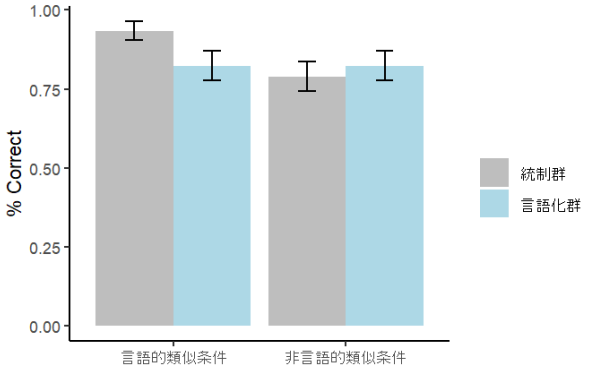
2.1 参加者

関東圏の大学に通う大学生 76 名（男性 29 名，女性 46 名，無回答 1 名）が実験に参加した．参加者は 19 歳から 22 歳であり，平均年齢は 19.38 歳 (SD = 0.66) だった．参加者は言語化群（37 名）と統制群（39 名）に無作為に割り当てられた．データの破損のため，言語化群の参加者のうち 2 名のデータは分析から除外された．さらに，参加者の知覚的熟達化 (Fallshore & Schooler, 1995) の統制のため，アジア圏への在住期間が年齢の 9 割未満であった 2 名（言語化群 1 名，統制群 1 名）のデータは分析の対象外とした．

2.2 実験デザイン

実験は，2 要因混合計画で行われた．参加者内要因は，標的刺激と妨害刺激の類似性の種類（言語的類似条件，非言語的類似条件）であり，参加者間要因は，標的刺激を言語化するかどうか（言語化群と統制群）であった．

Figure1　各群および条件ごとの，再認課題の正答率．エラーバーは標準誤差を表す．



2.3　実験刺激

本実験の各試行においては，6 枚の画像が使われた．以下，この 6 枚の画像をまとめて「1 セット」と呼ぶ．

画像を生成するためには，Stable Diffusion version 2.1 (Rombach et al., 2022) が使用された．言語的類似条件の画像は，セット内でプロンプトを統一しつつ，乱数のシード値を変更して生成された．一方，Stable Diffusion では，等しいシードから生成された画像は他のパラメータを変えても類似することが報告されているため (e.g., Dehouche & Dehouche, 2023) 非言語的類似条件の画像は，セット内でシードを統一しつつ，プロンプトを変更して生成された．

2.4　実験手続き

実験は，実験参加者のコンピュータを用いて行われた．試行の最初に，参加者は標的刺激を 5 秒間提示された．次に，言語化群の参加者は，5 分間の間顔画像の特徴を可能な限り詳細に書き出すように求められた．一方，統制群の参加者は，5 分間無関係課題に取り組むよう指示された．その後，両群の参加者は再認課題に取り組んだ．この試行は各セットに対応して 1 試行ずつ，計 4 回繰り返された．

3.　結果

各群および各条件ごとの再認課題の正答率（再認率）を Figure 1 に示す．群と条件が再認率に与えた効果を調べるために，二項分布を仮定した一般化線形混合モデル (GLMM) によって分析を行った．モデルには，切片，群，条件，群と条件の交互作用の固定効果，参加者のランダム効果が投入された．その結果，群と条件の交互作用は 5% 水準で有意ではなかった ($\hat{\beta} = 1.39, z = 1.92, p = .054$)．したがって，群間差 (i.e., 言語隠蔽効果の大きさ) が条件ごとに大きく変わっているとは言えなかった．

この研究の主目的は，言語的類似条件と非言語的類似条件のそれぞれにおいて言語隠蔽効果が観察されるかどうか調べることだったので，続いて各条件のデータについて GLMM による分析を行った．モデルには，切片，群の固定効果，参加者のランダム効果が投入された．その結果，言語的類似条件での群の効果は 5% 水準で有意だったが ($\hat{\beta} = 1.11, z = 1.98, p = .047$)，非言語的類似条件での群の効果は有意ではなかった ($\hat{\beta} = 0.27, z = 0.47, p = .635$)．これらの結果は，言語隠蔽効果は非言語的に類似した（言語的に異なる）画像セットでは明らかには観察されなかったが，言語的に類似した画像セットでは観察されたことを示している．

4.　考察

本研究では，言語隠蔽効果の生起に刺激のどのような類似性が関連するのかを明らかにすることを目的としていた．このために本研究では深層画像生成モデルの一つである Stable Diffusion を使用し，言語的に類似した画像セットと，非言語的に類似した画像セットを作成した．これらの刺激を用いて言語隠蔽効果を実験的で検討した結果，言語的に類似したセットでは言語隠蔽効果が観察されたが，非言語的に類似したセットでは言語隠蔽効果が生じたとは言えなかった．この結果は，言語隠蔽効果の大きさが顔画像セットの言語的類似性の程度によって予測できる可能性を示唆している．今回の研究で直ちに予測が可能になったわけではないものの，今後の研究において，実際に言語的類似性に基づいた予測モデルを立てて検証することが期待される．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 JP23KJ0793 による支援のもと実施された．ここに謝意を記す．

引用文献

Alogna, V. K., Attaya, M. K., Aucoin, P., Bahník, Š., Birch, S., Birt, A. R., Bornstein, B. H., Bouwmeester, S., Brandimonte, M. A., Brown, C., Buswell, K., Carlson, C., Carlson, M., Chu, S., Cislak, A., Colarusso, M., Colloff, M. F., Dellapaolera, K. S., Delvenne, J.-F., . . . Zwaan, R. A. (2014). Registered replication report: Schooler and Engstler-Schooler (1990). *Perspectives on Psychological Science*, *9*(5), 556–578.

Dehouche, N., & Dehouche, K. (2023). What's in a text-to-image prompt? the potential of stable diffusion in visual arts education. *Heliyon*, *9*(6), e16757.

Fallshore, M., & Schooler, J. W. (1995). Verbal vulnerability of perceptual expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *21*(6), 1608–1623.

Kitagami, S., Sato, W., & Yoshikawa, S. (2002). The influence of test-set similarity in verbal overshadowing. *Applied Cognitive Psychology*, *16*(8), 963–972.

Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P., & Ommer, B. (2022). High-Resolution image synthesis with latent diffusion models. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 10684–10695.

Schooler, J. W., & Engstler-Schooler, T. Y. (1990). Verbal overshadowing of visual memories: Some things are better left unsaid. *Cognitive Psychology*, *22*(1), 36–71.

Visual Analog Scale の回答開始位置が回答に与える影響
Effects of Starting Position on Visual Analog Scale Responses

大貫 祐大郎[1], 大瀧 友里奈[1], 植田 一博[2]
Onuki Yutaro, Otaki Yurina, Ueda Kazuhiro

[1]一橋大学, [2]東京大学
Hitotsubashi University, The University of Tokyo
a233472a@r.hit-u.ac.jp

概要
Visual Analog Scale (VAS) の回答開始位置が, 回答 (今月, 目標にしたい電気使用量 kWh) に与える影響を検討した. VAS の回答を左端 (0kWh) から始める左群, 中央 (138kWh) から始める中央群, VAS を使用しない自由回答群の 3 群で実験を実施した. それぞれの回答を比較した結果, 中央群よりも左群の方が, 回答は有意に左端に偏ることが明らかになった. また, 年齢や性別の影響を考慮した重回帰分析の結果, 自由回答群よりも左群の方が, 回答は有意に左端に偏ることが確認された. これらの結果は, VAS の回答開始位置が回答に影響を与えることを示している.

キーワード : Visual Analog Scale, アンカリング効果 (Anchoring effect), 電気使用量 (Electricity consumption), ナッジ (Nudge)

1. はじめに

視覚的な評価スケールである Visual Analog Scale (VAS) は, 印象や気分 (Aitken, 1969), 痛み (Price et al., 1983), ストレス (Alam et al., 2023) など, 多くの分野で, 人の主観的な評価や感覚の定量化に利用されている (Hayes, & Patterson, 1921; Wewers & Lowe, 1990; Yeung & Wong, 2019). 図 1 のように, VAS は, 一直線のスケールの両端に最小値と最大値を示す対極的なラベルを配置して使用する. また, VAS は回答が容易で理解しやすく, 細かく採点できるという特徴がある (Freyd, 1923).

図 1 VAS の例. 図には左端に最小値「0」を, 右端に最大値「100」を配置して示している.

先行研究では, VAS の提示方法が回答に影響を与えることが確認されている. 例えば, VAS の両端にのみ「0」や「100」を表示する場合よりも, 中間に「20」ごとに「20」, 「40」, 「60」, 「80」といった段階的な値を示す場合の方が, 回答のばらつきが少ない (García-Pérez & Alcalá-Quintana, 2023). さらに, スケール上に細かい点数を表示した場合, VAS を使用して回答した経験が少ない実験参加者の回答は「10」や「15」といった特定の数値に偏る傾向がある (Scott & Huskisson, 1976).

VAS の回答開始位置は, 中央から開始する方法 (Frumin & Sobel, 2013) や, 左端から開始する方法 (von Mohr et al., 2021) などがある. 先行提示した数値情報に後の数量判断が近づくアンカリング効果 (Tversky & Kahneman, 1974) によって, VAS の回答開始位置の違いが, 回答に影響を与える可能性がある. 例えば, VAS の左端に 0 という数字が記載されている状態で, VAS を左端から開始する場合, 回答が 0 の値に近づくことが予想される. しかし, 先行研究では, VAS の回答開始位置が回答に与える影響は十分には検討されていない. そこで, 本研究では, VAS の回答を開始する位置が, どのように回答に影響するのかを検討する.

2. 実験方法

2.1. 実験参加者

本実験は, 「目標にしたい 1 ヶ月の電気使用量 (kWh) 」を調査対象に設定して実験を実施した. 通常の VAS は, 0–100 の範囲で回答を記録することが多い. 関東圏に住む一人暮らし世帯の平均電気使用量 (2007-2019 年) は, 毎月約 138kWh となっているため, 100 kWh 以上の値を回答する実験参加者もいることが予想される. そこで, 本研究では, 平均 138kWh を VAS の真ん中に設定し, 最小値を 0kWh, 最大値を 276kWh (平均 138kWh の 2 倍の値) に設定して実験を実施した. 図 1 の VAS では右端が理論上の最大値を表すが, 本実験における VAS の右端はそのような最大値を意味していないことに注意されたし. また, 本実験では, VAS を左 (0kWh) から開始する群 (VAS 左群)と, 中央 (138kWh) から開始する群 (VAS 中央群) と, VAS を使用せずに空欄に数値を回答する群 (自由回答群) の 3 群を設定し, それらの回答を比較した. 実験参加者は, 3 群にランダムに分けられた. 有意水準を Bonferroni 法により調整し, 必要な実験参加者数を計算した結果, 1 群に 89 名の実験参加者 (d = 0.5, $power$ = 80%, α = .017, two-sided

distribution, two groups, Wilcoxon–Mann–Whitney Test) が必要であると分かった．欠損値データの存在を考慮して，必要な実験参加者数よりも集まるデータ数が多くなるように，実験参加者募集サービスである楽天インサイト (https://insight.rakuten.co.jp/) を使用して，実験参加者 357 名を募集した (*M* = 53.46, *SD* = 12.24, 男性 =267, 女性 =90)．一人暮らし以外の実験参加者の場合，実験参加者以外の居住者の電気使用量の影響によって，実験参加者自身が使用する電気使用量を正確に把握できない．そのため，本研究は，関東圏 (茨城県，栃木県，群馬県，埼玉県，千葉県，東京都，神奈川県の 1 都 6 県) で一人暮らし世帯のみを対象にして，実験を実施した．

2.2. 実験刺激と実験手続き

未回答，回答したくないと答えた 29 データは，分析から除外した．上記のデータを除外した後の実験参加者数は，VAS 左群 (*n* = 108, *M* = 52.06, *SD* = 12.83, 男性 = 79, 女性 = 29), VAS 中央群 (*n* = 112, *M* = 54.57, *SD* = 11.61, 男性 = 87, 女性 = 25) と，自由回答群 (*n* = 108, *M* = 53.36, *SD* = 12.17, 男性 =84, 女性 =24) の合計 328 名であった．また，実験で使用した VAS を図 2 に示す．

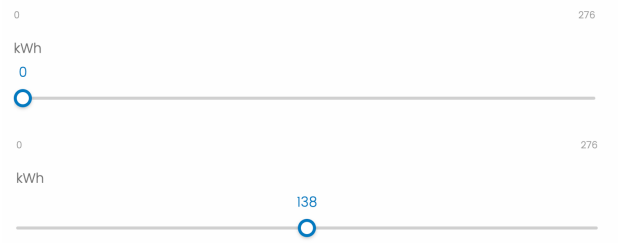


図 2 実験で使用した VAS．上側は VAS 左群，右側は VAS 中央群で使用した VAS を示している．

実験刺激は，Web 実験用ソフトである Qualtrics (https://www.qualtrics.com/jp/) を使用して提示した．一般的に，生活者は電気使用量について詳しくない場合が多いため，全ての群で，電気使用量の目安を以下のように記載した．「コロナ禍で家庭の電気使用量が増える前 (2007-2019 年) の場合，関東圏に住む一人暮らし世帯の平均電気使用量は，毎月約 138kWh です．」，「電子レンジを 600W で 2 分間使用した場合，消費電気は 0.02kWh になります (0.6kW*2/60)．」，「LED 電球を 5W で 4 時間使用した場合，消費電気は 0.02kWh になります (0.005kW*4)」．また，「今月 (11 月) の電気使用量 (kWh) について，あなたは何 kWh の電気使用量を目標にしたいですか？」 という質問を提示し，それぞれの群に対応する方法で，参加者は値を回答した．VAS は，1kWh 単位で選択できるようにした (最小 0kWh, 最大 276kWh)．

3. 結果

「今月 (11 月) の電気使用量 (kWh) について，あなたは何 kWh の電気使用量を目標にしたいですか？」という質問の回答に対して，各群で Wilcoxon-Mann-Whitney Test を実施した．その際に，Holm 法で，有意水準を調整した．実験の結果を図 3 に示す．その結果，VAS 左群 (*Median* = 120, *IQR* = 99.75–141.25, *MeanRank* = 97.37) と VAS 中央群 (*Median* = 138, *IQR* = 114.5–160.25, *MeanRank* = 123.16) との間に有意な差が見られた (*z* = 3.01, *p* = 0.01, *r* = 0.2)．一方，VAS 左群 (*Median* = 120, *IQR* = 99.75–141.25, *MeanRank* = 99.54) と自由回答群 (*Median* = 130, *IQR* = 100–150, *MeanRank* = 117.46) との間 (*z* = 2.21, *p* = 0.07, *r* = 0.14), VAS 中央群 (*Median* = 138, *IQR* = 114.5–160.25, *MeanRank* = 114.53) と自由回答群 (*Median* = 130, *IQR* = 100–150, *MeanRank* = 106.32) との間に有意な差は見られなかった (*z* = 0.96, *p* = 0.34, *r* = 0.06)．

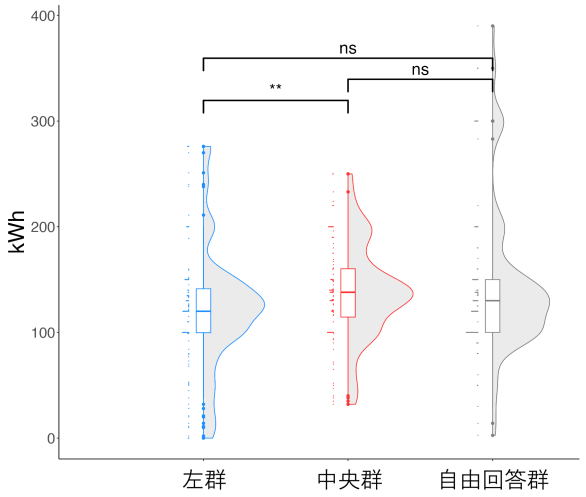


図 3 実験の結果．x 軸は，各群を示している．y 軸は，目標にする電気使用量 (kWh) を示している． ** ***p* < .01, ns *p* > .05**

実験参加者の年齢，性別の影響を考慮して，群の違いが回答に与える影響を分析するために重回帰分析を実施した．「目標にする電気使用量 (kWh)」を従属変数，「各群」，「年齢」，「性別」を独立変数に設定して，モデルを作成した．モデルの分析の結果を表 1 に示す (*F* [4, 323] = 6.94, *SD* = 57.15, *p* < .001, *R-squared* = 0.08)．基準となる自由回答群と比較して，左群は有意に回答の

値を減少させていたが, 中央群は有意な差が見られなかった. さらに, 年齢の影響も有意に回答の値に影響していたが, 性別の影響は統計的に有意ではなかった.

表 1 重回帰分析の分析結果.

	Estimate	*SE*	*t*	*p*
切片	96.17	15.16	6.34	< .001
左群	-21.52	7.79	-2.76	0.01
中央群	-7.17	7.71	-0.93	0.35
年齢	0.95	0.26	3.65	< .001
性別 (女性)	-13.86	7.44	-1.86	0.06

4. 考察

本研究では, VAS の回答を開始する位置が, どのように回答に影響するのかを検討した. Wilcoxon-Mann-Whitney Test を用いて群間の回答を比較した結果, VAS の回答を中央から開始するよりも, 左 (0kWh) から開始した方が, 回答 (目標にする電気使用量 kWh) が有意に左端に近づくことが明らかになった. さらに, 重回帰分析の結果, 自由回答群の回答よりも, 左群の回答の方が, 有意に左端に近づいた. 一方, Wilcoxon-Mann-Whitney Test と重回帰分析の両方で, 中央群と自由回答群の回答には, 有意な差は見られなかった. これらの結果から, VAS を使用して回答させる場合, 中央から回答を開始させた方が, よりバイアスの少ない回答になることが予想できる.

本研究の結果から, VAS の回答開始位置の違いによって, 目標としたい電気使用量が異なることが明らかになった. VAS の回答開始位置の違いが目標としたい電気使用量に影響を与え, 自分自身で設定した目標を達成しようとすることで, 節電行動にも影響を及ぼす可能性がある. 一方, 節電は家庭で実施可能な環境配慮行動の代表であるが, 人は環境問題に対する関心を示した場合でも, 実際に環境保護のための行動を取らないことがある (ElHaffar et al., 2020). そのため, 今後の研究では, 本研究の手法が, 実際の節電行動にも影響するのかどうかを検討する必要がある. もし, 実際に節電行動にも影響する場合, 節電行動を促すナッジ (Thaler & Sunstein, 2008) の手法としても, 本研究の手法は有効になる可能性がある.

現在, 発展途上国での急速な人口増加や経済発展に伴い, エネルギー需要が増加している (Shahsavari & Akbari, 2018). また, エネルギーの最大消費セクターである住宅や商業施設の建築需要は世界的に増加しており, エネルギー消費を抑制する必要性が高まっている (Allouhi et al., 2015). 日本では, 2022 年および 2023 年の 7 月, 8 月において, 電力需要が安定供給に必要な予備率を上回ると予想されたため, 節電協力の呼びかけが行われた (経済産業省資源エネルギー庁, 2023). さらに, 国際社会全体が持続可能なエネルギー利用を目指す中で, 電力消費の抑制はその一つの手段として不可欠である (IPCC, 2023). しかし, 節電行動を促すために電気料金を値上げすることについて, 需要家の反発が大きいことや, 低所得者, 高齢者のような社会的弱者の電気料金も一律に値上げすることが問題視されている (Faruqui, 2010). 一方, 本研究で提案する手法は, VAS の回答開始位置を左端にすることで節電行動を促すものであり, 電気料金の値上げを必要としないため, 消費者の反発を抑える可能性がある. また, 電力の安定供給や持続可能なエネルギー利用が必要とされる中で, 本研究の手法は有効な解決策となる可能性がある. さらに, アンカリング効果は多くの対象で頑健であり (Röseler et al., 2022), 効果は長い期間影響することが知られている (Mussweiler, 2001). そのため, 今後の研究では, 本研究の手法が, 実際の節電行動に長期間影響するのかどうか, 需要家の反発が発生しにくいのかどうかを検討していく必要がある.

5. 謝辞

本研究は, JSPS 科研費 22J00286, 23H03603 の助成を受けたものです.

文献

Aitken, R. C. (1969). Measurement of feelings using visual analogue scales. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, *62*(10), 989–993. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4899510

Alam, N., Khalid, M., & Dawood, S. (2023). Comparative Analysis of Likert and Visual Analogue Scale in Identifying Factors Contributing to Academic Stress of Students. *Journal of Academic Research for Humanities*, *3*(4), 153–168. https://doi.org/10.5281/zenodo.10497357

Allouhi, A., El Fouih, Y., Kousksou, T., Jamil, A., Zeraouli, Y., & Mourad, Y. (2015). Energy consumption and efficiency in buildings: current status and future trends. *Journal of Cleaner*

Production, *109*, 118–130. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.139

ElHaffar, G., Durif, F., & Dubé, L. (2020). Towards closing the attitude-intention-behavior gap in green consumption: A narrative review of the literature and an overview of future research directions. *Journal of Cleaner Production*, *275*, 122556. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122556

Faruqui, A. (2010). The ethics of dynamic pricing. *Electricity Journal*, *23*, 13–27. https://doi.org/10.1016/J.TEJ.2010.05.013

Freyd, M. (1923). The Graphic Rating Scale. *Journal of Educational Psychology*, *14*(2), 83–102. https://doi.org/10.1037/h0074329

Frumin, I., & Sobel, N. (2013). An assay for human chemosignals. *Methods in Molecular Biology* , *1068*, 373–394. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-619-1_27

García-Pérez, M. A., & Alcalá-Quintana, R. (2023). Accuracy and precision of responses to visual analog scales: Inter- and intra-individual variability. *Behavior Research Methods*, *55*(8), 4369–4381. https://doi.org/10.3758/s13428-022-02021-0

Hayes, M. H. S., & Patterson, D. G. (1921). Experimental development of the graphic rating method. *Psychological Bulletin*, *18*, 98–99.

IPCC. (2023). *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*. https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf

経済産業省資源エネルギー庁. (2023). *2023 年度夏季の電力需給対策* . https://www.meti.go.jp/press/2023/06/20230609009/20230609009-1.pdf

Mussweiler, T. (2001). The durability of anchoring effects. *European Journal of Social Psychology*, *31*(4), 431–442. https://doi.org/10.1002/ejsp.52

Price, D. D., McGrath, P. A., Rafii, A., & Buckingham, B. (1983). The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. *Pain*, *17*(1), 45–56. https://doi.org/10.1016/0304-3959(83)90126-4

Röseler, L., Weber, L., Helgerth, K., Stich, E., Günther, M., Tegethoff, P., Wagner, F., Antunovic, M., Barrera-Lemarchand, F., Halali, E., Ioannidis, K., Genschow, O., Milstein, N., Molden, D. C., Papenmeier, F., Pavlovic, Z., Rinn, R., Schreiter, M. L., Zimdahl, M. F., … Schütz, A. (2022). The open anchoring quest dataset: Anchored estimates from 96 studies on anchoring effects. *Journal of Open Psychology Data*, *10*(1), 16. https://doi.org/10.5334/jopd.67

Scott, J., & Huskisson, E. C. (1976). Graphic representation of pain. *Pain*, *2*(2), 175–184. https://doi.org/10.1016/0304-3959(76)90113-5

Shahsavari, A., & Akbari, M. (2018). Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *90*, 275–291. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.065

Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press Nudge.

Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, *185*(4157), 1124–1131. https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124

von Mohr, M., Kirsch, L. P., & Fotopoulou, A. (2021). Social touch deprivation during COVID-19: effects on psychological wellbeing and craving interpersonal touch. *Royal Society Open Science*, *8*(9), 210287. https://doi.org/10.1098/rsos.210287

Wewers, M. E., & Lowe, N. K. (1990). A critical review of visual analogue scales in the measurement of clinical phenomena. *Research in Nursing & Health*, *13*(4), 227–236. https://doi.org/10.1002/nur.4770130405

Yeung, A. W. K., & Wong, N. S. M. (2019). The Historical Roots of Visual Analog Scale in Psychology as Revealed by Reference Publication Year Spectroscopy. *Frontiers in Human Neuroscience*, *13*, 86. https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00086

筋萎縮性側索硬化症のある人に対する透明文字盤の読み取り技術習得の検討：単語特性と文字盤形式の比較に基づく練習方法の提案

Investigating the acquisition of transparent communication boards reading skills for people with amyotrophic lateral sclerosis：Proposal for a practice method based on a comparison of word characteristics and communication boards.

志村 栄二†，櫻井優太‡，稲垣尚恵†，望月浩志†
Eiji Shimura，Yuta Sakurai，Hisae Inagaki，Hiroshi Mochizuki
†愛知淑徳大学，‡田園調布学園大学
Aichishukutoku University　Den-en Chofu University
eshimura*asu.aasa.ac.jp

概要

筋萎縮性側索硬化症を有する人を発信者，透明文字盤に慣れていない初学者を受信者として，単語特性と 2 種類の文字盤形式の違いを組み合わせた読み取り課題を実施した．その結果，無意味語よりも有意味語の方が，50 音式よりもフリック式文字盤の方が読み取り易い傾向を得た．初学者はフリック式の文字盤から用い，自身の既知情報をもとに選言質問などの closed question から会話を開始することで技術習得が円滑に進む可能性が示唆された．

キーワード：ALS，透明文字盤，読み取り技術習得

1. はじめに

筋萎縮性側索硬化症(amyotrophic lateral sclerosis：以下，ALS)は，全身の筋萎縮の進行とともに音声コミュニケーションが困難になる神経変性疾患である．眼球運動は保持される傾向にあるので，アクリル板などの透明な板に「50 音」，「はい」，「いいえ」等を表示した透明文字盤がしばしば意思疎通の手段として用いられる．読み取る技術の習得には時間と経験を要し，ALS のある人と読み手の双方に負荷がかかる．そのため，早期に読み取り技術を習得することは，ALS のある人の意思伝達手段を確保するうえで重要な課題である．

読み取り技術の習得練習について，50 音式文字盤とフリック式文字盤の比較，発話単位を段階的に設定した報告があるが(井上ら 2014，佐野ら 2021)，読み手の眼球運動特性を調べた報告は見当たらない．有意味語と無意味語の違い，文字盤形式の違いにおける視線や停留などの眼球運動特性には各種課題の難易度も現れることが推定される．

そこで本研究では，ALS のある人を対象に眼鏡型アイトラッカーを装着した初学者に透明文字盤を用いた各種読み取り課題を依頼し，初学者が円滑な読み取りを進めるための効率的な練習方法を検討した．

2. 方法

2.1 参加者

参加者は情報を発信する発信者と透明文字盤を読み取る受信者の役割に区分した．発信者は ALS のある人 1 名(40 歳代，男性)，コミュニケーション手段は透明文字盤，日常高頻度の単語盤，視線入力による重度意思伝達装置を併用していた．四肢は右下肢の拇指がスイッチに触れる程度に，顔面筋は若干動かせる程度であった．他者の質問に対して，「はい」と回答を示す場合は眼輪筋の収縮にて表出していた．受信者は透明文字盤の使用経験がない初学者 10 名であった．

2.2 使用した透明文字盤

NPO 法人 ICT 救助隊が販売している 50 音式(220mm×390ｍｍ)(図 1)，およびフリック式(257ｍｍ×364ｍｍ,)(図 2)の透明文字盤を用いた．なお，図 1 および図 2 は発信者側から見た文字盤であり，受信者側から見た場合は鏡文字になる．

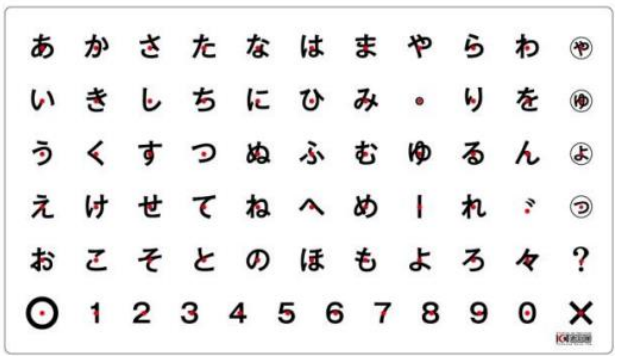


図 1　50 音式文字盤

2.3 読み取り課題

50 音式_有意語(3 語)，50 音式_無意味語(3 語) ，フリック式_有意味語(3 語)，フリック式_無意味語(3 語)の 4 課題とした．すべて 3 モーラに統一した．なお，有意

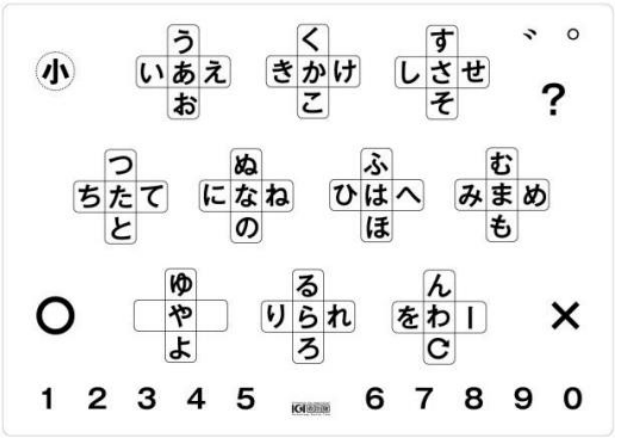


図 2　フリック式文字盤

味語はNTTデータベースシリーズ「日本語の語彙特性」(天野・近藤，2000)より文字単語親密度 6.0 から 6.5 の名詞を抽出した．その他，50 音式とフリック式の各モーラの移動距離，50 音式では標的文字と隣接する文字は常に 8 文字あるようにするなど可能な限り偏りがないように調整した．

2.4 課題の進め方

受信者に透明文字盤の形状や基本的な読み取り方法を事前に学習させるため，NPO 法人 ICT 救助隊が公開している動画(透明文字盤の基本的な使い方)を実験協力日までに視聴するよう依頼した．

実験では受信者に眼鏡型アイトラッカー(Tobii Pro Glasses3，Tobii 社製)を装着させ，透明文字盤を互いの顔の中間に位置するよう調整した．読み取り課題を実施する前に発信者の「はい」の反応を理解してもらうために，眼輪筋を収縮する動きを数回依頼し，受信者はこれを確認した．さらに，発信者が文字を注視する際の目の動きに受信者が慣れるために，50 音文字盤の中央に位置する「ふ」，中央から離れた「あ」，「れ」を発信者に注視してもらい，受信者には文字盤越しに発信者の目と標的文字が一直線になるよう事前練習を行った．これらの準備を経た後に各種読み取り課題を開始した，各種読み取り課題は次のように進めた．①標的の単語ごとに著者が発信者だけに単語カードを見せて，発信者に記憶してもらう．②発信者は標的単語の 1 文字目から順に文字盤を注視する．③受信者は発信者の視線から文字を同定する．なお，発信者の疲労を考慮して 1 文字あたり 30 秒を超えた場合は次のモーラへ進んだ．

2.5 測定項目

各単語の読み取り所要時間の他，Tobii Pro Glasses 3 で録画したデータを Pro ラボにて解析し，Time to Fixation と Scan path を比較した．課題終了後に読み取りやすさについての質問紙調査を受信者に実施した．

3. 結果

3.1 4 課題間の所要時間の比較

50 音式_有意味の所要時間は 40.4s、50 音式_無意味では 42.8s，フリック式_有意味語は 45.9s，フリック式_無意味語 は 48.3s，とフリック式よりも 50 音式，無意味語よりも有意味語において短縮する傾向がみられた．有意味語の読み取り効果を調べるために 1 モーラの同定に 30 秒以上要した受信者を除いて，50 音式_有意味と 50 音式_無意味の 2 モーラ目から 3 モーラ目までの所要時間の差を比べると、50 音式_有意味が 10.8s，50 音式_無意味が 11.6s と大きな差はみられなかった．なお，50 音式_有意味では 6 名中 4 名が短縮したが、50 音式_無意味では 6 名中 2 名の短縮にとどまった．

3.2 質問紙調査による読み取りやすさの比較

各受信者に 4 課題の読み取り易さの順位を回答させて，順位ごとの 100%積み上げ棒グラフに整理した結果を図 3 に示した．フリック式_有意味が最も読み取りやすく，50 音式_有意味，フリック式_無意味，50 音式_無意味と続き、4 課題間において主効果を認めた(p<.001)．多重比較の結果，フリック式_有意味とフリック式_無意味，フリック式_有意味と 50 音式_無意味，50 音式_有意味と 50 音式_無意味の間に有意な差を認めた(フリック式_有意味とフリック式無意味 : p = .0011，フリック式_有意味と 50 音式_無意味 : p < .001，50 音式_有意味と 50 音式_無意味 : p = .034)．

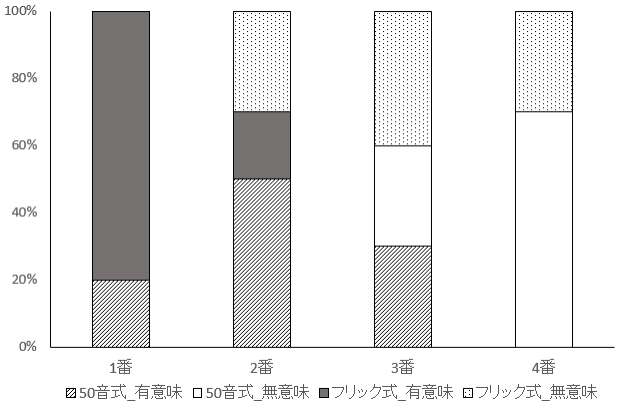


図 3　読み取り易いと感じた課題の順位別割合

3.3 フリック式_無意味において標的文字が含まれる行を選定するまでに至る回数

参加者 1 人あたり 1 単語 3 モーラ×3 単語(9 試行)，

10 名の参加者なので，90 試行が分析対象となった．1 回目で標的文字が含まれる行に至ったのは 81.1%(73/90)，2 回目に至ったのは 14.4%(13/90)，3 回目は 2.2%(2/90)であった．そのほか，7 回目が 1.1%(1/90)，8 回目が 1.1%(1/90)であった．

3.4 フリック式_無意味と 50 音式_無意味の Time to Fixation 比較

50 音式_無意味において，目標音を含む周囲 9 文字をエリア設定し解析した結果，視線がエリアに入るまでに要した時間は平均 1.50(±1.92)秒であった．さらに目標の 1 文字への到達には平均 10.7(±14.1)秒要した．フリック式_無意味が目標文字を含む行へ到達するまでに要した時間は平均 0.77(±1.01)秒であった．

3.5 Scan path による比較

フリック式では参加者の多くが標的文字の含まれる行に視線が集中した一方で，読み取り速度が遅い不得手な参加者の視線範囲は拡大していた．初学者の中で読み取り速度が上位に属する一例の 50 音式_無意味の Scan path を図 4，フリック式_無意味を図 5 へ示した．50 音式に比べてフリック式では標的文字を含めた行に視線が集中していた．一方で，読み取り速度が下位に属する一例の 50 音式_無意味の Scan path を図 6，フリック式_無意味を図 7 へ示した．読み取り速度の上位者に比べて 50 音式での視線が広範囲に散在していた．フリック式では視線が動く回数は多くなっているが，目標音を含めた行に視線が集中していた．

3.6 その他の特徴

その他の特徴として，ALS のある人の「はい」の反応を見誤る，あるいは「はい」の反応を理解できずに見逃してしまう参加者は時間が延長していた．50 音式で目標文字が含まれる文字範囲を指定する際に，広範囲の文字範囲を指定する受信者，文字を順番に選定しないために発信者の「はい」の反応表出のタイミングがあわない，あるいは安静時の瞬きが生じることで受信者が正しく選定できない場面も見られた．

図 4 読み取り速度上位例_50 音式_無意味(めせも)

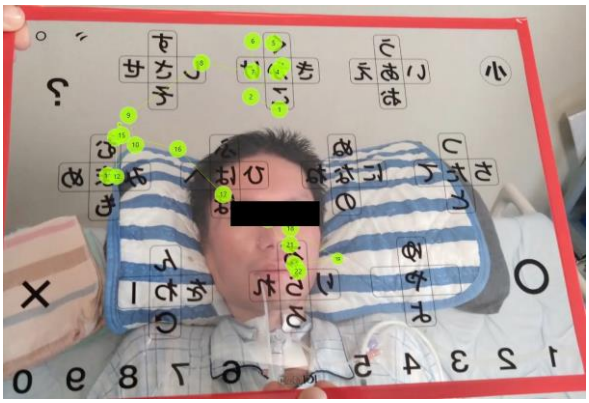


図 5 読み取り速度上位例_フリック式_無意味(けみる)

図 6 読み取り速度下位者例_50 音式_無意味(めせも)

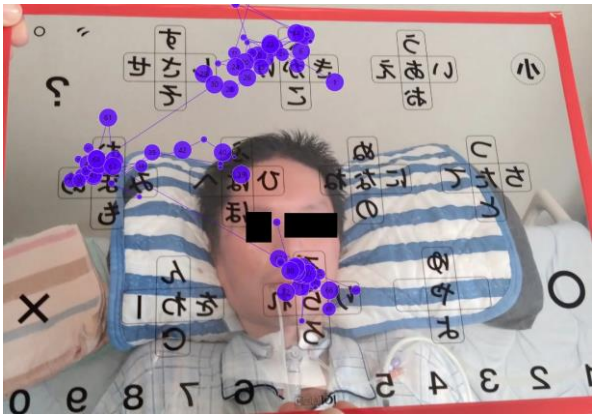


図 7 読み取り速度下位例_フリック式_有意味(けみる)

4. 考察

透明文字盤は病状が進行しても眼球運動が保持されていれば使用可能なコミュニケーション手段である．携行可能という利便性を有し(成田, 2012)，生活上の様々な要求のほかに人間の本質である会話の楽しみの手段確保として重要である(千葉・藤原,2011)．しかし，直ちに使用できる手段ではないので，練習の必要性が指摘されている(Holmqy, & Worren, 2006; 中島,2017)

本研究では ALS を有する人を発信者，透明文字盤に

慣れていない初学者を受信者として単語特性と 2 種類の文字盤形式の違いを組み合わせた課題を実施した.

その結果，読み取り速度はフリック式に比べて，50 音式の方がやや速かった. これは佐野ら(2021)も述べているとおり, フリック式では行を同定した後に, 行内に含まれる 5 文字を順番に同定する，いわば 2 段階確認で読み取るので時間を要したと考えられる.

読み取り易い課題の順位割合の結果より，無意味語より有意味語の方が読み取りやすい回答が得られた. これは, 同定文字が増えるにしたがい, 次の文字の推測が可能になるためと考えられた. 井上ら(2014)らは、透明文字盤の読み取り練習において，発信者と受信者が互いに知っている単語を用いたことを報告しているとおり，特に初学者が既知の情報を尋ねることは文字を同定するうえで有効な手段になると考えられる.

文字盤の形式では，50 音式に比べてフリック式が読み取り易い結果を得た. 標的文字が含まれる行を選定するまでに 2 回以内が 95.5%という結果からも，各行が近接することなく, 5 文字が集合していることが発信者の視線方向の認知を促進したと考えられる. また, 行の同定に伴い, 5 文字の中に標的文字の存在が確定するのことの心理的安定も読み取り易さに繋がったと考えられた.

読み取り速度上位例の 50 音式とフリック式の Scan path は標的文字に視線が集中して停留回数も少ないが, 下位例の50音式では標的文字から距離の離れたエリアにも視線が及び, 停留回数も増加した. これは, 視線を正確に同定できていないことのほかに、発信者の「はい」を正しく捉えられていない, 文字を選定する際の順序性など様々な影響が考えられた. このような受信者でも, フリック式では標的文字に視線が集中しており, 標的文字の同定に有用であったことが推察された.

初学者は文字を同定する際に音声でも受信者に表示する(「か」を指さしたときに、音声でも「か」と表出する), 選定したエリア内の音を同定する際は、受信者にも順序性が分かるように進めるなど健常者を対象に透明文字盤の基本操作法を身に付けたうえで，発信者の「はい」の反応を確実にすることが透明文字盤による意思疎通の前提になることか示唆された. さらに, 透明文字盤はフリック式を用い自身の既知の情報をもとに選言質問などの closed question から会話を開始することで円滑に技術習得が進む可能性が示唆された.

本研究では 10 名の受信者が参加したが，1 人あたりの読み取り時間が平均値に及ぼす影響は大きい. 今回, 30 秒以上要した場合でも 30 秒として算出していること，発信者の疲労を考慮した場合に受信者の人数が少なくなること，課題の実施順序を 2 パターンで実施したがそれでも慣れの影響を避けられないことなど，これらは本研究の限界と考えられた. 今後, 受信者の個別分析を加えて，よりよい練習方法を検討する.

5. 結論

初学者は，健常者を対象に透明文字盤の基本操作法を身に着けたうえで, 発信者の「はい」の反応を確実に理解することが文字盤による意思疎通の前提になることか示唆された. 文字盤はフリック式を用い, 自身の既知の情報をもとに選言質問などから会話を開始することで円滑に技術習得が進む可能性が示唆された.

6. 謝辞

本研究の遂行にあたりご協力いただきました皆様に感謝申し上げます. 本研究は愛知淑徳大学研究助成(課題番号 : 23TT16)を受けて実施した.

文献

井上 和子・一柳恵美子・嶋田宏美(2014). 透明文字盤読み取りの練習方法の検討. 日本難病医療ネットワーク学会機関誌, 2(1), p115.

佐野 文哉・古和 久朋(2021). 透明文字盤を介した意思伝達の困難さと正確性について ～ALS 患者とのより良いコミュニケーションを目指して～. 日本難病医療ネットワーク学会機関誌, 9(1), p.84.

成田 有吾(2012). 【筋萎縮性側索硬化症の診断と治療】ALS 患者へのコミュニケーション支援. 脳21. 15(1), 69-73.

千葉 さおり・藤原健一(2011). 筋萎縮性側索硬化症に対するコミュニケーション手段の獲得効果, 青森作業研, 19(1), 73-79.

Holmøy T, Worren T(2006). krift for den Norske laegeforening : tidsskrift for praktisk medicin [Communication aids in amyotrophic lateral sclerosis], ny raekke, 126(19), 2523-2525.

中島 孝(2017), 難治性神経・筋疾患に対するコミュニケーション支援技術：透明文字盤, 口文字法から最新のサイバニックインターフェースまで. 保健医療科, 66(5), 491-496.

フィードバックの違いが学生の観察視点に与える影響

Impact of different feedback on students' observational perspectives

奥田　祥司†，後呂　智成‡，松嵜　由莉†
Shoji Okuda, Tomonari Ushiro, Yuri Matsuzaki
†宝塚医療大学
Takarazuka University of Medical and Health Care
‡紀和病院　リハビリテーション部
Department of Rehabilitation, Kiwa Hospital

s-okuda@tumh.ac.jp

概要

学生は，対象者が動くなかでどこを視ているのかを客観的に知るすべがなかった．そのため，指導者から観察するポイントを教授されても実践することが難しくなっていた．そこで，本研究は，フィードバックの違いによって観察視点の違いを明らかにすることで，学生の動作観察を効率的に学習する方法を検討することを目的とした．

キーワード：可視化，フィードバック，観察

1. はじめに

リハビリテーション（以下：リハ）を実施する際，対象者の状態を確かめるために検査・測定が実施される．しかし，それらを実施する前あるいは並行して観察が行われている．鈴木ら［1］は，「動作観察・動作分析」が的確にできるようになるには鍛錬が必要であり，漫然と臨床経験を積むだけでなく，観察能力と観察した結果に対する考察力を磨くことが必要であると述べている．また，鈴木［2］は，観察の際の作業療法士の着眼点および推論内容と比較し，作業療法学生の観察は，限定的な範囲，表面的な視点，貧困な表現，短絡的な関連付けという特徴があると報告している．その理由として，才藤［3］は，熟練した観察者は積み上げられた知識や経験などから異常な運動などがいつ，どこでおきるのか予測することができるが，非熟達者は着目点が分からず動作全般で複数の動作を追いかけようとするために重要な情報を見落としがちになっていると報告している．つまり，動作観察を的確に行うためには鍛錬が必要であるが，作業療法学生はその機会が少なく，正しく視ることができていないことがわかる．

塗木ら［4］は，運動熟練者と未経験者の注視時間において優位な違いがあると述べている．また，運動熟練者と同じ観察方法を行うことによって，効果的に運動技能を獲得することができると述べている．このことから，作業療法学生も作業療法士と同じ観察方法ができれば，効果的に観察技能を身に着け，正しく視ることができると考えられる．

しかし，リハの場面では対象者の動作・行為を動きの中で観察する必要があるため，指導者の助言があっても十分に視るポイントを絞っていくことは難しく，経験が少ない学生にとっては情報を整理することが困難であると考えられる．そこで，視線入力装置を用いることで学生が自分自身の視線の動きを確認することができれば，指導者の助言と合わせて情報を処理することが容易になり，より探索的な学習によって視るポイント変えることができ，正しく視ることができると考える．

本研究は動作観察に関連する授業を受講しているが，まだ臨床実習に行っていない学生を対象に視線入力装置を用いて自身の視線の動きを可視化することによって，より正しく視ることができるのかを明らかにすることを目的とする．

2. 研究方法

【対象】

動作観察に関連する授業を受講しているが，まだ臨床実習に行っていない作業療法学生 20 名を対象に行う．20 名の作業療法学生を介入群 10 名と対照群 10 名への割り付けをランダムにおこなう．

【手順】

今回は，健常者の立ち上がり動画（以下，健常者基本動画）を 3 回視聴してもらう（図 1）．1 回目は，介入群・対照群ともに健常者の立ち上がり動作を文章にて説明したもの（以下，説明書）に提示し，一読してもらう．

健常者基本動画を動作観察してもらい，その視線の動きを記録する.介入群は1回目の視線の動きがプロットされた動画（以下，プロット動画）を作成する．2回目は，介入群と対照群に分けて介入をおこなう．介入群には，プロット動画を視聴しながら説明書の確認をしてもらう．対照群には，健常基本動作の動画を視聴しながら説明書の確認をしてもらう．3回目は，介入群・対照群ともに再度説明書を確認後，健常者基本動画を用いて動作観察してもらい，その時の視線の動きを記録する．1回目と3回目の健常基本動画を用いて動作観察した後に自らの動作観察の注目点についてアンケートを用いて回答させた.

1 回目と 3 回目に健常者基本動画を動作観察したときに記録した視線のデータの，説明書に記載している身体部位を視ることができていた時間を計測する．1回目と3回目の正しく視ることができていた時間差を算出し，介入群と対照群で比較する．また，介入群・対照群ともに1回目と3回目の差を算出し比較する.

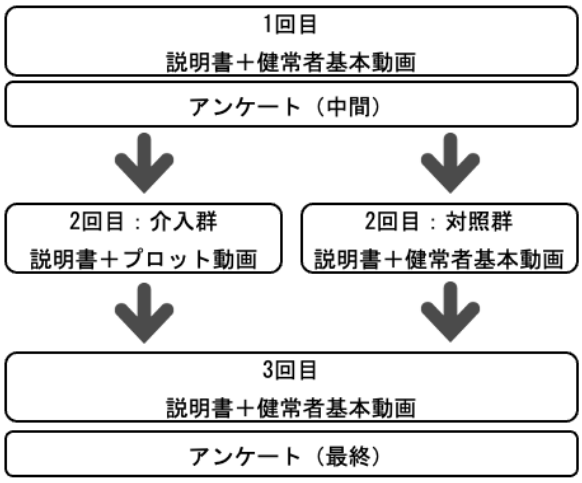


図 1　研究の手順

【使用機器】

今回の研究で使用する視線入力装置は，EyeTec 社製の TM5-mini を使用し，miyasuku EyeConRC（以下，視線検出装置）を利用して視線の検出・記録を行う．視線検出装置は，unicorn 社が製作したソフトウェアであり，パソコン画面の表示内容と一緒に視線データを記録し，視線の動きを分析することができる.

3. 解析方法

回目と 3 回目の動作観察で身体部位を視ていた時間の差を算出し変化量を求める．変化量を，介入群と対照群の2群をウィルコクソンの順位和検定を用いて比較する．また，介入群と対照群の1回目と3回目の差を求め，ウィルコクソン符号順位検定や効果量を用いて比較する.

4. 結果

現在 4 名（介入群 2 名・対照群 2 名）まで視線の動きを記録することが終了している.

各群ともに 1 回目の健常基本動作動画を動作観察するときは，説明書で指示されている身体部位を視ることができていなかった．しかし，介入群では，3回目には説明書で記載されているように視線が動いていた．対照群では，3 回目では説明書で記載されているように見ようとしているが，身体の動きに視線の動きが追いついていないことが特徴的であった.

文献

[1] 鈴木俊明，他：動作観察・動作分析．関西理学 3：33-39, 2003.

[2] 鈴木憲雄：脳卒中片麻痺患者に対する作業療法観察評価の着眼点と推論内容-作業療法学生熟練作業療法士の比較研究-．作業行動研究 18(3)：127-135，2014.

[3] 山田洋一：動作分析における理学療法非熟達者の視線特性について．理学療法科学 28(5)：589-595，2013.

[4] 塗木淳夫ら：運動観察学習中の運動熟練度による視線特徴の検討．電学論 C，131 巻 1 号，182-189，2011.

受け手に複数の行為選択が可能な状況における「受け渡し」の達成

How can “passing an object” be achieved when receivers’action-choices are open?

大髙 愛
Ai Otaka
札幌学院大学　心理学部
Sapporo Gakuin University, Department of Psychology
nanishinikitandayo@gmail.com

概要

本研究は路上でのティッシュ配りの観察から、受け手に複数の行為選択が可能な状況において物の受け渡しがどのように達成されるかについて分析した。その結果、視線や身体を向けるタイミングの調整が受け渡しの成否に大きな役割を果たしていることがわかった。受け渡しの達成は第一に受け手候補の特定、第二に差し出し行為と受け取り行為の成立を経て実現する。一連の流れは会話における隣接対の形成に似た形で進行し、二者間でコミュニケーション状況が維持されることが受け渡しの達成に重要であることが示唆された。

キーワード：物の受け渡し、相互行為、行為の選択、行為の縮減、視線交絡、会話分析

目的

これまで物の受け渡しにかかわる相互行為に関する様々な研究が行われてきた。門田・牧野・古山(2020)は、鍋料理を食べる際の調味料の受け渡しという日常で起こる物の受け渡し場面の分析を行った。物を渡すことを依頼した者がポインティングやリーチングという物への限定的なアクセスを行い、渡す機会と行為を周囲の参与者に用意し、引き出すことが明らかになった。また、参与者間の物へのアクセシビリティの差異が、物の受け渡しといった相互行為を展開するための資源となりうることを示唆している。阿部(2023)は「ぼや」(社殿づくりに使用する、木枝を縄でまとめた資材)の受け渡し場面を分析し、重い物の受け渡しの際に産出される掛け声には物の担い手の移動や受け渡しの手法を予測・理解したことの示唆、受け渡しの開始の予示、リズムの生成などといった相互行為上の機能があることを示唆している。

阿部が分析したぼやの受け渡し場面では「必ず受け取る」という役割が参与者に割り当てられ、受け取りの依頼は必ず受諾される。門田らが対象とした場面では、調味料等を渡すことの依頼に応えようとする参与者の厚意が前提となっている。しかし、受け取りの依頼を示された相手が必ずしもその依頼に応えるとは限らない状況がある。また、阿部が分析したぼやの受け渡しはバケツリレー形式で行うため、受け取りの依頼時に誰が受け手となるのかは明確であり、受け取りの依頼に応える参与者の不確定性が低い状況であると言える。門田らが分析した場面では受け手の候補となる参与者の不確定性は高いが、参与者の誰かが受け手になろうとすることが期待できる状況である。

本研究は、路上でのティッシュ配りを観察対象とした。ここでは、受け手の候補となる参与者特定の不確定性が高い。すなわち、ティッシュが誰に受け渡されるかが直前までわかりにくい、かつ受け取りの依頼を示された相手が依頼に応えるかを常に期待できる状況にない、すなわち依頼が拒否される可能性や依頼が知覚されない可能性がある事態である。しかしながらそのような状況下であっても、受け取ることへの期待や受け取りの依頼に応える準備や厚意の有無にかかわらず、渡し手と通行人との間にティッシュの受け渡しが達成される場面がしばしば見られる。このような路上でのティッシュ配りにおいて受け渡しという事態の達成がなされる際、渡し手と通行人の相互行為はどのように調整されるのだろうか。本研究はこの問いに対する解答となり得る、一つの仮説を提出したい。

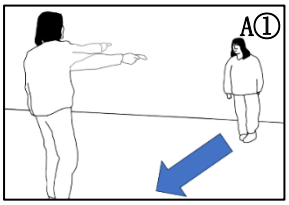
方法

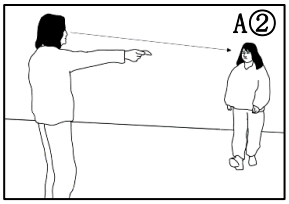
2023 年 10 月、11 月の 2 か月間、北海道のある都市部の繁華街でティッシュ配りを路上観察し、スケッチとメモを取りデータを集めた。本研究では、ティッシュ配りを行っていた 3 名（A、B、C）を分析対象とし、受け渡し行為の特徴や受け渡しが達成された場面、達成されなかった場面を記述した。なお、2024 年 5 月に同所でティッシュ配りを路上観察した際得られたデータも補足説明の資料として利用する。

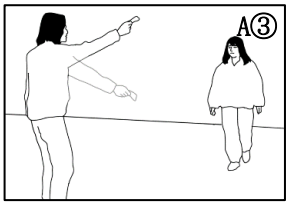
結果と考察

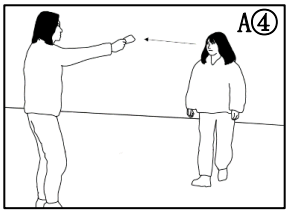
以下で使用される図は、観察時のメモとスケッチをもとに実際のティッシュ配り場面をモデルによって再現してもらい、撮影したものを線画に加工したものである。

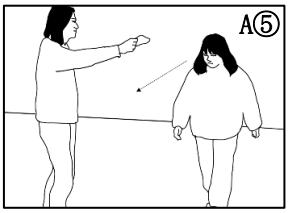
＜依頼が受諾されなかった例＞

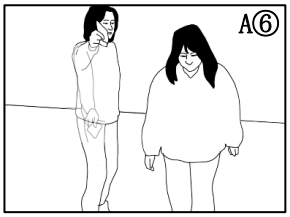








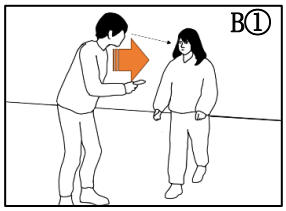


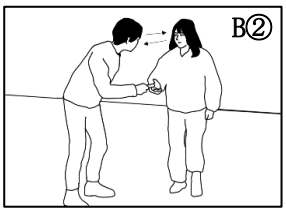


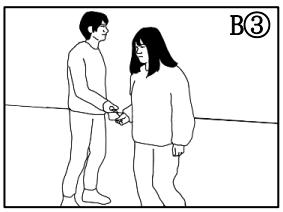
A は通行人の群れに向かってティッシュを持つ腕を左右に振っていた（図 A①）。A は視線を向けてある通行人を特定し（図 A②）、通行人と A の距離が約 1.5～2.0 メートルとなった頃、ティッシュを持つ腕を上下に振り始めた（図 A③）。通行人は A あるいはティッシュを注視した（図 A④）後、視線を外し A の前を通過した（図 A⑤）。その後も A は通行人の進行を追跡する形で、通行人の顔付近で腕の上下運動を続けたが、しばらくして中止した（図 A⑥）。このような腕の上下運動は、受け手の候補として期待される参与者の不確定性を低め、さらに通行人が A を注視することで、A と通行人の間に受け手・渡し手としてのコミュニケーション状況が一時成立したと考えられる。しかし、A のティッシュの差し出し方は受け取りにくいものであったため、A の行為に対して通行人が「受け取り」という行為を接続させることが困難であったと思われる。

＜依頼が受諾された例＞

B は通行人たちの進路の中央に立ち、進行してくる通行人の群れを見渡すようにしていた。B は受け手となる可能性がある通行人が B の前を通過する 3 歩前から

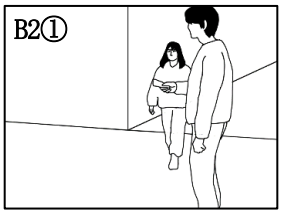


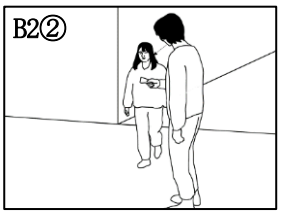


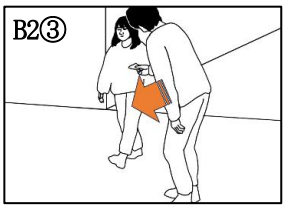


2 歩前に（通行人と B の距離が約 1.0～1.5 メートルとなった頃）視線を送り受け手となる通行人を特定し（図 B①）、通行人が視線を返したその直後、通行人を覗き込む形で上半身を前傾させてティッシュを差し出した。受け取りの依頼を示された通行人は、B に視線を送ったままティッシュを受け取った（図 B②）。その後前進しその場を去った（図 B③）。B と通行人の間に視線交絡が成立してからティッシュを差し出すまでの間隔が短く、B の前を通行人が通過する寸前に一連の動作を行うことで、通行人に受け取る以外の行為選択の余地を与えず、受け渡しが成立する状況を作り出していたと考えられる。また、B はティッシュを通行人が取りやすい位置に差し出していた。A のように、ティッシュの受け取りにくさによって通行人が受け取りの依頼の拒否を正当化できるような事態が出現しなかったと考えられる。

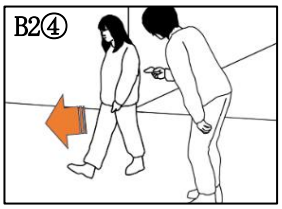
＜選択行為の自由度が高い場所の例＞





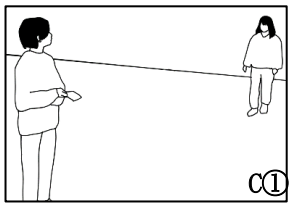


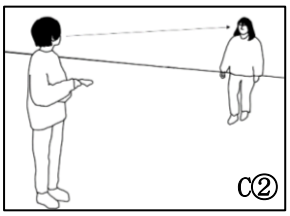
B は曲がり角付近、すなわち通行人が進路変更を行うことができる地点にいた（図 B2①）。視線を送り受け手として特定した通行人が B の前を通過する 4 歩前から 3 歩前に（B と通行人の距離が約 2.0 メートルとなった頃）（図 B2②）、B は通行人を覗き込む形で上半身を前傾させティッシュを差し出した（図 B2③）。しかし通行人は進行方向の変更を行い、B との間で視線交絡が成立しないまま B の前を通過したため、ティッシュの受け渡しは達成されなかった（図 B2④）。通行人が進路変更を行いやすく、受け取りの

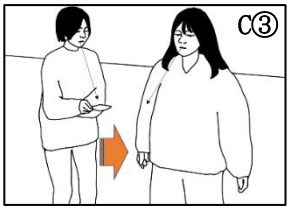


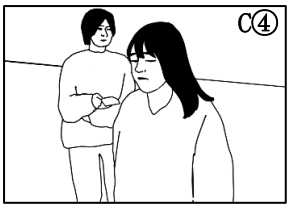
可能性が高まる直進（B への接近）以外の行為選択の自由度が高い地点でティッシュ配りを行っていたため、受け渡しが達成されなかったと考えられる。また、基本的に「依頼」に対する露骨な拒否は憚られやすいが、進路変更を自然に行える場所によって依頼の拒否を正当化できるような事態であったと考えられる。

＜早期に受け手を特定した例＞





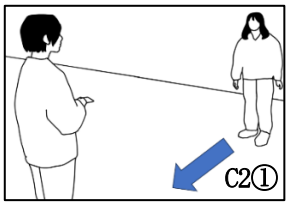


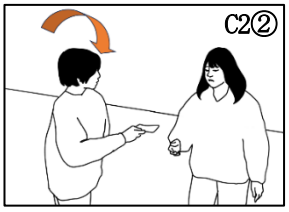


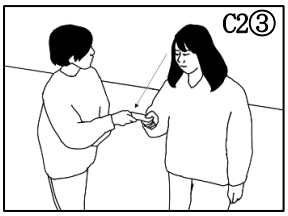
C は通行人の進路沿いに立ち、進行してくる通行人たちを見渡していた（図 C①）。C は受け手として特定した通行人が C の前を通過する約 5 メートル前から視線を向け続けた（図 C②）。通行人が C の前を通過する頃、C は通行人への接近を試みたが、ティッシュを差し出すまでには至らなかった（図 C③）。通行人は C に視線を向けず、進行方向を向いたまま通過した（図 C④）。C は通行人の動向を注視することでティッシュを差し出すタイミングの調整を図っていたと考えられる。しかし、このような C の挙動は受け取りの依頼の予示を通行人に知覚させやすくする可能性が高い。加えて、C が受け取りの依頼を予示してから通行人が C の前を通過するまで時間が空くことで、通行人の受け取り以外の行為選択の可能性が高くなった。また、多くの通行人がいることで、自分が受け手として特定されていると気づきにくい、あるいは気づいていても、それを無視することの正当化がしやすい状況が生まれ、受け取りの依頼が受諾されなかったと考えられる。

＜進路に立ち塞がった例＞

C は進行してくる通行人の群れに立ち塞がる形で通行人の進路の一点を占める形で立ち（図 C2①）、接近する通行人が C の横を通過する頃、C は上半身を傾けてティッシュを差し出し、受け取りの依頼を示した（図 C2②）。通行人は C の手元へ視線を向けると同時にティッシュを受け取った（図 C2③）。C は通行人の進路に体を傾けることで、通行人が C との交渉を回避できないような状況を作り出していた。それによって渡し手・受け手のコミュニケーション状況が維持されやすく、依頼に対して受諾が選択されやすくなっていたと考えられる。C と通行人の視線交絡を記録することはできなかったが、通行人への注視とそれに対する注視による応答の可能性があった。C は通行人と向き合う形で位置しており、通行人を注視しているのか、前方を眺めているのかについて通行人は判別しにくい。もし C に注視されていても、通行人が多く、通行人は自分が受け手として特定されていると確信が持ちにくい。したがって、C と通行人の視線交絡ではなく、突然の差し出し行為が受け取り行為を出やすくしていた可能性が高い。







まとめ

本研究は、路上でのティッシュ配りにおいて受け渡しという事態の達成がなされる際、渡し手と通行人の相互行為がどのように調整されるかという問いについて仮説を提出することを目的として行われた。ティッシュ配りにおける物の受け渡し場面を分析したところ、渡し手は視線や身体を向けるタイミングの調整によって受け取りの依頼を示し、受け手の候補となる参与者特定の不確定性と、依頼を示された相手の受け取る以外の行為選択の自由度を縮減させていることが読み取れた。このように、相手とのコミュニケーション状況を維持し、「注視」に対する「注視」（「挨拶」に対する「挨拶」）以外の行為選択、および「差し出し」に対する「受け取り」（「依頼」に対する「受諾」）以外の行為を選択しづらい（隣接対における特定の第二成分が選好される）状況の実現を試みていたと考えられ

る。

受け渡しの達成は二段階の相互調整があると考えられた。第一段階は、受け手候補の特定である。渡し手が受け手となり得る通行人に視線を送り、受け手が渡し手からの視線を受けることで、コミュニケーションを今後行うべき相手の選択が実現する。このような二者間の視線交絡は会話における「挨拶」-「挨拶」のような隣接対の形成と同等であると考えられる。隣接対とは、二者の発話において先に産出される発話（第一成分）が後に続く発話（第二成分）の型を決定するようなペアを指す。「注視」による受け手候補の特定が第一成分となり、それに対して「注視に対する注視」による応答が第二成分として選ばれていると考えられる。第一段階の隣接対「注視」-「注視に対する注視」が成立しない場合、ティッシュの受け渡しが達成される可能性は低まる。受け渡しが達成されなかったほとんどの事例で、通行人は渡し手の注視を受け取らない、あるいは渡し手の注視から外れる形で依頼を受ける対象から外れるようにしていた。これは、渡し手がコミュニケーションを行う相手を選択するも、相手が受け手でなくなる行為選択を行った事態である。そのような事態では、受け手として特定されているのは自分以外であるとする、すなわち渡し手の注視に応える責任が自分以外にも帰属され得る場合、受け手は注視から外れることを正当化でき、「注視に対する注視」は選択されにくくなる。したがって、渡し手は通行人が通過する直前に注視する、顔を覗き込むといった、依頼に応える責任が帰属され得る対象を狭めるような視線の送り方が有効である。

第二段階は、差し出し行為に対する受け取り行為の成立である。渡し手がティッシュを差し出し、受け手がティッシュを受け取ることでティッシュの受け渡しは達成される。第一段階と同様に、「差し出し」と「受け取り」は会話における「依頼」-「受諾」のような隣接対の形成と同等であると考えられる。第一段階の隣接対「注視」-「注視に対する注視」によってコミュニケーションを今後行うべき相手の選択が実現されたとしても、第二段階の隣接対「差し出し」-「受け取り」の隣接対が成立しない場合、渡し手と受け手のコミュニケーション状況は破棄される。そのような事態では、ティッシュが適切な位置に出されていない、衝突する寸前でティッシュが差し出されるなど適切な位置やタイミングでティッシュが差し出されないことがほとんどである。これは、受け手がティッシュを「受け取らなかった」のではなく「受け取れなかった」とする、すなわち「差し出し」に応えられない事態が発生した責任が渡し手に帰属される場合、受け手は依頼の拒否を正当化でき、「受け取り」は選択されにくくなる。したがって、渡し手が適切な位置とタイミングでティッシュを差し出すといった、依頼を拒否される事態が発生する責任が自分に帰属されないよう差し出し行為を調整することが有効である。それを裏付けるように、第一段階の視線交絡が成立し、第二段階の差し出し行為が適切に行われたにもかかわらず、受け取り行為がなされずティッシュの受け渡しが達成されなかった事態では、受け手が会釈をして通り過ぎる場面が観察された。これは、受け手が依頼を拒否することが正当化できないために産出された謝罪であると考えられる。

視線交絡と差し出し行為の間が短い場合、渡し手と受け手の間でコミュニケーション状況が維持され、受け取り行為が出やすくなる。これは、先行する隣接対の実現直後に、新たな行為(「差し出し」)が出現することによって、通行人側に「受け取る」以外の行為選択の余裕を与えず、新たな隣接対が生起しやすくなっていると考えられる。

以上のように、第一段階は視線交絡、第二段階は受け渡しからなる二段階の流れによって、渡し手はコミュニケーション状況の構築を試みていると考えられる。会話において「挨拶」に対して「挨拶」が、「依頼」に対して「受諾」が選好されやすいことと同様に、両段階においても、渡し手に知覚され得る拒否は憚られる。そのため、受け手候補者が依頼を拒否することの正当化が難しい形で、すなわち受け取りの依頼に応える責任が受け手のみに帰属されるように受け取りの依頼が示されることが有効であると考えられる。第一段階の実現が第二段階への移行の必要条件であるのか、第二段階のみでも受け渡しは実現するのかについては、今後の研究が必要である。

文献

門田圭祐・牧野遼作・古山宣洋(2020) 物への限定的なアクセスの表示による渡すことの引き出し —物の受け渡しにおける相互行為の微視的分析. 質的心理学研究 19, 26–45.

阿部廣二(2023) 重いものを受け渡す際の掛け声「もらった」の相互行為上の機能. 日本認知科学会大会発表論文集 40, 477-480.

文脈を反映した単語分散表現による順序効果のモデル化
Modeling Order Effects with Context-Reflecting Word Embeddings

前田 晃弘 †*，鳥居 拓馬 ‡, 日髙 昇平 †
Akihiro Maeda, Takuma Torii, Shohei Hidaka

† 北陸先端科学技術大学院大学，‡ 東京電機大学, * 日本学術振興会特別研究員 DC
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Tokyo Denki University, JSPS
akihiro.maeda@jaist.ac.jp

概要

単語類似度の知覚が単語を提示する順序に影響される現象（順序効果）を説明するため，文脈に対応する部分空間を反映した新たな単語分散表現のモデルを提案する．実験データを用いて部分空間の違いが非対称な類似度評価をもたらすか否か検証する．

キーワード：非対称な類似性，文脈，順序効果，ベクトル空間モデル，形式概念分析，量子認知，射影測定

1. はじめに

1.1 順序効果を示す現象

順序効果とは，人間の評価や判断が刺激の提示される順序に影響されることを指す．順序効果が発現する現象は知覚や意思決定の場で観察されることが知られている．例えば, Tversky (1977) は「中国は北朝鮮に似ている」と「北朝鮮は中国に似ている」の二文を比較するとき，実験被験者の大半が後者が際立つ (prominent) と回答したことを明らかにした．判断が対象の提示順序に左右されることは，類似性の知覚に方向性があり非対称である可能性を示唆する．

非対称な類似性を説明する理論は，心理学や認知科学の立場からこれまで提案されてきた．Tversky (1977) は，概念を特徴の集合と捉え，比較対象である二つの概念の集合の差から非対称な類似性が知覚されると主張した．一方，量子認知の立場に立つ Busemeyer & Bruza (2012) は，非可換性を備えた量子確率理論を用いて，異なる部分空間（特徴に対応すると考えられる）の次元数から順序効果が現れる数理モデルを提案している．

1.2 単語分散表現とベクトル空間モデル

概念や単語の関係性に関する研究手法の一つに，個々の単語を一つのベクトル（分散表現）として表現するベクトル空間モデルがある．ベクトル空間モデルでは，単語や概念間の関係性をベクトル間の幾何的関係として捉えて，類似度をベクトル間の（ユークリッド）距離や角度（コサイン類似度）により定量化する．

対称性は距離が満たす公理の一つである．そのため，ユークリッド距離を用いた類似度評価は必然的に対称性を示す．また，コサイン類似度も二つのベクトルの角度の関数であるので対称性を示す．従って，2点の間の距離や角度を類似度とするベクトル空間モデルでは，順序効果を示す現象をモデル化することは不可能である．

1.3 先行研究の課題と本研究の提案

Martínez-Mingo et al. (2024) は量子確率モデルにおける類似度評価をベクトル空間モデルに適用した上で，コーパスから得られたデータを用いた順序効果の実証研究を試みている．単語ベクトルを部分空間へ分解するアルゴリズムによりベクトル空間モデルから量子確率モデルへの橋渡しをした上で，量子確率において射影測定と呼ばれる測定プロセスを用いて類似度を評価している．同提案には，1) 部分空間を抽出する手法の理論的根拠が乏しい，2) 類似度の評価を射影測定として捉える妥当性が検証されていない，3) 結果的に，提案モデルが順序効果の再現に失敗している，との課題を残している．

これまで著者らは，単語共起分布の数理的構造を解明するために，単語共起行列から数学的な内部構造（形式概念と呼ばれる）を抽出するアルゴリズムを提案し，それらが解釈可能な範疇あるいは文脈に対応することを実証的に明らかにした（Maeda et al., 2024）．その成果を踏まえ，本研究では，文脈に対応する部分空間を用いた新たな単語の分散表現を提案した上で，非対称な類似度を説明するモデルの構築を試みる．

2. 提案モデル

2.1 単語ベクトルと共起行列の内部構造

単語ベクトルは，コーパス中の単語共起頻度から学習され，文脈における単語分布の構造を反映していると考えられている (Lenci & Sahlgren, 2023)．Maeda et al. (2024) は，束論の一つである形式概念分析を適用して，形式概念の定義を満たす共起行列の部分行列を抽出するアルゴリズムを提案した．その上で，形式概念である部分行列に含まれる単語群が，人間に解釈

可能な範疇を構成することを実証的に明らかにするとともに，形式概念が文脈を反映することを指摘した．その提案手法は多義語の曖昧性解消にも有効であり，例えば単語 *tie* が持つ 3 つの異なる意味（necktie, fasten, draw）とその文脈（表 1）に対応して，共起行列の中に形式概念の定義を満たす 3 つの部分行列が存在しており，単語 *tie* に対応する行ベクトルはそのいずれにも含まれることを明らかにした．

意味	文脈	形式概念に含まれる単語例
necktie	**clothing**	*tie, jacket, pants*
fasten	**fixing act**	*tie, cable, loose*
draw	**competition**	*tie, teams, playoffs*

表 1: 多義語 *tie* を構成する形式概念

これは，多義語の単語ベクトルが異なる意味・文脈に対応する部分ベクトルを内包することを示唆する．

2.2 文脈を反映した単語分散表現のモデル化

本研究では，単語ベクトルが内包する文脈に対応した部分ベクトルを基底ベクトルとして，それらの張る部分空間により単語を表現することを提案する．

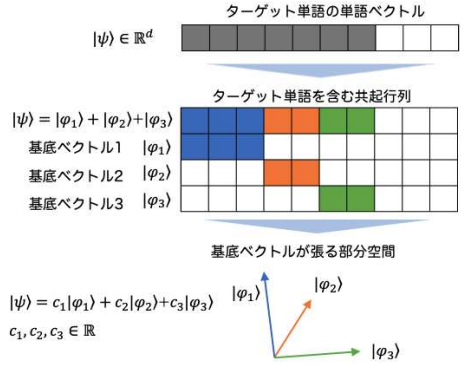


図 1: 単語ベクトルから部分空間表現への変換

単語ベクトルから部分空間表現へ変換する具体的な手順を図 1 に示す．図の上段では，ターゲット単語が d 次元の行ベクトルとして，量子確率のケット表現を用いて $|\psi\rangle$ により表現されている．色はベクトルの成分が閾値以上であることを示す．中段は，4 つの単語（行）ベクトルを垂直に並べた行列を示し，一行目はターゲット単語である．色は閾値以上であることを示し，同色の行は同じ成分が揃って閾値以上であるような他の単語が存在することを示す．行を適宜入れ替えた時に現れる同色の部分行列は形式概念に対応し，対応する単語が文脈を共有していることを示す (Maeda et al., 2024)．式 $|\psi\rangle = |\phi_1\rangle + |\phi_2\rangle + |\phi_3\rangle$ は，単語ベクトルが 3 つの部分行列（形式概念）をそれぞれ構成する部分ベクトルに分解できることを示す．これらの部分ベクトルを基底として張る部分空間を $|\psi\rangle = c_1|\phi_1\rangle + c_1|\phi_2\rangle + c_1|\phi_3\rangle$ $(c_1, c_2, c_3 \in \mathbb{R})$ として構成する．図 1 の下段は，ターゲット単語の部分空間表現である．

2.3 提案モデルの妥当性

部分空間表現はその背景にある文脈の構造を反映した表現を与えるという利点がある．特に，多義語における曖昧性解消や，意味合成の際の文脈に沿った意味抽出（Selectional preferences; Lenci & Sahlgren, 2023）をモデル化でき，表現力を拡張すると考えられる．

また，通常の単語分散表現がコーパス中の異なる文脈の比率を反映したものである一方，部分空間として捉える表現は文脈を反映する基底ベクトルの任意の線形結合を同一視するので，コーパス中の文書構成に依存しないことが期待される．

3. 類似度評価方法の検討

次に，二つの単語の部分空間表現に対する類似度評価の方法を検討する．Martínez-Mingo et al. (2024) は，Pothos & Busemeyer (2011) に従い，類似度評価として量子確率論の射影測定を適用している．

3.1 量子確率における射影測定

量子確率は，量子系の**状態**や**測定**を記述する量子力学のための確率論である．単位ベクトルで表現される**状態**を正規直交基底へ射影することを**測定**として，特定の測定値を得る確率を記述することができる（石坂ら，1999）．量子現象において同じ測定を連続して行うと同じ測定値が得られるという反復仮説をモデル化するため冪等性を持つ直交射影が導入されている．

Pothos & Busemeyer (2011) は，単語間の類似性評価を，量子確率における 2 回の連続した測定として定式化する．測定前の観測者の心的状態を初期状態 $|\psi\rangle$ として，各単語に対応する測定基底へ順々に射影を行い，量子確率に基づいて計算された確率を，単語間の順序づけられた類似性評価とみなす（図 2）．具体的に

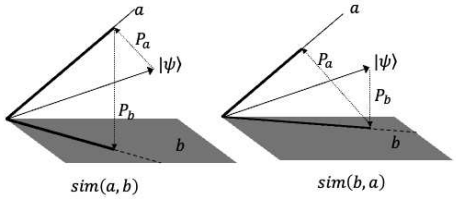


図 2: 量子確率を用いた類似性評価の非対称性：二つの部分空間への射影順序が異なる．

は，文 “Word a is similar to word b” に対する観測者の同意を，$a \to b$ の順の類似性評価として，式（1）により定義する．

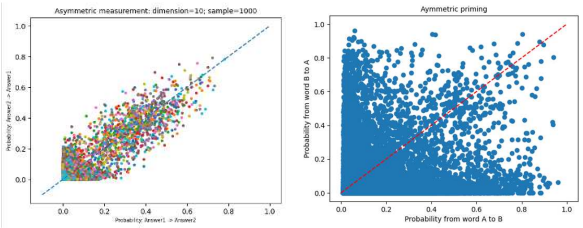
$$\mathrm{sim}(a, b) := \|\mathbf{P}_b|\psi_a\rangle\|^2 \|\mathbf{P}_a|\psi\rangle\|^2 \quad (1)$$

なお，$\mathbf{P}_a, \mathbf{P}_b$ は，それぞれ単語 a, b を構成する基底への射影行列であり，$|\psi_a\rangle$ は，初期状態 $|\psi\rangle$ を $\mathbf{P}_a$ で射影したのち，正規化して得られる新たな状態である．

3.2 射影測定による類似度評価の問題点

射影測定による類似度評価の妥当性は，先行研究において十分に検討されていない．順序効果を説明するベクトル空間モデルを構築するとの本研究の立場から，その妥当性を検証するため，射影測定の数学的な挙動を調べる二つのシミュレーションを行った．

■シミュレーション１ 射影測定自体の挙動を調べるため，まず同じ個数の基底からなる 2 つの部分空間の間で計算される類似度の非対称性を調べた（図 3). 左図 3a は，$d = 10$ 次元の正規直交基底を 2 組準備し，それぞれから単語 a，b の基底を一つずつランダムに抽出，また状態ベクトルもランダムに抽出した上で，式 (1）に従って計算された二つの値 $\mathrm{sim}(a, b), \mathrm{sim}(b, a)$ を (x,y) 座標上にプロットした．



(a) 射影測定による数値結果　(b) 人間の単語連想データ

図 3: 非対称な類似度の数値範囲

図 3b は，単語連想における非対称性を示した評価実験データ（USF データ; Nelson et al., 2004）を図示したものである．単語 a を刺激として単語 b を連想する確率を x 軸，反対に単語 b から単語 a を連想する確率を y 軸にプロットしている．順序効果は単語を順番に想起して意味認知を行う内的プロセスを反映していると仮定すれば，単語連想データを類似度評価の代替指標とすることは妥当と考えられる．USF データの具体例を表 2 に示す．*japan* を見て *china* を連想する確率が，反対方向の確率の 5 倍近くと非対称的であり順序効果が観察される一方，男性・女性を表す単語対は高い対称性を示している．

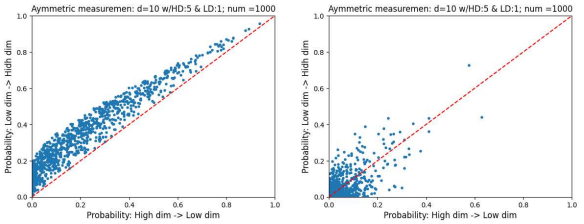
類似度	単語 A	単語 B	$Pr(A \to B)$	$Pr(B \to A)$
対称的	girls	boys	0.50	0.50
	king	queen	0.77	0.73
非対称	assist	help	0.84	0.02
	japan	china	0.24	0.05

表 2: 単語連想の対称性を示す USF データ例

図 3 の結果は，数値ペアの取りうる範囲が，射影測定（図 3a) では，実験データ（図 3b）と比べて限定されることが明らかである．数学的にも，ベクトルの幾何学的配置より $\mathrm{sim}(a, b)$ と $\mathrm{sim}(b, a)$ の間に一定の制約があることを示すことができる．従って，この数値実験の条件下での射影測定では，観測される範囲の非対称性を説明できないと考えられる．

■シミュレーション２ 次に，部分空間をなす基底数の違いから非対称な類似性を説明できるかという観点より射影測定の妥当性を検討する．

シミュレーションの手順を以下に示す．二つの単語 a, b が，それぞれ m, n $(m > n)$ 個の d 次元直交基底 $\{|u_i\rangle\}_{i=1}^m$ と $\{|v_i\rangle\}_{i=1}^n$ の張る部分空間により表現されるとして，ランダムに選択する．射影測定のための射影行列は，$\mathbf{P}_a = \sum_{i=1}^m |u_i\rangle\langle u_i|$，$\mathbf{P}_b = \sum_{i=1}^n |v_i\rangle\langle v_i|$ である．次に初期状態 $|\psi\rangle$ を，シナリオ 1）比較される二単語に対して中立的な位置にある初期状態を選択するよう，$\|\mathbf{P}_a|\psi\rangle\|^2 = \|\mathbf{P}_b|\psi\rangle\|^2$ を満たす $|\psi\rangle$ を設定するケース (Pothos & Busemeyer, 2011）と，シナリオ 2) ランダムに抽出したベクトルを $|\psi\rangle$ とするケースにより設定する．最後に式（1）により二単語間の類似性を評価する．



(a) 中立的な位置に置かれた初期状態　(b) ランダムに抽出された初期状態

図 4: 部分空間の違いに起因する類似度非対称性

左図 4a はすべての点が 45 度線より上に位置しており，すべてのサンプリングで $\mathrm{sim}(a, b) < \mathrm{sim}(b, a)$ であることを示す．これは基底数の少ない部分空間から多い部分空間への類似性評価が，顕著性の低い単語から高い単語への類似度知覚（「北朝鮮から中国への類似性」）に対応して，反対方向の類似度よりも高いという Tversky (1977) の報告と整合する．一方，右図 4b は，初期状態をランダムに抽出した場合，類似度の非対称性の方向が一意に定まらないことを示唆する．また，人間の単語連想データの分布構造（図 3b）とも異なる．

3.3 部分空間の多寡による順序効果の説明可能性

前 2 節までの結果は，量子確率の射影測定を用いた類似性評価では，実際に観察される順序効果を十分に説明できない可能性を示唆する．また，評価前の初期

状態は評価対象である 2 つの単語に対して中立であるとの条件（シナリオ 1 のケース）は，その初期状態を特定するために，評価対象を事前に認知していることを暗黙に前提している．こうした暗黙の前提に基づく論法は，情報の提示順に対する認知過程の違いを説明する目的に照らせば，不整合であると考えられる．

一方，節 1. で述べたように，先行研究は非対称な類似性を単語に含まれる特徴（文脈）の数の違いに求める．特に，非対称性の方向に関して，顕著性の高い概念は多くの特徴を有するので，特徴の少ない単語から多い単語への類似度が反対方向よりも大きいと考える．実際，表 2 のデータ例のうち，非対称な類似度を示す単語対では単語 A よりも単語 B の方が顕著性が高く，より多くの特徴（部分空間）を持つと予想される．実データの分布（図 3b）の示す構造的特徴を再現する評価方法が求められる．

■シミュレーション 3　これらに代わる類似度評価の方法として，初期状態を一方の単語の部分空間を構成する基底のセントロイドとして，他方の部分空間への射影測定を適用するプロセスを考える．図 5 に示すように，これにより初期状態の中立条件に依存せずに，低次の部分空間から高次の部分空間への類似度が高くなる傾向を示す結果を得ることができる．また，非対称性を表す分布の形状も図 3b により類似した傾向を示す．

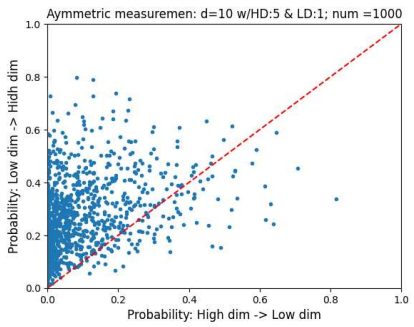


図 5: セントロイドを状態とした時の非対称性

4. 考察と結論

本研究は，単語間の類似度評価が非対称性を示す順序効果を説明するために，先行研究が暗黙的に前提としてきた単語表現と類似度評価方法の仮定について，前者については単語共起行列中の数学的構造（形式概念）を用いた部分空間表現を提案するともに，後者については先行研究で用いられた射影測定の連続適用に代わる新たな方法が必要であることを示した．

これらの検討を踏まえた今後の研究として，提案モデルに基づき実データから単語の部分空間表現を構築して，USF データに見られた非対称性の分布構造の再現を目指す．部分空間による表現は単語分散表現に内在する文脈構造を明示的に扱うことを可能にする．これは，量子確率が扱う「重ね合わせ」を想起させるが，射影測定に代わる測定が必要であった．類似度評価の知覚プロセスを測定としてモデル化することの認知科学的妥当性を検証するとともに，射影測定に限らない一般測定（石坂ら, 1999）の設計可能性を検討する．

同様に，部分空間を扱える可能性のある数学として，幾何代数の活用が考えられる．幾何代数では多重ベクトルを扱うことができるので，例えば，m 個の基底からなる部分空間を m-vector として表現することが可能である．幾何代数は，幾何積と縮約（内積を一般化したもの）という演算を備えており，単語を表す二つの多重ベクトル間の演算を用いてそれらの関係を特徴づけることができる．特に，一重ベクトル同士の縮約は内積計算であり，単語の類似度評価にコサイン類似度が有効であることから，その一般化を考える．

謝辞

本研究は科研費基盤研究 B(一般) JP23H0369，挑戦的研究 (萌芽) JP22K19790，JST さきがけ JPMJPR20C9，JST CREST JPMJCR23P4，JSPS KAKENHI 24KJ1202 の助成を受けて行われた．

文　献

[1] Tversky, A. (1977). Features of similarity. *Psychological Review 84*(4), 327–352.

[2] Busemeyer, J., & Bruza, P. (2012). Quantum models of cognition and decision. *Cambridge University Press*

[3] Martínez-Mingo, A., & Martínez-Huertas, J., & Olmos, R., & Jorge-Botana, G. (2024). Quantum projections on conceptual subspaces: A deeper dive into methodological challenges and opportunities. *Science Progress 107*(2),.

[4] Maeda, A., & Torii, T., & Hidaka, S. (2024). Decomposing Co-occurrence Matrices into Interpretable Components as Formal Concepts. *The 62nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, .

[5] Lenci, A., & Sahlgren, M. (2023). Distributional semantics. *Cambridge University Press*.

[6] Pothos, E., & Busemeyer, J. (2011). A quantum probability explanation for violations of symmetry in similarity judgments. *Proceedings of the annual meeting of the cognitive science society*, *33*(33).

[7] 石坂 智・小川 朋宏・河内 亮周・木村 元・林 正人 (1999). 量子情報科学入門　共立出版

[8] Nelson, D., & McEvoy, C., & Schreiber, T. (2004). The University of South Florida free association, rhyme, and word fragment norms. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *36*(3) 402–407.

知能の個人差と隠喩の解釈過程の関係性の分析: Predication model に基づく検討

Analysis of the Relationship between individual differences in intelligence and the interpretation process of metaphors: A Study based on the Predication model

岡 隆之介[1]，楠見 孝[2]，内海 彰[3]
Ryunosuke Oka, Takashi Kusumi, Akira Utsumi

[1]三菱電機株式会社，[2]京都大学大学院教育学研究科，[3]電気通信大学大学院情報理工学研究科
Mitsubishi Electric Corporation, Kyoto University, The University of Electro-Communications
Qualia1006@gmail.com

概要

本研究では，Predication model(PM)を用いて，知能の個人差と隠喩の解釈過程との関係性を分析する．参加者(N =85)は流動性知能，結晶性知能，検索流動性知能の課題に取り組み，最後に隠喩の解釈課題に取り組んだ．隠喩の解釈結果をもとに算出される PM に基づく MAP@100 が最大となる条件における，PM のパラメタと個人差指標の相関を求めたところ，検索流動性知能が高い人は主題側の制約を弱めた解釈を生成し，類似に対する感受性が小さい人は主題側の制約を厳しくした解釈を生成する可能性を示唆した．

キーワード：比喩解釈, 知能の個人差, Predication model

1. はじめに

比喩とは, 主題(例: 笑顔)を喩辞(例: 花)でたとえる表現(例: 笑顔は花だ)である．人は比喩を理解すると，比喩から様々な解釈が想起される(e.g., Utsumi, 2005)．例えば, 笑顔は花だという隠喩からは,「明るい」「美しい」そして「華やかだ」のような解釈が想起される．

比喩の解釈には個人差があることも示唆されている．Stamenkovic et al. (2019)は，比喩の解釈の質を測定する比喩理解課題(隠喩を含む文章と選択肢が呈示され，隠喩の解釈として妥当な選択肢を回答する)の得点が，結晶性知能の一側面である類似の個人差を測定する Semantic Similarities Test(以下，SST)の得点と，流動性知能の個人差を測定する Raven Progressive Matrices Short(Arthur et al., 1999; 以下，RPMS)の得点と，それぞれ正相関であることを報告している(rs = .37 ~ .49)．この研究は, 比喩の解釈の結果(解釈課題での選択)に個人差があることを示した。また, Kazmerski et al. (2003)は，流動性知能と結晶性知能の両方の側面を測定する知能検査バッテリー(KBIT)の成績が，参加者の比喩の解釈の質(評定者による評定結果)と正の相関を示すことを報告している．最後に，Chiappe and Chiappe (2007)は，結晶性知能の一側面である語彙数(書字に晒されている経験数)と言語性ワーキングメモリ容量のそれぞれが，比喩に対する理解の速度と，解釈の質と正の相関を示すことを明らかにした. これらの研究は, 比喩の解釈の個人差として，流動性知能と結晶性知能が注目されており，これらは比喩解釈の質と処理速度の両方に影響していることを示唆している．

結晶性知能と流動性知能のそれぞれが比喩の解釈と関連していることが明らかにされてきたが，それでは，比喩の解釈過程と個人差はどのように関連しているのだろうか．比喩理解の理論の一つである Predication モデル(Harati et al., 2021; Kintsch, 2000; 以下，PM)は，コーパスから算出された単語の意味空間において，比喩理解の過程を, 処理 1: 喩辞と類似する特徴を抽出(喩辞の活性拡散)し, 処理 2: その特徴の中で主題と類似する特徴を抽出(主題の制約)することで, 比喩の解釈を生成することで実現する. PM は比喩理解過程の記述的なモデルである Categorization モデル(Glucksberg & Keysar, 1990)が説明する，比喩理解における喩辞のカテゴリ化との親和性が高く，心理学的な妥当性の高い比喩理解のモデルであると考えられている．また，PM は，モデルが生成する解釈が人の解釈を近似する(Kintsch & Bowles, 2002)ことが指摘されている．

PM に基づいて先行研究の取り組みを再考すると, 先行研究(Chiappe & Chiappe, 2007; Kazmerski et al., 2003; Stamenkovic et al., 2019)は比喩の処理過程ではなく，比喩の処理結果(解釈の内容や反応時間)と個人差(結晶性知能や流動性知能)の関係性を明らかにしてきた一方，比喩の処理過程(PM モデルであれば，処理 1 と処理 2)と個人差の関係性は明らかにできていない．どのような認知の側面の影響で比喩解釈に個人差が生まれているかを明らかにするためには, PM モデルのような処理過程について検討できるモデルと，個人差の対応関係を明らかにする必要がある。

本研究では，Predication model を用いて，知能の個人差と隠喩の解釈過程との関係性を分析する．本研究では，PM の処理 1 の喩辞の活性拡散の程度 m と，処理 2 の主題の制約の弱さ k が，個人の比喩解釈を最もよく説明する条件(例: Mean Average Precision が最大; 以下，MAP)において，隠喩の解釈の個人差と関わりの深い 3 つの変数(SST, RPMS,後述する職業列挙課題)と相関するかを明らかにする．

比喩の処理結果と個人差の関係性を明らかにした先行研究(Chiappe & Chiappe, 2007; Kazmerski et al., 2003; Stamenkovic et al., 2019)から，結晶性知能と流動性知能は，比喩の処理過程とも関連している可能性がある．また，職業名列挙課題(Carroll, 1993)は，比喩の産出結果の質と個人差の関係性を調べた先行研究(Beaty & Silvia, 2013)において正相関が報告されており，比喩解釈の結果とも関連が期待される．さらに，この課題は，参加者の検索流動性知能(記憶から効率的に項目を想起する能力)を測るため，喩辞や主題の概念の活性と関連していると考えた．

もし処理 1，2 と関連するパラメタが個人差変数と相関することが示されれば，隠喩の解釈過程と個人差の関係性が示唆されるだろう．

2. 方法

個人差変数と隠喩の解釈の収集　参加者 85 名（男性 56 名； 平均年齢 40. 5 歳）がオンラインで実験に参加した．参加者は，実験に実験参加同意書の回答と，年齢・性別・最終学歴を尋ねられた．

第一の課題として，参加者は職業名列挙課題(Carroll, 1993)に取り組んだ．参加者は 1 分間の間に可能な限り多くの職業名を回答することが求められた．列挙できた意味のある職業名の数を得点とした．

第二の課題として，参加者は RPMS(Arthur et al., 1999)に取り組んだ. 参加者は欠けた部分を含む画像と，欠けた部分を適切に埋める画像の候補が呈示され，正解画像を選ぶことが求められた．全 12 問の中で正解した数を得点とした．

第三の課題として，参加者は日本語版 SST(岡他, 2023)に取り組んだ. 参加者は 2 つの単語(例: りんご-みかん)が呈示され，それぞれの単語の類似点を記述(例: 球; この場合 2 点)で回答した．参加者の各回答は事前に決定された採点基準表に基づいて 0/1/2 点のいずれかが付与され，全 20 問の合計を得点とした．

最後に，参加者は隠喩に対する解釈課題に取り組んだ．参加者は，呈示された隠喩(笑顔は花だ)に対して，思いついた特徴を最低 2 つ，最大 5 つ回答することが求められた．刺激として用いた隠喩は 20 個であった．使用された隠喩とその解釈の例を表 1 にまとめた．

表 1. 使用された隠喩とその解釈の例

隠喩	特徴
不安は濃霧だ	怖い，苦しい
家族は納豆だ	暖かい，頼れる
雑巾は亀だ	汚い，貧乏な
魅力は磁石だ	美しい，惹かれる

PM の実装と参加者ごとのパラメタの最適化　PM の実装は，(i)言語モデルによって単語を分散表現に変換し，(ii)喩辞の類似近傍語を m 個抽出し，(iii)喩辞の類似近傍語 m 個の中で主題と類似する上位 k 個の単語を用いて，主題と喩辞と k 個の単語の平均ベクトルを求め，その平均ベクトルと類似する上位 N 個の特徴を解釈として算出する．今回の実験では，言語モデルとして，鈴木他 (2016)が公開している，日本語 Wikipedia から学習された word2vec に基づく単語ベクトル(jawiki.word_vectors.300d.txt.bz2)を用いた．また，パラメタ k,m の候補は，Predication モデルを用いて隠喩の解釈過程を検討した Utsumi (2011)に倣い，m は[10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500]，k は[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]とした．

参加者ごとのパラメタの最適化は，20 個の隠喩に対する参加者の解釈と，あるパラメタ条件における PM の隠喩の解釈の上位 100 件を用いて，MAP@100 を計算し，これを最大にするパラメタの組み合わせを求めることで実現した．MAP@100 は，R を適合アイテムの個数，P_k をモデルの解釈上位 100 件での適合率とした場合の AP@100(下式; すなわち，モデルの出力上位 100 件に含まれる参加者の解釈の割合)を各隠喩について求め，各隠喩の AP@100 を平均し算出した．

$$Average\ Precision@100 = \frac{1}{R}\sum_{k=1}^{R} P_k$$

3. 結果

参加者ごとにMAP@100で最適化されたパラメタ(対数変換後の k, m)と各個人差変数(RPMS/SST/職業列挙課題の得点)の平均値と標準偏差、および各変数間のピアソンの積率相関係数を表 2 にまとめた．なお，パラメタについては，特に m において，値が非線形に決定されているため(例: 10 の次は 15 だが, 50 の次は 100)，これらの影響を考慮した変換が適切であると考え，底を自然対数とする対数変換を行なった．

表 2 から，主題の制約の弱さ(k)は，職業列挙課題の得点の高さと正相関($r = .24, p < .05$)で，SST の合計得点と負相関の傾向が見られた($r = -.18, p = .05$)．また，喩辞の活性化拡散の程度(m)と RPMS の合計得点の相関は小さかった($r = .07, p = .51$)．

表 2. パラメタと個人差変数の相関係数($N = 85$)

指標	*M*	*SD*	1	2	3	4
1. $\log_e$m	4.13	1.35	-			
2. $\log_e$k	0.78	0.77	-.47 **	-		
3. RPMS	5.99	2.63	-.04	-.07	-	
4. SST	28.11	5.07	-.01	-.18 †	.31 **	-
5. 職業列挙数	7.89	3.64	-.15	.24 *	.04	-.08

†p <.10, *p < .05, **p < .01

4. 考察

本研究では，Predication model を用いて，知能の個人差と隠喩の解釈過程との関係性を分析した．実験の結果は，検索流動性知能が高い人は主題側の制約を弱めた解釈を生成し，類似に対する感受性が小さい人は主題側の制約を厳しくした解釈を生成する可能性を示唆した．

比喩の処理結果と個人差の関係性を明らかにした Stamenkovic et al. (2019)では，結晶性知能(SST)と流動性知能(RPMS)が比喩解釈課題の成績と正相関をすると報告されていた。これに対して, 本研究は比喩の処理改定のパラメタ m, k は，SST と喩辞の活性化拡散の程度の小ささとの負の相関を示した一方で，RPMS とは優位な相関は得られなかった. 一方で, 職業列挙数は喩辞の活性化拡散の程度と正の相関を示した．これらの結果は，PM の処理過程に基づく各処理との相関は，特に結晶性知能や検索流動性知能と喩辞の活性化拡散の程度との関連に基づくものであることを示唆した．

本研究は，PM に基づく比喩解釈過程を，人間の個人差と紐づけて明らかにした点に方法論的な意義がある．従来の比喩理解研究は，反応時間や比喩に対する解釈の頻度などを主たる従属変数として，それらに対する個人差指標との相関関係を明らかにする研究が中心となっていた. こうした中, 本研究は比喩の解釈過程と結晶性知能, 流動性知能, 検索流動性知能の関係性を明らかにするものであった．本研究で取り組まれているような個人差と，記述的な比喩理解の計算モデル(例: Utsumi, 2011 の Comparison model)のパラメタの相関を明らかにすることで，比喩理解過程のどの認知的側面が，比喩解釈の個人差と関係しているのかを定量的に明らかにできると考える．

最後に, 本研究に残された課題を 3 つ示す. 第一に, RPMS がパラメタとの相関を示さなかった点がある．比喩解釈結果と個人差の先行研究(Kazmerski et al., 2003; Stamenkovic et al., 2019)から，比喩解釈において流動性知能の関与は想定されることから, PM に基づく比喩解釈の予測では説明できていない比喩解釈の認知的側面がある可能性があり，これがどのように記述できるのかを明らかにする必要がある. 第二に, 複数の比喩理解モデルでの個人差指標との相関の比較である．Utsumi (2011)では，人間の比喩解釈は，Comparison モデルと PM が想定でき，どちらのモデルに基づいて人が比喩解釈を行うかは，モデルに対する人の解釈の当てはまりに基づいて評価できるという想定のもと，比喩解釈をこれら 2 つのモデルで比較・評価している．本研究では PM が知能の個人差とどのように関連するかのみを明らかにしようとしているが，人間の比喩理解における類似性認知の重要性(e.g., Bowdle & Gentner, 2005)を考慮すると，これらのモデル間の比較も重要である. 第三に, PM モデルのハイパラ調整の洗練がある．本研究では，人の比喩解釈を最も模擬する MAP を m,k の最適化の指標として用いているが，モデルの解釈数は 100 と決め打ちで行っている．こうしたアプローチでは，たとえば，MAP@100 が 0(すなわち，モデルの解釈 100 個の中に人間の解釈が一つも含まれない)結果も混入してしまい，モデルの評価として適切かは議論の余地がある. 今後の研究においては, モデルの解釈数についても最適化する必要がある．

文献

Arthur, W., Tubre, T. C., Paul, D. S., & Sanchez-Ku, M. L. (1999). College-sample psychometric and normative data on a short

form of the raven advanced progressive matrices test. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *17*(4), 354–361.

Beaty, R. E., & Silvia, P. J. (2013). Metaphorically speaking: Cognitive abilities and the production of figurative language. *Memory & Cognition*, *41*, 255-267.

Bowdle, B. F., & Gentner, D. (2005). The career of metaphor. *Psychological Review*, *112*(1), 193-216.

Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor analytic studies.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Chiappe, D. L., & Chiappe, P. (2007). The role of working memory in metaphor production and comprehension. *Journal of Memory and Language*, *56*(2), 172-188.

Glucksberg, S., & Keysar, B. (1990). Understanding metaphorical comparisons: Beyond similarity. *Psychological review*, *97*(1), 3-18.

Harati, P., Westbury, C., & Kiaee, M. (2021). Evaluating the predication model of metaphor comprehension: Using word2vec to model best/worst quality judgments of 622 novel metaphors. *Behavior Research Methods*, *53*(5), 2214-2225.

Kazmerski, V. A., Blasko, D. G., & Dessalegn, B. G. (2003). ERP and behavioral evidence of individual differences in metaphor comprehension. *Memory & Cognition*, *31*, 673-689.

Kintsch, W. (2001). Predication. *Cognitive Science*, *25*(2), 173-202.

Kintsch, W., & Bowles, A. R. (2002). Metaphor comprehension: What makes a metaphor difficult to understand? *Metaphor and Symbol*, *17*(4), 249-262.

岡 隆之介・内海 彰・楠見 孝 (2023). 日本語版 Semantic Similarity Test の妥当性の検討 日本認知科学会第 40 回大会, 770-773.

Stamenković, D., Ichien, N., & Holyoak, K. J. (2019). Metaphor comprehension: An individual-differences approach. *Journal of Memory and Language*, *105*, 108–118.

鈴木 正敏・松田 耕史・関根 聡・岡崎 直観・乾 健太郎 (2016). Wikipedia 記事に対する拡張固有表現ラベルの多重付与 言語処理学会第 22 回年次大会, 797-800.

Utsumi, A. (2005). The role of feature emergence in metaphor appreciation. *Metaphor and Symbol*, *20*(3), 151-172.

Utsumi, A. (2011). Computational exploration of metaphor comprehension processes using a semantic space model. *Cognitive Science*, *35*(2), 251-296.

ロボットにきものを着せると何が見えてくるのか？[1]
Does wearing kimono on robot change the user's view?

安久絵里子[†]，原田悦子[†, ‡]，澤田知恭[†]
Eriko Ankyu, Etsuko T. Harada, & Tomoyasu Sawada
[†]筑波大学 [‡](株)イデアラボ
University of Tsukuba, Idealab, Inc.
ankyu@tsukaiyasusa.jp

概要
生活圏で利用されるロボットにきものを着せることにより，ユーザがロボットに対して抱く印象にどのような影響があるかを検討するため，オンラインによるビデオ評価実験を行った．その結果，きもの着装ロボットは通常ロボットに比べて踊りが上手であると評価された．また SD 法による印象評価では，きもの着装ロボットは通常ロボットよりも幼いと評価されており，きもの自体の作り方によってロボットの見え方が変化する可能性も示唆された．

キーワード：着物・着装，ロボット，文化，印象評価，技能評価

1. 背景と目的

近年，人とロボットの関係性は多様になっており，産業分野のみならず個人の生活圏や家庭の中にも浸透してきている．さらに生活圏において利用されるロボットも，自動掃除機等の利便性の向上を目的とした家電系ロボットばかりでなく，人との相互作用を目的とした様々なコミュニケーションロボットが増えてきている．

コミュニケーションロボットは，その名の通り，ユーザがロボットとコミュニケーションを行うことを利用目的とすることから，いかにしてユーザにロボットを受け入れてもらい，さらに愛着を持ってもらうかが重要な要素となっている．そこでロボット開発において，機能デザインのみならず，ロボットの色や形，感触を工夫する，ロボットの持つ役割やキャラクターを特徴づける等，様々な工夫がなされてきている．そうした工夫のひとつにロボットの「装い」を介した相互作用の提案が挙げられる（藤嶋，2024）．ペットに衣服を着させるのと同様，家庭用ロボットにも衣服を着させる事例が見られており，例えば LOVOT（GROOVE X 株式会社）は公式サイトで専用の洋服を購入することができ，そのラインナップは 70 種類以上ある．また，Sota（ヴイストン株式会社）では着せ替え用の衣装を作るための型紙が公開され，ロボット用のアパレルブランド ROBO-UNI（Rocket Road 株式会社）では各種コミュニケーションロボット用の衣装を販売している．このように「装いを変える」着せ替えによって，ユーザは手軽にロボットの外見を自分の好みに合わせて変えることができ，ロボットに対する愛着をもたらす等の効果があると期待されている．

一方，ロボットの装いには当該ロボットの背景文化の提示の効果もあり，日本文化特有の装いとして和装の効果についても試みがなされている．家庭用ロボットではないが，文楽人形にもとづいたロボット（中川，2023）や浄瑠璃人形を参考にしたロボット OSONO（成田，2023）などが研究・開発され，日本文化特有の微細で細かな動きに加えて，ロボットにその文化背景独自の和装を施すことによりさらなる生命感をもたらし，親和性を高める効果が報告されている．このように日本文化を背景とした和装をロボットが纏うことでユーザにどのような影響を与えるのかを明らかにすることは，愛着を持たれるロボット作りにおいて重要な示唆を与えるのみならず，人におけるエージェント理解，エージェントとの相互作用可能性における文化の影響を考えていく上でも重要な基礎的研究と考えられる．

小田ら（印刷中）は，きもの文化への親和性の多寡として，きもの親和性の高い/低い高齢女性，大学生男／女の 4 群を対象として，きもの着装の有無を変化させたロボットの評価実験を行ったところ，ロボットのきもの着装の有無に加えて参加者のきものに対する知識・興味によっても，ロボットに抱く印象が変化する可能性を示唆した．またそうした個人特性とは独立に，参加者が日本の音楽・踊りを観た後では，「きものを着たロボット」の方が「着ていないロボット」よりも踊りが上手いと判断する傾向も示された．しかしこれは，実物を体験した上での評価を探索的に検討する研究であり，少人数を対象とした実験の結果であったことから，より一般性のある実験結果とするためには更なる検討が必要とされた．

[1] 本実験は筑波大学人工知能研究センターからの研究助成を得て行われました

そこで本研究では，小田ら（印刷中）が見出した効果をより精密に検討するため，文化的背景も担う和装として「きもの」をとりあげ，生活圏で利用されるロボットにきものを着せることとその文化背景への親和性の多寡により，ユーザに与える影響，特にロボットに対して抱く印象ならびに行動評価にどのような影響があるかを検討するため，ビデオ評価実験を行った．

2. 方法

実験概要と実験計画 きものを着装したロボット（以下きもの条件）と非着装のロボット（以下ノーマル条件）の動画をみて，その印象評価を行うオンライン調査を行った．主な検討要因は，きもの着衣の有無（きもの／ノーマル）×年代（20 代，30 代，40 代，50 代，60 代，70 代以上）×着物への興味（あり／なし）の 3 要因混合計画であった．

参加者 クラウドソーシングサービス（株式会社インテージ）の登録者を対象に，各年代で 100 名以上となるように回答を募集した．その際，a) 着物・和服への興味（あなたは「着物・和服」にどのくらい興味がありますか。）に対して「非常に興味がある(1)」から「まったく興味がない(6)」の 6 件法での回答を求め，1-3 の回答者を「興味あり」群，4-6 の回答者を「興味なし」群とし，各年代で両群が半数になる，b) 各群において性別が半数ずつとなる，を条件に参加募集を行った．その結果，668 名の回答が得られた．このうち回答の不備[2]が認められた 5 名は除外し，663 名を分析対象とした．

刺激 対象としたロボットは，SHARP 製ロボホンであり，着装したきものはロボホン用にオリジナルで制作された（小田ら，2023）．実験刺激として，正面から撮影されたきものを着装したロボホン（以下きものロボホン）および非着装のロボホン（以下ノーマルロボホン）の静止画（図 1）と動画を用いた．動画刺激は，きものロボホンとノーマルロボホンのそれぞれについて，10 秒程度の自己紹介と 2 種類（さくら，歌舞伎）の踊りを設定し，正面および右前 45 度の方向から撮影された 2 つの動画を左右に並べた合成動画を作成した．自己紹介動画では発話内容に合わせてロボホンが身振り（例 左手を上げる）を行い，踊り動画では踊りの前後に一言ずつ発話（例「はーい，踊るね」）を行った．

手続き 調査には Qualtrics を使用した．性別，年齢，

図 1 きものロボホンとノーマルロボホン(静止画)

ロボット経験，人形等の所持，きもの親和性への回答の後，課題実施前の参加者の覚醒度・感情価について VAS 形式での回答を求めた．その後，きもの着衣の有無条件ごとに，静止画および自己紹介動画を順に見て，それぞれについて覚醒度・感情価，踊りの評価（踊りが上手ではない - 上手だ），お話の評価（お話が上手ではない - 上手だ）について VAS 形式での回答を求めた（きもの着衣の有無と刺激種類 2 種の組みあわせ計 4 回）．また，ロボホンに対する「かわいい」感情評価として 2 項目（「ロボホンはかわいい」「ロボホンをそばに置きたい」）とロボホンの生物らしさについて 2 項目（「ロボホンは生きているようだ」「ロボホンは考えることができそうだ」）について「まったくそうは思わない」から「とてもそう思う」の 6 件法で回答を求めた（計 4 回）．加えて，各自己紹介動画の視聴後には，小田ら（印刷中）に準じて，ロボホンに対する SD 法印象評価として 11 形容詞対（「軽い - 重い」「冷たい - 温かい」「好き - 嫌い」「速い - 遅い」「明るい - 暗い」「不安だ - 安心だ」「大人っぽい - 幼い」「不気味でない - 不気味だ」「抵抗がある - 抵抗がない」「つまらない - 楽しい」「生意気な - 従順な」）について「とても」から「やや」までの 6 件法での回答を求めた（計 2 回）．提示されるきもの着衣の有無条件の順序は参加者間でカウンターバランスがとられた．

続いて，きもの着衣の有無条件と踊り 2 種の組合せ 4 パターンについてランダムな順に踊り動画が提示され，それぞれについて VAS 評価，および SD 法印象評価を求めた．その後，きものロボホンとノーマルロボホンの静止画を左右に並べて提示し，4 項目（「かわいい，と思うのは」「踊りが上手，と思うのは」「お話が上手，と思うのは」「そばに置きたい，と思うのは」）について，VAS 形式での直接比較評価を求めた．すべての評価の終了後に，日本文化や着物を含む 8 項目についての興味関心の程度についての回答を求めた．

[2] 年齢や性別が事前登録と不一致の 3 名，および VAS 形式の回答ですべて同じ値をつけた 2 名

3. 結果

本報告では，踊り動画視聴後の VAS 評価，SD 法評価，直接比較についての分析結果を主として報告する．自己紹介動画の結果については割愛する．

3.1 VAS 評価

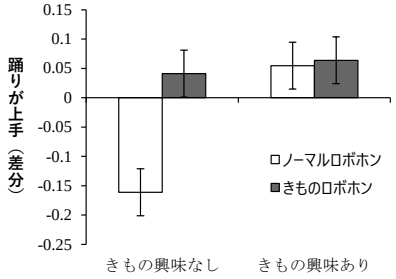
収集されたデータについて，VAS 評価にも関わらず「まったく同一の」回答（0, 50, 100）となっていることが目立つケースがあったため，静止画，自己紹介動画，踊り動画に対する VAS 評価全 32 項目を対象として，一人の参加者内での測定値の異なり数が 6 以下となる 41 名分のデータを分析から除外した．VAS 評価 4 項目のそれぞれについて，静止画での VAS 値をベースラインとした踊り動画における変化量を従属変数とし，きもの着衣の有無（2），きもの興味（2），年代（7），性別（2）の主効果，およびそれらの交互作用を固定効果，参加者をランダム切片，きもの着衣の有無をランダム傾きに投入した一般化線形混合モデルによる分析を行った．全てのカテゴリ変数は 2 値（-0.5，0.5）を用いてダミー変数化し，分布は正規分布を指定した．

覚醒度についてはきもの着衣の有無の主効果が有意（estimate = 0.17, SE = 0.04, t = 3.75, p < .001）であり，ノーマルロボホンよりきものロボホンで覚醒度が高かった．その他の主効果と交互作用は有意でなかった．

感情価についてはきもの着衣の有無の主効果（estimate = 0.32, SE = 0.04, t = 7.48, p < .001），性別の主効果（estimate = 0.15, SE = 0.06, t = 2.58, p = .001）が有意であったが，きもの着衣の有無×性別の交互作用（estimate = 0.20, SE = 0.09, t = 2.32, p = .002）が有意であり，ノーマルロボホンでは性別による差は見られなかったが，きものロボホンでは男性より女性のほうが感情価が高かった．また，きもの着衣の有無×年代の交互作用（estimate = 0.12, SE = 0.04, t = 2.84, p < .001）が有意であり，ノーマルロボホンでは年代による差は見られなかったが，きものロボホンでは年代が高いほど感情価が高かった．

踊りの評価についてはきもの着衣の有無の主効果（estimate = 0.10, SE = 0.04, t = 2.54, p = .001）が有意であったが，きもの着衣の有無×きもの興味の交互作用（estimate = -0.19, SE = 0.08, t = -2.27, p = .023）が有意であり，きもの興味あり群はきもの着衣の有無による差はみられなかったが，きもの興味なし群はきものロボホンの方がノーマルロボホンよりも踊りが上手だと評価していた（図 2）．また，きもの着衣の有無×年代の

図 2　踊りの評価
（きもの着衣の有無×きもの興味の交互作用）



交互作用（estimate = 0.15, SE = 0.04, t = 3.46, p < .001）が有意であり，ノーマルロボホンでは年代が上がるほど踊りが上手ではないと評価されたが，きものロボホンでは年代が上がるほど踊りが上手だと評価された．

お話の評価についてはきもの着衣の有無の主効果（estimate = 0.27, SE = 0.05, t = 5.96, p = .001）ときもの興味の主効果（estimate = 0.13, SE = 0.06, t = 2.08, p = .038）が有意であったが，きもの着衣の有無×きもの興味×年代の交互作用（estimate = 0.24, SE = 0.09, t = 2.61, p < .001）が有意であり，きもの興味なし群はきもの着衣の有無と年代による差はなかった。また，きもの興味あり群はノーマルロボホンでは年代による差はなかったが，きものロボホンでは年代が上がるほどお話が上手だと評価された．また，きもの着衣の有無×年代×性別の交互作用（estimate = -0.26, SE = 0.09, t = -2.85, p < .001）が有意であり，男性ではノーマルロボホンは年代が上がるにつれてお話が上手ではなく，きものロボホンは年代が上がるにつれてお話が上手だと評価されたが，女性ではいずれのロボホンも年齢が上がるにつれてお話が上手だと評価された．

3.2 SD 法評価

SD 法による印象評価 11 項目について主成分法・回転なしによる因子分析を行った（表 1）．その結果，因子数 2 が妥当だと判断され，第 1 因子は「安心だ」「抵抗がない」「楽しい」といった項目からなることから価値評価を含む「感情的評価因子」，第 2 因子は「遅い」「幼い」「重い」項目から「幼さ知覚因子」と命名した．上記の因子構造にもとづき，各因子得点を算出し，きもの着衣の有無（2）×きもの興味（4）×年代（6）×性別（2）の 4 要因混合計画分散分析を行った．その結果，感情的評価因子（図 3）については，きもの着衣の有無の主効果が有意（F(1, 641) = 16.10, 偏 η^2 = .02, p < .001）であり，きものロボホン（M = 0.05, SD = 1.02）よりノーマルロボホン（M = -0.05, SD = 0.98）の方が高い値を示した．それ以外の要因については有意な主効果も交

表 1　SD 法評価の因子分析(主成分法・回転なし)

項目：左(0) - 右(100)	Factor1	Factor2	共通性
安心だ − 不安だ	**.823**	-.192	.714
抵抗がない − 抵抗がある	**.812**	-.187	.695
楽しい − つまらない	**.806**	-.227	.702
不気味でない − 不気味だ	**.762**	.112	.594
好き − 嫌い	**.725**	.303	.617
明るい − 暗い	**.685**	.284	.550
温かい − 冷たい	**.625**	-.128	.407
従順な − 生意気な	**.624**	-.453	.595
速い − 遅い	.407	**.636**	.570
大人っぽい − 幼い	-.007	**.625**	.391
軽い − 重い	.245	**.416**	.233
因子寄与	4.569	1.499	
α係数	.880	.350	
ω係数	.918	.636	

互作用も見られなかった．また，幼さ知覚因子（図 4）については，きもの着衣の有無の主効果（$F(1, 641) = 5.68$, 偏 $\eta^2 = .01$, $p = .017$），きもの興味の主効果（$F(1, 641) = 4.78$, 偏 $\eta^2 = .01$, $p = .029$），性別の主効果（$F(1, 641) = 4.01$, 偏 $\eta^2 = .01$, $p = .046$）が有意であり，ノーマルロボホン（$M = -0.04$, $SD = 1.02$）よりきものロボホン（$M = 0.04$, $SD = 0.98$）の方が幼く評価され，興味あり群（$M = -0.07$, $SD = 1.05$）より興味なし群（$M = 0.07$, $SD = 0.95$）の方が，また男性（$M = -0.07$, $SD = 0.97$）より女性（$M = 0.07$, $SD = 1.03$）の方が幼いとしていた．

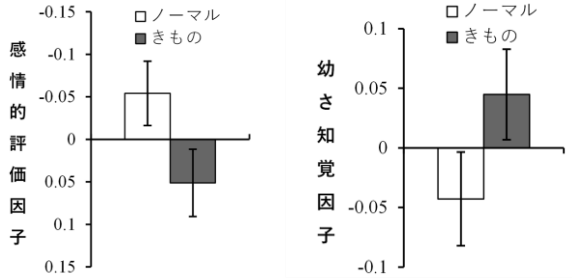
3.3　直接比較

直接比較 4 項目の VAS 値において，50 未満を「ノーマルロボホンの方が良い」，50 を「どちらでもない」，50 より大きい場合を「きものロボホンの方が良い」とカテゴリ化し，「ノーマルロボホンの方が良い」を参照カテゴリとした多項ロジスティック回帰分析を行った．説明変数には，きもの興味，年代，性別を用いた．その結果，「踊りが上手」項目では，ノーマルロボホンに対してきものロボホンの方が踊りが上手であると評価された（$OR = 0.45$, $SE = 0.08$, $z = 3.69$, $p < 0.01$）．それ以外の項目では，きものロボホンに対してノーマルロボホンの方が高く評価された（「かわいい」，$OR = -0.20$, $SE = 0.08$, $z = -2.41$, $p = 0.02$；「お話が上手」，$OR = -0.57$, $SE = 0.09$, $z = -6.32$, $p < 0.01$；「そばに置きたい」，$OR = -0.56$, $SE = 0.09$, $z = -2.30$, $p < 0.01$）．

4.　考察

ロボットへのきもの着装の効果を検討するため，きものロボホンとノーマルロボホンの動画を見て印象，行動を評価するオンライン実験を行った．二者の直接比較判断では，きものロボホンの方が踊りが上手であると評価され，また VAS による個別評価では，特にき

図 3　感情的評価因子　　図 4　幼さ知覚因子



もの興味低群できもの着装時の方が踊りが上手いと評価された．なぜきもの着装でロボットの踊り評価が高くなるのか未解決ではあるが，いくつかの仮説（小田ら, 2024）に今回の研究結果を加えて検討する必要があろう．個別の感情価評定でもきもの着装時に高い評価を得たにもかかわらず，SD 法によるロボット印象評価では，きもの着装はむしろ感情的評価因子を低下させており，ロボットとしての評価と着装時の評価のズレを示した．一方，今回のきもの着装が幼さ知覚を高めたことは「子ども用」のきもの縫製の影響（小田ら, 2024）と考えられることから，ロボットに文化的背景を持つ着装をさせることの効果には複数のルートが考えられる．本研究は全員が日本国内の参加者であったが，今後日本文化への親和性も操作した検討が必要といえよう．

謝辞

本研究の機会を与えてくださった小田明佳さん（地方独立行政法人京都市産業技術研究所），ロボホンのきものを創ってくださった鰹目菜々さん，知念葉子先生（京都光華女子大学）に感謝の意を表します．

文献

[1] 藤嶋陽子，川崎和也，佐野虎太郎（2024）ロボットのファッション：装う身体／装わない身体から考えるヒトとテクノロジーの関係，日本ロボット学会誌，42(1), pp.14-17
[2] 中川志信（2023）日本の伝統文化（能・文楽・工芸）適応で先端ロボットが人との親和性を拡大する解の探求，ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023
[3] 成田雅彦 (2023) 大規模展示会における浄瑠璃人形を参考にしたサービスロボットの集客効果と 2D-LiDAR を用いた測定，日本ロボット学会誌, 41(9), pp. 797-800
[4] 小田明佳, 鰹目菜々, 知念葉子, 安久絵里子, 原田悦子 (印刷中) ロボットにきものを着せる―きものデザインと着装効果―　繊維機械学会誌　77.
[5] 小田明佳，鰹目菜々，知念葉子，安久絵里子，岩根榛花，笹野未有，林夏未，原田悦子（2023）コミュニケーションロボット用きものの制作と着装効果，京都市産業技術研究所研究報告，13，pp. 16~20

模擬的職業場面における認知機能の観察に基づく評価の分析方法の検討

A study of analytical methods for evaluation based on observation of cognitive functions in simulated occupational situations

渋谷 友紀[†]，三浦 卓[‡]，宮澤 史穂[†]
Tomonori Shibuya, Taku Miura, Shiho Miyazawa
[†]障害者職業総合センター，[‡]三重障害者職業センター
National Institute of Vocational Rehabilitation, Mie vocational center for persons with disabilities
Shibuya.Tomonori@jeed.go.jp

概要

障害者職業総合センター職業センターが開発した実行機能概念を用いた作業管理支援プログラムにおける受講者のパフォーマンス評価の方法を検討するため，９ケースの実施結果を分析した．ベースライン期と介入期の効果量分析では，効果があったと考えられるケースもみられたが，必ずしも一貫した結果は得られなかった．実行機能の下位項目分析では，２つの期で，①ネガティブな結果のままか，ネガティブな変化をするグループと，②ポジティブな結果のままか，ポジティブな変化をするグループ，③そのいずれでもないグループが見出された．

キーワード：実行機能(executive function)，職業リハビリテーション(vocational rehabilitation)，職業評価(vocational evaluation)，模擬的職業場面(simulated work situation)

1. はじめに

近年，我が国の障害のある人の雇用者数は増加を続けている（厚生労働省，2023）． 加えて，2018 年からは，雇用義務の対象に発達障害・高次脳機能障害を含む精神障害のある人が加わったことから，認知的側面に困難を抱える人の雇用も増えてきている．しかし，精神障害の症状あるいは特性は個別性が高く，必要とされる配慮は一様ではない．そのため，就労支援を行う機関においては，障害のある人の就業上の課題や特性を，認知的側面を含め，的確に把握し，障害のある人本人や障害のある人を雇用する企業に伝達する必要性が高まっていると考えられる．

2. 目的

障害のある人の就労支援活動のひとつである職業リハビリテーションでは，対象者の認知機能の評価のために神経心理学的検査を用いることがある．しかし，就労上の課題は，統制された検査室での検査のみでは気づかれないことも多いことから，評価の生態学的妥当性を高めるため，ワークサンプルや場面設定法などを用いた行動観察がなされる（相澤, 2020）．

障害者職業総合センター職業センター（以下「職業センター」）は，発達障害のある人がスケジュールやタスクなどの管理に就労上の課題を抱えることが多いことに注目し，認知機能のなかでも特に実行機能（遂行機能，executive function）に評価の視点を置いた「作業管理支援」プログラム（以下「作業管理支援」）を開発した（職業センター，2021）．このプログラムは，締め切りの異なる複数のタスクを５日間で計画的に遂行することを目指すものであり，一種の場面設定法と言える．このプログラムの受講者は，途中で追加されるタスクも含め，どのタスクがどの程度の進捗状況にあるか，締め切りが近いタスクのうちどのタスクを優先的に進めるかなど，タイムプレッシャーのある状況下での情緒的な面も含め自己管理することが求められる．作業管理支援では，この５日間のプロセスを，間に介入（個別相談や訓練）の時期を挟んで２度実施する．ここでは１度目を「ベースライン期」，２度目を「介入期」と呼ぶ．

評価には，観察のポイントをリスト化した「行動観察シート」が用いられる．このシートには，リスト化された実行機能に関連する行動（以下「実行機能関連行動」）の生起，非生起を記す欄と具体的な行動をメモする欄とがあり，シートに記入した結果は，課題実施後の相談の際，受講者が生起させやすい／させにくい実行機能関連行動の把握やプログラムの質的な効果の検討に用いられている．しかし，これまでのところ，結果分析の標準化された手法は確立されておらず，現状では，評価する支援者の経験に基づく分析に頼らざるを得ない．つまり，支援者が結果の何に注目し，どのような対処方法を提案するかといった支援プロセスは，個々の支援者のスキルや経験に委ねられている．そのため，経験の浅い支援者や実行機能の概念を用いた評価や支援を行うことに不慣れな支援者は，行動観察シートの結果に

基づく対応に困難を感じる可能性がある.

障害者職業総合センター（2022）は，シングルケースデザイン法の効果量を用いた分析方法（高橋・山田，2008 など）を参考に、介入前後の達成率を比較することで量的分析を行える可能性を示したが，実践現場で活用できるものとはなっていない. そこで, 本研究では, 障害者職業総合センター(2022)の分析方針を踏まえ，さらに詳細な分析を試みることで，量的分析のより実践的な可能性を検討することを目的する.

3. 実行機能の考え方

実行機能は，Miyake, Emerson, & Friedman (2000) によれば，「抑制(inhibition)」，「シフト(shifting)」，「更新(updating)」の３要素から構成される．この定義は，その後，Miyake & Friedman (2012) によって，「抑制」が「共通実行機能(common executive function)」に置き換えられているが, 優勢な反応を抑えること, 複数の課題を柔軟に切り替えること，ワーキングメモリに保持された情報を適宜更新することが実行機能概念の中心をなすことに変わりはない. この実行機能の下位項目は, それら３つの要素の他にも種々あり，研究によって異なるとされる（Goledstein, Naglieri, Princiotta,& Otero, 2014）.

作業管理支援は行動観察による評価であることから，行動に基づいて実行機能を評価する Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF; Giogia & Isquith, 2000) の下位項目を主として採用している。表１に作業管理支援における実行機能の下位項目を示す.

表１　実行機能の下位概念（職業センター，2022 より）

実効機能の下位概念	定義
抑制	・当該の状況で優位な（優勢な）行動や思考を抑制する力 ・衝動を制御する力 ・自動的な反応を意図的に抑制する力
シフト	・新しいルールや試行、反応に柔軟に切り替える力
情緒のコントロール (略称: 情緒)	・情緒的な反応を適切に調節すること ・今の自分の感情に気づいたり、興奮を抑えたり、場に応じた適切な感情を表出する力
開始	・自発的に課題や活動を始める力
ﾜｰｷﾝｸﾞﾒﾓﾘ(略称: WM)	・さまざまな課題の遂行中に一時的に必要となる記憶
計画・組織化 (略称: 計画)	・計画：ある目標の達成に向けて事前に行動の手順を計画する力 ・組織化：目標を成し遂げるための情報、活動、道具に秩序をもたらす力
道具の整理(略称:道具)	・仕事場、生活空間、道具を整然と保つ力
タスクモニタ (略称: タスク)	・確実に目標を達成するため、課題遂行中又は課題終了後の出来栄えについて評価する力
セルフモニタ (略称: セルフ)	・自分の行動と自分の行動が他者に与える影響を把握する力、個人のセルフモニタリング機能

4. 方法

（１）評価指標

作業管理支援における行動観察シートは，33 の実行機能関連行動がリスト化されており, 支援者は, 毎日, それらが「できていた（＋)」,「できなかった（－)」,「できたりできなかったりした（±)」の３種の記号で評価する．そのような行動が生じる場面がなかった場合は,「場面がなかった（レ)」とする.

本研究では，それらの記号を「＋＝１」,「±＝0.5」,「－＝０」と得点化し，その合計点を「達成得点」として算出した. さらに, 評価場面の有無に関わらず各期を比較できるよう, 達成得点を評価数（＋, ±, －の個数）で除した「達成率」を算出した.

（２）研究協力者

職業センター及び地域障害者職業センターのプログラム参加時に研究への協力の同意を得ている受講者９名について, 行動観察シートの提供を受けた．９名の属性は表２のとおりである.

表２　研究協力者の属性

	性別	年代	診断
ケース１	男性	20代	ASD、ADHD
ケース２	男性	30代	発達障害
ケース３	男性	20代	広汎性発達障害
ケース４	男性	20代	広汎性発達障害
ケース５	女性	20代	アスペルガー症候群
ケース６	女性	50代	注意欠如多動性障害 自閉症スペクトラム障害
ケース７	男性	30代	ADHD、うつ
ケース８	男性	30代	自閉症スペクトラム障害 注意欠陥多動性障害
ケース９	男性	40代	高次脳機能障害

なお，ケース１～３は，障害者職業総合センター（2022）が分析対象とした者と同一である.

（３）分析方法

第一に，ベースライン期と介入期の達成率の全体的な変化をみることができるかを検討するため，シングルケースデザイン法の方法を用いて効果量を調べる. シングルケースデザイン法の効果量は，複数提案されているが, いずれを用いるべきか明確な基準はない. そこで，複数の効果量で補完しあうことを提案する研究者もいることから（丁子，2022），本研究においても２タイプの効果量を併記する．１つは比率に基づく効果量 PND（Percentage of Non-overlapping Data），もう１つは平均値差に基づく効果量 SMD（Standardized Mean Difference）である．PND は，ベースライン期の最も望ましい値よりも望ましい値をとる介入期のデータが,

介入期全体のデータ数に占める比率を計算する．ただし，ベースライン期に極端な値がある場合は推奨されないことから（竹林，2021），基準とするベースライン期の値を中央値とするPEM（Percentage of data Exceeding the Median）も併せて示す．SMDは，〔ベースライン期の平均値と介入期の平均値の差〕÷〔ベースライン期の標準偏差〕で算出するSMD-1と，SMD-1の分母を〔プールされた標準偏差〕に差し替えて算出するSMD-2がある．本研究では，SMDは高橋と山田（2007）で解釈基準が示されているSMD-2を用いることとし，2タイプ3種類の効果量を示す．

第二に，ベースライン期と介入期の達成率の変化を，表1に示した各下位項目で検討する．各下位項目が全ての日において観察できるわけではないことから，1日ごとの達成率までは算出せず，ベースライン期から介入期において変化があったか，あったとすればそれはポジティブな変化かネガティブな変化かを検討する．

5. 結果

（1）効果量

各ケースの達成率の平均値，中央値，標準偏差および効果量を表3に示す．

表3 ケースごとの達成率の平均値他と効果量

		平均値		中央値		標準偏差	PND	PEM	SMD-2
ケース01	フェイズ2	83.9		84.4		11.6	0.0%	100.0%	0.84
	フェイズ3	91.4	▲	90.0	▲	4.8	(効果なし)	(大きな効果)	(効果なし)
ケース02	フェイズ2	65.0		66.5		11.8	60.0%	100.0%	1.64
	フェイズ3	84.5	▲	85.3	▲	12.0	(中程度の効果)	(大きな効果)	(小さな効果)
ケース03	フェイズ2	16.4		16.7		0.4	40.0%	40.0%	0.11
	フェイズ3	17.6	▲	10.5	▽	13.8	(効果なし)	(効果なし)	(効果なし)
ケース04	フェイズ2	67.1		61.1		22.9	0.0%	40.0%	-0.22
	フェイズ3	61.6	▽	55.6	▽	26.8	(効果なし)	(効果なし)	(効果なし)
ケース05	フェイズ2	79.6		77.5		18.4	0.0%	100.0%	0.43
	フェイズ3	85.5	▲	82.4	▲	6.1	(効果なし)	(大きな効果)	(効果なし)
ケース06	フェイズ2	97.2		100.0		4.9	0.0%	0.0%	-1.20
	フェイズ3	89.4	▽	89.5	▽	7.7	(効果なし)	(効果なし)	(小さな効果)
ケース07	フェイズ2	78.4		83.3		16.9	0.0%	0.0%	-2.48
	フェイズ3	73.4	▽	74.4	▽	6.1	(効果なし)	(効果なし)	(中程度の効果)
ケース08	フェイズ2	86.6		90.6		12.4	0.0%	60.0%	0.47
	フェイズ3	91.4	▲	93.2	▲	7.7	(効果なし)	(中程度の効果)	(効果なし)
ケース09	フェイズ2	56.8		71.4		33.3	60.0%	100.0%	1.21
	フェイズ3	86.1	▲	88.9	▲	7.7	(中程度の効果)	(大きな効果)	(小さな効果)

効果量は，PNDでは効果がないという結果が7ケースと最も多く，2ケースが中程度の効果であった．PEMでは，効果がないという結果が4ケース，大きな効果があるという結果が4ケース，中程度の効果があるという結果が1ケースであった．SMD-2は効果がないという結果が5ケース，小さな効果があるという結果が3ケース，中程度の効果があるという結果が1ケースであった．ただし，SMD-2の場合，ケース06及びケース07はそれぞれ小さな効果，中程度の効果があるという結果であったが，負の効果であった．

なお，ケース02や09のように平均値でみても，中央値でみても比較的大きく変化している場合，いずれの効果量においても一定の効果が認められた．

（2）下位項目の達成率の変化

ここでは，下位項目ごとに，ベースライン期，介入期それぞれの達成率の平均値とその95%信頼区間を求め，それに収まる値を中程度の値とし，それより大きい値を「相対的に大きい」，小さい値を「相対的に小さい」と考える．そのうえで，達成率の変化のパターンを表4に示す．

表4 ケース別の下位項目の達成率の変化パターン

	抑制	シフト	情緒	開始	WM	計画	道具	タスク	セルフ
ケース01	▲中→大	大➡大	大➡大	大➡大	大➡大	▲中→大	大➡大	▼大→中	大➡大
ケース02	▲小→大	大➡大	大➡大	▲小→大	▲小→大	▲小→大	大➡大	小➡小	▼大→中
ケース03	小➡小	小➡小	小➡小	小➡小	小➡小	小➡小	小➡小	小➡小	小➡小
ケース04	▼大→小	▲小→中	小➡小	大➡大	▲小→中	小➡小	▲小→中	小➡小	▲小→大
ケース05	▲中→大	大➡大	小➡小	▲中→大	▲中→大	中➡中	中➡中	大➡大	▼大→中
ケース06	大➡大	大➡大	▼大→小	大➡大	大➡大	大➡大	大➡大	大➡大	大➡大
ケース07	大➡大	大➡大	小➡小	大➡大	大➡大	▼中→小	大➡大	▼大→中	▼大→中
ケース08	大➡大	大➡大	大➡大	大➡大	大➡大	大➡大	大➡大	▼中→小	▲小→大
ケース09	大➡大	大➡大	▲小→大	大➡大	大➡大	▲小→中	大➡大	▲小→大	▲小→中

その結果を，① ネガティブな結果ないしネガティブな変化が比較的多く生じる下位項目（介入効果がポジティブでなかった=相対的にネガティブであった項目），② ポジティブな結果ないしポジティブな変化が比較的多く生じる下位項目（介入効果がネガティブでなかった=相対的にポジティブであった項目），③ どちらとも言えない下位項目の3グループに分類した．

①のグループには，「情緒のコントロール」および「タスクモニタ」を挙げる．「情緒のコントロール」は，ケース09で小さな達成率から大きな達成率へのポジティブな変化があったほかは，4ケースで小さな達成率のままというネガティブな結果であり，1ケースで大きな達成率から小さな達成率へのネガティブな変化があった．また，「タスクモニタ」は，ケース09で小さな達成率から大きな達成率へのポジティブな変化があったほかは，3ケースで小さな達成率のまま，3ケースで大きな達成率ないし中程度の達成率から小さな達成率へのネガティブな変化があった．

②のグループには，「抑制」，「シフト」，「開始」，「ワーキングメモリー」，「計画・組織化」，「道具の整理」の6項目を挙げる．これらの項目は，6割以上のケースで達成率のポジティブな変化が見られるか，少なくともネガティブな変化が見られなかった．また，介入期で達成率のネガティブな変化があっても，そのケース数はポジティブな変化のあったケース数より少なかった．

③のパターンには「セルフモニタ」が挙げられる.「セルフモニタ」は, 両期で大きな達成率を示し, 変化がなかったケースが２ケース, ポジティブな変化が３ケース, ネガティブな変化が３ケースであった.

6. 考察

（１）効果量

効果量は, すべてのケースで一貫性ある結果が示されたわけではないが, 効果があったと考えられるケースもみられた. 効果量によってプログラムの効果を検討することができればよいが, 現状では, 指標とした達成率が比率であったことも含め検討の余地がある.

しかし, ベースライン期を実施した後に, 達成率が低いなどの基準によって実行機能関連行動を選び, その改善方法を受講者とともに検討したうえで, それを標的行動として介入期を実施することは, その行動の生起度数の増加ないし減少を観察できるため, 効果量による評価が有効に機能するかもしれない.

（２）下位項目の達成率の変化

一方, 各下位項目の達成率は,「情緒のコントロール」及び「タスクモニタ」の２項目でネガティブな変化が多い, あるいはベースライン期のネガティブな結果についてポジティブな変化を得られることが少ないことが示されるなど, 本プログラムで観察しやすい実行機能上の課題が示唆されたと考えられる.

また, 個々のケースに注目すると, ケース 04 の「抑制」, ケース 06 の「情緒のコントロール」, ケース 07 の「タスクモニタ」など, ベースライン期では達成率が大きかったにもかかわらず, 介入期で小さくなるという現象が観察された. これには, ２回目であることや, ベースライン期とは異なる種類のタスクが示されたことなどの要因が影響している可能性がある.

行動の評価を行い, 対処方法を検討し, それを実践するという意味では, ２回の試行で十分のように思えるが, ２回目の試行で観察される特性もある可能性を考慮すれば, ３回目ないし４回目の試行を検討する必要も有るかもしれない.

（３）総合考察

認知機能の課題を明らかにするため, 作業管理支援は受講者個人の行動に注目した. その結果,「情緒のコントロール」や「タスクモニタ」など, 一般的に改善が難しい実行機能の下位項目や, 受講者個人の苦手とする項目を見出すことができる可能性が示された.

しかし, 認知機能は, 脳などの神経系の特性だけに還元されるものではなく, 身体と環境が作る比較的大規模な系において生起するものである（Gibson, 1966/2011）. 例えば, 今回の事例のなかでも、対象者が指示を受ける際, 指示を聞くこととメモを取ることを同時に行うことが難しいケースでは, 指示を出す支援者が指示出しの工夫をすることで, メモ取りをしやすくする事象が観察された. このように人を含めた身体ー環境系を再デザインすることが作業管理支援プログラムのひとつの方向性であるように思われる.

その際, ２回目以降で特性が見出される可能性を考慮すると, １回の試行に５日かかる現行のスタイルは支援者にとっても受講者にとっても負担が大きいと考えられる. そのため, 簡易的な実施方法を検討することも考えうる方略であろう.

文献

相澤 欽一 (2020). 職業評価. 日本職業リハビリテーション学会[監修], 職リハ用語集編集委員会[編]. 『障害者雇用・就労支援のキーワード　職業リハビリテーション用語集』. やどかり出版, 112-113.

丁子 雄希 (2022). 作業療法士のための超実践！シングルケースデザイン: 導入から統計手法まで. 金芳堂.

厚生労働省 (2023). 令和５年　障害者雇用状況の集計結果. https://www.mhlw.go.jp/content/001186355.pdf

Gibson, J. J. (1966/2011). 生態学的知覚システム: 感性をとらえなおす. 佐々木正人・古山宣洋・三嶋博之[監訳], 東京大学出版会.

Miyake, Emerson, & Friedman. (2000). Assessment of Executive Functions in Clinical Settings: Problems and Recommendations. *Seminars in Speech and Language*, 21(2), 169-183.

Miyake & Friedman. (2012). The Nature and Organization of Individual differences in Executive Functions: Four General Conclusions. Current Directions in Psychological Science, 21(1), 8-14.

職業センター (2021). 発達障害者のワークシステム・サポートプログラム　在職中又は休職中の発達障害者に対する作業管理支援, 『障害者職業総合センター職業センター実践報告書』, No.39.

障害者職業総合センター (2022). 作業管理支援のアセスメントプロセスに関する調査研究. 『資料シリーズ』, No. 106.

高橋 智子・山田 剛史 (2008). 一事例実験データの処遇効果検討のための記述統計的指標について: 行動分析学研究の一事例実験データ分析に基づいて.『行動分析学研究』, 22(1), 49-67.

竹林 由武 (2021). シングルケース実験デザインにおける介入効果の評価 『心身医学』, 61(8), 708-714.

大域的オプティックフローの視線誘導効果
Effects of Global Optic Flow on Gaze Guidance

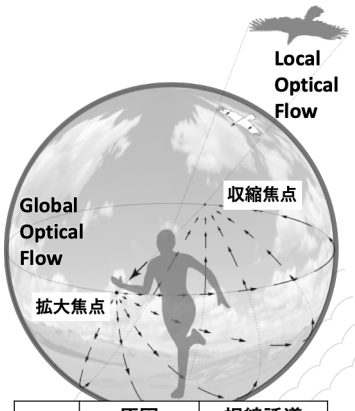
畑 美緒†，加藤 麻樹†，三嶋 博之†
Mio Hata, Macky Kato, Hiroyuki Mishima
†早稲田大学
Waseda University
81plus1.30@akane.waseda.jp

概要
対象の移動から生じるLOFが存在する環境下において，観察者の移動から生じるGOFが視覚的探索に与える影響について，GOFの速度の違いによる知覚の変化を検討した．その結果，GOFの速度は，視覚探索の反応時間には干渉しないものの，速いGOFはその外側あるいは周辺への注意を誘導すること，また，視覚探索活動を複雑化させる可能性が示唆された．

キーワード：optic flow (オプティックフロー)，visual search (視覚探索)，perception (知覚)

1. はじめに

ヒトや，視覚器官を有する動物が行為を制御するために必要な「動き」の視覚情報として，optic flow[1] (以下OF)がある．OFのうち，特に観察者自身の移動で生じる大域的な流動をglobal optic flow (以下GOF)，観察者以外の対象の移動で生じる局所的な流動を local optic flow (以下LOF) と呼ぶ (図1)．これらのOFは，視覚を有する動物にとってアフォーダンスを持っており，動物はそれらを知覚することによって自身の行動を制御し環境に適応していると考えられる[1].



	原因	視線誘導
GOF	自己の運動	ない可能性
LOF	対象の運動	あり

図1．オプティックフロー知覚

先行研究から，ヒトにおいては，点群から成る規則的なOFが，行為者の注意を誘導することが知られている[2-4]．単一のGOFがその中心に視線を誘導するものと解釈できる一方で，複数のOF，たとえばLOFとGOFが同時に存在する場合，異なった結果がもたらされる可能性がある．動物にとって慣れ親しんだGOFへの視線誘導は，対象が生成するLOFへの視線誘導等に何らかのかたちで干渉すると考えられる[4].

本研究は，OFによる視線誘導においてこれまで検討されていない，LOFが存在する条件下でGOFが与える影響に注目し，ディスプレイ上に点群からなるGOFとLOFを呈示することで，視覚探索課題におけるGOFの効果を明らかにすることを目的とする．

2. 実験

実験参加者　実験参加者参加者は22名であった．

実験装置・計測項目　顎台で実験参加者の頭部を支持し，大型ディスプレイモニタ（55インチ，ソニー製）で映像刺激を提示した．映像刺激に対して，参加者はTargetの弁別を行い，十字型配列のResponse Pad（RB-540，cedrus社製，以下キーパッド）で応答した．実験実行プログラムは PsychoPy を使用し，認知材料は，7500〜8500 msで作成された映像刺激（表示サイズ：約1126 mm × 680 mm）であった．このとき，計測項目はTargetが出現してから応答するまでの反応時間及び，視線計測装置（Pupil Invisible，Pupil Labs社製）で計測した視線運動データであった．

映像刺激　映像刺激は，画面中央の同一円周上に等間隔で8箇所配置されたプレイスホルダーのいずれか一つの中に，特定のタイミングで2種の数字が呈示された (図2)．映像刺激の中で，点群を散布した円筒中心を等速で移動する画角を持たせたGOFは，画面中央部から継続して発生し，周辺部へと一定加速度で拡大するように見える点群であった．一方，LOFは，一定加速度で拡大する球状の点群として生成され，プレイスホルダーの一つにランダムに呈示された．課題は，プレイスホルダーのいずれかに表示される数字を視覚的に探索し，弁別した上で，数字に対応した2つのボタンを可能な限り早く押下することであった (図 2)．畑他 (2023) の視線の分析から，水平方向の視線運動と上下

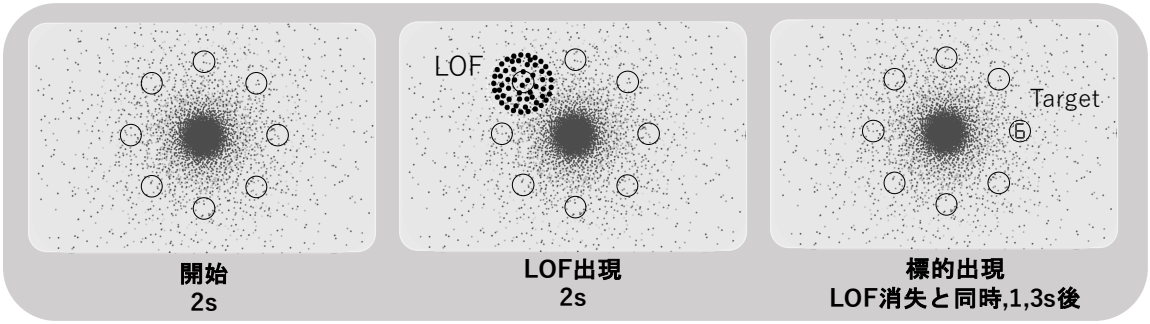
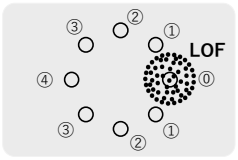


図 2. 実験 1 の流れ

方向の視線運動の速度が異なることが示唆されており，さらに視線は LOF と GOF の焦点を含む軸に沿って，LOF が拡大する方向に誘導されることが示唆されたことから，「対角」条件を含む「一致，90 度，対角」の 3 水準を使用した．よって，LOF の出現位置を図 4 のように設定した. 結果として, 映像刺激の要因は「GOF の速度」 (0, 300, 1500 pixel/s：以下 0, 5, 25 と呼ぶ)，LOF が呈示されてから標的が呈示されるまでの「時間差」(3 水準 : 0, 1, 3s), LOF と標的の呈示位置の「位置関係」(64 水準 : プレイスホルダーの組み合わせ) であった. 刺激セットは，「位置関係」を LOF の呈示位置から課題発生位置が一致する位置を⓪とし，以降は距離が近い順に①〜④の内，図 4 のよう①・③を除いた 3 水準を分析対象とした．GOF の速度要因の 3 水準においてランダムな組み合わせで作成された映像刺激 72 本（図 3）をセットとしたものを 1 セクションとして，各 2 セクション設定し，計 6 セクション実施した.



GOFの速度	時間差	位置関係	1条件での出現回数	GOF 1 水準での出現回数
0,300,1500 (pixcel/s)	0,1,3(s)	⓪一致	4	12
		②90度	8	24
		④対角	4	12
		①・③		24
			1セクションの合計	72

図 3. 実験 1 の位置関係の出現頻度

3. 結果

3.1. 反応時間に対する 3 要因分散分析

反応時間に対する 3 要因分散分析の結果 (図 4, 表 1), 位置関係の主効果（$F(2, 40) = 4.86, p < .05$, $\eta_G^2 = .007$），GOF の速度時間差の一次の交互作用（$F(4, 80) = 4.66, p < .01$, $\eta_G^2 = .010$），GOF の速度と位置関係と時間差の二次の交互作用（$F(8, 160) = 2.13, p < .05$, $\eta_G^2 = .006$）が有意であり，時間差の主効果（$F(2, 40) = 2.74, p < .10$, $\eta_G^2 = .006$）が有意傾向であった．それ以外の主効果，交互作用は有意ではなかった.

下位検定の結果より GOF の効果について抜粋すると，速度 5 条件における対角条件下で 0 s 条件＜ 1 s 条件 ＝3 s 条件であった．一方で，速度 25 条件における対角条件下で 0 s 条件 ＞1 s 条件 ＝ 3 s 条件，さらに速度 25 条件における 0 s 条件下で一致＜90 度=対角であった．そして，速度 0 条件と速度 5 条件で差がなかった.

表 1. 反応時間に対する 3 要因分散分析結果

	df	*F*	*p*	η_G^2
GOF速度	2	1.666	0.202	0.008
残差	40			
位置関係	2	4.861	0.013	0.007
残差	40			
時間差	2	2.735	0.077	0.006
残差	40			
GOF速度 ✻ 位置関係	4	0.797	0.531	0.001
残差	80			
GOF速度 ✻ 時間差	4	4.657	0.002	0.01
残差	80			
位置関係 ✻ 時間差	4	1.669	0.165	0.004
残差	80			
GOF速度 ✻ 位置関係 ✻ 時間差	8	2.129	0.036	0.006
残差	160			

注. タイプ3の2乗和を使用しています

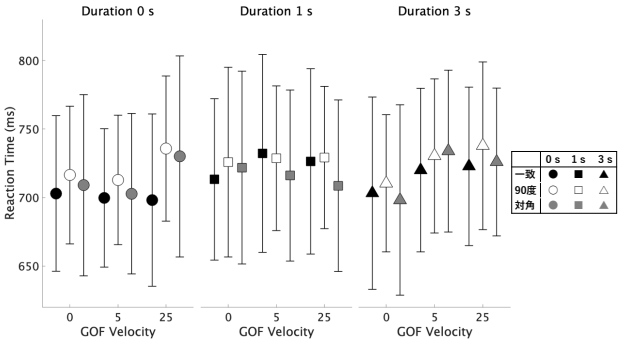


図 4. 位置関係・時間差の交互作用

(エラーバーは標準偏差)

3.2. 視線運動データに対する分析

3.2.1. 階層ベイズロジスティック回帰分析

GOF が視線に及ぼす効果を分析するために，19 名 (正しく測定できていなかった参加者 3 名を除く) の視線データを利用し，階層ベイズロジスティック回帰分析を行った．画面の中心からプレイスホルダーまでの

距離の半分を半径とした円の内側を「中心部」，その外側を「周辺部」と定義し，エリアごとに視線データの有無を判定した上で，各参加者内で累積した．GOF の速度を要因として，中心部にある視線の個数と周辺部の視線の個数について階層ベイズロジスティック回帰分析を行った[5-7]．MCMC サンプリング (iteration = 10000; warmup = 5000; thinning = 1; treedepth = 20) を行って事後分布を推定したところ収束を確認し ($\hat{R} < 1.007$)，速度 0 条件を基準としたとき，速度 5 条件の効果の係数の平均値は 0.249, 95% Bayesian CI [0.246, 0.253]であり，速度 25 条件の効果の係数の平均値は 0.048, 95% Bayesian CI [0.045, 0.052]であった．GOF の速度条件によって異なった効果があることが確認され，それぞれの係数の信頼区間が重なっていないことから，速度 5 条件，速度 25 条件，速度 0 条件という順に視線が中央部に集まっていることが確認された（図 5）．

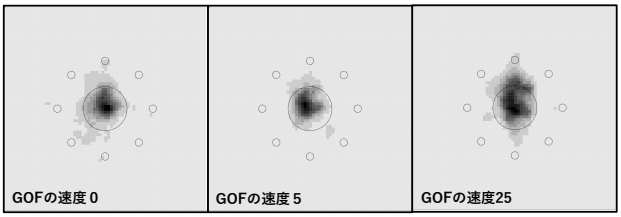


図 5. GOF の速度条件ごとの視線のヒートマップ

3.2.2. 時系列的解析

GOF や LOF などの「イベント」が視線に及ぼす効果を分析するために，視線運動データについて時系列解析であるサンプル・エントロピー (Sample Entropy，以下 SEn) の解析[8-9]と，リカレンス・プロット (Recurrence Plot，以下 RP) への再帰定量化分析 (Recurrence Quantification Analysis，以下 RQA)を行った[8, 10]．このとき，イベントの区切りは，試行が開始してから GOF のみが呈示されている 2 秒間 (GOF 条件)，LOF が呈示されてから消失するまでの 2 秒間 (LOF 条件)，LOF が消失してから課題が呈示され参加者が回答するまでの任意の時間 (END 条件) で区切られた (図 2 参照) ．

3.2.2.1 エントロピー解析

Embedding dimension = 1; Tolerance = 0.05 によって，算出された各実験参加者の SEn について，「イベント」(3 水準) と「GOF の速度」 (3 水準) と「XY 座標」(2 水準) の 3 要因に対して分散分析を行った結果 (表 2, 図 6)，イベントの主効果（$F(2, 36) = 5.57$, $p < .01$, $\eta_G^2 = .012$），GOF の速度の主効果（$F(2, 36) = 9.79$, $p < .001$, $\eta_G^2 = .003$）が有意であり，それ以外の主効果および交互作用は有意ではなかった．

表 2. SEn に対する 3 要因分散分析結果

	自由度	F	p	η_G^2
EVENT	2	5.571	0.008	0.012
残差	36			
XY	1	1.15	0.298	0.001
残差	18			
GOF速度	2	9.794	< .001	0.003
残差	36			
EVENT ✻ XY	2	0.548	0.583	0.000
残差	36			
EVENT ✻ GOF速度	4	0.803	0.527	0.000
残差	72			
XY ✻ GOF速度	2	0.168	0.846	0.000
残差	36			
EVENT ✻ XY ✻ GOF速度	4	0.81	0.523	0.000
残差	72			

注. タイプ3の2乗和を使用しています

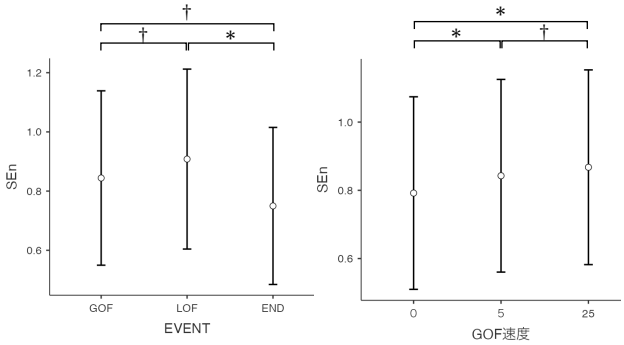


図 6. EVENT・GOF の速度の主効果

(*p<.05, **p<.01（Holm 法）．エラーバーは信頼区間)

3.2.2.2 再帰定量化分析

各実験参加者の RP ($r = 0.05$; Euclidean norm; No normalization of the data) に対する RQA によって Recurrence rate (RR) が算出された．

表 3. RR の分布

	GOF/0	GOF/5	GOF/25	LOF/0	LOF/5	LOF/25	END/0	END/5	END/25
N	19	19	19	19	19	19	19	19	19
平均値	0.193	0.205	0.201	0.224	0.243	0.227	0.206	0.206	0.196
中央値	0.171	0.184	0.191	0.204	0.218	0.204	0.159	0.151	0.176
標準偏差	0.082	0.093	0.107	0.134	0.139	0.149	0.107	0.118	0.111
最小値	0.067	0.049	0.058	0.053	0.036	0.048	0.053	0.037	0.047
最大値	0.377	0.406	0.477	0.650	0.649	0.695	0.409	0.445	0.408
シャピロ=ウィルクのW	0.954	0.950	0.941	0.853	0.903	0.863	0.939	0.933	0.947
p値	0.456	0.400	0.274	0.008	0.054	0.011	0.249	0.197	0.353

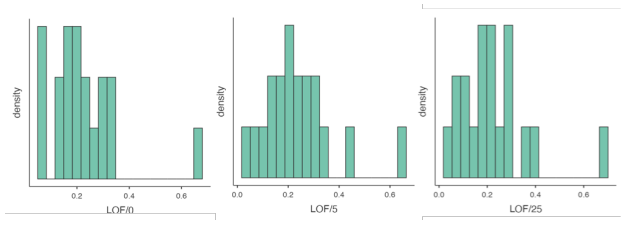


図 7. LOF 条件のデータ分布

RR に対して，「イベント」(3 水準) と「GOF の速度」 (3 水準) の 2 要因について，分布を確認したと

ころ，EVENT 要因の LOF 条件において，シャピル=ウィルクの W が有意，あるいは有意傾向となった (表 3，図 7).

4. 考察

4.1. 反応時間に与える影響

GOF の速度要因は，反応時間について主効果がなかったことより，必ずしも GOF の速度が探索活動の反応時間というパフォーマンスに干渉するとはいえないだろう．ただし，速度のある GOF は時間差との交互作用が認められたことで，LOF が消失してから Target が出現するまでの時間差が異なるとその効果が異なることが確認された.

以上のことから，0 s 条件下で，速度 5 条件では GOF が対角までの視線の動きに影響を与えない一方で，速度 25 条件では GOF が対角までの視線の移動に干渉していると考えられる.

4.2. 視線運動に与える影響

階層ベイズロジスティック回帰分析の結果より，GOF の速度要因の水準によって，中央部への視線の集まり方が異なっていることが示された. 具体的には, 速度のある GOF が呈示された場合，速度のない GOF が呈示される場合と比べ GOF の中央部への視線が集まり，GOF の速度が速いほど速度の遅い GOF と比べ，GOF の中央部への視線が集まらなかった. これは, GOF に含まれている「情報」が影響していると考えられる. GOF の「動き」が発生した場合，「動かない」GOF に対して情報が付加されるため，GOF に視線が誘導される．したがって，GOF の発生位置（進行方向）である中央に注意が向けられた可能性がある．しかし，GOF が動く場合において，GOF の情報はその動きの「速度」によってさらに異なってくるだろう．本実験で設定した速度 25 条件の GOF の視線への干渉の仕方として，GOF 拡散方向に戻す効果あるいは GOF の外側に留める効果があると考えられる．つまり，遅い GOF はその中心に視線を誘導する一方で，速い GOF は中心だけでなく，その外側あるいは周辺へ視線を誘導する可能性が示唆された．これは，GOF の中心に視線を誘導することが確認されている先行研究[2,4]に対して矛盾する結果ではなく，GOF の速度によって GOF の効果が異なることを示唆している.

また, エントロピー解析より, 速度 25 条件の GOF はエントロピーを増大させることがわかり，探索活動が複雑になっている可能性が示唆された.

これらのことから，反応時間という全体的なパフォーマンスに対して GOF の速度が影響しなかったにも関わらず，視線運動に対する GOF の速度の効果が異なったことから，GOF の速度に適応した探索活動が調整され，その調整の結果として探索活動が複雑化した可能性があるといえる.

また，再帰定量化分析により，GOF の情報に LOF が重ねて呈示されたときに，再帰率が個人によって異なることが示唆された．これは，新たに発生した LOF への視線が誘導される人，されない人がいることを示している. よって, GOF の中央は視線を誘導するものの, その視線誘導効果の維持が個人によって異なる可能性を示唆している. 今後, 再帰定量化分析によって環境を知覚する探索活動の個人差およびその適応の違いを示す可能性がある.

5. 謝辞

本研究は，JSPS 科研費 24KJ2113 の助成を受けた研究の一部であり，謝意を表します.

文献

[1] Gibson, J.J. (1966). *The Senses Considered as Perceptual Systems*. Houghton Mifflin Company.
[2] Higuchi, Y., Inoue, S., Endo, T., & Kumada, T. (2019). Task-irrelevant optic flow guides attention in visual search. *Attention, Perception, & Psychophysics, 81*, 1327-1345. https://doi.org/10.3758/s13414-018-01646-8
[3] von Mühlenen, A., & Lleras, A. (2007). No-Onset Looming Motion Guides Spatial Attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *33*, 1297-1310. https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.6.1297
[4] 畑 美緒・加藤 麻樹・三嶋 博之 (2023). 探索における大域的オプティックフローと局所的オプティックフローの相互作用 認知科学, *30*(3), 1-7.
[5] 久保 拓弥 (2012). データ解析のための統計モデリング入門――一般線形モデル・階層ベイズモデル・MCMC 岩波書店
[6] 松浦 健太郎 (2016). Wonderful R 2 Stan と R でベイズ統計モデリング 共立出版
[7] 照井 伸彦 (2010). シリーズ〈統計科学のプラクティス〉2 R によるベイズ統計分析 朝倉書店
[8] 児玉謙太郎・清水大地・安田和弘 (2021). 非線形時系列解析による動作の質の評価と表現: 医療・スポーツ分野への応用 バイオメカニズム学会誌, *45*(4), 227-238.
[9] Richman, J. S., & Moorman, J. R. (2000). Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*, 278(6), H2039-H2049.
[10] Anderson, N. C., Bischof, W. F., Laidlaw, K. E., Risko, E. F., & Kingstone, A. (2013). Recurrence quantification analysis of eye movements. *Behavior research methods*, *45*, 842-856.

儀礼的動作系列の長さと構造の心理学的効果
The psychological effects of length and structure of ritualistic action sequences

中分 遥†，佐藤 浩輔‡
Yo Nakawake, Kosuke Sato

†北陸先端科学技術大学院大学，‡ 株式会社バンダイナムコ研究所・筑波大学
† Japan Advanced Institute of Science and Technology, ‡ Bandai Namco Research Inc. / University of Tsukuba
† nakawake@jaist.ac.jp, ‡ sato.cos135@gmail.com

概要

中分・佐藤・五十里（2022）に続き，儀礼的行為における系列長さの効果を検討するための実験を行った．2種類の行動からなる長さ 5 までの刺激系列を用意し，実験参加者に儀式としての効能や複雑性といった側面を評価させた．結果は，系列の長さは効能・重要度・複雑性に強く影響を与えており，ランレングス長はすべての側面に影響を与えていた．回文や反復といった特徴は複雑性や規則性の評価に関連していた．現実の儀式の分析への応用可能性について議論する．

キーワード：儀礼，宗教認知科学，認知人類学

1. はじめに

儀式は人類の様々な地域に確認されるものであり，本邦でも成人式や結婚式，祭りや神楽といった様々な儀式が行われている．こうした儀礼ないしは儀礼的行為の定義として，象徴的な心理的価値を持つ，区切られ（segmented）厳格で（rigid）形式的な（formal）反復する（repetitive）行為というものがある（Boyer & Liénard, 2006; Hobson et al., 2018）．儀礼的行為は，病気からの快復，天候操作，入学祈願など様々な目的を持つ場合が存在し，ある程度の効力（cf., ritual efficacy; Legare & Souza, 2012）が期待される場合がある．こうした儀礼を行う個人の期待する効力とは別に，儀礼には社会的機能が実際に存在することも指摘されており，集団の調整（Chwe, 2013）や結束を高める（Whitehouse, 2022）ことが指摘されている．

一方で，近年儀礼の構造や形式についての研究についても認知科学的な観点から研究がなされている．Chomsky の統辞構造論に影響を受けた Lawson & McCauley（1990）は，儀式の形式について認知科学的な観点から整理した．また，著者らも儀礼的な行為の特徴である形式や反復性について，認知科学会第 39 回大会にて実証的な研究を発表している（中分・佐藤・五十里, 2022）．

この研究では，系列情報として表現可能でミニマルな人工的な儀礼的行為を多数作成し，それらの心理的効果を参加者に評定させることで，儀礼的行為の持つ規則性反復性について実証的に検証した．ここでの儀礼的行為の系列情報とは，例えば，参拝における「二礼二拍一礼」は，A=礼，B=拍とすると AABBA という系列情報に変換できる．中分・佐藤・五十里（2022）はこうした種類の行動からなる系列を刺激として複数作成し，その規則性と構造に関連する指標を算出（回文・反復・ランレングス等；詳細は方法部分を参照）した上で，参加者の刺激への心理的評価との関連を検討した．その結果，儀式の効果・重要性の評定値は複雑であるほど高く，規則的であるほど低くなる傾向が示された．この研究結果は，儀礼的行為の構造と心理的効果の間に関連を見出すものであった．

ただし，中分・佐藤・五十里（2022）では実験で人工的な儀礼的行為として，系列の長さが一定（$\ell = 6$）の刺激しか用いていなかった．系列の長さを統一することによって，儀礼的行為の規則性や形式性を比較することができたが，一方で儀礼的行為の長さの持つ影響は検討できていなかった．儀礼的行為の長さは，儀礼的行為のコストとして考えることができ，こうしたコストはその儀礼の効力と関連することが予測される．なぜなら，架空の世界の魔法のコストを推測する実験では，効果の大きい魔法（e.g., 物を石化・召喚する）の方が効果の小さい魔法（e.g., 物を変色・移動する）よりもコストが高くなるという結果が得られているためである（McCoy & Ullman, 2019）．また，乳児に対する実験でも，あるエージェントが高いコストをかけて接近した対象に対しては，より高い選好をもつと乳児が予測することが示されている（Liu et al., 2017）．よって，本研究では系列の長さが長いほど，重要性が高まると仮説をたて，系列の長さを操作することで，効力との関連を検討する．

具体的には，中分・佐藤・五十里（2022）の手法を踏襲し，行動系列の長さが 1 から 5 となる様々な儀礼の動画を提示する. そして, 各儀式に関して心理的効果の評定（儀式の効果・重要性）と主観的な構造評価（儀式の複雑性・規則性・ランダム性）を参加者に評価させることで，儀礼的行為の長さや構造が心理的効果に与える影響を検討した.

2. 方法

参加者: クラウドソーシングサイト「ランサーズ」でリクルートした 123 名が参加した．実験中の参加者の注意確認項目（attention check question）への反応に基づき 29 名を除外した.

実験デザイン：すべての参加者は同一の条件で実験を行った.

手続き: 参加者はランサーズで参加登録をし，リンクから Qualtrics（オンランアンケート調査サービス）で実験に参加した．サイトにアクセスするとウェブ上でコンセンサスフォームが表示され，同意した場合のみ課題に進んだ.

参加者には動画が一つずつ呈示された後，儀式動画に対して後述する項目について評定を行った．すべての動画の提示が終わった後，参加者は事後質問に回答し，ランサーズに戻り報酬を受け取った.

刺激：刺激は図 1 で示す 2 種類の動作 A・動作 B からなり，それぞれ指を下に向けてクロスする動作（動作 A), 指を上に向けて三角形を作るような動作（動作 B）であった. これらの動作のうちのいずれかを 1 つから 5 つ用いることで，62 の動作系列動画（儀式動画）を刺激として作成した.

これらの刺激を提示する順序は参加者ごとにランダム化されていた.

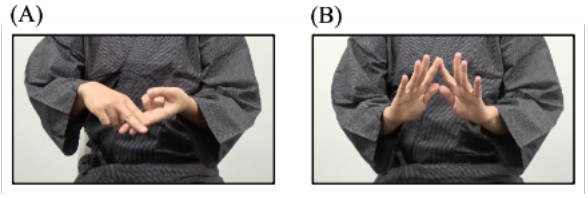


図 1．実験で用いた動作刺激

刺激系列の構造的特徴：一般化線形混合モデルにおいて系列自体の持つ特徴を考慮するため，各系列について以下の項目を算出した.

1. **長さ**：系列の長さ
2. **動作 A の数**：系列に動作 A を何件含むか
3. **回文**: 系列が回文的構造を持つかどうか. 持つなら 1，持たなければ 0.
4. **反復**: 系列内に系列の半分以上の長さの反復を含めば 1, 含まなければ 0.
5. **ランレングス長**：系列をランレングス圧縮[1]したときの長さ

評定項目: 参加者は, 各儀式動画に関して以下の項目について 6 件法で評定するように教示された（非常に低い，低い，少し低い，少し高い，高い，非常に高い）.

心理的効果の評価

1. **期待される効果（効能）の高さ** この儀式は，どの程度高い効果を期待して行われていると思うか
2. **重要度の高さ** どの程度，重要なものとして行われていると思うか

構造の評価

3. **複雑性の高さ** どの程度，複雑だと思うか
4. **規則性の高さ** どの程度，規則的だと思うか
5. **ランダム性の高さ** どの程度ランダム（場あたり的）だと思うか

評定の際, 各動画は「実際の儀式の様子ではなく，儀式の要素を抽出し，再構成したもの」であると教示された.

事後質問: 評定課題終了後，宗教的信念（超自然的信念尺度; Jong et al., 2013）や宗教的儀式への参加頻度など宗教に関連する項目（Kavanagh & Jong, 2020），およびデモグラフィック項目を尋ねた.

3. 結果

系列の評定平均値と長さ: 全 62 系列に関する 5 つの評定（効能（効果），重要度，複雑性，規則性，ランダムネス）の平均値を算出し図 2 に示した．効能と重要度について強い正の相関があり（Spearman's $\rho = 0.98$），また系列の長さとも強い正の相関があった（効能: $\rho = 0.86$; 重要度: $\rho = 0.90$）. 複雑さは効能と重要度と正の相関があったが （効能: $\rho = 0.78$; 重要度: $\rho = 0.78$），長くとも複雑さが低く評価される系列があった．また複雑

[1] ランレングス圧縮は文字種とその文字が連続する長さを数字で表現することで文字列を圧縮する．例えば系列 AAABBB は A3B3 と圧縮できる．バイナリ文字列では最初の一字だけ保存すればよいため，さらに短く A33 とすることができる.

さは規則性と負の（ρ = -0.63），ランダムネスと正の相関があった （ρ = 0.90）.

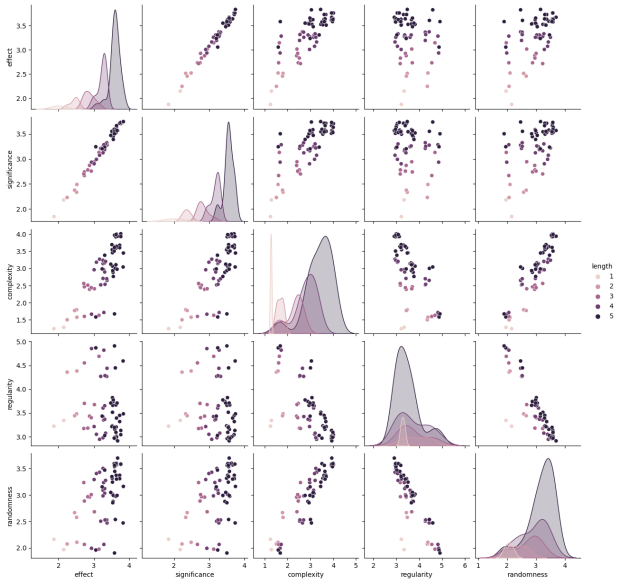


図２．各評定値の関連性

各点は条件ごとの系列の平均評定値，色の濃さは系列の長さを表す.

代表的な系列の特徴：効能の平均値の高かった上位 5 系列と下位 5 系列およびその構造的特徴に関わる変数を表 1 に示した.効能が高く評価された系列はいずれも長さが 5 であり，ランレングス長が下位の系列よりも高めであった．効能が低く評価された系列はいずれも短かった.

表１　効能が上位・下位である系列の構造的特徴

順位	系列	長さ	動作A	反復	回文	ランレングス長
1	11011	5	1	0	1	4
2	10101	5	2	1	1	6
3	00101	5	3	1	0	5
4	10011	5	2	0	0	4
5	01101	5	2	0	0	5
58	11	2	0	1	1	2
59	10	2	1	0	0	3
60	00	2	2	1	1	2
61	1	1	0	0	1	2
62	0	1	1	0	1	2

統計モデルに基づく評定課題の分析：個人差や刺激固有の効果を統制するため，被験者を単位に各評定値について一般化線形混合モデル（GLMM）で分析した（表 2）. その結果, 効能および重要度では長さがもっとも強く影響を与えており，長くなるほど効能も重要度も高く評価されていた．またランレングス長も効能および重要度に正の影響を与えていた. 一方で, 反復や動作 A の数は負の影響を与えていた. 複雑性については, 長さおよびランレングス長が正の影響を，回文および反復が負の影響を与えていた. すなわち，系列が長い，系列を短く言い換えることができない場合は複雑性が高く評価される一方で，回文や反復などのわかりやすい構造の場合は複雑性が低く評価されていた．規則性については, 長さは有意な影響を与えていなかったが, ランレングス長は負の影響を与えていた．回文や反復は正の影響を与えており，それら構造が含まれる場合は規則性が高く評価されていた．ランダムネスについては規則性と逆の方向で, ランレングス長が正の, 回文や反復は負の影響を与えていた.

主観評価値の主成分分析：主観評価の平均値に対して主成分分析を行った結果を図 3 に示した．第一主成分は系列の「複雑さ」，第二主成分は系列の「長さ」を示していると考えられる．系列が短いまたはまったく同じ動作が続く系列がもっとも右側に位置し，複雑さが

表２　評定課題の分析結果（GLMM）

	効能		重要度		複雑性		規則性		ランダムネス	
	β	*t*	*β*	*t*	*β*	*t*	*β*	*t*	*β*	*t*
（切片）	3.25	43.22 ***	3.20	42.63 ***	3.14	34.60 ***	3.17	26.53 ***	3.25	35.39 ***
長さ	0.43	24.34 ***	0.44	25.88 ***	0.36	5.71 ***	0.13	1.48	0.12	1.94
動作Aの数	-0.09	-7.18 ***	-0.07	-5.46 ***	0.00	0.03	-0.01	-0.66	0.01	0.69
回文	0.01	0.30	0.05	1.74	-0.33	-2.78 **	0.58	3.45 **	-0.46	-3.90 ***
反復	-0.04	-1.37	-0.06	-2.17 *	-0.39	-3.53 **	0.50	3.24 **	-0.34	-3.15 **
ランレングス長	0.11	6.52 ***	0.10	6.38 ***	0.37	5.92 ***	-0.18	-2.08 *	0.18	2.89 **

*p<0.05, **p<0.01, ***p< 0.001

低く繰り返しのあるもの，またはランレングス長の低い系列が中央に位置し，長さ 5 かつランレングス長の高い系列がもっとも左に位置していた．複雑さの低い右側の領域では，同程度の複雑さでは下部側に相対的に長い系列が位置していた．

図３．主観評価の主成分分析

ラベルは動作Ａを０，動作Ｂを１として読み替える．

4. 考察

本研究では儀礼的行為の長さという観点から 2 種類の動作からなる長さ 1 から 5 の刺激系列を網羅的に用意し実験を行った．その結果，系列が長いほど儀式の心理的効果（効能・重要度）の評定が高まることが示された．この結果は本研究の仮説と一貫している．また，系列の長さは，他の構造的特徴と比べて最も強く効能や重要度に影響を与えていた．これは現実世界における重要な儀式がしばしば長時間の集中や拘束を伴うことと関連している可能性がある．

主成分分析の結果，同様の構造的特徴を持つ刺激が近くに布置され，ランレングスが長い，より単純に言い表せない構造を持つ系列が複雑な系列として塊を形成していた．ランレングス長が複雑性や規則性の評価に対して一定の効果があるというのは，中分・佐藤・五十里（2022）と一貫した結果であり，ランレングス長は人間が系列の複雑さを評価する際に有用な指標である可能性を示唆する．

本研究の限界として，現実世界の儀式に対して今回扱った刺激が非常に単純な点がある．現実の，多様な要素からなる長い系列を扱うことに対して，単純に今回の結果を外挿できるかどうかは未知である．

それゆえ今後の研究として，本研究の知見を踏まえたうえで実際の儀式を分析する必要があるだろう．Atkinson & Whitehouse（2011）は，世界の様々の儀式を分析することで，儀式の頻度と想起される感情との関連を分析した．実際の儀式の動画や記述に関するデータベースを用いて，儀式を系列の構造という観点から比較・分析することは，儀式という人間の文化的所産の持つ機能や変遷を明らかにするうえで重要であると考えられる．

5. 文献

Acerbi, A., & Tennie, C. (2016). The role of redundant information in cultural transmission and cultural stabilization. *Journal of Comparative Psychology*, *130*(1), 62–70. https://doi.org/10.1037/a0040094

Atkinson, Q. D., & Whitehouse, H. (2011). The cultural morphospace of ritual form. Examining modes of religiosity cross-culturally. *Evolution and Human Behavior*, *32*(1), 50–62. https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2010.09.002

Boyer, P., & Liénard, P. (2006). Precaution systems and ritualized behavior. *Behavioral and Brain Sciences*, *29*(6), 635–641. https://doi.org/10.1017/S0140525X06009575

Chwe, M. S.-Y. (2013). *Rational ritual*. Princeton University Press.Gauvrit, N., Singmann, H., Soler-Toscano, F., & Zenil, H. (2016). Algorithmic complexity for psychology: a user-friendly implementation of the coding theorem method. *Behavior Research Methods*, *48*（1）,314–329. https://doi.org/10.3758/s13428-015-0574-3

Jong, J., Bluemke, M., & Halberstadt, J. (2013). Fear of Death and Supernatural Beliefs: Developing A New Supernatural Belief Scale to Test the Relationship. *European Journal of Personality*, *27*(5), 495–506. https://doi.org/10.1002/per.1898

Kavanagh, C. M., & Jong, J. （2020）. Is Japan Religious? *Journal for the Study of Religion, Nature and Culture*, *14*(1), 152–180. https://doi.org/10.1558/jsrnc.39187

Lawson, E. T., & McCauley, R. N. (1990). *Rethinking religion : connecting cognition and culture*. Cambridge University Press.

Legare, C. H., & Souza, A. L. (2012). Evaluating ritual efficacy: Evidence from the supernatural. *Cognition*, *124*(1), 1–15. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.03.004

Liu, S., Ullman, T. D., Tenenbaum, J. B., & Spelke, E. S. (2017). Ten-month-old infants infer the value of goals from the costs of actions. *Science*, 358(6366), 1038–1041. https://doi.org/10.1126/science.aag2132

McCoy, J., & Ullman, T. (2019). Judgments of effort for magical violations of intuitive physics. *PLoS ONE,* 14(5), 1–11. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217513

Whitehouse, H. (2022). The Ritual Animal: Imitation and Cohesion in the Evolution of Social Complexity. In *The Ritual Animal*. Oxford University Press.

アバターの社会的望ましさ低下が空間的視点取得に与える影響
Effect of decline in social desirability on visual perspective taking

山下 真愛†, 加藤 樹里‡, 伊丸岡 俊秀‡
Mana Yamashita, Juri Kato, Toshihide Imaruoka
†金沢工業大学大学院, ‡金沢工業大学
Kanazawa Institute of Technology
c6301321@st.kanazawa-it.ac.jp

概要
本研究では, アバターの行為を変えることで社会的望ましさを操作し, 空間的視点取得のしやすさに与える影響を調べた. その結果, アバターの行為によって社会的望ましさを下げても空間的視点取得に影響しないことが示唆された.

キーワード: 空間的視点取得 (Visual Perspective Taking), 共感 (Empathy), 社会的望ましさ (Social desirability), 社会評価 (Social evaluation)

1. 目的

人間には, 他者の視点を理解する能力があるとされ, 視点取得と呼ばれている. 視点取得の側面の1つに空間的視点取得(Visual Perspective Taking : VPT)がある. VPT は, 自分からの景色の見え方だけではなく, 他者の視点で見え方を判断することができる能力である. 今までのVPTの研究では, 相手の視点に立つことを明示的に求める意図的VPTと, 相手の視点に立つことを求めないにも関わらず, 相手の視点が行動に影響する自発的VPTがあることが示されている.

Erle & Topolinski (2015) は,個人が持つ特性としての共感と意図的 VPT に相関関係があることを示した. ある個人が他者に共感するかどうかには,共感をする側の特性だけでなく,相手側の要因が関係すると可能性がある.本研究では, 個人が持つ特性としての共感を「特性共感」,共感をする側の特性としての共感性に対し共感しやすさに影響すると考えられる相手側の要因を「状態共感」と呼び,VPT との関係を調べることとする.

我々の知る範囲では,これまでに状態共感と VPT の関係に着目した研究はない.状態共感に影響を与えうる要因は多くあると考えられるが,本研究では,社会的望ましさの度合いで操作することを試みる.社会的に望ましくない行動 (人の上に座る) をとる人の画像を呈示することで,状態共感が低くなると考える.

意図的 VPT 課題を使用している Erle & Topolinski (2015), 右田・井上(2023)は, 円卓の前にアバターを座らせ, アバターの前に2つの物体(標的刺激)が置いている画像を刺激として使用し, アバターと標的物体の位置を操作し, 指定した標的物がアバターから見て左右どちらにあるのかを参加者に判断させた. このような課題では, 標的の判断に要する時間が標的までの角度の関数として増加することが, VPT が行われていることの根拠とされている(Kessler & Thomson, 2010). だだし, これらの課題では, 標的位置とアバターの位置は常に一致する. また, Pascale & Jeffrey(2006)は同様の課題を用いて VPT の生起にはアバターの存在は必要ないことを示している. したがって, 意図的VPT課題では, アバターに対して視点を移しているのか, 単に空間的に視点を移動しているのかを区別することは困難であると指摘できる.

一方, 自発的 VPT 課題を使用している Zhai et al. (2021)は, アバターの位置を画面中心の机の 2 側面のいずれかとし, 標的刺激のアルファベット文字を中心の机上に配置した. この実験では, VPT が生起したかどうかの指標として, Right-Left バイアスを使用した. これは, 反応時間と標的文字の角度の正弦関数の積で算出される値であり,右側に呈示されたアバターに視点が移動したと考えられる場合に正の値, 左側のアバターに視線が移動したと考えられる場合に負の値となる指標である.この課題では,標的位置は不変であり, アバター位置とは独立なため, Right-Left バイアスを用いれば, アバターに対して視線を移すことと, 視線の空間的移動を区別することが可能である.

以上のことから, 本実験では, 状態共感と自発的 VPT の相関を調べることとした.

2. 方法

実験参加者 : 参加者は, クラウドソーシングシステムで募集した. 実験参加者は,Zhai et al. (2021) を参考に 103 名とした.

刺激 : Zhai et al. (2021) を参考とした刺激, 手続きを使用し, アバター要因を追加した. 刺激画像は, アバタ

一要因（参加者間: 椅子/ヒト条件; Figure 1）と，アバター位置要因（参加者内: 左/右; Figure 2）の画像を用いた．ヒト条件において,ヒトに座るという行為が社会的に不適切な行為であることから,社会的望ましさが下げられると考えられる.また，アバターの前に表示される標的刺激として，アルファベット文字「R」を用いた．R の角度は，参加者の視点を 0 度として，0 から 315°の 8 段階を，正方向の R と，鏡文字の R で表示した．

Figure1 左:椅子条件　右:ヒト条件

Figure2 左:Left 条件　右:Right 条件

手続き：各試行では，アバターが PC の画面方向に向いた後に机を見つめ，その位置に刺激が表示された．参加者は，刺激が正方向なら J キーを，鏡文字であれば F キーを押すように指示された．練習試行を 15 試行，本試行を 64 試行行った．課題終了後に，各条件のアバターに対する印象に違いがあったかを確かめるために，特性形容詞尺度（林，1978）のうち，社会的望ましさに関する 4 項目に回答してもらった．これは，点数が高いほど社会的望ましさが低いことを示す．

3. 結果

性別に対する回答が無かった 3 名を除き，100 名を分析対象者とした．椅子条件 50 名（男性 44 名，女性 6 名），ヒト条件 50 名（44 名，6 名）であった．

VPT 課題終了後の特性形容詞尺度の社会的望ましさの得点平均は，椅子条件では 3.76（SD＝0.79），ヒト条件では 4.76（SD＝0.99）となった（Figure 3）．このデータをもとに Welch の t 検定を行ったところ，条件間に有意な差が見られた（t（93.5）=-5.57, p<.01, d=0.50）．

VPT 課題の正答率 90%以下の参加者，誤答および反応時間が 300ms 以下，2500ms 以上，±3SD を超えるデータを除外した 84 名を分析対象とした.VPT 課題で得られた反応時間と標的刺激の角度のグラフを Figure 4 に示す.VPT 課題で得られた反応時間から，Zhai et al.（2021）が用いた Right-Left バイアスを，アバターの位置別に算出した．これは右側に呈示されたアバターに視点が移動したと考えられる場合に正の値，左側のアバターに視線が移動したと考えられる場合に負の値となる指標である．得られた，Right-Left バイアスが正規分布に従い，アバター要因（椅子/ヒト条件），特性形容詞尺度の得点の平均値，アバター位置要因（左/右），実験参加者の個人差によって変化すると想定した．そのため，固定効果としてアバター要因，特性形容詞尺度の得点およびアバター位置要因とそれぞれの交互作用項，ランダム効果として参加者間の個人差を用いた一般化線型混合モデルを作成し，MCMC によるパラメータ推定を行った．推定には統計ソフトウェア R（4.3.1）および BRMS パッケージ（2.18.0）を用いた．その結果，アバターの違いは Right-Left バイアスに影響を与えないことが示された（(-1.41: 95% CI [-41.75, 38.33]）; 値は各固定効果の係数推定値）．特性形容詞尺度の得点の平均値においても反応時間に影響を与えないことが示された（-0. 66: 95% CI [-5.40, 4.05]）．また，アバター位置要因（左/右）においても反応時間に影響を与えないことが示された（10.71: 95% CI [-21.22, 44.10]）．MCMC によるパラメータ推定の結果を Figure 5 に示す．

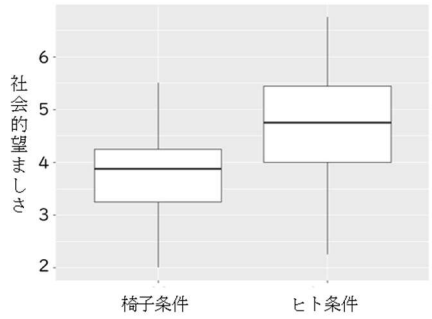


Figure 3 社会的望ましさの得点

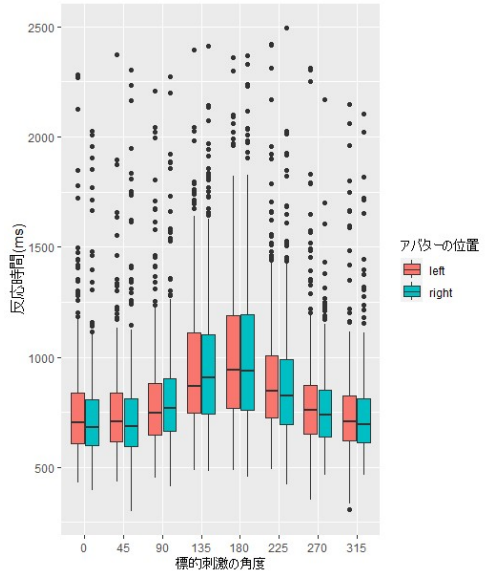


Figure 4 VPT 課題で得られた反応時間と標的刺激の角度

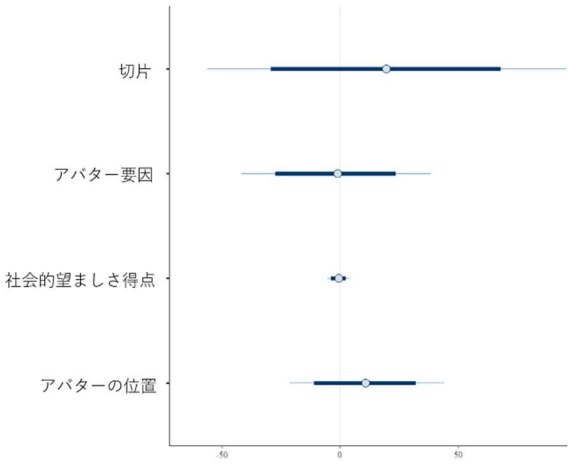


Figure5 推定されたパラメータと信用区間

4. 考察

特性形容詞尺度の社会的望ましさの得点平均から,ヒト条件のアバターは椅子条件よりも社会的望ましさが下がっていたと言える．しかし，VPT 課題で得られた結果からは，アバターの行為は VPT のしやすさに影響を与えていなかったことが分かる．したがって,本実験では,自発的 VPT に状態共感は影響しなかったと言える.

しかし,今回の研究で社会的望ましさが適切に操作されていなかった可能性も示唆される.アバターの行為が VPT のしやすさに影響を与えていなかったとすれば,その原因として,アバターの行為から得られる印象に社会的望ましさ以外の要因が影響していた可能性が挙げられる.例えば,ヒトの上にヒトが座るという行為は,通常行われる行為ではないため,新奇性が大きく上がっていただろう.そのため,社会的望ましさ以外の要素が VPT にどのように影響を与えるかを調べる必要がある.

本研究では,特性共感と意図的 VPT に相関関係がある(Erle & Topolinski, 2015) ことをもとに,状態共感と VPT の関係を調べたが,関連性は見られなかった.しかし,本研究では,VPT の種類を Erle & Topolinski (2015) が使用している意図的 VPT ではなく,自発的 VPT に変更して行った.意図的 VPT と特性共感の関係については,調べられている研究があるが,我々の知る限り,自発的 VPT と特性共感を調べた研究は無い.したがって,今後は,まず自発的 VPT と特性共感について調べる必要がある.

文献

Davis, M. H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy.

Erle, T. M., & Topolinski, S. (2015). Spatial and empathic perspective-taking correlate on a dispositional level. *Social Cognition*, *33* (3), 187-210.

Kessler, K., & Thomson, L. A. (2010). The embodied nature ofspatial perspective taking: Embodied transformation versus sensorimotor interference. Cognition, 114, 72–88.

Pascale, M., & Jeffrey, M.Z. (2006). Two kind of perspective taking. Perception & Psydhophysics, 68(2), 327-337.

Zhai, J., Xie, J., Chen, J., Huang, Y., Ma, Y., & Huang, Y. (2021). The presence of other-race people disrupts spontaneous level-2 visual perspective taking. *Scandinavian Journal of Psychology*, *62* (5), 655-664.

声の類似性が信頼に与える効果に関する実証研究
An Empirical Study on the Effect of Voice Similarity on Trust

高橋 直寛†, 能城 沙織
Naohiro Takahashi

†木更津工業高等専門学校
National Institute of Technology, Kisarazu College
sdj24b06@kisarazu.kosen-ac.jp

概要

人は自身と共通の特徴を持つものを好むことが先行研究より明らかになっており，声に関してもその傾向が示されている．しかし，先行研究では実験参加者の声そのものを実験に使用しており，そのことが評価に影響を与える可能性が否定できない．そこで本研究では，実験参加者の声から作成した自分類似合成音声を用いて実験を行うことを試みた．

実験の結果，信頼の評価には自身の声との類似性は影響を与えず，声自体の信頼性が影響を与える可能性が示唆された．

キーワード：声, 類似性, 認知科学

1. はじめに

介護士やカウンセラーなどの信頼関係が重要な仕事相手を探す際，利用者は自分と相性がいい人を見つけることで仕事相手と円満な関係を結ぶことが期待できる．相性が良い相手とはどのような相手だろうか？

先行研究では実験により，自分類似顔の魅力及び信頼を調べている（DeBruine, 2005）．実験参加者は 4~9 人のグループに分けられ，グループごとに自身の合成顔が含まれている 9 枚の画像セット内の 2 つの顔を比較し，信頼・短期的魅力・長期的魅力をより感じる顔を選択した．この操作を全てのペアについて行い，自身の合成顔を選んだ回数と同じグループ内の他の実験参加者が同じ画像を選んだ平均回数を比較した結果，自分と似た顔の相手は信頼できるということが示された．このような自身と共通の特徴を持つものを好んだり信頼できると感じたりする傾向を以後，同類婚的傾向と呼ぶ．

また，声に関しても自身と共通の特徴を持つものを好むという同類婚的傾向が見られることが実験により分かっている（Peng et al., 2019; Hughes & Harrison, 2013）．Peng et al.(2019)では，平均 18 種類の録音された音声の魅力を 1〜7 の 7 段階で評価してもらう実験を実施している．18 種類の音声のうち 3 種類分は評価した実験参加者自身のものであったが，実験参加者は評価する声が自身の声であるかもしれないことは知らされていなかった．実験の結果，実験参加者は自分の声を他の人が自分の声を評価した時よりも魅力的だと評価した．また，自分の声を他人の声よりも魅力的に聞こえると評価した．Hughes & Harrison(2013)では，男女の実験参加者に同性の実験参加者から録音された 3 種類の音声(数字，母音，子音)の魅力を評価してもらった結果，実験参加者は自身の録音した音声を他人の録音した音声よりも魅力的であると評価した．

声に関する同類婚的傾向を扱ったこれらの先行研究はともに実験参加者の声そのものを評価に使用しており，自分自身の声だと認識した状態で評価を行うことで評価に影響を与え，正しい評価ができていない可能性が否定できない．

また，先行研究では魅力についても評価していたが，職業上の相性の良い相手を見つけることを考えた時，魅力ではなく，信頼を評価することの方が適切である可能性が考えられる．

そこで本研究では声に関して，魅力の代わりに信頼を評価することを試みた．自分類似合成音声を利用することで，自分の声そのものを使用せずに信頼を調査する手法を検討した．

本研究で実施した実験は木更津工業高等専門学校の倫理審査委員会の承認を得て実施した．

また，将来的には男女両方の実験を行う予定であるが，今回は途中段階として，実験参加者を男性のみにして実験を行った．

2. 研究概要

2.1. 実験方法

本実験では，自分類似合成音声を用いた音声評価実験を行った．概要を以下に示す。

2.1.1. 実験参加者

木更津工業高等専門学校の男子学生 21 名（平均：18.6 歳，標準偏差：1.67 歳）を対象に行った．

2.1.2. 刺激音声

刺激音声作成のために実験参加者の音声データを収集した．内容は ATR 音素バランス 503 文より，「一週間ばかり　ニューヨークを　取材した」を採用した．

この音声データを基に TANDEM-STRAIGHT による音声モーフィング技術を用いて、以下の式(実験参加者が男性の場合)を満たすような、実験参加者の自分類似合成音声(同性)を作成した．

$$V_{sim} = V_{ave} + \alpha(V_i - V_{ave}) \quad (1)$$

ここで，V_{sim}は実験参加者の自分類合成音声，V_{ave}は男性平均音声，V_iは実験参加者の音声を表す．

音声モーフィングとは，複数の話者の音声を混合する音声加工技術であり，中間的な特徴を持つ音声を生成することができる（Kawahara et al., 2008）．

αの値は木更津工業高等専門学校の学生 5 名(平均：20.2 歳，標準偏差：0.898 歳)を対象に，式(1)αの値が 1/10，1/5，1/4 となるような自分類似音声を聞き，誰の自分類似合成音声か予想してもらうという予備実験により決定した．

この予備実験で，類似声の元となる声がわからないようなαの値を求めることで，自身の声が他の参加者の声と比較して高い割合で合成されているが，実験参加者は誰の類似声かわからないという状態で音声評価実験を行うことができる．

実験を行った結果, $\alpha = 1/5$となるような自分類似合成音声では，5 名中 5 名全員が誰の自分類似合成音声かわからなかったが, $\alpha = 1/4$となるような自分類似合成音声では，5 名中 5 名全員が誰の自分類似合成音声か分かってしまっていた．

以上の結果よりαの値は$\alpha = 1/5$に決定した．

2.1.3. 実験手順

2.1.2　で作成した自分類似合成音声を用いて音声評価実験を行った．実験参加者(回答者)を 5 名のグループに分け, グループ内の人の自分類似合成音声同士を 1 対 1 で比較したときに，より信頼できると感じた音声を選択してもらう実験をグループ内の全ての組み合わせについて行った(図 1)．

図 1　音声評価実験の概要

信頼の具体的な基準は「2 人の店員から，ある高価な商品をあなたに勧めた場合，どちらが勧める商品を買いたいと思うか」とした．

また，実験はデジタル騒音計(CHE-SD1)で 50dB 以下を記録していて何度でも音声を聞き直してよい環境で行った．

2.1.4. 分析方法

音声評価実験終了後，Wilcoxon の符号付順位検定により回答者が自身の自分類似合成音声を選んだ回数が，他者の自分類似合成音声を選ぶ回数の平均よりも有意に多いかを検証した．自身の自分類似合成音声を選んだ回数とグループ内の他者の自分類似合成音声を選んだ回数の平均を比較した．

また，実験に使用した音声そのものの信頼されやすさが音声の選択に影響を及ぼしているかどうかを調査するため，一般化線形混合モデルのロジスティック回帰分析によって分析を行った．

分析には以下のモデル式を用いて，自分自身の声と相手の声そのものが選択の基準となっているか調査した．

$$y = logit(z_i), z_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + r_i + \epsilon_i \quad (2)$$

ここで，yは自分類似合成音声を選択したかどうか(0：自分類似合成音声以外を選択, 1：自分類似合成音声を選択)，x_1は自身の自分類似声自体の信頼されやすさ，x_2は自身とペアになっていた相手の自分類似声自体の信頼されやすさ，r_iは参加者によるランダム効果，ϵ_iは誤差項となっている．

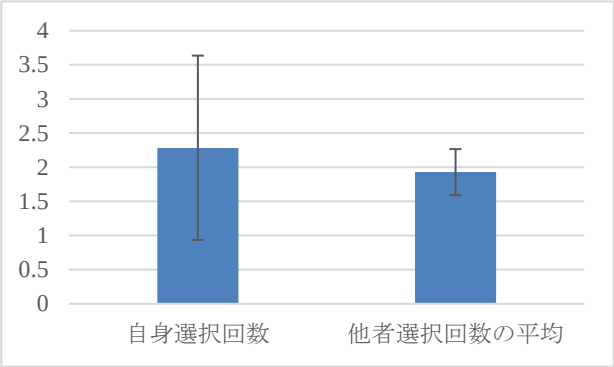
自分類似声自体の信頼されやすさは自分以外の他の実験参加者の回答によって決定した．例えば，実験参加者 A の自分類似合成音声自体の信頼されやすさは他の実験参加者が A の自分類似合成音声を選択した回数の

平均によって決定した. ただし, 選択した実験参加者自身の自分類似合成音声と A の自分類似合成音声の比較結果は反映しなかった.

2.4. 実験結果

Wilcoxon の符号付順位検定を行った結果，自分類似音声と他者の自分類似音声の選択されやすさに有意な差は認められなかった(図 2，N=21, V=85, p=0.4185).

図 2　音声評価実験結果(平均値±標準偏差)



一般化線形混合モデルのロジスティック回帰分析を行った結果，以下のようになった．(表 1)

表 1　一般化線形混合モデル実行結果

変数名	推定値
β_0	-0.2749
β_1	1.8076*
β_2	-1.3093**

※*は$p < 0.05$，**は$p < 0.01$を示す.

自身の自分類似合成音声自体の信頼のされやすさの有意な主効果が認められ($\beta_1 = 1.81$, $p = 0.025$)，自身の自分類似音声が信頼されやすいほど自身の自分類似音声が選ばれやすいという傾向が示唆された. また, ペアになっていた相手の自分類似合成音声自体の信頼のされやすさの有意な主効果が認められ($\beta_2 = -1.31$, $p = 0.0035$)，ペアになっている相手の自分類似音声が信頼されやすいほど自身の自分類似音声が選ばれにくいという傾向が示唆された.

3.　考察

本研究では，自分類似合成音声を用いて音声の評価実験を行い，声の類似性が信頼に与える効果について分析を行った.

その結果，自身の音声と類似した音声は他の音声と比較して信頼できるとは言えなかった.

先行研究で示された声の同類婚的傾向は自分自身の声だと認識した状態で行っていることが評価に影響を与えている可能性がある（Peng et al., 2019; Hughes & Harrison, 2013）. また，ロジスティック回帰の結果から，信頼できると感じる声の傾向は，自身の声の類似性によらず，声自体の信頼性が選択に影響を与えているという普遍的な傾向があると考えられる.

声に関する同類婚的傾向が見られなかった原因として，同性では似ている人を好むことによる遺伝的な利益がないからという可能性や，魅力と信頼では違う指標を用いている可能性が考えられる.

今後の展望として，実験対象を男性から女性に変えたり，刺激音声を同性の自分類似合成音声から異性の自分類似合成音声に変えたりすることで，声の類似性が信頼に与える効果を調査できると考えられる.

文献

Lisa M DeBruine(2005). Trustworthy but not lust-worthy: context-specific effects of facial resemblance. PubMed, Vol.272, pp.919-922.

Susan M Hughes, Marissa A Harrison (2013). I like My Voice Better: Self-Enhancement Bias in Perceptions of Voice Attractiveness. PubMed, Vol.42, pp.941-949.

Zhikang Peng, Yanran Wang, Linghao Meng, Hongyan Liu, Zhiguo Hu (2019). One's own and similar voices are more attractive than other voices. Australian Journal of Psychology, Vol.71, pp.212-222.

Kawahara, H., Morise, M ., Takahashi, T., Nisimura, R., Irino, T and Banno, H. (2008) “TANDEM -STRAIGHT: A Temporally Stable Power Spectral Representation for Periodic Signals and Applications to Interference-free Spectrum, FO, and Aperiodicity Estimation,”Proc. f・CASSP2008, Las Vegas, 3933-3936.

探究的な学びにおける問題設定の支援の実態：卒業論文指導を対象として
Support for conceptualization in inquiry learning: In the case of teaching a graduate thesis

村瀬 匠†，清河 幸子‡
Takumi Murase, Sachiko Kiyokawa

†東京大学
The University of Tokyo
takumi-mrs@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

本研究の目的は，探究的な学びの一場面である卒業論文指導において，問題設定の支援がどのように行われているかを明らかにすることである．博士課程を修了しており，過去に10名以上の学部生に問題設定の支援をしたことがある大学教員に対して半構造化インタビューを行った．インタビューを分析した結果，問題設定時に「興味」「先行研究」「問題」「既有知識」を対象とした支援が行われていることが明らかとなった．

キーワード：探究的な学び，問題設定，卒業論文指導

1. 問題と目的

自ら問題設定をした上で，情報を集め，問題に対して結論を出し，それらを繰り返していく過程は「探究的な学び」と呼ばれる．この探究的な学びによって，新たな知見や発見が生み出される（Getzelz, 1975）とともに，知識の獲得にもつながる．近年では，教育機関を卒業後も自ら知識を獲得・更新することが必要な社会であることが主張されており（文部科学省, 2018），それゆえに探究的な学びの重要性が高まっている．探究的な学びは，大学においては，卒業論文という形で実施されてきていることに加えて，2022年度からは「総合的な探究の時間」として，高校でも必修科目として設置されている（文部科学省, 2018）．

探究的な学びの重要性が叫ばれ，広まってきているものの，その実施には困難が生じることが示されている（ベネッセ教育総合研究所, 2022）．問題設定，情報収集，結論導出といった探究的な学びの各段階において困難が生じることが指摘されてきているが，とりわけ問題設定での困難が数多く指摘されてきている（Chin & Chia, 2004; 福島県教育センター, 2023）．また，問題設定は，探究的な学びの最初の段階であることから，この段階で困難が生じることは，その後の探究的な学び全体に悪影響を与えると考えられる．そのため，問題設定における困難を克服するための方法，特に教員からの支援方法を示すことが必要である．

探究的な学びにおける問題設定の支援については，主に初等・中等教育における理科の探究的な学び（Chin, 2002; Chin & Chia, 2004; Chin & Kayalvizhi, 2002）を対象として知見が積み重ねられてきた．例えば，Chin,（2002）では，児童・生徒が行える実験で解決可能な問題を設定するための支援が提案されている．具体的には，問題には，実験によって解決可能な問題と解決不可能な問題が存在することを生徒に示した上で，教師からの問いかけや生徒同士の議論を通じて，実験で解決可能な問題を設定することを促している．しかしながら，ここで得られた知見は，児童・生徒が行える実験で解決できる問題にしか適用できないという限界がある．

より広い範囲の問題を扱う場合の支援については，数は少ないが，「総合的な探究の時間」の前身科目である「総合的な学習の時間」を対象とした検討がある．高橋（2013）は「総合的な学習の時間」において，生徒の興味を利用してうまく問題設定が促進された事例と，問題設定につまずきが見られた事例を比較した．その結果，問題設定を支援するためには，教員と生徒が対話すること，さらには教員と生徒が信頼関係を結べていること，教員が生徒の内面や状況を理解していることが重要であることを示している．しかし，問題設定を支援する際に教員から生徒に対して，具体的にどのようなやりとりを行っているかについては十分には検討されていない．

以上を踏まえて，本研究では，大学において卒業論文指導の経験をもつ研究者を対象にインタビューを行い，問題設定に熟達している研究者が問題設定初心者である学部生に対してどのような支援をしているのかを明らかにする．これを踏まえて，探究的な学びにおける問題設定の支援方法の具体的なあり方を検討する．

2. 方法

2.1 研究協力者

機縁法を用いて10名から研究に対する協力を得た．こ

の 10 名は（1）大学もしくは大学院に所属する，（2）博士課程を修了している，(3) 学部生の卒業研究・卒業論文の指導を10名以上行った経験を有するという条件を全て満たしていた．研究協力者の研究分野，指導経験人数，指導歴についてはTable 1 に示した. 研究協力者に対しては，インタビュー終了後に，謝礼として Amazon ギフトコード 1,000 円分を進呈した.

表 1　研究協力者の分野・指導経験人数・指導歴

関連研究分野	人数（名）	歴（年）
教科教育学・初等中等教育学	30〜39	16〜20
教育社会学	50〜	16〜20
商学	50〜	21〜
教科教育学・初等中等教育学	50〜	21〜
教育学	20〜29	6〜10
商学	50〜	11〜15
教育学	50〜	21〜
土木計画学・交通工学	50〜	21〜
理論経済学	50〜	21〜
教科教育学・初等中等教育学	50〜	16〜20

2.2 手続き

インタビューはオンライン会議システム（Zoom）を用いて実施した．インタビュー冒頭に「過去に卒業研究で指導した学部生に対してどのように問題設定の支援をされたのか 2〜3 名程度思い出してください．その思い出していただいた学生に対して行った問題設定に対する支援について伺います」と伝えた上で，「最初に思い出した学生さんにはどのような問題設定に対する支援をされましたか？」と尋ねた．また，支援の意図や背景が不明瞭な場合は「どうしてそのような支援をされたのでしょうか？どのような意図や背景があったのか教えてください」と尋ねた．1 人目の学生に関するやりとりを終えた後に，2 人目の学生についても同じ質問を繰り返した.

所要時間は 1 人 45 分を目安として，長くても 60 分以内とした．研究協力者に同意を得た上で，インタビューの様子を録音・録画した.

3.　結果

3.1 コード一覧

録音した音声データに対して文字起こしを行った．言葉の言い淀み，相槌なども全て含めた逐語録を作成した．また，発言内容が正確に聞き取れない，不明瞭な言葉に関しては，音声データから聞き取れたままの形で記録した.

コード作成は，データが得られた順に，研究協力者ごとに実施した．逐語録から支援に該当する意味単位を抽出した．その上で，抽出した支援に該当する意味単位一つひとつに対して，探究的な学びのどのフェーズかを示す「段階」，何をターゲットに支援をしているかを示す「対象」，研究者の具体的なふるまいを示す「行為」，行為の詳細を示す「行為下位」の 4 つの観点でコードを付与した．1 人目の逐語録から抽出した意味単位へのコード作成を終えた後に，類似するコードに関しては統合した．2 人目以降に関しては，支援に該当する意味単位を抽出した上で，意味単位に対して，まず以前の研究協力者で作成されたコードに割り当て，割り当てられない場合は，新しくコードを作成し，類似するコードに関しては統合した．以降，同じ手続きを全てのデータに対して実施した．なお，本研究の目的は，問題設定の支援について明らかにすることであったが，研究方法設定についての支援に該当する内容も見られた．そのため，研究方法設定段階についてのコードも作成した．その結果得られたコードを表 2 に示す.

4.　考察

本研究では，大学において卒業論文指導の経験をもつ研究者を対象にインタビューを行い，問題設定に熟達している研究者が問題設定初心者である学部生に対してどのような支援をしているのかを尋ねた．結果として，問題設定段階の支援として，「興味」「先行研究」「問題」「既有知識」を対象にした支援が存在することが明らかとなった.

このうちの「興味」に関する支援は，高橋（2013）

表 2　コード一覧

段階	対象	行為	行為下位
問題設定	興味	機会提供	「専門家との対話」「発表」「「現場視察」
		指示	「先行研究探索」「文章化」
		情報提供	「先行研究」「問題案」
		問いかけ	「具体例」「動機」「興味箇所と先行研究の関連性」
	先行研究	機会提供	「専門家と対話」「発表」
		情報提供	「先行研究提供」「読み方」
		問いかけ	「先行研究間の関連性」
		その他	「内容に関するほめ」
	問題	機会提供	「専門家との対話」
		指示	「先行研究探索」
		情報提供	「先行研究」「適切性観点」「問題案」
		問いかけ	「具体例」「先行研究と問題の関連性」
	既有知識	情報提供	「既有知識と相反する情報」
		問いかけ	「既有知識に対する批判的問いかけ」
研究方法設定	研究方法	機会提供	「専門家との対話」「「現場視察」
		指示	「先行研究探索」「実施のための準備」
		情報提供	「研究方法案」「適切性観点」
		問いかけ	
		その他	「研究実施サポートの保証」
	先行研究	問いかけ	「先行研究間の関連性」

で示された支援の対象と一致している．また，本研究で示された「機会提供」「指示」「情報提供」「問いかけ」に該当するやりとりは，高橋（2013）でも示されていたものであった．

「先行研究」に関する支援は，初等・中等教育における理科の探究的な学びや「総合的な学習の時間」における問題設定支援を検討した先行研究では指摘されていなかった．このような違いが生まれたのは，大学における卒業論文の指導が専門領域の中で行われることと関連している可能性がある．各専門領域ではこれまでに知見の蓄積があることから，それによって既に解決している問題ではなく，未解決の問題を扱うことが望ましいとされる．どの問題が解決済でどの問題が未解決かを知るためには，先行研究を適切な形で把握する必要がある．「先行研究」に関する支援はこの点に関するものと考えられる．

「問題」に関する支援では，「機会提供」「指示」「情報提供」「問いかけ」が存在することが示された．このうちの「情報提供」に分類される「適切性観点の提供」は，Chin（2002）が提示した支援方法と一致する．しかしながら，Chin（2002）では，主に適切性観点として手元でできる実験で扱える問題になっているかどうかが示されているが，本研究ではそれらに限定されていなかった．具体的には，学問領域との関連づけ，研究する目的の明確さ，アカデミックな位置づけ，社会的な位置づけ，取り扱う問題のサイズ，実証可能性という観点が示されていた．これらは「よい問題とは何か」を考える上で必要な観点である．

「既有知識」に関する支援は，初等・中等教育における理科の探究的な学びや「総合的な学習の時間」における問題設定支援を検討した先行研究では指摘されていなかった．このことは，大学における卒業論文の指導では，既有知識や思い込みを批判的に検討することが求められている一方で，理科の探究的な学びや総合的な学習の時間において，現状では求められていないことを反映していると考えられる．しかし，問題設定をする際に批判的に検討することは重要である。例えば，実際には存在しない現象に対して，現象の発生に関わる要因や，現象によって生じる効果について，問題設定しても，その問題は意味をなさない．したがって，「既有知識」に関する支援は，大学の卒業論文指導に限らず，理科の探究的な学びや総合的な学習の時間においても重要なものと考えられる．

本研究では問題設定の支援について尋ねたが，多くの研究協力者が，同時に研究方法の支援についても言及した．このことは，研究方法を具体化していくことが問題設定を促進する可能性を示唆している．つまり，研究方法を具体化して，収集する情報を明確にすることで，結果として，探究する問題がより明確化される可能性があるということである．この点は，問題を検討する際に実験可能な問題かどうかという観点をもつことの必要性を指摘したChin（2002）の支援方法と一

致している．

本研究では，大学の卒業論文指導を取り上げ，問題設定に熟達している研究者が問題設定初心者である学部生に対してどのような支援をしているのかを明らかにした．しかし，支援を行った側の回想のみに基づいたデータであるという限界がある．より実際を反映したデータを得るためには，支援を受けた側にもインタビューを行う必要がある．また，本研究では，個別指導を前提とした支援について明らかにしたが，一斉授業において実施可能な支援の形態についても探っていく必要がある．

5. 文献

ベネッセ教育総合研究所 (2022). 高等学校の学習指導に関する調査 2021 Retrieved Febrary 12, 2023 from https://berd.benesse.jp/

Chin, C. (2002). Open investigations in science: Posing problems and asking investigative questions. *Teaching and Learning*, *23*(2), 155–166.

Chin, C., & Chia, L.-G. (2004). Problem-based learning: Using students' questions to drive knowledge construction. *Science Education*, *88*(5), 707–727. https://doi.org/10.1002/sce.10144

Chin, C., & Kayalvizhi, G. (2002). Posing problems for open investigations: What questions do pupils ask? *Research in Science & Technological Education*, *20*(2), 269–287. https://doi.org/10.1080/0263514022000030499

福島県教育センター (2023). 一人一人の資質・能力の育成を目指す総合的な探究の時間の在り方：実態調査と探究のプロセスを重視した単元構想を通して Retrieved July 10, 2024 from https://center.fcs.ed.jp/

Getzels, J. W. (1975), Problem-finding and the inventiveness of solutions. *The Journal of Creative Behavior*, *9*(1), 12–18. https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.1975.tb00552.x

文部科学省 (2018). 高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説 総合的な探究の時間編 学校図書株式会社

高橋亜希子 (2013). 総合学習における課題設定過程：内面の変化と教員の助言との相互作用に着目して 質的心理学研究, *12*(1), 138–156. https://doi.org/10.24525/jaqp.12.1_138

不得手な運動技能に対する類推学習の効果
The effect of analogy learning on less developed motor skills

有江 風人[†]，伊丸岡 俊秀[‡]
Kazato Arie, Toshihide Imaruoka
[†]金沢大学大学院，[‡]金沢工業大学
Kanazawa University, Kanazawa Institute of Technology
a2414051002@stu.kanazawa-u.ac.jp

概要

本研究は、バレーボール経験者が直面するプレッシャー状況に対する、類推学習の有効性について分析を行った．実験参加者はバレーボールを 3 年間以上プレーしており、且つサーブレシーブを苦手としている高校生 18 名とした．実力が均等になるように類推学習群と明示的学習群へ振り分け、サーブレシーブ練習を 6 回行った．その結果、両群共にプレッシャー下でパフォーマンスが低下しなかった．そのため、類推学習の効果により、プレッシャー下でのパフォーマンスが維持できたとは言えない．

1. 目的

スポーツ競技において、選手のキャリアを左右する試合や、試合の勝敗を左右する局面のようなプレッシャーがかかる場面では、普段の運動パフォーマンスを発揮できないことがある．このような精神的要因により普段の運動パフォーマンスを発揮できない状態を「あがり」と呼ぶ．

あがりが発生するメカニズムとして、意識的処理仮説（Master, 1992）と注意散漫仮説（Eysenck, 1979）が提唱されている．両仮説ともに、運動中のプレッシャーによってワーキングメモリが圧迫されることであがりが生じるとしている．また、Master & Maxwell（2004）によると、ワーキングメモリの容量には限界があり、同時に処理する情報が多いほど運動機能が低下するとされている．よって、運動中のプレッシャーがワーキングメモリを圧迫し、その結果、プレッシャー下の運動パフォーマンスが低下すると考えられる．

あがりへの対策手法として、カウンセリングやマインドフルネスといったメンタルトレーニングがよく行われている．しかしメンタルトレーニングは、専門家の指導のもと行われることが多く、強豪大学の選手やプロ選手以外が練習に取り入れるのは難しい．また、練習時間が限られているような学生・社会人選手は、メンタルトレーニングを行う時間をとることができない．そのため、専門家を必要とせず、技術練習を兼ねて行えるような対策手法を考える必要がある．

近年では類推学習（Analogy Learning; AL）と呼ばれる練習方法が提案されている．AL とは，目標とする運動について直接的な説明ではなく，根幹的に同じ動作をしている別の運動で説明し練習する学習方法である．現在まで初心者に対してプレッシャー下でのパフォーマンス維持の効果が見られている（Afroditic, L., & George, T., 2020）が，スポーツ経験者においては，ワーキングメモリ負荷がある状況において，AL を行ってもパフォーマンスが低下することが示されている（Capio et al., 2020）．

以上の結果は，スポーツ経験者は運動に関する技術をすでに身に着けており，元々のワーキングメモリへの負荷が大きくないため AL の効果が得られないことを示唆する．ただし，経験者であっても不得手な技能を対象とすれば，運動動作に要するワーキングメモリ容量が大きいため，AL の効果が得られるのではないか．

よって本研究は，スポーツ経験者の不得手な運動技能に対する AL の効果を測定する．

2. 方法

実験参加者　男子バレーボール部に所属する高校生18名とした．実験を行うにあたり，参加者本人とその保護者，指導教員に事前に承諾を得た．

実験操作　実験課題を決定するために，不得手な技能についてのアンケートを行い，その結果からサーブレシーブを実験課題に設定した．その後，実際のサーブレシーブ能力を把握するために，実験参加者ごとにサーブレシーブ課題を10試行行った．この結果から，実験参加者を能力差が出ないようにAL群と明示的学習群（Explicit Learning群; EL群）に分けた．

機材　実験参加者の運動動作を撮影するための深度センサーカメラ 2 台（Azure Kinect, Microsoft）と PC2 台，

実験結果を記録するためのビデオカメラ 2 台，実験参加者の心拍数を計測するための心拍計 2 台（Fitbit Inspire 2, Fitbit），サーブレシーブの正確性を測定するための直径 3m の円形の的を使用した．

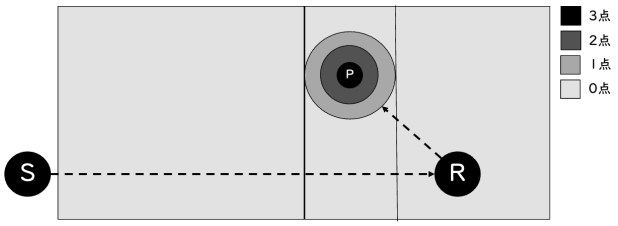
手続き　本実験は，プレテスト・トレーニング（6 回）・ポストテスト・ストレステストの順に行われた．各テストは練習試行が 2 試行，本試行が 10 試行の計 12 試行で構成され，トレーニングはそれぞれ 20 試行で構成された．各テストでは、12m 先から放たれるフローターサーブを直径 3m の円形の的を狙いサーブレシーブが行われた．的の中心を狙うことができたら 3 点が与えられ、中心から 1m ずれるたびに点数が 1 点ずつ少なくなった．(Figure 1)．本試行ではアンダーハンドパス、オーバーハンドパスの順に 5 回ずつサーブレシーブを行った．

ポストテスト開始前にトレーニングで学習した内容を確認するため宣言的知識テストを行った．またプレッシャーの尺度として、心拍数と CSAI-2 を用いて認知状態不安を測定した．ストレステストでも同様に心拍数測定と認知状態不安を測定した．

サーブレシーブ練習を行う前に各群に対し、その方法を教示した（Table1）．トレーニング中は 5 試行ごとにオーバーハンドパスとアンダーハンドパスを切り替えさせ、実験者から実験参加者へサーブレシーブに対する指導を行った．

Figure 1

Experimental environment.



Note. S represents the server
R represents the receiver

Table 1

Teaching content during receiving practice

	類推学習群	明示的学習群
教示①	ボールをヘディングするようにしてレシーブする	体をリラックスする ボールの落下地点へ入る 目を動かしてボールを追う ボールを迎えに行かないでおでこ付近まで呼び込む 手首を固めてボールをはじく
教示②	両手で持っているかごの中へボールを入れるようにしてレシーブする	体をリラックスする ボールの落下地点へ入る 目を動かしてボールを追う ボールを迎えに行かず膝まで呼び込む 肘を伸ばしてレシーブする

分析手法　パラメータ推定には統計ソフトフェア R（4.3.1）および BRMS パッケージ（2.20.3）を用いた．サーブレシーブ課題中の運動動作の分析に MATLAB（23.2.0）を用いた．オーバーハンドレシーブでは手–頭の距離を、アンダーハンドレシーブでは肘–肩–腰からなる角度を運動動作の一貫性を測る評価項目とした．

3. 結果

各テスト課題におけるサーブレシーブ課題の平均得点をグループごとに示した（Figure 2）．

サーブレシーブ課題の得点からパラメータ推定を行った．各試行から得られた得点がポアソン分布に従い，練習方法（AL 群，EL 群），テスト種別（プレテスト，ポストテスト，ストレステスト），実験参加者の個人差によって変化すると想定した．そのため，固定効果として練習方法，テスト種別とそれぞれの交互作用項，ランダム効果として個人差を用いた一般化線形混合モデルを作成し，MCMC によるパラメータ推定を行った．その結果、練習方法間（-0.04: 95%CI[-0.40, 0.31]; 値は各固定効果の係数推定値）、テスト間（プレテスト-ポストテスト: 0.05: 95%CI[-0.25, 0.37]; ポストテスト-ストレステスト: 0.28: 95%CI[-0.04, 0.59]）で得点に違いはなく、それらの交互作用も得点には影響していなかった（-0.30: 95%CI[-0.73, 0.15]; -0.21:95%CI[-0.66, 0.24]）．

サーブレシーブ課題中の運動動作の一貫性について分析を行った．その結果、手と頭距離、腕の角度ともに練習方法およびテスト間での違いは見られなかった（Figure3; Figure4）．

各テストから得られた心拍数が ex-gaussian 分布に従い、練習方法、テスト種別、計測時期（テスト前、テスト後）、実験参加者の個人差によって変化すると想定し、得点と同様のモデルによる分析を行った．その結果、プレテストで心拍数が高くなった（19.48: 95%CI[10.32, 28.90]）．しかし、ストレステストでは心拍数が変化しなかった（7.07: 95%CI[-1.74, 16.54]）．また、条件ごとの交互作用は示されなかった．

プレテスト・ポストテストで実施した CSAI-2 の認知状態不安が shifted lognormal 分布に従い、練習方法、テスト種別、実験参加者の個人差によって変化すると想定し、得点と同様のモデルによる分析を行った．その結果、ポストテストとストレステストで得点は変化しなかった．（0.11: 95%CI[-0.37, 0.52]）．

ポストテストが開始される前に宣言的知識テストを行い、トレーニングが正しく行われていたかを確認した（Table 2）．その結果、AL 群に振り分けられた実験参加者のほとんどが、サーブレシーブ練習で教示された内容を正答することができていた．しかし、EL 群に振り分けられた実験参加者は、教示された内容に応じて正答率が大きく変化し、「体をリラックス」、「ボールの落下地点に入る」、「目を動かしてボールを追う」の 3 つの正答率が悪かった．

Figure 2

Differences between groups in serve-receive scores in each test.

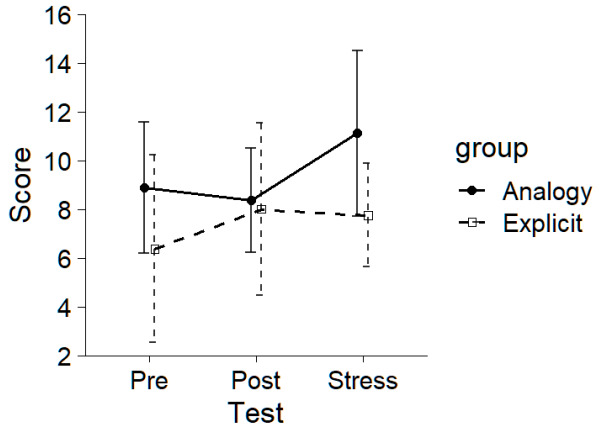


Figure 3

Distance between head and hands during overhand receiving.

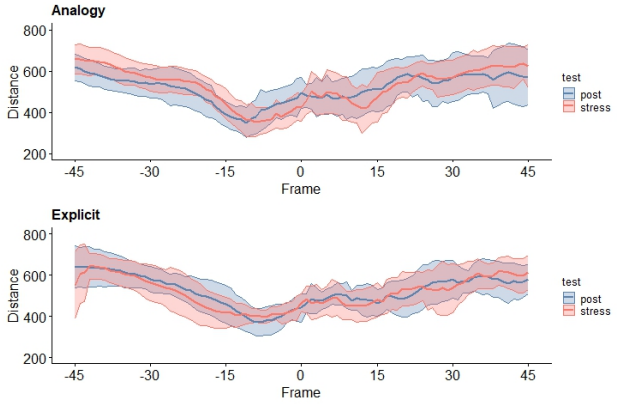


Figure 4

Angles consisting of elbow, shoulder, and clavicle during overhand receiving.

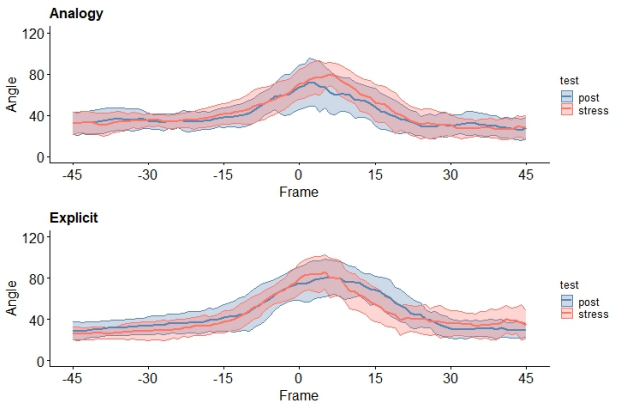


Table 2

The result of the declarative knowledge test between the analogy learning group and the explicit learning group

	類推学習群	正答率	明示的学習群	正答率
教示①	ボールをヘディングするようにしてレシーブする	75%	体をリラックスする	25%
			ボールの落下地点へ入る	38%
			目を動かしてボールを追う	25%
			ボールを迎えに行かないでおでこ付近まで呼び込む	75%
			手首を固めてボールをはじく	63%
教示②	両手で持っているかごの中へボールを入れるようにしてレシーブする	88%	体をリラックスする	38%
			ボールの落下地点へ入る	25%
			目を動かしてボールを追う	38%
			ボールを迎えに行かず肘まで呼び込む	75%
			肘を伸ばしてレシーブする	50%

4. 考察

本実験の結果，AL 群，EL 群ともに，ポストテスト条件に比べてストレステスト条件で得点が下がるという結果は得られなかった．また，運動動作についての解析もストレステストにおいて明確な違いは示さなかった．ストレステストで EL 群の得点と運動動作の一貫性が維持されたため，AL を用いることでストレステストでの成績が維持されるという仮説を検討するために必要な前提を満たせなかったことになる．

その原因として，教示内容とストレス刺激が挙げられる．AL 群にはサーブレシーブ方法に関す教示が、オーバーハンドレシーブとアンダーハンドレシーブに 1 つずつ与えられ、EL 群には 5 つずつ与えられた．宣言的知識テストの結果、EL 群へ教示した 3 つの内容の正答率が低いことが明らかになった．これらの教示内容は、バレーボール経験者であれば日頃から当たり前に行っている動作である．そのため、EL 群の実験参加者も、これらの教示内容を意識してサーブレシーブを行っていなかったと考えられる．群ごとに教示量を変えることで、ワーキングメモリ負荷に差を出そうとした

が、EL 群の実験参加者が教示内容を覚えていなかったため、ワーキングメモリ負荷の差を出すことができなかった. そのため、ストレステストでの両群の得点や運動動作に違いが見られなかったと考えられる. また, 心拍数や認知状態不安がストレステストで高くならず, 実験参加者に十分なプレッシャーを与えることができなかった. そのため、実験参加者のワーキングメモリを十分に圧迫することができなかったと考えられる. よって, 本実験結果だけでは, 経験者に対する AL の効果について, 検討することは難しいと言える.

引用文献

Afroditic, L., &George, T., (2020). Analogy versus explicit learning of a volleyball skill for novices: The effect on motor performance and self-efficacy. *Journal of Physical Education and Sport*, *20*, 2478-2486.

Capio, C. M., Uiga, L., Lee, M. H., & Masters, R. S. W. (2020). Application of analogy learning in softball batting: *Comparing novice and intermediate players. Sport, Exercise, and Performance Psychology*, *9*(3), 357–370.

Eysenck, M, W. (1979). Anxiety, Learning, and Memory: A Reconceptualization. Journal of Research in Personality, 13, 363-385. https://doi.org/10.1016/0092-6566(79)90001-1.

Master, R, S, M. (1992). Knowledge, Knerves and Know-How: The Role of Explicit versus Implicit Knowledge in The Breakdown of A Complex Motor Skill Under Pressure. British Journal of Psychology, 83, 343-358. http://dx.doi.org/10.1111/j.2044-8295.1992.tb02446.

Masters, R. S. W., & MaxwALl, J. P. (2004). Implicit motor learning, reinvestment and movement disruption: What you don't know won't hurt you. A. M. Williams & N. J. Hodges (Eds.), *Skill acquisition in sport: Research, theory and practice* (pp. 207–228).

Human flocking behavior における歩行同期
Footstep synchronization in human flocks

安達 龍太郎[1], 都丸 武宜[1], 西山 雄大[2], クラウディオ フェリシャーニ[3], 村上 久[1]
Ryutaro Adachi, Takenori Tomaru, Yuta Nishiyama, Feliciani Claudio, Hisashi Murakami
[1]京都工芸繊維大学, [2]長岡技術科学大学, [3]東京大学
Kyoto Institute of Technology, Nagaoka University of Technology, Tokyo University
m3622002@edu.kit.ac.jp

概要

人は歩いているとき,知らず知らずのうちに隣の人と足並みを揃えることが知られている.これは集団においても同様だろうか. 従来,集団の歩行同期は,歩行者が一列に並んで同じ方向を歩く実験設定で調べられてきた.しかし, 空間的に制限されていない,より現実に近い状況で歩行同期の有無や機能は不明である.本研究では,自由歩行する集団でも偶然以上に歩行同期が発生することが明らかになった.こうした歩行同期が集団において機能的利点をもたらすか否か議論する.

キーワード：自己組織化(self-organization), 同期(synchronization)

1. はじめに

鳥や魚などの動物や人間の群れは局所的な相互作用により,リーダーや指揮者が不在でも,集団全体がまるで一つの生き物のように一糸乱れぬ振る舞いを示す. 近年では画像解析手法やバイオロギング手法を用いることで,さまざまな動物種の群れにおける集団的振る舞いが評価されている. けれども,多くの群れ行動の実験・観測研究では,個々の時系列の位置座標や向きの計測によるものであり,いわば個々の個体は点や矢印として分析の対象とされてきたと言える.

群れ内の個々のボディパーツレベルの振る舞いに着目した研究はあまりないが,渡り鳥のV字飛行については例外的に詳しい分析が行われている[1]. 一部の鳥は,他の鳥の斜め後ろを飛行し,全体としてV字型に群れをなして飛行することがよく知られている. 渡り鳥であるホオアカトキの群れのV字飛行を解析した研究では,背中に GPS と慣性計測ユニットが取り付けられ,位置,速度,進行方向に加えて,羽ばたきのタイミングが測定された. その結果,V 字型の飛行において鳥は,固定翼の空気力学的に予測される位置で飛行していることが示された. 追随する鳥が先行する鳥と羽ばたきの空間的位相を同位相にすることで上昇気流を有効利用しているのである. このように渡り鳥の場合,個々の羽ばたきのタイミングと集団の形成が深く結びついていると考えられる.

また近年,ヒトの歩行同期に着目した研究も行われている. 歩行同期とは,人が群衆の中で自発的に歩行を調節し位相を合わせる現象である. 従来の歩行同期の研究では,一列に並んで同じ方向に歩く集団を対象にした実験が行われてきた[2]. この実験では,被験者は決められた一列の周回ルートを異なる密度で歩行した. 撮影された画像データから歩行を解析したところ,密度と速度の積で定義される流量が最大となる密度において最も歩行同期が起こりやすいことがわかった. このことから,歩行同期が生じる理由は,歩行者が前の歩行者とぶつからないように同じ側の足を同時に踏み出すから,と考えられている.

しかし,渡り鳥の場合でも V 字飛行に限られたものであり,歩行者の場合も空間的に動きが制限された状況での分析しか行われていない. ヒトを含めた多くの動物の群れでは,特定の形に常に制約することなく,自己組織化を通して縦横無尽な空間構造を創発させる. 特に,人が普段街中を歩くとき,一列に並び歩行し続ける状況はほとんどないと言える. より現実に近い自由な歩行集団においてもボディパーツレベルの振る舞いや歩行同期が発生するかはまだわかっていない. 少なくとも,横断歩道のような状況（一列歩行よりは自由に歩けるが,依然として空間的な制約はある状況）では自発的には歩行同期が起こらないことがわかっている[3]).

そこで,本研究ではより自由で制約の緩い条件下での集団における歩行同期を検証する実験を行った.

2. 方法

本実験は京都工芸繊維大学の体育館で行われた. 本研究では学生被験者 9 人分のデータを分析する. 画像解析を容易にするため,被験者は全員黒のTシャツと赤い帽子を身につけた状態で実験を行った. 体育館の床を PVC 素材のカバーを敷いたため,被験者は自分の靴

で実験を行うことができた．被験者は 3 人からなる三つのグループにわけられ,それぞれ一試行ずつの実験を行った．各試行において,被験者は長方形の実験エリア（10×8m）の中でみんなで集まって歩くように指示された(図 1). スタートの合図とともに実験が開始され,終了の合図までの 2 分間被験者は歩行を続けた．この間,歩行者の動きは真上から 30 flames/s でビデオ撮影された.

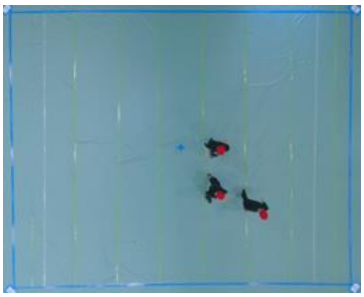


図 1　実験の様子

得られた画像データから歩行同期を検出した．まず,動画解析ソフト（Library Move-tr/2D）のセミオートトラッキングモードを用いて画像データから踵の軌跡を検出した．次に得られた軌跡のデータから踵の速度を計算した．さらに,速度データから着地フレームを算出した．本研究では速度が 0.4m/s 以下になったフレームを着地と定義した(図 2). そして 3 人の歩行者を,三つのペアに分けてそれぞれのペアにおける歩行の同期を調べた．ペア内の二人の着地タイミングのズレが 0.1s (3flame)以下となるフレームを,両者の歩行が同期している「同期フレーム」として扱った．ここで偶然に同期した可能性を統制するために,異なる試行間でランダムに二人選択した,バーチャルなペアを作り,現実のペアと同期率の比較を行った．この同期率の比較をペア間の同じ脚である同位相と異なる脚である逆位相でそれぞれ行った.

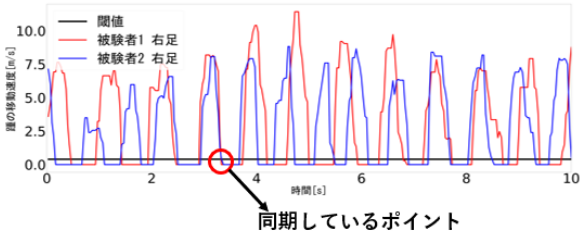


図 2　同期の検出

3.　結果

表 1 より，同位相の場合のバーチャルなペアの同期率が 25.85%であったのに比べて現実のペアの同期率は 31.37%となり,現実のペアの同期率が有意に高いことが明らかになった.さらに表 2 から逆位相の場合のバーチャルなペアの同期率は 33.15%であるのに対して,現実のペアの同期率は 25.18%であり,現実のペアの同期率の方が低いことが分かった.

表 1　同期率(同位相)

	現実のペア	バーチャルなペア
着地回数	953	909
同期回数	299	235
同期率	31.37%	25.85%

表 2　同期率(逆位相)

	現実のペア	バーチャルなペア
着地回数	953	896
同期回数	240	297
同期率	25.18%	33.15%

4.　議論

表 1 から空間的制約のより弱い自由歩行集団でも,偶然以上に同位相の歩行同期が起こることがわかった．なぜこのような同期が生じるのだろうか．例えば渡り鳥の集団飛行では,翼の羽ばたきを同期させることで他個体が作った気流を利用し,エネルギーを節約する効果があると考えられている．しかし,今回の人の歩行同期ではそのような要因は考えづらい．今回の実験では被験者は集まって歩くようにとだけ教示されていた．従って,本研究で被験者は群れを維持するために歩調を合わせ,同期が発生した可能性が考えられる．また,表 2 から逆位相の歩行同期は起こりにくいことが分かった．逆位相で歩行同期が起こりにくいのは集団の結束を保つためには同位相,つまり同じ脚を前に出し,旋回する必要があることが原因であるかもしれない．例えば,同位相の歩行同期が生じていた場合,逆位相の場合よりも,集団が一体となって旋回するときに有利であるのかもしれない．これらの検証を今後の課題とする.

文献

[1] Steven J. Portugal, Tatjana Y. Hubel, Johannes Fritz2, Stefanie Heese, Daniela Trobe, Bernhard Voelkl, Stephen Hailes,Alan M.Wilson, James R.Usherwood, (2014)“Upwash exploitation and downwash avoidance by flap phasing in ibis formation flight”, nature, Vol. 505, No.7483, pp.399-402

[2] Yi Ma, Eric Wai Ming Lee, Meng Shi, Richard Kwok Kit Yuen, (2021)"Spontaneous synchronization of motion in pedestrian crows of different densities", nature human behavior, Vol5, Issue4, 447-547
[3] Tomaru, T., Nishiyama, Y., Feliciani, C., & Murakami, H. (2024). "Robust spatial self-organization in crowds of asynchronous pedestrians." Journal of the Royal Society Interface, 21, Issue214,.

探究学習におけるメンタリングの自動化に向けた BDI モデルベース対話アーキテクチャの有用性の検討

Investigating the usefulness of the BDI model-based dialogue architecture for automating mentoring in inquiry-based learning

古賀 日南乃 [1]，佐藤 匠 [1]，大美浪 海晟 [1]，飯田 愛結 [1]，奥岡 耕平 [1]，
佐々木 康輔 [2]，野田 尚志 [2]，森口 昌和 [2]，大澤 正彦 [1]
Hinano Koga[1]，Takumi Sato[1]，Kaisei Ominami[1]，Ayu Iida[1]，Kohei Okuoka[1]，Sasaki Kousuke[2]，Noda Hisashi[2]，Moriguchi Masakazu[2]，Osawa Masahiko[1]

[1] 日本大学文理学部，[2] NEC ソリューションイノベータ株式会社
[1]College of Humanities and Sciences，Nihon University，[2]NEC Solution Innovators, Ltd.
chhi22083@g.nihon-u.ac.jp

概要

本研究の目的は，探究学習において言外の意味を扱った対話を実現できるメンタリングチャットボットの開発である．著者らは先行研究として，BDI モデルベースの自己/他者モデルと大規模言語モデルを統合することで，大規模言語モデルが言外の意味を扱えるようにするアプローチを提案している．本研究では，このアプローチをメンタリングチャットボットに導入し, 探究学習におけるメンタリングにおいても有効であるか評価するためにケーススタディを実施した．

キーワード：メンタリング，探究学習，他者モデル，BDI モデル，大規模言語モデル

1. はじめに

探究学習とは，学習者自らが定義した問題に対して情報収集や他者連携を通して解決することで問題解決や情報処理の能力を獲得する教育手法である．探究学習では学習者個人に応じた個別支援，特に対話によって学習者の探究を促進するメンタリングが重要視されている．

しかし，教員への過負荷が問題視されている現在の教育体制で個別支援の導入は困難である．そこで著者らは，教員によるメンタリングを自動化するために, 学習者が問いを深めるために有効とされる質問設計の指針である「問いのデザイン」と大規模言語モデルを組み合わせたメンタリングチャットボットを提案した (大美浪他，2024)．大規模言語モデルのみを用いた場合と比べて，提案システムが相談者の問いについて定義や意図といった問いを深めるようなメンタリングを行える可能性を示している．

一方で大規模言語モデルは，発話した字義的な表現に含まれる情報だけでなく発話者の情報や文脈等の「言外の意味」を扱う必要があるコミュニケーションにおいて，十分な性能を実現できていないことが指摘されている (Hu et al.，2023)．この課題に対して，著者らの一部は自己/他者モデルと大規模言語モデルを統合するアプローチを提案し，統合することによって大規模言語モデルのみを使用する場合に比べて言外の意味を扱うコミュニケーションタスクにおける性能が改善することを示している (飯田他，2024)．

メンタリングにおいても，メンターに対する相談者の自己開示の程度は異なるため，常に相談者の発話に全ての情報が含まれているとは限らない．そのため，メンターは相談者の意図などの言外の内部状態を認識し，対話戦略を考えることが求められる．しかし，先行研究では一往復の会話を想定した評価を行っていたため，継続的な対話を行うメンタリングにおいても同様のアプローチが有用であるかは不明である．

そこで本研究では，提案したアプローチが探究学習におけるメンタリングにおいても有効であるか調査すると共に，他のタスクに応用する上での課題点を明らかにするための初期検討を行う．具体的には, 先行研究で提案した対話アーキテクチャに探究学習におけるメンタリングの設定を与えることでメンタリングチャットボットを実装した. 実装したチャットボットを用いて，実際に学生を対象として継続的な対話によるメンタリングのケーススタディを実施し, 相談者による印象評価と対話履歴の分析を行う．

2. 関連研究

2.1 問いのデザインに基づくメンタリングチャットボット

著者らの先行研究では，安斎・小田 (2021) の提案する相談者の問いを効果的に深めるための質問設計の指針「問いのデザイン」を，大規模言語モデルへのプロンプトに組み込んだメンタリングチャットボットを提

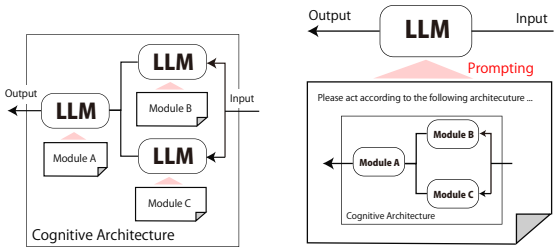


図 1　2 つの統合手法 (左: LEC，右: CEL)
(飯田他，2024) より引用

案している (大美浪他，2024).「問いのデザイン」は，「言葉の定義」「根源的な理由」「時代の変化」「真善美」の 4 つの観点で構成される．以下に各観点の仔細を述べる．

言葉の定義 価値観や解釈が異なる言葉や，時代の変化によって意味が変わる言葉について，明確な定義を検討するための問い．

根源的な理由 学習者が立てた問いの根源的な理由を探り，暗黙のうちに前提とされている行為を意識化するための問い．

時代の変化 時代の変化の中で，意味が変わったり，関係性が変わったり，対応策が変わったりする事象について，変化の輪郭を追うための問い．

真善美 学習者が立てた問いの中で，理想とする普遍的な価値基準を探るための問い．

大規模言語モデルのみを使用する場合に比べて, 提案システムが相談者の問いに関する言葉の定義や意図を問うことで, 問いを深めるようなメンタリングを行えることを示した.

2.2　自己/他者モデルと大規模言語モデルの統合

大規模言語モデルが言外の意味を扱うタスクにおいて十分な性能を実現できていない課題に対して，著者らの一部は自己/他者モデルと大規模言語モデルを統合するアプローチを提案している（飯田他，2024）．他者モデルは，他者の心的状態や行動を予測・解釈するためのモデルであり，自己モデルは自分自身の心的状態や行動を理解するためのモデルである．自己/他者モデルによる，字義的な表現に含まれない心的状態を推定する機能を統合することで, 推定した情報と言語情報を組み合わせ言外の意味を扱うコミュニケーションを可能にすることが期待できる．

先行研究では，BDI モデルをベースにした自己/他者モデル付き対話アーキテクチャを提案している（飯田他，2024）．BDI モデルは，Rao & Georgeff (1997) が提案する人間の行動選択や意思決定に関するモデルであり，人間の行動選択や意思決定を信念（Belief），願望（Desire），意図（Intention）の 3 つの内部表現を通じてモデル化する枠組みである．加えて, アーキテクチャを実現するための大規模言語モデルとの統合手法として 2 種類の方法（図 1）を提案している．1 つ目は LEC(LLM Embedded in Cognitive Architecture) と呼ばれる方法で，アーキテクチャのモジュールを大規模言語モデルで置き換えることで統合する方法である．一方で CEL(Cognitive Architecture Embedded in LLM) は大規模言語モデルにアーキテクチャの構造をプロンプトとして与えることで統合する方法である．

言外の意味を扱う対話シナリオを作成して実験を行い，自己/他者モデルと大規模言語モデルを統合することで言外の意味を扱うコミュニケーションにおける性能が向上すること，また LEC の方が CEL に比べて性能が高いことを示している．しかし，シナリオは一往復の会話のみであり，言外の意味を扱うコミュニケーション以外も含まれた継続的な対話を行うメンタリングにおいても有効であるかは検討されていない．

3.　ケーススタディ

3.1　概要

ケーススタディでは実際のメンタリングを想定した継続的な対話におけるアーキテクチャの有用性を調査するために，参加者に相談者としてメンタリングを受けてもらった．なお，本研究では言外の意味を扱うコミュニケーションとなるように，相談者の自己開示が少ない状況を想定して設計した．

3.2　実装

本節ではケーススタディで用いる BDI モデルベース対話アーキテクチャ（図 2）について述べる．四角で囲まれた部分は自己/他者モデル，角丸で囲まれた部分はモデル内の内部状態，楕円で囲まれた部分が情報処理を行うモジュールに相当する．

本研究で用いるアーキテクチャは，大須賀他 (2024) が提案した BDI モデルベースの自己/他者モデル付き対話アーキテクチャである．アーキテクチャは飯田他ら（2024）が提案したアーキテクチャを拡張し, 信念の中に事前に設定した推定レベルに応じて再帰的に自己/他者モデルが呼び出すことのできる構造になっている．本研究では，推定レベルは 1 に固定した．つまり，システムが相談者の他者モデルを有しており，相談者が想定するシステムに対する他者モデルまでは推定しない．

処理の流れは, 最初に相手の発話が自己モデル M に与えられ, 自分自身の Belief と相手の他者モデル M’ に渡され, 相手の他者モデル M’ では同様に相手自身

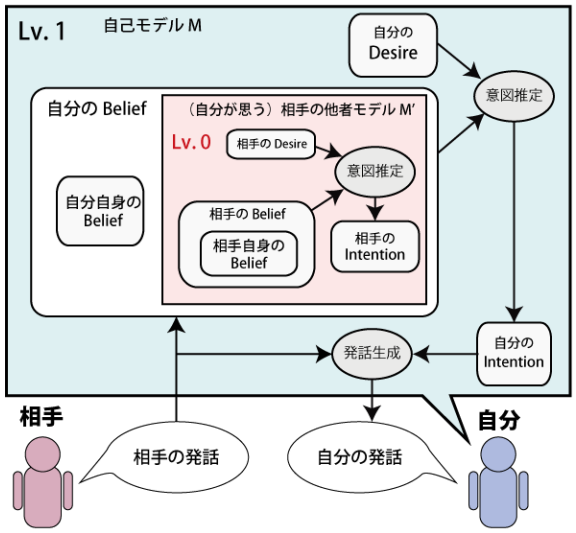


図 2　BDI モデルベース認知アーキテクチャ

の Belief に与えられる．次に，レベル 0 の他者モデル M' から順番に意図の推定が行われ，1 レベル上の自己モデル M に推定結果が与えられる．最後にレベル 1 の自己モデル M にて意図生成が行われた後に，自分の意図と相手の発話を基に自分の返答を生成する．なお, 各意図推定・生成の際には当該レベルのモデル内の Belief と Desire を入力にして意図を出力する．上述のアーキテクチャは Python を用いて実装し，大規模言語モデルには OpenAI の GPT-4o を用いた．

3.3　設定

メンタリングの目的は，参加者のやりたいことについて考えを深めることとした．参加者には, 自身を「やりたいことはあるが自己開示できない相談者」であると想定してメンタリングに参加するように教示した．ただし，メンターの質問によって自己開示してもよいと感じた場合は答えてよいこととした．会話は，システムが相談者のやりたいことを尋ねた際の相談者の「特にやりたいことはないです」という回答に対するシステムの応答生成から始めるようにした．

事前にアーキテクチャの信念と願望として設定する情報には，メンタリングを実施するための基本情報，問いのデザイン，相談者の自己開示に関する情報の計 3 種が存在する．基本情報はメンタリングの目的やどちらがメンターでどちらが相談者かといったメンタリングを実施する上での基礎的な情報であり，システムや相談者のモデルの信念や願望として与えられた．問いのデザインはシステムが問いを生成するための参考情報としてシステムの信念に与えられた．相談者の自己開示に関する情報としては，「本当はやりたいことがある」「本当のやりたいことを言うと否定されるのではないかと不安に思っている」の 2 つの情報を相談者の信念として与えた．比較条件は LEC と CEL の 2 つの統合条件で，被験者内計画で実施した．

3.4　評価方法

評価方法として，アンケートによる評価を行った．アンケートは，システムの使いやすさを評価するためにシステムユーザビリティスケール（SUS）(Brooke, 1996）に加えて，独自質問として「Q1: メンターはあなたが「本当にやりたいことがある」と気付いていると感じましたか？」「Q2: メンタリングを通して自らの目標を掘り下げることができたと感じましたか？」の 2 問に 5 段階評価で回答してもらった．また，両条件のシステムを体験後に，どちらのシステムがより良いメンタリングと感じたかを選択してもらった．加えて，アンケート回答後にインタビューを行った．

3.5　手順

初めに，参加者にケーススタディの流れや設定について説明した後に,「自分のやりたいこと」について 1 文程度の文章で回答してもらった. 次に, 1 回目のメンタリングを 10 分間行ってもらった．メンタリング終了後，アンケートに回答してもらった後，1 回目と異なる統合条件下で同様に 2 回目を行ってもらい，最後にインタビューを実施した．なお，順序効果を考慮して実施する統合条件の順序は参加者間でカウンターバランスをとった．

3.6　参加者

ケーススタディには，日本大学文理学部の学生で 19 歳男性と 20 歳男性の計 2 名に参加してもらった．なお，２人は探究学習を実施する授業の履修経験のある学生であった．

3.7　結果

アンケートの結果、CEL 条件のメンタリングの方が独自質問と SUS の両方の観点から CEL 条件の方が高く評価され，参加者の両方が CEL 条件のシステムの方が優れていたと評価した（表 1)．評価した理由についてインタビューした所，両者ともに質問のバリエーションについて言及しており，LEC 条件が自身の発話をそのまま引用する形で質問を繰り返す場合があるのに対して，CEL 条件の方が様々な観点から質問されている印象を受けたことを理由としていた．対話履歴について分析を行った所，参加者が指摘するように LEC 条件の方が引用する質問かつ同じ文章構造の質問を多用する傾向がみられた．一方で，CEL 条件では同様に相談者の回答を掘り下げる質問をしているものの，言い換えるなど質問の形式のばらつきがみられた．

一方で意図推定や意図生成において, 相談者が自己開示ができていないことを言及する出力があったの

表 1　アンケートによる印象評価の結果

条件	参加者	Q1	Q2	SUS
LEC	A	1	1	65
	B	3	3	40
CEL	A	3	4	90
	B	4	4	60

は，CEL 条件における参加者 B との対話の最初の 2 往復のみであった．一人あたり平均 15.3 往復の会話が行われていたことを考慮すると，言外の意味を理解することは両条件ともにほぼ出来ていなかったと考えられる．また，システムの質問が問いのデザインを考慮された質問であるか分析した所，LEC 条件における１回の質問を除いて問いのデザインに従った質問は生成されていなかった．

4. 議論

ケーススタディの結果，LEC 条件に比べて CEL 条件の方が質問のバリエーションが豊富であることから，相談者に好印象を与えることが示された．ここで，LEC 条件において類似した形式の質問が頻発している箇所の意図推定と意図生成の結果を見ると，相談者の発話をそのまま引用した文章が “「＜相談者の発話内容の一部＞と思った理由」を掘り下げる質問をする” といったように同じ形態の文章として生成されている傾向があった．これは，CEL 条件が問いのデザインや相手の内部状態など全ての信念および願望の情報を入力に与えられた上でアーキテクチャの処理をシミュレートしているのに対して，LEC 条件では各モジュールが参照できる情報に限りがあることで入力された情報に対する影響を受けやすいため，相手の発話を過剰に重視しやすくなると考えられる．また LEC 条件の場合, 意図推定モジュールで相手の発話をそのまま引用するような出力が生じた場合，意図生成モジュールにおいても意図推定モジュールと同様に，相手の発話を過剰に重視しやすい状態になることが考えられる．そのため，CEL 条件に比べて相手の発話に対する過剰な重視が生じやすかったと考えられる．

また，言外の意味の推定と問いのデザインに基づく質問設計について対話履歴を分析した結果，両条件ともに不十分であった．これは，先行研究に比べて，アーキテクチャに関する情報や問いのデザインに関する情報などプロンプトに含める情報が多くなったことが原因として考えられる．

今後の展望として，信念や願望から参照する情報を文脈によって取捨選択するモジュールを追加することや，言外の意味を推定するモジュールとメンタリングの対話戦略を考えるモジュールに分けることによって，メンタリングの内容に応じて適切な入力やモジュールを選択する機構を導入する必要があると考えられる．

5. おわりに

本研究では，著者らが先行研究において提案した大規模言語モデルと BDI モデルベースの自己/他者モデルを統合するアプローチを導入することで，探究学習を目的としたメンタリングにおいて言外の意味を扱うコミュニケーションにも対応できるメンタリングチャットボットの実現に向けた検討を行った．今後は本研究で得られた知見を基にシステムの改善を行うとともに，実際の学習者を対象とした実験を通して有用性を検証していく予定である．

文　献

安斎勇樹・小田裕和 (2021). リサーチ・ドリブン・イノベーション．株式会社翔泳社.

Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.*, *189*.

Hu, J., Floyd, S., Jouravlev, O., Fedorenko, E., & Gibson, E. (2023). A fine-grained comparison of pragmatic language understanding in humans and language models. *Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, pp. 4194–4213.

飯田愛結・阿部将樹・奥岡耕平・福田聡子・大森隆司・中島亮一・大澤正彦 (2024). 意図を読む AI の実現に向けて: 対話型生成 AI と他者モデルの統合を例に　HAI シンポジウム 2024, pp. G–28.

大美浪海晟・佐藤匠・奥岡耕平・佐々木康輔・森口昌和・野田尚志・大森隆司・大澤正彦 (2024). 大規模言語モデルを用いたメンタリングシステムの開発に向けて HAI シンポジウム 2024, pp. P–52.

大須賀友・飯田愛結・奥岡耕平・大澤正彦 (2024). BDI モデルベース認知アーキテクチャを用いた言外の意味を考慮したインタラクションに向けた検討　HAI シンポジウム 2024, pp. P–77.

Rao, A. S., & Georgeff, M. P. (1997). Modeling rational agents within a BDI-architecture. In M. N. Huhns, & M. P. Singh (Eds.), *Readings in agents*, pp. 317–328. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann.

物質と人との相互作用から創発的に構築される科学的知識

小学3年「磁石の性質」の実験場面における物質と子どもの相互作用に着目して

Scientific Knowledge Emergently Constructed through Interactions between Matter and Human: Focusing on the Interaction between Matter and Children in the Experiment of “Properties of Magnets” in the 3rd Grade of Elementary School

庄野俊平
Shumpei Shono
横浜市立もえぎ野小学校
Yokohama City Moegino Elementary School
shumpei.s@ga3.so-net.ne.jp

概要

本研究では、実験における物質との相互作用から科学的知識が構築される過程を明らかにすることを目的とした。Pickering (1995) の「Mangle of Practice」の視点を援用し小学3年理科「磁石の性質」の実験場面の子どもと物質（磁石や缶）との相互作用を分析した。その結果、自らの科学的知識に反する「物質の抵抗」に対し、現象を再現しようという「子どもの適応」の中で、創発的に科学的知識が構築されることが明らかとなった。

キーワード：理科の実験、創発性、Mangle of Practice、物質と人の相互作用

1. 背景

従来の学校の理科教育は、普遍的な科学法則や理論といった脱文脈的な知識の習得が主な目的であり、学習の効果は脱文脈的な知識を授業の前後で比較することで測定されてきた。しかし、学習科学や科学論の「実験室研究」(e.g. Latour and Woolgar 1979)の知見から、子どもたちが科学的知識を現実の実験の中でいかに適用していくかの知見が必要とされるようになってきた(Duschl 2008)。さらに、実験での物質との相互作用から子どもがその場に則して創発的に科学的知識を構築する過程についての知見の必要性も指摘されている (Manz 2015)。しかし、実験後のクラス全体での議論における子どもの発話、ノート等への記述や授業後のテストから、論証スキルや科学概念の変容を分析する研究は積み重ねられても、子どもが物質との相互作用の中で科学的知識を構築しているまさに実験そのものを主な分析の対象とした知見は蓄積されていない。実験中にどのように科学的知識が構築されているかが明らかでないのである。

2. 目的

実験における子どもと物質との相互作用に着目し、そこで科学的知識が構築されるプロセスを明らかにすることを本研究の目的とする。

3. 方法

物質と子どもの相互作用を捉えるため、従来の教室談話分析を拡張して非言語的行為も含めた分析を行った。具体的には、首都圏の公立K小学校の3年理科「磁石の性質」の計6時間の実験場面をICレコーダーで録音し、ビデオでの撮影を行った。録音したデータから発話プロトコルを作成し、撮影した映像から子どもの操作や磁石などの物質の動きを静止画像で切り取り分析した。さらに必要に応じて子どもが作成したワークシートや実験前後の話し合いの

場面の発話プロトコルも参照しながら子どもと物質との相互作用を分析した。

分析する上で、科学社会学者の Pickering の「Mangle of Practice」の概念を分析の視点として援用した。Pickering は、科学の実践を「物質の抵抗とそれに対する人々の適応の絶え間ない弁証法的な相互作用」として捉える（Pickering 1995)。彼によると、実験室においては、科学者の想定に反する物質の動きが「物質の抵抗」として現れ、それに対して科学者が「適応」するという相互作用が安定化するまで繰り返される（Pickering 1995)。Mangle（衣服を絞る機械）の中で衣服が絡まり合っているように、物質と人の適応という相互作用の各々の要素は不可分の関係にある。この視点では、従来の見方であった科学的知識と世界との普遍的な対応関係に終始するのではなく、科学の実践において科学的知識がその都度創発される点が強調されている。理科教育でも、子どものもつ科学的知識が物質の動きによって揺らぐような出来事（discrepant events）が科学的知識の再構築を促すことが指摘されている（Clement 2013)。

そこで本研究は、Mangle of Practice の視点を導入した先行研究(e.g. Manz 2015)を参照しながら「驚き」、「混乱」、「困難さ」を子どもの発話から抽出し、その前の物質の動きを「物質の抵抗」として抽出した。それに対する子どもの操作や発話といった行為を「子どもの適応」として抽出した。

抽出された「物質の抵抗」や「子どもの適応」を、どの事例にも当てはまるかを吟味しながらカテゴリーにわけて解釈的に分析した（藤江 2001)。

4. 結果

「物質の抵抗」として、2 種類のカテゴリーを抽出した（表１)。一つ目は、子どもの仮説に反する物質の動きである。例えば、全ての金属に磁石はつくという仮説に反して、アルミ缶はつかないという物質の動きがそれにあたる。二つ目は、子どもが予期していない物質の動きである。例えば、偶然机上に置いた二つの棒磁石の一つが磁極間の斥力によって回転するという物質の動きである。さらに、「物質の抵抗」に対する「子どもの適応」として 2 種類のカテゴリーを子どもの発話と操作から抽出した（表 2)。一つ目は、現象を再現しようとする行為である。磁石につかないアルミ缶の動きに対してもう一度その現象が起きるかを確かめる行為がそれにあたる。二つ目は、仮説を形成して検証するという動きである。机上の棒磁石が回転したことに対して子どもが磁極間に働く斥力という仮説を形成して検証する行為がそれにあたる。以下で、ある一つの事例（表 3・4）における科学的知識が創発的に構築される過程を詳細に記述する。

表１．物質の抵抗

カテゴリーの概要	例
子どもの仮説に反する物質の動き	磁石につくと子どもが予想したアルミ缶が、磁石につかないという現象を起こす。
予期していない物質の動き	机に置いた棒磁石が、回転して近くの別の棒磁石にくっつく。

表 2. 子どもの適応

カテゴリーの概要	例
現象を再現しようとする	アルミ缶のいろいろなところに磁石を近づけて、アルミ缶が磁石につかないという現象を再現する。
仮説を形成して検証する	二つの棒磁石の同極同士を近づけて、回転させてくっつけようとする。

この事例における「物質の抵抗」は、電気の学習での導電性や絶縁体についての知識を基に形成した仮説に反する磁石や缶の動きである。

はじめに、R３はスチール缶に磁石を近づける（表 3 Line 37)。スチール缶の側面に近づけると磁石が

くっついた。すると、R３は「あれ？絵（缶のコーティング）がかいてあってもくっつく！」と発話している（Line 38）。この行為と発話の背景には、電気の学習がある。缶の表面を覆うコーティングが絶縁体となり電気を通さなかったという学習経験である。それゆえ電気が通らないはずの「絵」の部分に磁石がついたことに驚いたのである。

表 3 仮説に反する物質の動きと子どもの適応(1)

	R３の動きと発話	物質の動き
37	≪かごの中のスチール缶をとる≫これやってみる	スチール缶がR３によって移動する
38	あれ？これ、絵がかいてあってもできる！	スチール缶に磁石が引き付けられる

導電性の学習から形成した仮説に反する「物質の抵抗」に対して、R3 はいずれの場所でも磁石がアルミ缶につかないことを確かめるという「適応」を見せる。どこにも磁石がつかないことを確かめた後、アルミ缶は磁石につかないという実験結果を記入する。実験後のクラスでの話し合いでも、R3 はアルミ缶のように電気は通すが磁石にはつかない物質もあることに対し驚いたと発言していた。

このように、金属の導電性や絶縁体についての科学的知識を基にした仮説、それに抵抗するような物質（缶・磁石）の動き、その物質の動きに対して缶の様々な場所に磁石を近づけて現象を再現できるのか確かめる子どもの行為、という物質と人との弁証法的な相互作用が、物質の磁性についての科学的知識の構築に関与している。

表 4 仮説に反する物質の動きと子どもの適応(2)

	R3 の動きと発話	物質の動き
42	≪アルミ缶に磁石が引き寄せられるか試す≫	アルミ缶の側面に磁石が近づく
43	≪アルミ缶に磁石をつけようとする≫	アルミ缶の底面に磁石が近づく
44		アルミ缶の中に磁石が入れられる

5. 考察

本研究では、Mangle of Practice の視点を援用し、実験中の子どもと物質との相互作用を分析することで科学的知識の構築過程を明らかにした。

上の事例から明らかになったことは、子どもは物質の磁性を確かめる実験で、導電性についての学習を基に仮説をたて実験している。しかし、磁石がつかないはずとのところにつく（表 3）、つくはずのところにつかない（表 4）という「物質の抵抗」に出合うことで、自らの仮説が揺らいでいく。「物質の抵抗」に対する「適応」として現象を再現しようとする中で、物質の導電性とは類似しているが異なる新しい知識としての物質の磁性についての知識が構築されていく。

このように実験で子どもが新たに構築する科学的知識は、既存の科学的知識がその場の物質と子どもとの相互作用のプロセスの中に取り込まれながら、創発的に構築されたものと言える。

従来の研究では十分検討されなかった実験中の科学的知識の構築過程を焦点化することで、子どもの

もつ科学的知識が実験での子どもの行為の枠組みとしてどのように働くかや枠組みが物質の動きによってどのように緩和されるかを明確にできた。その際に、Mangle of Practice の視点は、創発的な科学的知識の構築過程に関与する物質や人の相互作用を「物質の抵抗」と「人の適応」として分け、その相互作用を精緻に分析する足がかりを提供する。本研究では、一つの事例しか扱うことができなかった。今後、本研究で扱った磁石以外の実験においても、実験と関連づけられた子どものもつ科学的知識が、実験中の物質との相互作用によって揺らぎ、科学的知識が創発的に構築される過程が明確になると期待できる。

6. 文献

Clement, J. J. (2013). Roles for explanatory models and analogies in conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 412-446). NY: Routledge.

Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education, 32(1)*, 268-291. https://doi:10.3102/0091732X07309371

藤江 康彦 (2001). 教室談話の成立機制 : 行為-ローカルな文化-制度的装置の相互関連に着目して. *教育方法学研究, 26*, 73-85.

Latour, B. and Woolgar, S. (1979). *Laboratory life: the construction of scientific facts*; Princeton University Press

Manz, E. (2015). Resistance and the development of scientific practice: Designing the mangle into science instruction. *Cognition and Instruction, 33(2)*, 89-124. https://doi:10.1080/07370008.2014.1000490

Pickering, A. (1995). *The mangle of practice: Time, agency, and science*. Chicago: University of Chicago Press.

鈴木 宏昭 (2022). 私たちはどう学んでいるのか 創発から見る認知の変化 筑摩書房.

タングラムの洞察問題解決における協働性の効果
Effects of Collaboration in Insightful Problem Solving of Tangram

中野 良樹
Yoshiki Nakano

秋田大学教育文化学部
Akita University, Department of Education and Human Studies
nakano@ed.akita-u.ac.jp

概要

洞察問題では、定型的な思考や作業では解決できず、発想の転換やひらめきによって解を得ることにより解決に至る。本研究は図形パズル“タングラム”を使用して、洞察問題の解決における協働の効果について検討した。実験には大学生22名が参加し、二人一組で「アヒル」のシルエットの完成に取り組んだ。完成したペアは11組中8組(72.7%)だった。本報告では、過去に実験から得られた単独でアヒル課題に取り組んだ結果と比較し、協働問題解決の効果について検討する。

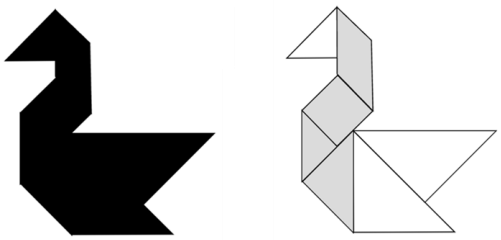
キーワード：洞察問題, 協働問題解決, タングラム

1. はじめに

洞察問題とは、その解決にひらめき、あるいは発想の転換が必要とされる問題で、典型的な課題としてTパズルや9点問題などが挙げられる。洞察問題の解決過程には共通した特徴がある。鈴木・開（2003）は、①簡単そうに見えてなかなか解けないが、答えを聞けば即座に了解できる、②あるやり方がうまくいかないことが分かっても、そこから抜け出せずに同じ失敗を何度も繰り返す、③問題解決に対して有効な情報が目の前にあっても、それを見過ごす、④少なくとも主観的には解が突然ひらめく、の4つを挙げている。

図形パズルのタングラム（図1）は、7個の四角形や三角形のピースを組み合わせて、課題シルエットと同じ形を完成させる。これまでの研究からタングラムの特定の課題が洞察問題の特性を有することが分かっている（中野, 2009）。図形パズルと言う点ではTパズルと共通点が多いが、タングラムは同じ7個のピースを用いるが、それぞれ異なる特徴や難易度の課題がいくつもある。

図1 実験に使用したタングラムの課題シルエットと正解配置



近年、学校教育を中心に複数の者が協働して問題解決にあたる学習方法が注目されている。しかしながら、問題解決の研究領域において協働性の効果の検証は十分ではなく、洞察問題に関しては殊更に少ない（清河ら, 2007）。本研究はタングラムを使用し、二者による協働が洞察問題の解決を促進するのか、また解決に至る過程が単独での場合と異なるのかについて検討した。

2. 方法

実験協力者

秋田大学の学生22名（全員が女性）が、実験に参加した。平均年齢21.86歳（SD=.71）で、実験期間は2019年12月から2020年1月までであった。協力者はタングラムの課題の一つ「アヒル」の作成に初めて取り組む。

実験器具と環境

課題は「活脳パズル　タングラム（縦9㎝×横9㎝）」を用いて行った。大三角形が2つ、中三角形が1つ、小三角形が2つ、平行四辺形が1つ、正方形が1つの計7つのピースを用いる一般的な物を使用した（図1右）。タングラムは実験参加者に1セットずつ、協働用に1セット、合計3セット用意した。課題シルエットには「アヒル」を使用した（図1左）。

中野（2019）を参考に「見通しメーター」（図2）を設置した。協力者は実験開始時とその後は4分ごとに、その時点での解決可能性について最も近い目盛に、備え付けてある矢印を移動させて示した。

作業の様子はデジタルビデオカメラで協力者たちの手元が移るように、作業台の上方から撮影した。また、それ以外に2台のデジタルビデオカメラを用いて、それぞれの見通しメーターを上から撮影した。

実験環境に関して、2人が協働で作業するタングラムが1セットを中央に、個々人が作業するタングラムを参加者の目の前に置いた。課題シルエット、見通しメーター、ビデオカメラが机の上に事前に配置されており、協力者はそれぞれのタングラムの前に座った（図3）。

手続き

作業机には図3のようにタングラムのピース、見通しメーター、ビデオカメラを設置した。参加者には眼球運動の測定装置も装着したが、本報告では分析の対象とはし

ない。二人の実験参加者は机の角を挟んで着席した。最初に、課題の説明として教示を行った。シルエットと同じ形を作ってもらうこと、作業は実験者の「始めてください」という合図の後、ストップウォッチの音が聞こえたら開始すること、ピースを扱う時は、なるべく裏返したり、浮かしたり、手で隠したりしないようにすること、4 分を 1 セッションとして、その後 1 分間の休憩を挟むこと、セッション開始前に「見通しメーター」で評定を行ってもらうこと、セッションは最大 5 セッションまで行い、課題が完成した時点で終了することを説明した。実験の条件として、実験中はペアで相談してもよいこと、自分の手元にあるタングラムを作業しているうちに思いついた正しいピースの組み合わせを中央のタングラムで実践してよいことを伝えた。

図２　見通しメーター

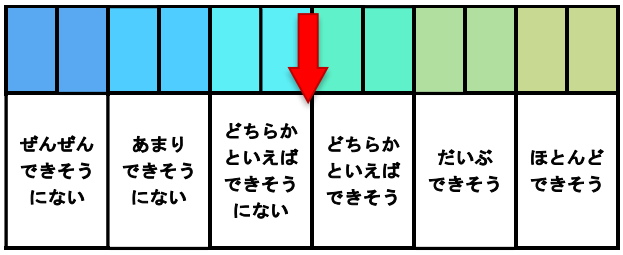
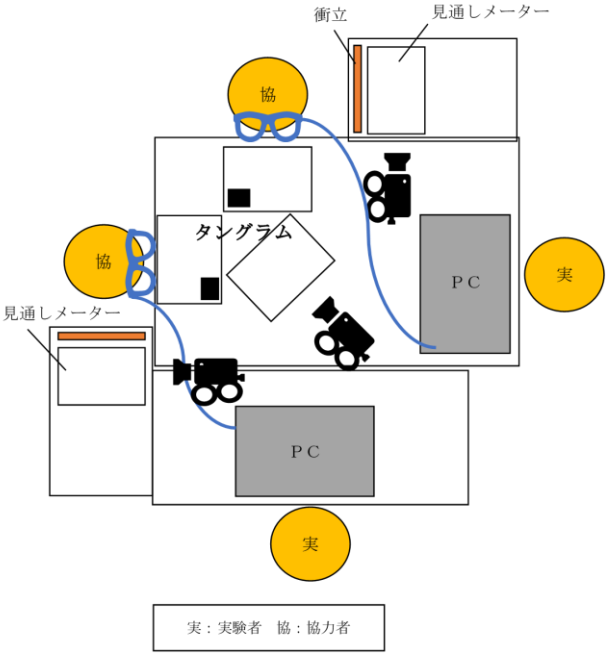


図３　実験状況および装置



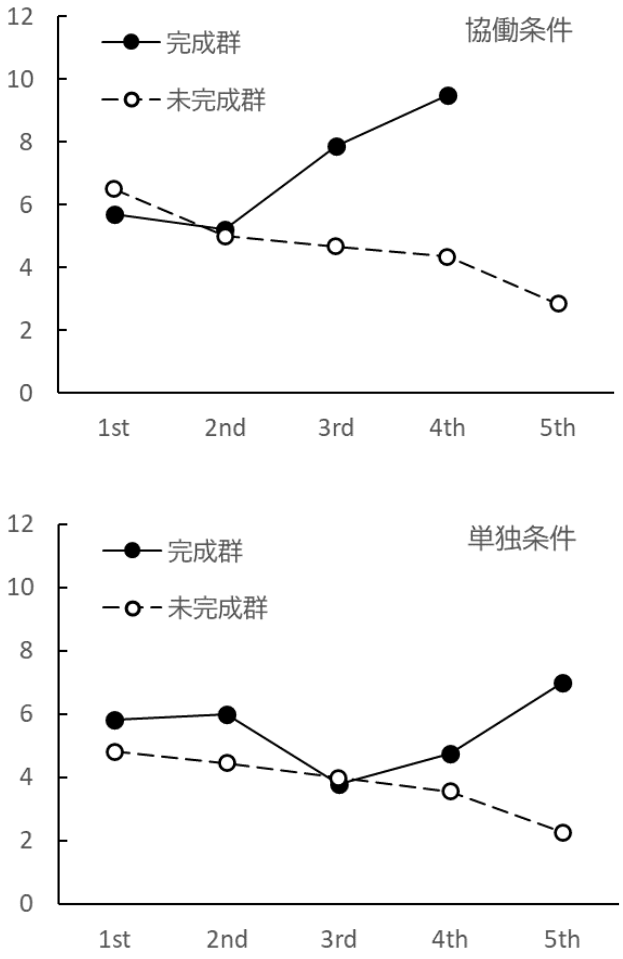
3.　結果

22 名 11 組のうち制限時間内に課題シルエットを完成させたのは８組（72.7%）だった。中野（2019）のデータの一部から単独でアヒル課題に取り組んだ 47 名の参加者（以下、単独条件）を抽出したところ、同じ制限時間内に完成させたのは 28 名（59.6%）だった。数値上は単独条件よりも協働条件の方が完成率が高い。しかし、後者ではペアの２名のうちいずれかが正解に達すれば、もう一方の参加者も完成として勘定されるため、当然、単純な完成率は高くなる。このため清河ら（2007）の手法に従って完成率を補正したところ、両条件の間に明確な差は見いだせなかった。

見通しメーターによる評定は、最も左端の目盛りに０割り当て、目盛りごとに１ずつ増やし、右端の目盛りを 12 とした。録画した画像から矢印の位置を読み取り、上記の数値を各参加者の評定に割り当てた、目盛りの中間に矢印が位置した場合には目盛り間の中央値を採用した。図４上は参加者ペアを制限時間内に課題を完成した群（完成群）とできなかった群（未完成群）に分け、各群の全参加者の平均値を休憩時間ごとに示した。また、図４下は中野（2019）で収集された同じアヒル課題を単独で行った際の見通しメーターの評定値の平均である。完成群においては、参加者は正解配置を完成した時点で作業が終了するため、図４のプロットに含まれるサンプルの数はそれぞれ異なる。最後の方の段階ではサンプル数が少ないものの、比較的解決に近い段階では主観的な解決可能性の評定も高くなると推測される。一方で、未完成群では先行研究で示された傾向と同様に、時間の経過に伴った解決への可能性は低く見積もるようになった。

協働条件と単独条件で評定値に差があるかを統計的に検討するために実験全体での平均評定値を求めたところ、協働条件・完成群は 6.11、協働条件・未完成群は 4.67、単独条件・完成群は 5.56、単独条件・未完成群は 3.81 だった。２要因（協働 vs. 単独×完成 vs. 未完成）分散分析を行った結果、完成 vs.未完成の主効果が有意だった（$F(1,65)=8.05, p<.01$）。一方、協働 vs.単独の主効果および要因間の交互作用は有意ではなかった。さらに、協働性が解決可能性への主観評定に及ぼす影響を検討するために、未完成群のデータに対して協働 vs.単独×測定時間（５）の２要因混合計画による分散分析を実施した。その結果、測定時間の主効果のみが有意で（$F(4,92)=23.71, p<.01$）、協働 vs.単独の主効果および要因間の交互作用は有意ではなかった。

図4　ブロックごとの見通しメーターの評定値



4.　考察

協働による問題解決は、教育現場では「深い学び」を導く手立てとして、ビジネスの世界では洞察やひらめきに表れる創造的発見を促進する環境として、ポジティブな効果が期待されている。にもかかわらず、心理学の基礎研究において、協働性が問題解決を促進する確固たる証拠は得られていない。本報告に限っても、協働による問題解決が洞察の生起確率を高めたり、解決への見通しを明瞭にしたりといった、分かりやすい促進効果は得られなかった。確かに、協働条件の方が解決時間は短くなるが、これは二人のうちいずれかが正解に到達すれば解決とみなすことに起因する。むしろタングラムの問題解決においては、協働性は課題の解決率や解決時間などの作業成績には促進効果がないと結論した方が妥当のようだ。

しかしながら、このことは協働による問題解決には意味がないという見解とは違う。洞察問題解決において正解に至る過程は多くが主観的に自覚できない意識下で進行する（渋谷・中野, 2010）。児玉・中野（2015）のように解決を模索する二者の会話内容を分析することで、意識下の洞察過程を明らかにすることができると期待される。

文献

清河幸子・伊澤太郎・植田一博 (2007). 洞察問題解決に試行と他者観察の交替が及ぼす影響の検討. 教育心理学研究, 55, 255-265.

児玉佳一・中野良樹 (2015). 協働の形態が洞察的問題解決における解決を予測する要因の捜索,秋田大学教育文化学部研究紀要 教育科学部門, 69, 121-131.

中野良樹 (2009). 数理パズル「タングラム」における洞察的問題解決. 秋田大学教育文化学部研究紀要 教育科学部門, 64,65-72.

中野良樹 (2019). 洞察的問題解決における熟達者の主観的評価と視線移動および瞬目の関係. 日本認知科学会第 36 回大会発表論文集, 868-876.

渋谷宗・中野良樹 (2010). 数理パズル「タングラム」の洞察的問題解決における解決可能性への主観的評価と潜在的評価. 秋田大学教育文化学部研究紀要 人文科学・社会科学部門, 655,47-56.

鈴木宏昭・関一夫 (2003). 洞察問題解決への制約論的アプローチ. 心理学評論, 46, 211-232.

繰り返しのある表現-解釈の相互作用から創発する関係性
Emergent Relationships from Repeated Expression-Interpretation Interactions

山縣 芽生[1]，高橋 英之[2, 3]，宮下 敬宏[3]
Mei Yamagata, Hideyuki Takahashi, Takahiro Miyashita
[1]同志社大学，[2]大阪大学，[3]国際電気通信基礎技術研究所
Doshisha University, Osaka University, ATR
yamagatamei7@gmail.com

概要
本研究では，「他者とわかり合う」上で，従来注目されていた個体間の類似性ではなく，お互いがわかり合おうとするプロセスに注目した新しい実験課題を開発した．この課題は，2 名の実験参加者が，表現者と観測者に分かれ，それぞれの相互作用によって，合意を得ることを目指すものである．本稿では，この課題を行ってた 1 事例を報告し，従来の類似性に注目したアプローチとは異なる「他者とわかり合う」プロセスに注目した新たな実験パラダイムの可能性について議論する．

キーワード: 相互作用，他者と分かり合うプロセス，徳倫理

1. はじめに

「他者とわかり合う」とはどういうことか．これまで他者とわかり合った感覚を生む 1 つの重要な要素として，個体間の類似性（similarity）に注目した研究が心理学や認知科学，神経科学の分野で行われてきた[1].

類似性とは，外見や行動，性格，目的，価値観などにおいて，自分と他者の間に共通点があることを指す．自身と類似性のある他者に対して強い魅力や信頼を感じやすい[2]．外的に付与された類似性の効果に注目した古典的実験として，最小条件集団パラダイム[3]がある．このパラダイムでは，恣意的な基準やカテゴリを用いて複数の参加者を分類することにより，他の成員との相互作用がない最小限度の集団カテゴリ性（類似性）を認識させ，他のグループとの比較（非類似性）を通じて「自分は集団の一員である」という社会的アイデンティティを獲得させることができる[3]．社会的アイデンティティは同一集団の成員への向社会的行動を促進することなどが知られている[4].

一方で，これらの個体間の固有あるいは恣意的に付与された類似性から「他者とわかり合う」を議論するには限界がある．1 つ目に個体間に類似性が存在することは，あくまでも「結果」である．現実社会での他者との関わりや，それに伴う他者への認知に多く見られる事例は，他者との相互作用から切り離された「結果」への観察ではなく，他者とのリアルタイムの相互作用で生じる他者との類似性という「プロセス」である（cf. 社会的インタラクション）[5]．社会的インタラクションを行っている二者は，両個体が自己維持的であり，自律性が破壊されない相互影響関係にある．すなわち，単に他者が存在するだけ，あるいは相手がいると信じるだけでは成立しない[6].

2 つ目に，固有の類似性がない個体間や，異なる役割を持つ個体間がわかり合う事例には適用できない．立場や作業内容が異なる非対称な二者が，同じ目標に向かう協調行為として計画的協調がある[7]．計画的協調が成立するには，目標の共有だけでなく，相手と自分の異なる役割行為と行為結果の理解・予測，相互影響関係を自覚していることが必要である．つまり，「相手は何ができて何ができないのか，相手はどのように認識しているのか」という共同知覚に支えられている[5]．また，共同行為では，相手も自身も結果に影響を及ぼせると参加者が信じている場合，参加者の主体性が高まり，「我々」として何かに貢献しているような集合的な認知モードへの変遷が起こると示唆されている[5].

これらの観点を踏まえると，「他者とわかり合う」を実現するには，双方に実体性があり，自律的に相互に影響し合い，相互に貢献しようとしている相互観察のプロセスが必要であろう．言い換えれば，相互に歩み寄るプロセスのある二者は，個体間に類似性が存在するが相互の歩み寄りのプロセスがない二者よりもわかり合った感覚を強く抱くと考えられる．社会構築主義では，人々は対話を通じて共有された現実を生み出し，社会を創るとしている．このような相互作用を通じた共創的プロセスに関する実験パラダイムも提案されている[8, 9].

本研究では，共創に必要な要素と考えられる信頼関係を生み出す条件に注目した．これまで相互の歩み寄りのプロセスに関する研究[8, 9]では，文化や規範の成り立ちに注目しており，相手への信頼がどのように形

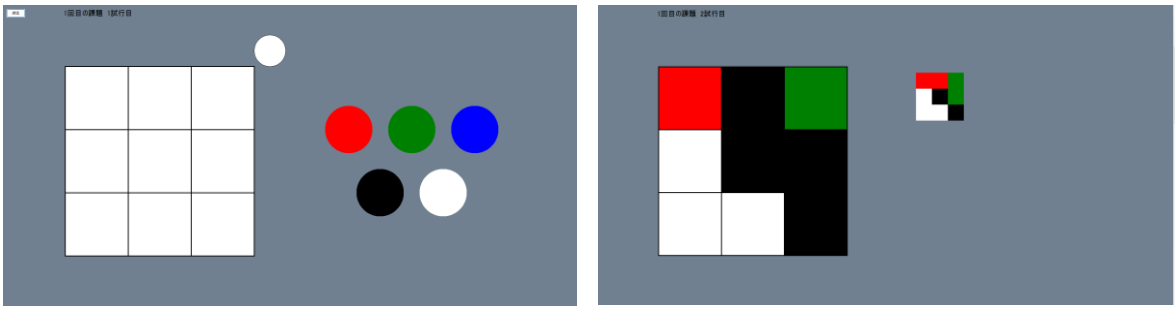


図 1. 表現課題のプログラム（左）表現者の PC，（右）観測者のモニター

成されるかは未知である．本研究では，異なる役割を持つ二者間の歩み寄りプロセスを測定すること可能な実験課題を開発した．予備実験を実施し，この課題の相互作用を通じ，歩み寄りの認知の変遷と他者に対する信頼に関わる道徳性 [10, 11] の評価を探索的に検討した．

2. 方法

概要 実験は，2 名の参加者が，テーマに沿って表現活動を行う「表現者役」と表現物を解釈し，表現活動に関して要求をする「観測者役」のいずれかに分かれた．テーマは表現者にしか提示されないため正解にたどり着くには，両者が，相手と自分の異なる役割や相互影響関係を理解して協力することが必要であった．課題は 20 試行実施した．また，試行毎および課題後に質問紙への回答を求めた．

参加者全員が，自身で操作するノートパソコン（HP model 5-fc0001AU）と相手の回答が呈示されるモバイルモニター（Cocopar model zs-156）を使用して課題を行った．課題に用いたディスプレイは，いずれも 15.6 インチワイド，非光沢 IPS ディスプレイ（1920×1080）であった．

課題プログラム 課題を構成する 2 つのプログラム（表現プログラムと選択プログラム）を Microsoft Visual C# を用いて独自に開発した．(a) 表現プログラムは，表現者が操作した．このプログラムでは，3×3 の 9 枚のパネルと 5 色（赤，緑，青，黒，白）のカラーパレットを用意し，選択した任意の色でパネルに色を塗ることができた（図 1 左）．表現者がパネルを塗り終わると，観測者のモニターにそれが表現物として呈示され，2 試行目以降は過去に作成された表現物のログも同時に呈示された（図 1 右）．表現者が作業している様子は，観測者のモニターには映し出されなかった．

(b) 選択プログラムは，観測者が操作した．このプログラムでは，正解のテーマを含む 20 個の単語群と表現者へのリクエストを入力するテキストボックスが用意された．観測者は，表現物に対し正しいと思うテーマの単語を選択した．回答を間違うと，テキストボックスを用いて表現者に対するリクエストを記入するよう求められた（図 2 右）．表現者のモニターには正解の単語，観測者が選択した単語，観測者が入力したリクエストの文章が呈示された（図 2 左）．

質問項目 質問項目への回答は，Qualtrics のアンケートフォームを使用した．(a) 歩み寄りの認知について独自に 3 項目作成した．自己評価として「あなたは，相手の意図を理解しようとしていますか？」，相手への評価として「相手は，あなたの意図を理解しようとしていますか？」，相手の自己評価の推定として「相手は，『自分は，あなたの意図を理解できている』と考えていると思いますか？」を「1. 全く～5. 非常に」の 5 件法で試行毎に測定した．

(b) 相手への道徳性評価[11]を 10 項目（優しい人だ，誠実な人だ，いい加減な人だ，など）に関して「1. 全

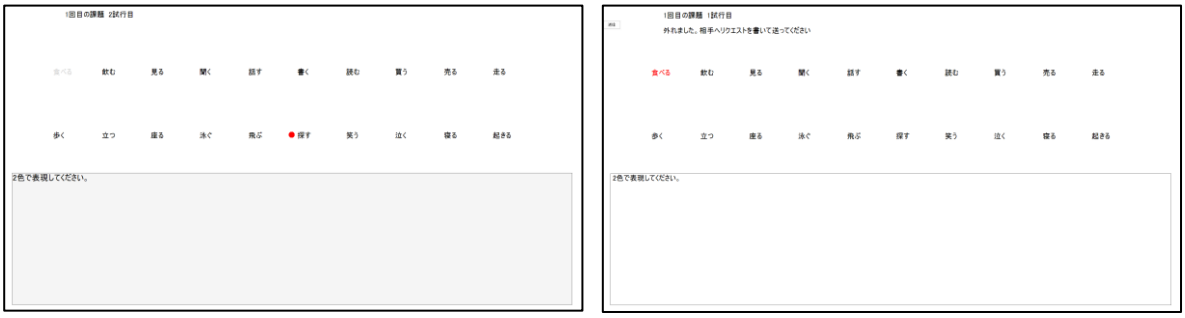


図 2. 選択課題のプログラム（左）表現者のモニター，（右）観測者の PC

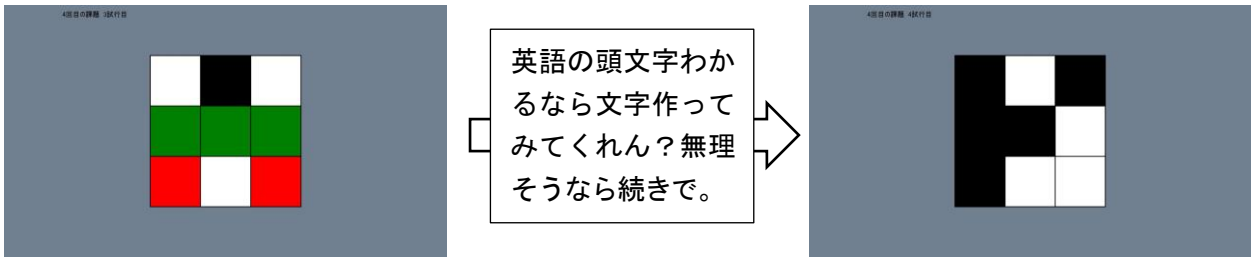


図 3.「走る」がテーマの表現物（左右）とリクエスト（中央）.
（左）第 12 試行目の回答「探す」,（右）第 13 試行目の回答「買う」.

く～5. 非常に」の 5 件法で課題後に測定した.

(c) デモグラフィック項目として年齢，性別，色覚異常性について尋ねた.

手続き　表現者パート : 表現者はモニターに表示されたテーマ（走る，泳ぐなどの動詞 20 単語のうち 1 つ）に従い, 表現物の制作を行った. 表現物が完成したら，観測者にその表現物を呈示した. その後, 観測者からのフィードバックを確認し, 質問紙に回答した. 観測者の回答が，はずれた場合，同じテーマで表現課題を再開し，正解した場合や 10 試行まで続いた場合は，新しいテーマでの課題を行った.

観測者パート : 表現者の表現物に対し 20 個の選択肢から正しいと思うテーマを選択した. 回答がはずれた場合，表現者に対して工夫してほしい点などのリクエストを文章で入力した. 表現者にリクエストを呈示後，質問紙に回答した. 正解した場合や 10 試行まで続いた場合は，リクエストの呈示は不要であった.

この一連の作業を 20 回繰り返した後に道徳性評価とデモグラフィック項目への回答を求め，実験を終了した.

3.　結果と考察

本稿では，予備的に収集した 1 組 2 名（いずれも性自認が女性の 21 歳. 知人関係）のデータを報告する. まず，正答回数は 7 回であり，試行回数を重ねるほど正答までの試行間隔が短くなっていた（第 3, 7, 9, 14, 17, 18, 19）. 図 3 は，第 10 から 14 試行目の「走る」がテーマの表現物のうち，第 12 試行目（左）と第 13 試行目（右），そして，第 12 試行目の観測者によるリクエストである（中央）.

「英語の頭文字わかるなら文字作ってみてくれん？無理そうなら続きで。」

この観測者からの要求は,「テーマを象徴する人物動作についての表現—解釈」から「テーマの単語のアルファベットについての表現—解釈」へのシフトを表現者へ求めるものである. 13 試行目以降は，この戦略を表現者が先に使用する事例があり（第 14, 17, 20 試行目），新しくルールが構築され，共有と活用がなされていたことが示唆される.

次に，役割別の歩み寄り認知の試行間の推移を示す. 自己評価については（図 4 左），全試行を通して高い値を推移しており，役割間に大きな違いは見られなかった. 両者とも自らが歩み寄ろうとしてる態度を有していることが示唆された.

相手への評価については（図 4 中央），表現者の値は全試行を通して高い推移を示しているが，観測者の値は, 試行間で違いがあった. はずれた試行が続く試行間で特に下降が見られたが，新しいルールを使用したと考えられる第 13, 14, 17, 20 試行目は高い値を示した.

相手の自己評価については（図 4 右），試行間に得点の違いがあり, 役割間で一致した推移を示していた. 特に, はずれた試行が続く試行間で下降が見られ, 正解すると上昇するパターンが見られた. また，表現者は，相手への評価値を試行間で高く維持していた一方で，相手の自己評価への推測値に関しては試行間で違いがあった. 表現者は観測者の理解の努力を認めつつも, 観測者の理解度の自信のなさを推測していたことが考えられた.

道徳性評価 10 項目を役割別に平均化した結果，役割間に大きな差は見られなかった（表現者 : $Mean = 3.60$, $SD = 1.74$; 観測者 : $Mean = 3.50$, $SD = 1.69$）. この結果は，参加者が知人関係だったことが影響していた可能性がある. 今後は，初対面の参加者で実験を実施し，今回の結果との差異を調べる必要がある.

4.　展望

本研究では，歩み寄るプロセスを通じて信頼性を抱く条件について，独自に開発した課題を用いて探索的

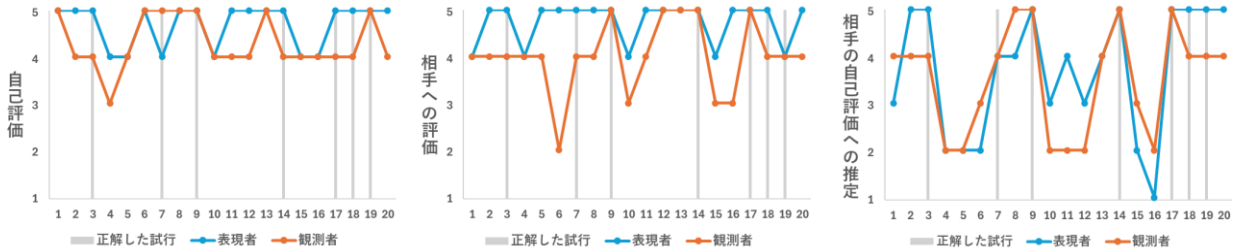


図 4. 役割別の歩み寄り認知に関する試行間の推移
（左）自己評価，（中央）相手への評価，（右），相手の自己評価への推測

に検討した．個体間の固有あるいは恣意的に付与された類似性といった「結果」に注目する従来のアプローチに対して，歩み寄りから生まれる類似性といった「プロセス」に注目する本研究のアプローチは，二者間における信頼の構築や，集団の連帯に関する新しい議論を喚起すると期待する．

本研究のアプローチは，従来の状態の類似性に注目した研究に対して，相互作用の中での双方の状態の変化量に注目し，その中に他者に対する信頼性を見出そうというものである．すなわち従来の状態そのものに注目した三人称的なアプローチに対して，今回の我々のアプローチは相互作用の中に立ち現れる信頼に注目した二人称的なアプローチであると言える．このような二人称的な信頼研究は，道徳研究にも深くつながると期待できる．従来の道徳研究において，道徳基準として，義務論的なアプローチや，功利主義的なアプローチに注目された実証的な研究が数多く行われてきた．これらのアプローチは一定の状態を満たすことが，相手が道徳的かどうかを判断するというもので三人称的に記述できるものである一方，様々な欠点も内包していることが報告されてきた．それに対して哲学の分野においては，対象の人格そのものに注目する徳倫理的な道徳の在り方が近年再評価されている．一方，人格というあいまいなものを実証研究の枠組みにのせることは非常に難しく，実験的な徳倫理の研究はこれまであまり行われてこなかった．今回，我々が提案する実験パラダイムは，このような徳倫理的な道徳研究を行う上での有用なツールになる可能性を秘めていると期待している．

また今回の研究知見の社会応用への一つの在り方として，アバターに注目した取り組みがある．アバターは自分の分身となりうる存在であり，社会的に表現したい人格を象徴するアイコンである．一方，他者の人格を信頼し，それに憑依することは非常に困難である．そこで我々は，現在，ユーザーとアバターの人格が今回のパラダイムのような相互作用を行うことで，ユーザーのアバターに対する没入度を向上させようという工学的研究にも現在取り組んでいる．

今回報告する知見はまだ予備的なものであるが，我々が開発したパラダイムを通じて，類似性に注目した従来アプローチとは全く異なる「他者とわかり合う」ための理論構築が可能になると信じて著者らは研究を行っている．

文献

[1] Tatsukawa, K., Takahashi, H., Yoshikawa, Y., & Ishiguro, H. (2019). “Android pretending to have similar traits of imagination as humans evokes stronger perceived capacity to feel.” *Frontiers in Robotics and AI*, Vol. 6, 88.
[2] Byrne, D. (1961). “Interpersonal attraction and attitude similarity.” *The Journal of Abnormal and Social Psychology.* Vol. 62, pp. 713-715.
[3] Tajfel, H., & Turner, J. C. (1979). “An integrative theory of intergroup conflict.” In W. G. Austin, & S. Worchel (Eds.), “The social psychology of intergroup relations”, Brooks/Cole, pp. 33-37.
[4] Hackel, L. M., Zaki, J., & Van Bavel, J. J. (2017). “Social identity shapes social valuation: Evidence from prosocial behavior and vicarious reward.” *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, Vol. 12, No. 8, pp. 1219-1228.
[5] 佐藤 徳, （2016）“We-mode 研究の現状と可能性”, 心理学評論, Vol. 59, No. 3, pp. 217-231.
[6] De Jaegher, H., Di Paolo, E., & Gallagher, S. (2010). “Can social interaction constitute social cognition?” *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 14, pp. 441-447.
[7] Knoblich, G., Butterfill, S., & Sebanz, N. (2011). “Psychological research on joint action: theory and data.” In B. Ross (Ed.), “The Psychology of Learning and Motivation”, Academic Press, Vol. 54, pp. 59–101.
[8] Konno, T., Morita, J., & Hashimoto, T. (2013). “Symbol Communication Systems Integrate Implicit Information in Coordination Tasks”, *Advances in Cognitive Neurodynamics (III)*, pp. 453-459.
[9] Kuroda, K., Ogura, Y., Ogawa, A., Tamei, T., Ikeda, K., & Kameda, T. (2022). “Behavioral and neuro-cognitive bases for emergence of norms and socially shared realities via dynamic interaction.” *Communications Biology*, Vol. 5, No.1, 1379.
[10] Levine, E. E., & Schweitzer, M. E. (2014). “Are liars ethical? On the tension between benevolence and honesty.” *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol. 53, pp. 107–117.
Levine, E. E., & Schweitzer, M. E. (2015). “Prosocial lies: When deception breeds trust.” *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 126, pp. 88-106.

ICT を活用した読書感想文作成支援プログラムの実践
Implementation of an ICT-Based Learning Program for Writing Book Reports

髙橋 麻衣子 †
Maiko Takahashii

† 早稲田大学
Waseda University
maiko_tk@aoni.waseda.jp

概要

読書感想文の作成にかかわる心的活動を「読む」「思考する」「書く」のフェーズに分解し，各フェーズを ICT の機能によって支援するプログラムを小中学生に対して実施した. プログラムの結果, 参加者の読書感想文作成の，特に「書く（作文）」活動についての効力感が上昇した.「読む」「書く」を代替，補助するタブレット端末の機能は参加者に取り入れられやすかったのに対し，「思考する」を支援するマインドマップや生成 AI の機能の活用は慎重である様子がみられた.

キーワード : 読書感想文，ICT 活用，学習支援

1. 問題と目的

インクルーシブ教育システムの構築が推進され[1], 多様な教育的ニーズを持つ学習者がともに学ぶ環境の整備が喫緊の課題となっている. 近年, 通常学級の中には担任教員からみて，知的発達に遅れはないものの学習面または行動面に著しい困難を示す児童生徒が 8.8%, 学習面のみに著しい困難を示す児童生徒が 6.5% いることが報告された**エラー! 参照元が見つかりません。**. このような学習者にとって，ICT は情報の入出力の手段を増やす強力なツールとなる. GIGA スクール構想によって配布された一人一台のタブレット端末を活用すると, 自力での読み書きに困難を持つ学習者も, 文章についての読み上げ音声の提示によって文章内容にアクセスし，タイピングや音声入力によって文章作成が可能となる．ICT が学習者の読み書き機能を代替することとなる.

本研究は, ICT による読み書きの機能代替の効果について読書感想文作成支援プログラムの実施によって検討することを大きな目的としている．学校現場で課されることの多い読書感想文の作成は，特に読み書きに困り感を抱える学習者に忌避される課題の一つである. 読書感想文作成のために, 本を読み, 書くべきアイデア（感想）を生成し, 文書を書くという活動を実施する必要があるが, これらの活動の中で, 読むことと書くことは ICT 活用による機能代替が可能である．ICT の活用によって読み書きを代替することで情報の入出力にかかわる「読み」「書き」へ配分すべきリソースを「理解・思考」「感想」のフェーズへ割り当てることができる. これによって，学習者の読書感想文作成への心的障壁が小さくなることが予想される.

本研究では，読み書きに苦手意識を持つ学習者を含む小・中学生を対象にタブレット端末を活用した読書感想文の作成プログラムを実施し，学習者の読書作文作成についてのスキルや態度にどのような影響を及ぼすのかを検証し，ICT 活用による機能代替が学習全体に及ぼす効果を検討することを目的とする．読書感想文の作成は,「読み」「書き」の手段を代替するだけでは難しく，文章作成のためのアイデア生成を支援する必要もある. 本実践では, 読み書きにかかわるタブレット端末の機能だけでなく，アイデア生成を支援するポストイット，マインドマップ，さらには生成 AI 活用の紹介を行った.

2. 方法

参加者

東京都内の公立小・中学校に通う児童・生徒 14 名（小学 4 年生 5 名，5 年生 2 名，6 年生 5 名，中学 1 年生 2 名）. 読み書きに苦手意識がある学習者を募集したが, 書き障害の診断を持つ児童（小 5）が 1 人いるのみでその他の児童・生徒からは特筆した苦手感は報告されなかった.

活動スケジュール

1 回につき 1 時間 30 分のプログラムを 1 週間おきに 4 回実施した．各回の学習概要を表 1 に示す.

表 1 プログラムスケジュール

	テーマ・内容	参加者の活動
1	導入 : 読書感想文を書く過程とはどのようなものか	・数種類の飲み物を飲んで味についての感想を発表しあう

	「感想」をもつとは	
2	タブレット端末を使って「読む」	・文章内容の動画を見る ・文章をデジタル化し，読み上げ音声を聞く
3	タブレット端末を使って「書く」	・マインドマップ，付箋を使って思考を整理する ・音声入力を活用する ・タイピングを活用する
4	ふりかえり：読書感想文の作成にテクノロジーはどのように活用できるか	・各自のアイデアの共有 ・ChatGPT に読書感想文を書かせてみる

3. プログラムの様子

1 回目では，導入時に「読書感想文」を「読書」「感想」「文」に分解して参加者に示し（図 1），「読書」と「文（を書く）」の活動はタブレット端末で実施できることを説明した．また，感想を生成する題材は本の内容だけでなくてもよいことを伝えるために，各自にさまざまな飲み物を飲んでもらい，その感想を自分の言葉で，他の人と重複のないように生成する活動を行なった．

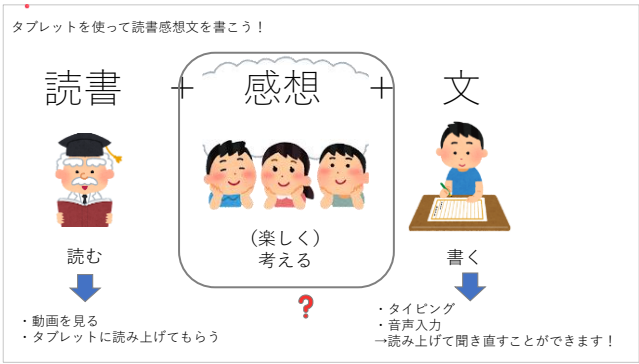


図 1 プログラムで提示したスライド例

2 回目では，情報入力の手段は「読む」だけはないことを示し，「聞く」ためのテクノロジーを紹介した．動画を視聴したり，文章をタブレット端末に読み上げさせたりするやり方を教示し，それぞれの好みのやり方で芥川龍之介作「蜘蛛の糸」を読む活動を実施した．

3 回目では，「書く」を代替するテクノロジーとして，タイピングや音声入力を紹介した．また，自分の頭に浮かんだことを外化することで感想がふくらんでいくことを伝え，ポストイット（付箋）にアイデアを書く活動，さらにはマインドマップアプリの活用方法を紹介し，好きな方法でアイデア生成するように伝えた．

4 回目では，各自が作成したポストイット，マインドマップでのアイデアの広がりを共有した．最後にプログラム全体をふりかえり，「“読書”と“文（を書く）”の活動はテクノロジーにやってもらえるが，“感想（考える）”はどうだろうか」と投げかけ，AI（人工知能）として ChatGPT3.5 の紹介をした．AI と人間のどちらがよい感想文をかけるのかを調べるために，参加者が取り組んだ「蜘蛛の糸」の読書感想文課題を ChatGPT に入力した結果，参加者からは「文章はうまいけど内容がちがう」等の声があがり，「AI も間違えることがある」「読書感想文は自分の経験や感想と結び付けなくてはいけない」などの教訓が引き出された．

4. 結果と考察

本プログラムの前後に同じ題材で読書感想文を書く時間を設定し，読書感想文に対する参加者の気持ちをアンケートによって尋ねた．プログラム前に参加者が作成した読書感想文の平均文字数は 178.62 字，プログラム後は平均 294.62 字となり，プログラムの受講によって文字数が有意に増加していた（$t(13)=2.43, p<.05$）．内容に対して書くべきアイデアが増加したことが考えられる．ただし，3 週間の間隔をあけているとはいえ，同じ題材についての感想文作成であるため，練習効果も考慮に入れる必要がある．

また，読書感想文作成時の気持ちについて，図 2 の項目について「とてもそう思う（4 点）」，「まあそう思う（3 点）」，「あまりそう思わない（2 点）」，「まったくそう思わない（1 点）」で評定してもらい，プログラム前後の得点を比較した（図 2）．t 検定の結果，「本を読んでもよくわからない」（$t(13)=2.59$, $p<.05$）「書き方がわからない」（$t(13)=1.88, p<.10$）の項目の得点が減少したことが示された．

プログラムの前後で参加者に，「本を読むこと」「作文を書くこと」「読書感想文を書くこと」についての好き度，得意度を 5 件法（とても好き（得意）～とても嫌い（苦手））で尋ねた．その結果を図 3 に示す．「作文を書くことが好き」（$t(13)=2.91$, $p<.05$），「読書感想文を書くことが好き」（$t(13)=2.54, p<.05$）の項目の得点が有意に上昇していることが示された．

さらに，終了時のみに実施したアンケートの一部を図 4，5 に示す．図 4 では，プログラム後に「読書感想文をうまく書けるようになった」「読書感想文を書

くことが好きになった」ことについて「とてもそう思う」「まあそう思う」「あまりそう思わない」「まったくそう思わない」の人数を示している．アンケート回答者 14 人中 13 人が「うまく書けるようになった」，11 人が「読書感想文を書くことが好きになった」と回答しており，本プログラムの受講によって読書感想文の作成に対する効力感が上がっている様子が見て取れる．

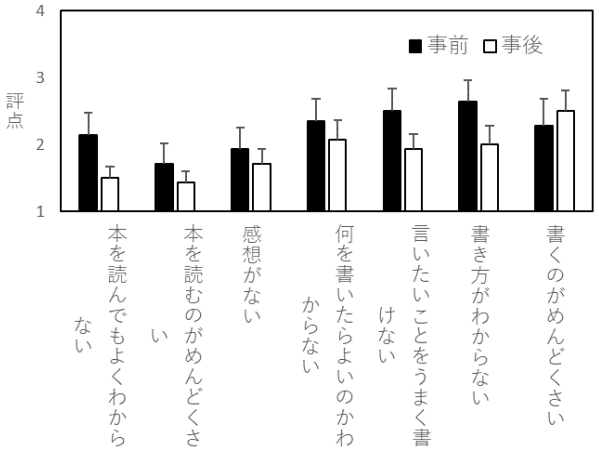


図 2　読書感想文作成時の気持ちの変化

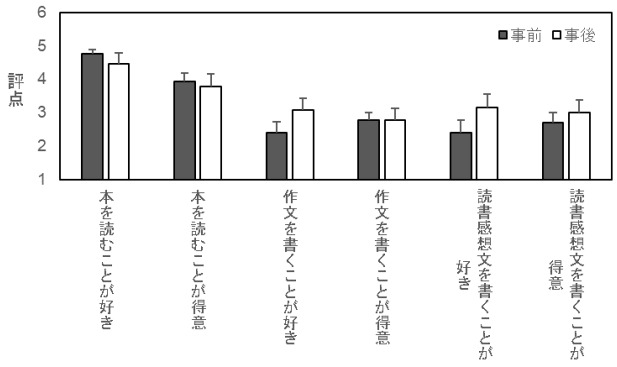


図 3　読み書きに対する気持ちの変化

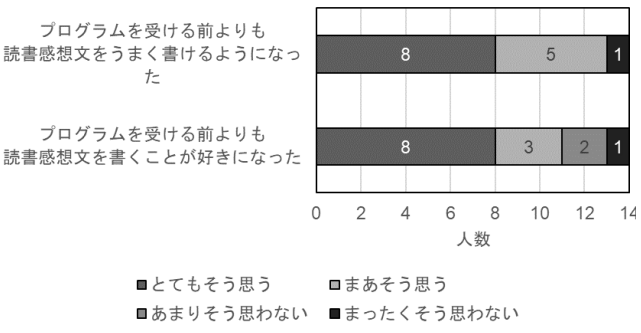


図 4　プログラム後の読書感想文作成に対する効力感

図 5 はプログラムで紹介した手法を今後どのくらい活用したいかを尋ねた結果である．「絶対やってみる」4 点，「まあやってみる」3 点，「あまりやらない」2 点，「まったくやらない」1 点で回答を求めたところ，読み書きの代替手段として動画の視聴やタイピング入力は高い得点がついた．一方で，アイデア生成を支援するマインドマップやポストイットの今後の活用については相対的に低い得点であった．

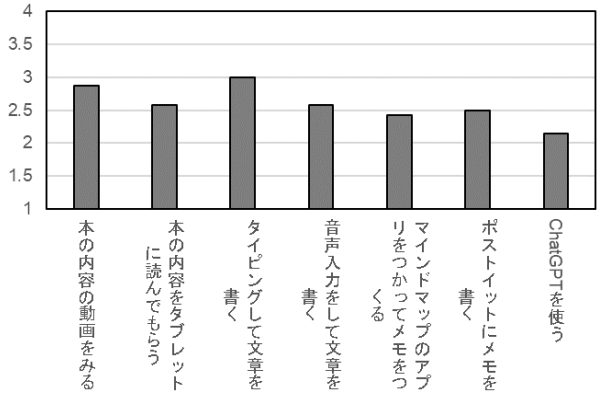


図 5　今後活用したい手法・機能

プログラムを受講した中に書き障害の診断を持っている参加者が 1 名いたが，保護者から「プログラム後の夏休みの宿題で，初めて自分で読書感想文に取り組みました．“いいこと教えてもらったんだよな～”と言いながら，タブレット端末を使って書ききりました」との報告を得た．

本研究では，読書感想文の作成にかかわる心的活動を「読む」「思考する」「書く」のフェーズに分解し，各フェーズを ICT の機能によって支援する実践を行った．「読む」「書く」のフェーズについては ICT による代替の有効性が参加者にも認知され，読み書きに困り感を持つ学習者にも，それ以外にとっても読書感想文作成の心的障壁が小さくなった可能性がある．一方で，アイデア生成等の思考活動を支援する ICT の活用方法については，生成 AI の導入も視野にいれて今後実証していく必要があるだろう．

文献

[1] 文部科学省, (2012) “共生社会の形成に向けたインクルーシブ教育システム構築のための特別支援教育の推進（報告）”, https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/044/houkoku/1321667.htm

[2] 文部科学省, (2022), “通常の学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について”, https://www.mext.go.jp/content/20230524-mext-tokubetu01-000026255_01.pdf

不確定名辞系列問題のシミュレーションモデルの作成
Towards the creation of a simulation model for indeterminate term series problems

青井 孝史[†]，日髙 昇平[†]
Takafumi Aoi, Shohei Hidaka
[†] 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
shhidaka@jaist.ac.jp

概要
人の推論時の心的表象を調べる課題として名辞系列問題があり，特に名辞間の全順序関係がひとつに定まらない問題を不確定名辞系列問題と呼ぶ。不確定名辞系列問題では、名辞間の関係を半順序で表現する心的表象が形成されることが示唆されている(Aoi & Hidaka, 2024)。この実験では、対称な名辞が存在しない問題においても名辞を対称だとみなそうとする対称性バイアスも示唆された。本発表では、この実験結果を説明する計算モデルの構築を目指し、その設計方針について議論する。

キーワード : 不確定名辞系列問題, 半順序モデル、対称性バイアス、シミュレーション

1. 不確定名辞系列問題と半順序モデル

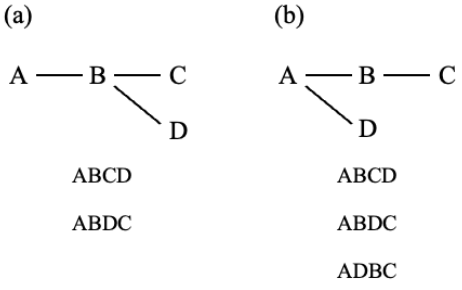
名辞系列問題とは「A は B より大きい」「B は C より大きい」などの前提から「A は C より大きい」「2 番目に大きいのは B である」などの結論を導き出す推論問題を指す。名辞系列問題の推論者は、名辞を順番通りに並べたメンタルモデルを構築すると言われている(Byrne & Johnson-Laird, 1989; De Soto, London & Handel, 1965; Huttenlocher, 1968)。たとえば上の例では ABC という全順序モデル(左側にあるほど大きいとした場合)が構築される。全順序(集合)とは、整数などのように、対象となるどの要素の間にも順序がつく性質を指す。

名辞系列問題には、複数の全順序モデルを構築できる問題がある。たとえば「A は B より大きい」「A は C より大きい」では、B と C のどちらが大きいかはわからないため、ABC と ACB という 2 つの全順序モデルが構築可能である。このような問題は全ての名辞間の順序関係が 1 つには確定しないことから、不確定名辞系列問題と呼ばれる(Sternberg, 1981)。

不確定名辞系列問題に取り組む推論者は全ての全順序モデルを構築するのではなく、複数の順序の存在を暗示する単一のメンタルモデルを構築すると言われている(Jahn, Knauff & Johnson-Laird, 2005)。そのような単一モデルとして有力視されるのが、順位が不確定な一部の名辞に注釈を付与する注釈付モデルである(Rauh et al. 2005)。注釈付モデルでは、前提文に基づいて特定の暫定的な全順序モデルを構築し、次に問いに答える時に必要に応じて、注釈付の名辞の位置を移動させることで順次、全順序モデルを改変していく。たとえば「A は B より大きい」「A は C より大きい」では B と C の順位が不確定である。そのうち C に「A より小さい」という注釈を付与した全順序モデル ABC を構築する。次に、必要に応じて、C に付与された注釈「A より小さい」を満たす任意の順位に C を移動させて、全順序モデル ACB をも構築する。このように注釈付モデル説では注釈という概念を導入することによって、単一の全順序モデルでも複数の順序の存在を指し示すことが可能だとしている。

一方、注釈付き全順序モデルとは異なる考え方として、半順序集合のような形で単一モデルを構築することも可能だと思われる。半順序とは、全順序と異なり、必ずしも順序つかない要素対を許容する順序関係を指す。具体的に、図 1 の(a)に「A は B より大きい」「B は C より大きい」「B は D より大きい」、(b)に「A は B より大きい」「B は C より大きい」「A は D より大きい」から構築できる半順序モデルをそれぞれ示す。半順序モデルは、前提で順序が明記された名辞間には線が引かれ、順序関係が不明な名辞間には線が引かれていない、枝分かれしたツリー状のモデルである。

図 1 半順序モデルの例



2. 半順序モデルにおける名辞の対称性

私たちは、不確定名辞系列問題に取り組む推論者は半順序モデルをメンタルモデルとして構築すると仮説を立てた。なぜなら半順序モデルは名辞の順序関係における対称性を把握しやすく、その対称性を利用することで推論時の認知負荷を減らせると考えられるからである。図 1(a)に示したモデルでは、C と D の位置を交換しても、与えられた前提文を満たす。こうした名辞の交換可能性を C と D に関する対称であると定義する。C と D が対称であることを認識していれば、C と D がともに「3 番目か 4 番目に大きい」と容易に判断でき、認知負荷が軽くなる。ただし図 1(b)のように対称な名辞のペアがない場合には、このような効率化はできない。

推論者は半順序モデルの対称性を利用して名辞の順序関係を推論しているのではないか。この仮説を検証するために、私たちは 4 つの名辞の順位について記述した 4 名辞系列問題を構築可能な半順序モデルの形状によって分類し、全種類の問題を被験者に解かせた(Aoi & Hidaka, 2024)。問題の種類ごとに正答率と回答時間を分析したところ、対称な名辞ペアを含む問題はそうでない問題より大幅に正答率が高く回答時間が短くなっていた。さらに対称な名辞ペアを含まない問題の誤答パタンを分析したところ、対称でない名辞ペアを対称あると誤認する対称性バイアスによってメンタルモデルを構築したと考えられる誤答が過半数を占めていた。たとえば図 1(b)のモデルにおいて、C と D の間に存在しないはずの線を引いて B と D が対称となるメンタルモデルを構築したと思わしき誤答が多く見られたのである。これらの結果は、本研究の仮説と一貫している。一方、対立仮説の一種である注釈付モデル説を実装した計算モデル PRISM (Ragni & Knauff, 2013)では、この実験結果を説明できないことも確認した。

半順序モデル説を実装した名辞系列問題の計算モデルは、私たちが知るかぎり、提案されていない。半順序モデルを構築して対称性を利用した推論が行われているという仮説を検証するために、半順序モデル説を実装した計算モデルを作成し、それが上述の実験結果を再現できたときに、半順序モデルが構築されるとする半順序仮説の妥当性が高まる。

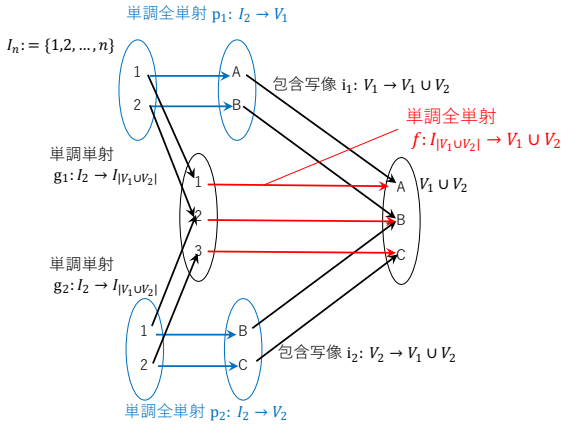
3. 前提統合プロセスの数学的な図式

計算モデルを構築するにあたって、まずは名辞系列問題において複数の前提の内容を統合する過程を数学的に定義したい。もっとも単純なケースとして、前提「A は B より大きい」と前提「B は C より大きい」を統合して結論「1 番目に A が大きく 2 番目に B が大きく 3 番目に C が大きい」を導く問題を考える。この場合、両方の前提に登場する名辞 B を媒介として、それ以外の名辞 A と C の順序を決定する必要がある。

まず、前提の内容を関数(写像)として表現する。1 つめの前提「A は B より大きい」は、前提内に登場する名辞だけで順序をつければ 1 番目に大きいのが A で、2 番目に大きいのが B であることを意味する。これは順位を名辞に写像する関数 p_1 として$\{p_1: 1 \rightarrow A, 2 \rightarrow B\}$と表現できる。同様に 2 つめの前提「B は C より大きい」は、関数 p_2 として$\{p_2: 1 \rightarrow B, 2 \rightarrow C\}$と表現できる。さらに抽象化して 1 以上 n 以下(n は 1 より大きい整数)の整数の集合を I_n、n 番目の前提に登場する名辞の集合を V_n とすれば、1 つめの前提と 2 つめの前提は、それぞれ$\{p_1: I_2 \rightarrow V_1\}$と$\{p_2: I_2 \rightarrow V_2\}$と表現することができる。関数 p_1 と p_2 は単調で全単射な関数だといえる。

結果「1 番目に A が大きく 2 番目に B が大きく 3 番目に C が大きい」は、関数 f として$\{f: 1 \rightarrow A, 2 \rightarrow B, 3 \rightarrow C\}$と表現でき、より抽象化して単調全単射$\{f: I_{|V1 \cup V2|} \rightarrow V_1 \cup V_2\}$と表現できる。2 つの前提を表現する関数 p_1 と関数 p_2 を統合して関数 f を導く図式は、図 2 のようになる。図 2 では関数 p_1 と関数 p_2 に加えて、ある単調写像$\{g_j: I_2 \rightarrow I_{|V1 \cup V2|}\}$と包含写像$\{i_j: V_j \rightarrow V_1 \cup V_2\}$を導入している。名辞系列問題における前提の統合を表現する関数とは、単調全単射な関数 f が $i_1 \circ p_1 = f \circ g_1$ かつ $i_2 \circ p_2 = f \circ g_2$ を満たすような、つまり図 2 の図式を可換にするような g_j(g_1 と g_2)である。

図 2 前提統合の数学的な定義

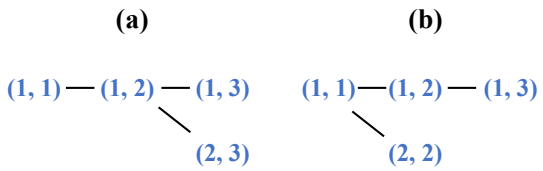


4. 半順序モデルへの応用

前述のような関数 g_j を半順序モデル説に当てはめると、写像先は全順序集合 I_n から半順序集合(P_n とする)に変わることになる。半順序集合は全順序集合を I_n としたように整数の集合として表現することはできない。この P_n をプログラムとしてどう表現するかが、半順序モデルの計算モデルを作るにあたって問題となる。

現時点では、P_n を(1, 1)や(2, 3)など 2 次元座標の集合として表現することを考えている。図 3 は図 1 に示した半順序モデルの名辞を、それぞれの名辞の位置を表す座標に置き換えたものである。

図 3 座標で表現した半順序モデル



P_n をこのような座標の集合として定義すると、座標間の順序関係をどう表現するかが問題となる。図 1 および図 3 のメンタルモデルでは左側にある名辞ほど大きいと定義しており、第 2 座標が小さいほど左側にあるように座標を定義しているので、第 2 座標の値が順序関係を定める要素となる。

全順序集合においては要素どうしに順序関係が成立することは確定している。しかし半順序集合においては順序関係が定められていない要素ペアがありうる。そこで P_n を実装するにあたっては、座標どうしのペアの順序関係が確定しているかという情報(これは図 3 における座標間に引かれた線に該当する)をどう表現するかが問題となる。これについては、たとえば座標ペアごとに順序関係が確定しているかを 1(確定)、0(不確定)を割り当てる辞書のようなものを用意し、前提で言及された座標ペアについては 1、それ以外の座標ペアについては 0 を割り当てることが考えられる。

こうした確定情報を付加するモデルは実質的に一種の注釈つきモデルに相当する。しかし、人間の認知リソースを考えると、すべての座標ペアについて 1 か 0 かを記憶しておくことは現実的ではない。現実の人間がこの辞書を使って半順序モデルを作るとすれば、前提に記載されている座標ペアに 1 が割り当てられていることだけを記憶し、それ以外の座標ペアについては考えないという処理をすることになるだろう。しかしそれでも、どの順位にどの名辞が配置されているかさえ記憶していけばよい全順序を構築するタイプの問題と比べて、半順序を構築する問題ではどの座標にどの名辞が配置されているか記憶しておくのと同時にどの座標ペアが 1 であるか(順序関係があるか)を記憶しておく必要があるので、認知的な負荷はかなり大きくなる。

5. 座標どうしの関係性についてのルール

そこで、現実の推論では、前提で順序関係の有無を記憶する座標ペアの数をさらに減らすような暗黙のルールを設けていると仮説を立ててみる。そのようなルールとしては、たとえば「第 1 座標の数値が等しければ順序関係が確定しているとみなす」というルールが考えられる。このルールを適用すれば、たとえば図 3 の(a)と(b)では(1, 1)-(1, 2)間と(1, 2)-(1, 3)間の関係について記憶しておく必要はなくなり、(a)では(1, 2)-(2, 3)間、(b)では(1, 1)-(2, 2)間に順序関係が成立していることだけを記憶すればよくなる。

また、半順序モデルを構築するときに前提で記述された名辞どうしは隣に置く(第 2 座標の数値の差が 1 しかない)ように決めれば、「第 1 座標が異なる場合は第 2 座標の差が 1 である場合のみ順序関係が定まっている可能性を考える」ことにすればよい。このルールのもとでは、図 3(a)においては(1, 2)-(2, 3)間の関係について記憶する必要はない可能性がある。なぜなら(2, 3)と第 2 座標の差が 1 しかない座標は(1, 2)しか存在しないので、その間に順序関係が存在しないのであれば座標(2, 3)はどの座標とも順序が成立しないことになる。前提に記載されている名辞が置かれた座標である以上、何の順序関係も有しないことはありえない。よってこのルールの下では必然的に図 3(a)における(1, 2)-(1, 3)間の関係は 1 になるのである。Aoi & Hidaka (2024)で対称な名辞のペアがあり高い正答率と正答速度を示した問題は、まさにこのルールによって必然的にどの座標ペアの関係が 1 になるかが必然的にきまるタイプの問題だった。

一方で、図 3(b)においては(2, 2)と第 2 座標の差が 1 しかない座標は(1, 1)と(1, 3)の 2 つ存在する。よって両方とも最低でもどちらか 1 つと順序関係が存在すると考えても、(1, 1)とだけ関係が存在するケース、(1, 3)とだけ関係が存在するケース、(1, 1)と(1, 3)の両方と関係

が存在するケースの 3 通りが考えられる。Aoi & Hidaka (2024)の実験では、(1, 1)と(1, 3)の片方とだけ順序関係が存在する問題において、両方と順序関係が存在すると誤認したと思わしき誤答が多発した。このパタンの誤答が、対称性バイアスと呼ぶ推論の傾向性の典型例である。

以上のことから、「第 1 座標が異なる場合は第 2 座標の差が 1 である場合のみ順序関係が定まっている可能性を考える」ルールをなんらかの形で確率モデルとして実装すれば、対称な名辞ペアをもつ問題が解きやすくなる現象や、対称な名辞ペアをもたない問題が対称な名辞ペアをもつかのように解かれて誤答される対称性バイアスなど、Aoi & Hidaka (2024)でみられた実験結果を再現する計算モデルを作れる可能性があると思われる。

6. まとめ

本研究の目的は、不確定名辞系列問題における人間の推論プロセスを解明することである。そのために、人間の被験者が不確定名辞系列問題を解いたときに観察された傾向、すなわち半順序モデルを形成して名辞ペアの対称性を利用しようとする推論の傾向を再現する計算モデルの構築を試みた。そのような計算モデルの設計方針としては、前提の内容を表現する全順序集合から単調写像される半順序集合を定義し、その半順序集合が座標の集合であると考える。そして、その半順序集合において座標どうしの順序関係を暗黙的かつ確率的に規定するルールが存在すると考える。次の段階として、この方針にしたがい作成した計算モデルが実験結果を再現するか検証し、人間が不確定名辞系列問題を推論するときの認知プロセスを計算論的に理解したいと考えている。

謝辞

本研究は科研費基盤研究 B(一般) JP23H0369, 挑戦的研究(萌芽) JP22K19790, JST さきがけ JPMJPR20C9 の助成を受けて行われた。

文献

Byrne, R., & Johnson-Laird, P. N. (1989). Spatial reasoning. Journal of Memory and Language, 28, 564 –575.

De Soto, C. B., London, M., & Handel, S. (1965). Social reasoning and spatial paralogic. Journal of Personality and Social Psychology, 2, 513–521.

Huttenlocher, J. (1968). Constructing spatial images: A strategy in reasoning. Psychological Review, 75, 550–560.

Sternberg, R. J. (1981) Reasoning with determinate and indeterminate linear syllogisms. British Journal of Psychology, 72, 407-420

Jahn, G., Knauff, M., & Johnson-Laird, P. (2005). Preferred mental models in spatial reasoning. Proceedings of the Twenty-seventh Annual Conference of the Cognitive Science Society (pp. 1036-1041). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Rauh, R., Hagen, C., Knauff, M., Kuß, T., Schlieder, C., & Strube, G. (2005). Preferred and alternative mental models in spatial reasoning. Spatial Cognition and Computation, 5, 239–269.

Aoi, T., Hidaka, S. (2024). Symmetric Bias in Reasoning: Error Analysis of Indeterminate Term Series Problems. Proceedings of the Forty-sixth Annual Conference of the Cognitive Science Society.

Ragni, M., & Knauff, M. (2013). A theory and a computational model of spatial reasoning with preferred mental models. Psychological Review, 120, 561-588.

高大の学びをつなぐアクティブ・ラーニング ー高校生と大学生の学びの創発を目指した高大連携の取り組みを事例としてー

Connecting High School and University Learning through Active Learning: A Case Study of Collaborative Efforts between High School and University Students

菅井 篤
Atsushi Sugai

東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科
The United Graduate School of Education Tokyo Gakugei University
r212002n@st.u-gakugei.ac.jp

概要

本研究では，高大連携における学びの充実を目指して，高校生と大学生が協働するアクティブ・ラーニング実践に焦点を当てた．高大連携講座では，アクティブ・ラーニングを導入し，生徒と学生が，協働して学び合う場を創り合い，対話活動を通じて相互に学びを深めていくことが目指された．本実践を通じて，学習者が学びのリスクを共に乗り越えながら，行動が変容していき，思考が広がっていったことが確認された．今後もこうした検討を重ねていき，さらに具体的な学習支援方法を探っていくことで，高大連携における学びが充実することが目指される．

キーワード：高大連携（University-High School Collaboration），アクティブ・ラーニング（Active Learning），対話的な学び（Interactive Learning）

1. 問題と目的

1.1 問題の所在

高等学校教育と大学教育をつなぐ連携の在り方は，高大の接続のための取り組みとして，日本国内で様々に行われている．目まぐるしく変化する昨今の大学入試制度が物語ることは，高大の接続において重要視されているのがトランジッションの側面であり，そのため，大学の入学者選抜の方法が注目されがちであるということである．他方で，日本の生徒の高等教育機関（大学，短期大学，高等専門学校，専門学校）への進学率は2023年5月1日時点で84.0%（文部科学省, 2023）にまで上昇し，過去最高を記録している．そのうち，大学（学部）・短期大学（本科）への進学率は61.1%であり，大学進学率は増加を続けている．このことは，円滑な高大接続の在り方として，大学側が実施する入学者選抜試験だけでなく，入学者側として，自らの意思で高等教育機関を生徒自身が選択していくことの必要性が高まっていることを意味する．したがって，大学で何を学べるのかということを体験し，未来の学びにつながる多様で充実した教育の機会に，生徒自身が触れていくことは大切である．併せて，大学レベルの教育の学習機会を生徒に向けて，いかに拡充し，生徒一人ひとりの能力・意欲を大学側が育んでいくのかということは，高大の学びをつなぐ上で大きな鍵となると言えるだろう．

大学の責務のひとつは，中等教育や卒業後の進路選択など，高等教育前後のトランジッションを見据え，「生涯学び続け，主体的に考える力」（中央教育審議会，2012a）を育むことである．そのために，初等中等教育から高等教育に至るまでの一貫的な視点から，生きる力や確かな学力を捉えなおす必要性が指摘されている（中央教育審議会，2014）．主体性を育むことに重きをおく教育目標に係るこれらの提言と並行して，教育方法の重要性も強調され，高等教育におけるアクティブ・ラーニングに期待が高まっている．

アクティブ・ラーニングとは，教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり，学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称であり，発見学習，問題解決学習，体験学習，調査学習等が含まれるが，教室内でのグループ・ディスカッション，ディベート，グループ・ワーク等も有効なアクティブ・ラーニングの方法である（中央教育審議会，2012b）．初等中等教育においても，2017年改訂学習指導要領において汎用的スキルや資質・能力をキーワードに，主体的・対話的で深い学びの実現のためにアクティブ・ラーニングの視点からの授業改善が強調されている．

1.2 研究の目的

このような教育潮流を受けて，今では多くの大学，学校でアクティブ・ラーニングが導入され一定の学習効果を上げるようになった（例えば，郡司，20220）．そこで本研究では，高大連携における学びの充実を目指して，高大連携事業の一環として行われた高校生と大学生のアクティブ・ラーニングによる学び合いを事例として，高大をつなぐ学びの在り方を検討することを目的とする．

2. 方法

2.1.1 調査対象者

東海地方 A 大学（私立教員養成系学部）に在籍する学部 3 年生の学生 4 名と，B 高等学校（A 大学系列校）に在籍する高校 3 年生の生徒 10 名の計 14 名を対象とした．この 14 名の対象者は，A 大学で開講された高大連携事業の講座の参加者であった．なお，対象の学生 4 名は，教育心理学を専門とする大学教員である筆者のゼミナールに所属している学生であった．

2.1.2 実施時期と対象者数

第 1 回目：2022 年 6 月 22 日 13：30〜14：30
学生 4 名，生徒 10 名
第 2 回目：2022 年 6 月 29 日 13：30〜14：30
学生 4 名，生徒 9 名（1 名欠席）
第 3 回目：2022 年 7 月 13 日 13：10〜14：10
学生 4 名，生徒 10 名

2.1.3 調査実施の依頼手続き

調査の実施にあたっては，対象大学の 2022 年度の高大連携事業として開講された計 11 回の講座のうち，筆者が講座を担当する各 3 回（全 11 回のうちの 9 回〜11 回目）において，対象となった学生と生徒，及び高大連携事業を担当する B 高等学校担当教諭に，本調査の実施を依頼し，全員から同意を得た．依頼では，調査データが学術研究以外の目的で使用されることはなく，対象者の私的情報は保護される点が説明された．

2.1.4 調査概要

筆者が担当した計 3 回の講座は，「ことば」を主たるテーマとして，学生と生徒がグループワークに取り組みながら対話を繰り返していくことで交流し，実施された．

第 1 回目の講座は，学生と生徒が打ち解けることを主な目的とし，学習に関する講義を筆者が実施した後に，自己紹介などのアイスブレイクをしながら交流をした．

第 2 回目の講座では，「高校卒業までにしたい 10 のこと」をテーマに，会合のプログラムの一つであるワールドカフェを実施した．ワールドカフェとは，メンバーの組み合わせを変えながら，小グループでの話し合いを繰り返す対話技法である．学生と生徒が自らの思いや経験を交え，話し合いながら，対話を繰り返すアクティブ・ラーニングを導入した．

第 3 回目の講座では，4 グループに分かれ，「100 年後の季節」をテーマに，我々の生活が 100 年後にはどのようになっているかを話し合いながら，それぞれの季節の風景を 1 枚の絵に描いていく共同描画に取り組んだ．100 年後はきっとこうなっているだろうという，それぞれの希望や予想を意見として出し合いながら対話し，学び合っていくアクティブ・ラーニングを導入した．

調査では，第 2 回と第 3 回の講座を実施した後，自由記述による質問紙調査を実施した．質問事項は共通して，質問 1「本日の講座の前と後で，あなたにどんな変化がありましたか．」，質問 2「本日の感想を書いてください．」の 2 項目とした．回答時間は，合計およそ 10 分間程度とし，参加者全員が回答時間内に書き終え，回答を終了した．なお，第 1 回目においても同質問紙調査を実施する計画であったが，講義及び自己紹介による学生と生徒の交流に時間を要し，時間の都合上，質問紙調査を行わなかった．

2.2 分析手続き

回答から得られた自由記述を調査データとして，KH Coder（樋口，2020）を用いて，それぞれテキスト分析を実施し，学びの特徴を析出した．次に，それらの結果を参考に，高校生と大学生の学びの特徴を考察し，高大をつなぐ学びの在り方の検討を試みた．

3. 結果と考察

3.1 上位語の抽出

質問 1 について，総抽出語は第 2 回目で学生が 205 語，生徒が 581 語，第 3 回目で学生が 261 語，生徒が 666 語となった．質問 2 では，総抽出語は第 2 回目で学生が 212 語，生徒が 488 語，第 3 回目で学生が 226

語，生徒が 696 語となった．KH Coder は，活用のある語を全て基本形に直して抽出する．抽出された上位語の回数の合計を表 1 から表 4 に示した．

表 1 第 2 回目の質問 1「前後の変化」の上位語の抽出結果と記述者人数

学生		生徒	
抽出語	出現数	抽出語	出現数
考える	3	人	8
話す	3	楽しい	5
イメージ	2	自分	5
高校生	2	知る	5
最初	2	話す	5
思う	2		
卒業	2		

表 2 第 3 回目の質問 1「前後の変化」の上位語の抽出結果と記述者人数

学生		生徒	
抽出語	出現数	抽出語	出現数
自分	4	描く	7
学ぶ	3	自分	6
楽しい	3	グループ	5
授業	3	思う	5
場	3	絵	4
分かる	3	考える	4
		講座	4
		人	4
		話す	4

表 3 第 2 回目の質問 2「感想」の上位語の抽出結果と記述者人数

学生		生徒	
抽出語	出現数	抽出語	出現数
高校生	5	人	10
自分	3	楽しい	8
楽しい	2	思う	7
今	2	自分	5
思い浮かべる	2	話す	5
大学生	2	感じる	4
特別	2	高校	4
戻る	2	多い	4
話せる	2	普段	4
	2		

表 4 第 3 回目の質問 2「感想」の上位語の抽出結果と記述者人数

学生		生徒	
抽出語	出現数	抽出語	出現数
未来	3	思う	9
花粉	2	意見	8
考える	2	自分	8
子	2	グループ	7
描く	2	楽しい	5
話す	2	相手	5

3.2 特徴的な記述

次に，上位語がそれぞれどのような文脈で用いられているのかを KWIC（keyword in context）コンコーダンス機能で確認し，興味深い特徴的な記述を表 5 から表 8 に示した．なお，それぞれの下線は筆者が加筆した．

ワールドカフェを実施した第 2 回目の講座では，「①イメージを膨らませながら考えることができた」と「②テーマを話し合ったりグループを変えることによってそういった空気が柔らかくなった」とあるように，学生と生徒の両者が，対話を繰り返したことで徐々に場が和み，協働性が強化されていったことが確認できた．

共同描画を行った第 3 回目では，「③共同で何か新しいものを生み出したり，その場の状況から生まれたり，「場」からの主体性もあると気づいた」と「④みんなもそのようなことを描くと思いましたが，自然について描いている人が多かったので良い」という記述があった．これらのことは，学生と生徒が新たな気づきを通して，自身が持つ知識，ないしは概念を変化させ，体験的に再構築させていったことを示唆する．

このように，ワールドカフェや共同描画のような，対話を繰り返していく学び合いを導入したことで，学習環境が調和的に強化されていった．「⑤最初はあまりうまくしゃべれなくて不安だったけどみんな優しくてよかった」と学生が記したように，参加者は初めに学習へのリスクを抱えていた．しかしながら，「⑥自分の考えや思ったことも人に言えるようになった」と生徒に記されたように，学び合いに対する不安が多かれ少なかれ解消し，対話を通じて，学習へのリスクを共に乗り越えていったことがわかる．そのことで，参加者の行動が変容していき，自身の考えや意見を，他者へ伝えることができるようになっていったと言うことができる．

また，「⑦何が生まれて，何が発達しているのかは人それぞれだった」と「⑧1 人でかんがえるのとみんなでかんがえるのは視野や規模が広がり，見えない発見がある」とあるように，多様な考えに参加者が対話的に触れることで，思考の広がりと深まりとしての学びが，参加者間で共創されていったことが確認された．一人ではできなかったことでも，他者と協働したことによって生まれた関係性が，学びを創造し，支えていたと判断することができよう．

3.3 考察

これらのことから，大学生と高校生が対話的に学び合う高大連携の取り組みにおいて，

1．協働性の強化
2．知識，概念の再構築
3．リスクの軽減と行動の変容

表 5　具体的な記述
（第 2 回目の質問１「前後の変化」の回答から）

【学生】
最初はしたいことが 1 つや 2 つしか思い浮かばなかったが，メンバーと話していくうちに「そういうこともやりたいね！」と①イメージを膨らませながら考えることができた.

【生徒】
講座を受ける前に前もってやりたいことを考えていたが，いざほかの意見を聞くと，「あ～」となるものが多かった．大学生さんの「高校生の間にしかできないこと」と言われ，今しかできないことは何だろうと，ほかの人たちと考えた．最初は緊張してぎこちない空気だったが，②テーマを話し合ったりグループを変えることによってそういった空気が柔らかくなったのを実感した.

表 6　具体的な記述
（第 3 回目の質問１「前後の変化」の回答から）

【学生】
主体的と聞くと「自分から」ということが思いつき「個」の側にあるものと思っていましたが，③共同で何か新しいものを生み出したり，その場の状況から生まれたり，「場」からの主体性もあると気づいた.

【生徒】
「100 年後を絵で描く」という課題が出されて私は自分の望んでいる学校生活を踏まえて描きました．④みんなもそのようなことを描くと思いましたが，自然について描いている人が多かったので良いと思いました.

表 7　具体的な記述
（第 2 回目の質問２「感想」の回答から）

【学生】
高校がキラキラしてまぶしくて，かわいかったです．高校生に戻りたくなりました．⑤最初はあまりうまくしゃべれなくて不安だったけどみんな優しくてよかったです.

【生徒】
普段かかわることのない大学生の方ともいろいろな話ができて楽しかったです．前回よりは安心して授業をすることができて，⑥自分の考えや思ったことも人に言えるようになったので良かったです.

表 8　具体的な記述
（第 3 回目の質問２「感想」の回答から）

【学生】
未来百景はとても楽しく，様々な考えが読み取れて最高です．未来の程度は決まっていても，⑦何が生まれて，何が発達しているのかは人それぞれだったので，「そうなっていたら面白いね」と思える未来が見られてよかった.

【生徒】
グループワークで自分が考えていなかったジャンルの話を聞けたり，そんな未来だったらいいと思う願望があったりでとても楽しく授業ができた．⑧1 人でかんがえるのとみんなでかんがえるのは視野や規模が広がり，見えない発見があると思った．何も考えずに言葉を作ることは難しいと思った.

４．思考の広がりと深まり

の 4 点を学びの特徴として析出することができた．大学と高等学校と，それぞれ経験も立場も異なる参加者であったが，学びへの不安のリスクを抱えながらも，共に乗り越え，学び合いを実践していた．菅井（2016a , 2016b , 2019）では，小学校の学級内における学力差のある学習集団や，異学年・異年齢における児童の交流において，アクティブ・ラーニングでは，協働行為に本質的に基づきながら知識が構築，ないしは再構築されていくことが報告されている．加えて，学習者間で支え合いながら，相互に学習環境を創り合うことで，学びが深化していくことも報告されている．大学生と高校生によるアクティブ・ラーニングが実践された本研究においても，同様の結果が得られたと捉えることができるだろう．これらの結果は，学習参加者間の関係性や社会的で水平的な繋がりが，学び合いにおいて重要であることを示唆している.

3.4　展望と今後の課題

本研究は，活動に影響を与えたであろう授業者としての筆者の介入発話に関しての検討に至っていない．さらに，本調査対象の人数から，事例分析に留まっている．今後も実践を重ね，方法論的な検討を行い，具体的な学習支援方法を提案していく必要がある.

文献

中央教育審議会 (2012a). 「予測困難な時代において生涯学び続け，主体的に考える力を育成する大学へ」（審議まとめ）
中央教育審議会 (2012b). 新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け，主体的に考える力を育成する大学へ～（答申）
中央教育審議会 (2014). 新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた 高等学校教育，大学教育，大学入学者選抜の一体的改革について ～ すべての若者が夢や目標を芽吹かせ，未来に花開かせるために ～
郡司菜津美 (2022). 性教育指導観の理解を目指した授業の学習効果-ジグソー法を用いて-, 教育心理学研究, *70*(1), 67-86.
樋口耕一 (2020). 社会調査のための計量テキスト分析－内容分析の継承と発展を目指して－第2版　ナカニシヤ出版.
文部科学省 (2023). 令和 5 年度学校基本調査の公表について
菅井篤 (2016a). アクティブ・ラーニングによる児童の学習方略の実際-小学校の漢字学習を事例として-, 教育デザイン研究, *7*, 61-69.
菅井篤 (2016b). 教え合い活動におけるリボイシングの効果-アクティブ・ラーニングの発話分析から-, 横浜国立大学教育学会研究論集, *3*, 13-22.
菅井篤 (2019). 主体的・対話で深い学びを目指した異学年交流-小学校での劇づくりにおける児童のパフォーマンスの実態-, 日本教育心理学会発表論文集, *61*, 428.

絵画のスタイル典型度を計測する新しい方法の提案およびドリフト拡散モデルによる妥当性検証

A New Method for Measuring Style Prototypicality of Paintings and its Validation Using Drift Diffusion Model

緒方 思源[1]，田和辻 可昌[2]，松居 辰則[3]
Shigen Fang Ogata, Yoshimasa Tawatsuji, Tatsunori Matsui
[1]兵庫教育大学，[2]東京大学，[3]早稲田大学
Hyogo University of Teacher Education, The University of Tokyo, Waseda University
sogata@hyogo-u.ac.jp

概要

本研究では，絵画のスタイル典型度を計測する実験方法を提案し，ゴッホとゴーギャンの風景画を実験刺激として実験を実施した．また，ドリフト拡散モデル（DDM）を利用して，この方法の認知科学的妥当性を検証した．具体的には，各絵画作品に対して，参加者のスタイル分類タスクにおける回答と応答時間を用いてDDMのドリフト率を推定した．作品のドリフト率の絶対値が分類の容易さを意味し，本実験で計測されたスタイル典型度との間に有意な正の相関が認められた．これにより，提案されたスタイル典型度の計測方法が一定の妥当性を持つ可能性が示唆される．

キーワード：絵画，典型度，ドリフト拡散モデル

1. 背景と研究目的

絵画の世界には，印象派やポスト印象派といった芸術家集団レベルの流派から，個々の芸術家の画風に至るまで，様々なスタイル（style）が存在する．人が絵画を鑑賞する際，自分が知っているスタイルを用いて絵画作品を分類することが一般的である．なお，同じスタイルに分類される絵画作品でも，そのスタイルにおける典型度（style prototypicality），すなわち，どの程度そのスタイルの典型例と見なせるかは異なる．

芸術に関する認知科学の先行研究では，絵画作品のスタイル典型度が人々の絵画作品に対する審美的嗜好（aesthetic preference）に与える影響について，いくつかの実験が行われた．しかし，これらの実験の結果は一致していない．具体的には，Hekkert (1995)の実験では，参加者が「典型的（typical）−非典型（atypical）」と「醜い（ugly）−美しい（beautiful）」という二つのリッカート尺度を用いて 40 点のキュビズムの絵画を評価した．その結果，絵画のスタイル典型度が美的評価に正の影響を与えていることが報告された．一方，Cutting (2003)の実験では，19 世紀のフランス印象派の絵画を刺激として使用したが，スタイル典型度と美的評価との間には有意な関係が見られなかった．さらに，Farkas (2002)の実験では，40 点のシュルレアリスムの絵画作品を刺激として使用し，スタイル典型度が最も高い 10 点の作品が他の作品よりも高い美的評価を受けた一方で，スタイル典型度が最も低い10点の作品の美的評価と他の作品の評価との間に有意な差は見られなかった．

これらの実験結果の不一致の原因として，使用されたスタイル典型度の計測方法の認知科学的な妥当性が検討されていない可能性が考えられる．この問題を解決するため，本研究では，絵画のスタイル典型度が絵画の感性評価に与える影響を解明することを最終目標とし，絵画のスタイル典型度を計測する新しい実験方法を提案し，その認知科学的な妥当性も検証した．

具体的には，一つのスタイルのみを用いた上記の先行研究とは違って，本研究では，ゴッホ（Vincent van Gogh）の風景画とゴーギャン（Paul Gauguin）の風景画という二つのスタイルの絵画を使用した．これにより，参加者に，絵画作品をどちらのスタイルに分類すべきなのかを積極的に考えさせ，つまり，分類タスクの解決に工夫を凝らすという意思決定の要素を実験に組み込んだ．データ解析の段階では，分類タスクでの意思決定の心理過程を説明する認知モデルであるドリフト拡散モデル（drift diffusion model, DDM）を用いて，実験で計測された絵画作品のスタイル典型度の認知科学的妥当性を検証した．この実験の実施からデータ解析までの手順は次の 3 つのステップに分けられる：

ステップ 1「スタイル分類の学習」: 参加者は各スタイルの代表作を複数回観察することにより，この二つのスタイルがどの点で異なるのかを吟味した．

ステップ 2「絵画のスタイル典型度の計測」: 新しいセットの絵画作品を参加者に提示した．参加者は各作品に対して，①その作品がゴットのスタイルの作品なのか，ゴーギャンのスタイルの作品なのか，②スタイルごとに，その作品がどの程度そのスタイルのものであると思うのかという二つの設問に回答した．参加者

の設問②での回答を利用して各作品のスタイル典型度を計算した.

ステップ3「スタイル典型度の妥当性検証」: 各作品の設問①における参加者の回答を利用して，その作品に対応したDDMのパラメータを推定した. そして, その推定値とステップ2で計測されたスタイル典型度との関係性を分析した.

この妥当性検証の論理について, DDMはドリフト率（drift rate）というパラメータをもっており，その絶対値はある絵画作品の分類の容易さを表す．スタイル典型度が高い作品が，それが低い作品よりも分類が容易と考えられるため，前述の実験方法で計測されたスタイル典型度が認知科学的に適切であれば，スタイル典型度の計測値とドリフト率の絶対値との間に正の相関が見られるはずである．ステップ3ではこの相関が検出されたため，本研究で提案したスタイル典型度の計測方法が一定の妥当性を持つことが示される.

本研究の詳細については，Ogata, Tawatsuji & Matsui (2024)の論文で詳述されており, 本稿ではこの研究の主要な部分を取り上げて紹介する.

2. 心理実験

参加者: 早稲田大学の学生22名．全員が，①母語が日本語，②絵画の専門教育を受けていない，③色覚が健常であることを条件とした．実験は早稲田大学研究倫理オフィスの承認を得ており（承認番号: 2018-HN023), 全参加者からインフォームド・コンセントを取得した.

実験刺激: 訓練用セットには，ゴッホの作品8点とゴーギャンの作品8点を，評価用セットには，ゴッホの作品15点とゴーギャンの作品15点を使用した．訓練用セットの作品は各スタイルの代表作である．評価用セットは各スタイルの代表作から非代表作までサンプリングした．実験の準備段階では，13名の西洋絵画の専門家とのインタビューを通じて各作品の代表性を確認した. また, 実験中, 参加者の回答がゴッホとゴーギャンに関する既存の知識に影響されないよう，ゴッホを「画家A」，ゴーギャンを「画家B」と称した.

実験プログラム: PsychoPy (version 1.90.2)で作成し，MacBook Air PC (15 inch, 2017)で実施した．ディスプレイのキャリブレーションは i1 Display Pro calibrator と DisplayCAL (version 3.7.1.3)を用いて行なった. 作品提示時の画像の長辺は650 px，背景色は中程度の灰色（CIE $L^*=50$）に設定した.

手順: 実験は2つのセッションから成る．セッション1では, 参加者に訓練用セットの作品を注意深く観察し, 両スタイルを区別する方法を考案するよう指示した. 各作品はランダムな順序で3回，5秒間提示され，作品提示時にはその画家の名前（Painter AまたはB）が画像の下に表示された．セッション2では，評価用セットの作品がランダムな順序で提示された．各作品に対して，参加者は以下の2つのタスクを完成した:

- 二択強制選択（two-alternative forced choice, 2 AFC）: 提示されている作品の作者がPainter AかBかを判断した．応答時間はミリ秒単位で記録された.
- VAS評価: まず，その作者がPainter Aであると思われる程度を0%〜100%のVASで評価した（設問①）．次に，その作者がPainter Bであると思われる程度を同様のVASで評価した（設問②）.

刺激間隔（ISI）は2秒であり，その間に一つの白い「＋」が画面の中心に提示された.

3. 絵画のスタイル典型度の計算

評価用セットの作品のスタイル典型度を計算する前に，まず，2 AFC課題での正解率を用いて，各参加者がこの二つのスタイルを適切に区別できるかを評価した. ゴッホの作品に関して，全参加者が中程度から高い精度を示した（$M=84.1\%, SD=14.4\%$）．ゴーギャンの作品についても，大部分の参加者が中程度から高い精度を示した（$M=77.7\%, SD=20.7\%$）が，2人の参加者は3点の作品のみを正しく判別できた．この2人のデータは以降の分析から除外した.

次に，VAS課題での回答を用いて，評価用セットの各作品を二つの「認知的スタイル」（参加者のスタイル学習によって参加者の脳内に形成された認知的カテゴリ）に分類し，さらに, 所属する認知的スタイルに対する典型度を計算した．具体的には，各作品に対して，「ゴッホらしさ」得点は設問①での評価値の参加者間の平均として計算し,「ゴーギャンらしさ」得点は設問②での評価値の参加者間の平均として求めた．ゴッホらしさ得点がゴーギャンらしさ得点よりも大きい場合, その作品を「認知的ゴッホスタイル」というカテゴリに分類し，典型度得点（prototypicality score, PTS）をゴッホらしさ得点の値にした．ゴーギャンらしさ得点の方がより大きい場合, その作品を「認知的ゴーギャンスタイル」というカテゴリに分類し，そのPTSをゴーギャンらしさ得点の値にした.

この分類方法で得られた 2 つの認知的スタイルは，実世界のスタイルとほぼ同じ作品を含んでいる．「認知的ゴッホスタイル」には 12 点の作品があり，そのうち 11 点がゴッホの作品である．「認知的ゴーギャンスタイル」には 18 点の作品があり，そのうち 14 枚がゴーギャンの作品である．カイ二乗検定により，認知的スタイルと実世界のスタイルの間に強い連関が認められた（X^2 (1, N = 30) = 13.9, p < .001, Cramer's V = .68）．

4. スタイル典型度計測の妥当性検証

4.1 妥当性検証における DDM の利用方法

第 1 節で説明された通り，本研究では，DDM を用いて第 3 節で計算された絵画作品の PTS の認知科学的妥当性を検証した．DDM は，分類タスクにおける意思決定の心理過程を，時間経過に沿って連続的に進行するガウス性のウィーナー過程としてモデリングする．モデリングの際には，刺激ごとに一つの DDM を構築し，すなわち，DDM のパラメータを推定する．Lerche & Voss (2019)，Ratcliff & McKoon (2008)，Voss et al. (2004)の心理実験の結果によれば，DDM を用いてある刺激に対する人の分類行為をモデリングする際，DDM がカテゴリ（本研究ではスタイルという概念）ごとに，その刺激がそのカテゴリに分類されるという回答の確率，及びその回答の反応時間が従う確率分布とを，高い精度で予測できることが示されている．DDM は，意思決定の閾値（a），バイアス（z/a），ドリフト率（v）という 3 つのパラメータを持つ．

意思決定の閾値（a）は，参加者に速やかな回答を促した場合に生じる回答の正解率と速度のトレードオフを表す．本研究では，回答速度に特別な要求がなかったため，a の推定はしたが，考察の対象外とした．

本研究では，バイアス（z/a）は，参加者が作品を特定のスタイルに偏って分類する傾向の程度を示す．スタイル学習のセッション（セッション 1）では，各スタイルの作品が同数提示されたため，意思決定にバイアスが生じる可能性は低い．そのため，z/a = 0.5（バイアスなしという意味）に設定した．

ドリフト率（v）の絶対値（ab$v$）は，ある作品に対する参加者の心理状態が，どのスタイルに分類すべきかに迷う状態から，ある程度の自信を持って判断を下せる状態への移行する（「ドリフト」する）速度を示す．つまり，その作品のスタイルメンバーシップを判断する容易さを示す．一般的にいうと，高い典型度は明確なスタイルメンバーシップにつながり，作品の分類を容易にする．逆に，低い典型度は曖昧なスタイルメンバーシップに導き，作品の分類を困難にする．したがって，典型度の計測値（PTS）と ab$v$ の間には正の相関が期待される．また，参加者がある作品をゴッホの作品に分類した場合，その回答を「upper response」と称し，v を正の値にする．ゴーギャンの作品に分類した場合は，「lower response」と称し，v を負の値にする．

4.2 反応時間の予測分布と実測分布との比較

各作品について，2 AFC 課題での参加者の回答と応答時間という 2 種類のデータを用いて，一つの DDM を推定した．推定には，R パッケージ *RWiener* (version 1.3.3) で提供された最尤法の関数を利用した．

各作品に対して，推定された DDM によって予測された反応時間の分布が実験で記録された反応時間の分布と一致しているかを確認するため，2 つのプロットを作成した．図 1 では，認知的スタイルごとに 1 点の作品のプロットが示されている．左のプロットでは，反応時間の予測分布からサンプリングされた 50 個のデータの散布図と，反応時間の実測値の散布図が比較される．右のプロットでは，上記の 50 個の予測値にフィットした分布曲線と，実測値にフィットした分布曲線が比較される．これらのプロットから，予測分布が実測分布と類似していることが確認できた．

次に，Pearson 相関分析によると，作品の PTS と ab$v$ の間に有意な正の相関が認められた（作品全体：r(28) = .88, p < .001；認知的ゴッホスタイル：r(10) = .95, p < .001；認知的ゴーギャンスタイル：r(16) = .79, p < .001；図 2 で示される）．これらの結果から，本研究で提案されたスタイル典型度の計測方法が認知科学上で一定の程度適切であることが示唆されている．

5. まとめと次の研究段階の課題

本研究では，絵画のスタイル典型度を計測する新しい実験方法を提案し，さらに，DDM を用いてこの方法の認知科学的妥当性を検証した．この成果を活用することで，従来の手法よりも高い精度で絵画のスタイル典型度を測定でき，また，スタイル典型度と他の心理変数との関係を解明するための実験設計にも寄与できる．

次の研究段階では，絵画のスタイル典型度が，絵画に対する美的評価を含む感性評価にどのような影響を与えるのかについて探究する予定である．また，本実験で

図 1　反応時間の予測分布と実測分布の比較の例

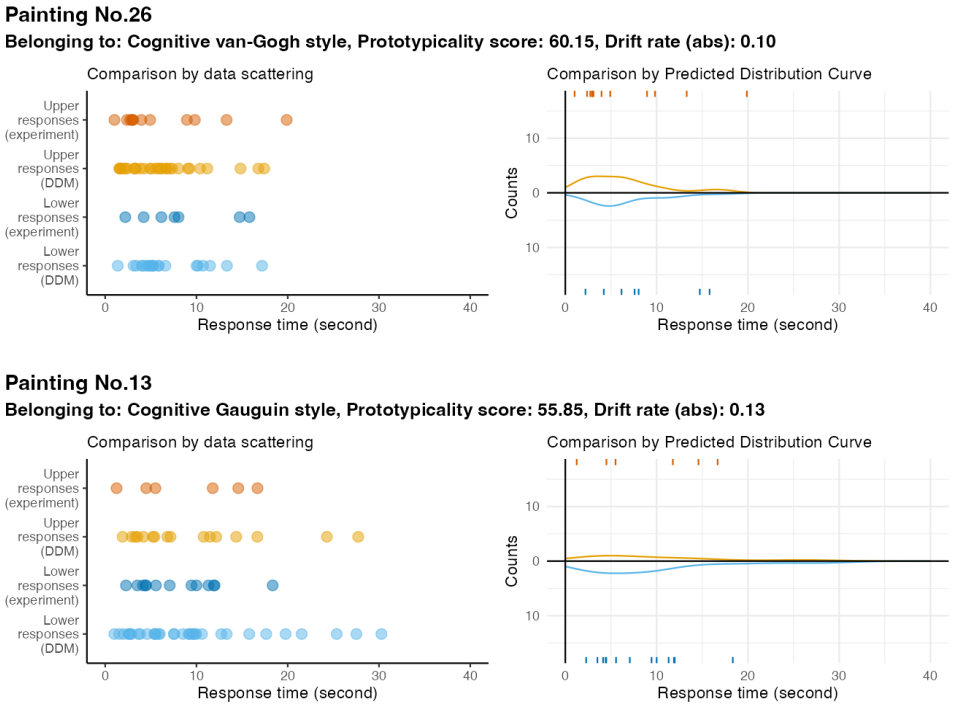
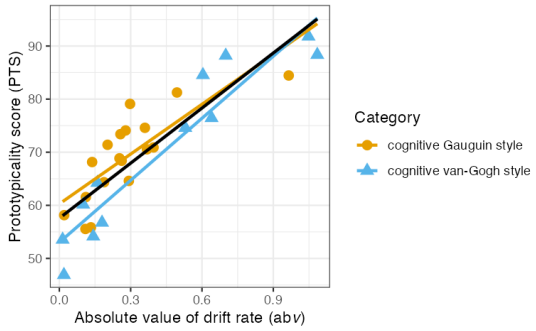


図 2　作品の PTS と ab$v$の散布図と相関



は二つのスタイルのみを対象としており，これらのスタイルの選定結果によって実験結果が変動する可能性も否定できない．よって，この計測方法の一般化可能性をさらに評価するためには，今後の研究でより多くのスタイルを対象とした実験を行い，multiple-alternative DDM (Roxin, 2019)を用いて，その実験で測定される典型度の妥当性を検証する必要がある．

謝辞

本研究は早稲田大学特定課題研究助成費（課題番号：2017S-207，2019E-111）の助成を受けたものです．

文献

Cutting, J. E. (2003). Gustave Caillebotte, French Impressionism, and mere exposure. *Psychonomic Bulletin & Review*, *10*(2), 319–343. https://doi.org/10.3758/bf03196493

Farkas, A. (2002). Prototypicality-effect in surrealist paintings. *Empirical Studies of the Arts*, *20*(2), 127–136. https://doi.org/10.2190/UD7Y-GN8P-Q0EV-Q13J

Hekkert, P. P. M. (1995). *Artful judgements: A psychological inquiry into aesthetic preference for visual patterns* [Thesis technische]. Universiteit Delft.

Lerche, V. & Voss, A. (2019). Experimental validation of the diffusion model based on a slow response time paradigm. *Psychological Research*, *83*(6), 1194–1209. https://doi.org/10.1007/s00426-017-0945-8

Ogata, S. F., Tawatsuji, Y., & Matsui, T. (2024). Using a drift diffusion model to validate the quantification of style prototypicality as assessed by the viewers of paintings. *Leonardo*, *57*(1), 70-78. https://doi.org/10.1162/leon_a_02433

Ratcliff, R., & McKoon, G. (2008). The diffusion decision model: theory and data for two-choice decision tasks. *Neural Computation*, *20*(4), 873-922. https://doi.org/10.1162/neco.2008.12-06-420

Roxin, A. (2019). Drift–diffusion models for multiple-alternative forced-choice decision making. *The Journal of Mathematical Neuroscience*, *9*, 5. https://doi.org/10.1186/s13408-019-0073-4

Voss, A., Rothermund, K. & Voss, J. (2004). Interpreting the parameters of the diffusion model: An empirical validation. *Memory & Cognition*, *32*(7), 1206–1220. https://doi.org/10.3758/bf03196893

生成 AI は短期集中的な使用体験に基づきどのような対象として理解されうるのか：ChatGPT 使用前･後の描画と自由連想の検討

Understanding Perceptions of Generative AI through Short-Term Intensive Usage: An Analysis of Drawings and Free Associations before and after ChatGPT Use

多田 幸子†
Yukiko Tada

†上田女子短期大学
Ueda Women's Junior College
y-tada@uedawjc.ac.jp

概要

ChatGPT の使用体験から，成人が，生成 AI という新しい技術にどのような理解を形成するのかを探索的に検討した．複数回の使用の前後で描かれた生成 AI をテーマとする線画と，生成 AI を起点語とする自由連想の結果に注目したところ，実際の使用を経て，参加者の理解は個別具体的な体験に基づくようになった．また，生成 AI は，人間が操作するツールとして意識される一方で擬人的にも捉えられており，参加者にとってはヒト性を異投射しうる対象であったことが推察された．

キーワード：ChatGPT，対象理解，異投射

1. 問題と目的

現在，私たちは生成 AI(generative artificial intelligence) を新たな社会環境の一要素として正しく把握し，その要素と適切な関係づくりをすることが求められている．新しい技術との関係を構築していくにあたって注視しなければならないのは，生成 AI に何ができるか以上に，私たち人間が生成 AI という対象をどう理解しうるか，特に，大多数のユーザーがそうであるように情報工学関連の詳しい知識を持たないひとが生成 AI をどう捉えうるのかである．

さまざまな生成 AI が現れてきている中でも，Chat GPT は，膨大なテキストデータからの継続的な学習によって人と自然な会話を成立させることができる生成 AI の一種である．この ChatGPT を巡って，例えば，学校教育現場では，児童・生徒・学生の学びにどのような意味を持つものとして取り扱っていくべきかが盛んに論じられている．しかしながら，現在，実際の使用事例・活用事例の蓄積が十分に行われない中で，漠然と懸念や期待のみが取り沙汰されていることも少なくない．

そこで，このたび，先述した ChatGPT を取り上げ，その使用体験から，情報工学的な専門的知識・関心を有していない成人が，生成 AI という新しい技術にどのような理解を形成するのかを探索的に検討した．ChatGPT の使用はプログラム更新の頻度等をふまえ，短期集中的に 5 ヶ月の間で複数回実施することとした．

手立てとして描画と語連想を採用することにより，口頭や文章筆記だけでは説明が難しい，新技術に対する参加者の理解を可視化することを目指した．特に，描画は言語を用いての説明が難しい参加者における表現の自由度を上げることができ（田島・近江・坂元 ,2010），また語連想は，認知的，概念的過程を経て行われることから（立石, 1993），当該の刺激語に対する認知構造を見出しやすくすることが期待される（皆川・伴，2011）．以上をふまえ，本発表では，実際の ChatGPT 使用の前後で，生成 AI をテーマとして線画に描かれたものと，また，生成 AI を起点語とする自由連想に現れた語に焦点を当てて調査結果を報告した．

2. 方法

対象者

生成 AI に関する系統だった学習経験・使用経験がない 18 歳から 59 歳までの成人女性 8 名を対象とした．

期間・場所

2023 年 10 月-2024 年 2 月で A 校の一室で実施した．

使用した生成 AI

OpenAI 社による大規模言語モデル ChatGPT の GPT-3.5 および GPT-4 を用いた．

研究の流れと課題

導入期，実践期，総括期の 3 つの時期を設けた．導入期では ChatGPT の操作方法の説明と使用上の注意を確認し，その後，参加者に，生成 AI に対する理解を線画として描出し，描かれた線画を口頭で解説するよう求めた（描画課題）．また，「生成 AI」を起点語として，思いついた語を思いついた順に，所定の紙へ

すべて書き出し，必要であれば書き出した結果について補足説明をするように求めた（自由連想課題）．実践期には，特定の年齢向けの絵本を探す条件，随筆を要約する条件，暗喩を考案する条件，タスクを課さず自由に ChatGPT を用いる条件の 4 つ条件下で ChatGPT を使用した．各回は個別実施，使用時間は最長 90 分であり，毎回 4 つの条件が全て行われた．総括期では，実践期全体を振り返り，導入期と同様に，生成 AI に対する理解を線画と自由連想で表現するよう求めた．

本研究における生成 AI 使用時の注意事項

次の 5 項目を，導入期及び実践期前半の各使用回の冒頭に示した．①個人を特定しかねない情報は入力しない，②ChatGPT の回答には事実と異なる内容が含まれる可能性がある，③ChatGPT の回答には偏見が含まれる可能性がある，④ChatGPT の回答は人間がそのとき，その場で，直接作成しているわけではない，⑤回答をそのまま，自分が作成したものとして扱わない．

3. 結果と考察

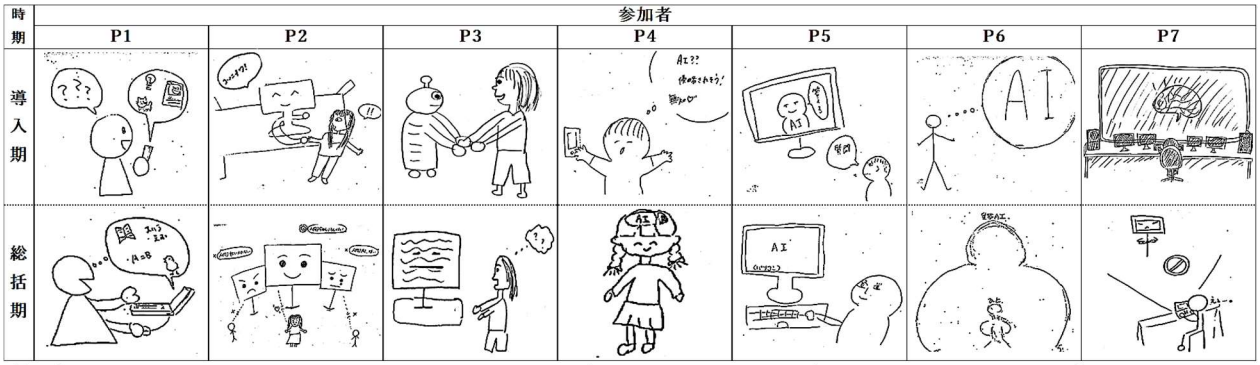
対象者 8 名のうち，ChatGPT の実際の使用に至らなかった 1 名を除く，7 名(P1-P7)の導入期及び総括期の描画と自由連想の結果に焦点を当てた．図 1 には各期における描画の例，表 1 には導入期の自由連想課題における各参加者の全連想語数・直接連想語数と回答例，そして，表 2 には総括期の自由連想課題における各参加者の全連想語数・直接連想語数と回答例をまとめた．

描画課題

まず，各線画内容を見てみると，図 1 より，ChatGPT 使用前の導入期には，生成 AI として描かれた対象の中には，人間の言葉を話しかつ表情のある腕の生えたコンピューター画面（P2），子どもをほうふつさせる体形のロボット（P3），人間の外見をしたコンピューター画面上のエージェント（P5），空中に浮いている人間の脳（P7）があった．それらに対する口頭説明から，参加者によってはサイエンスフィクションの影響を受けるなどして（P2, P3, P7），生成 AI を表現するにあたり，人間の身体の全体的・部分的なつくりを模して描いている様子があった．さらには，参加者の中には，生成 AI ということばを耳にしたことはあっても，実際に使用する前段階においては，思い描くことそのものが困難である場合（P4, P6）も見受けられた．

しかしながら，こういった導入期に対して，ChatGPT を用いる実践期を経た総括期の線画では，参加者によっては実際に操作したパソコンやディスプレイを画中に描き（P1, P2, P3, P5, P7），さらに，そのような参加者の中には，生成 AI を表現するにあたって，それらのディスプレイに，人間の表情をつける者がいた（P2, P3, P7）．ただ，一方で，そういった参加者のすべてが，導入期に見られたように，ディスプレイに手や腕を付けて描く（P7）など，生成 AI を表現するにあたって，人間の身体やその一部を象徴的に用いるわけではなかった．

ここで，各参加者の線画を，口頭説明の内容込みで，描画の意図の点から整理したところ，大きく 4 つに分類し得た．具体的には，まず，ChatGPT に代表される生成 AI をあくまでもツールとみなし，自らをそのユーザーとして自覚的にとらえていることを表そうとする線画（P1, P5），思うように使いこなせない対象としての生成 AI を表現した線画（P3, P7），期待するような回答を得るにはユーザーが生成 AI を人間同様に感情や好みを持つものとみなして受容的に関わる必要



【注1】 P2の総括期の線画における各吹き出しの言葉は，左：人間）役に立たない，中：人間）今日もよろしくね，右：人間）AI、嫌い！
【注2】 P4の導入期の線画における吹き出しの言葉は，AI?? 侵略されそう! 無知。 また，総括期の人の線画の頭部には書かれた文字はAI
【注3】 P5の導入期の線画における各吹き出しの言葉は，中：答える,右下：質問
【注4】 P6の総括期の線画で中央に描かれている人型は人間を表し，その外側に描かれている人型が生成AIを表す
【注5】 P7の導入期の線画で中央に描かれているのは，空中に浮かぶ脳が大きな窓越しに見えているところ

図1 生成AIをテーマとする描画の例

があることを主張した線画（P2），知識量や情報処理力の点ではるかに優れた生成 AI とそのような生成 AI に依存したり（P4），圧倒されたり（P6）している人間を表した線画，であった．以上をふまえると，生成 AI に関する各線画は，実践期を経たのちには，参加者自身が実際の使用プロセスの一場面として体験したこと，また，その際に感じたり考えたりしたことを表す内容になっていたようである．なお，生成 AI を表現するにあたって，画中のディスプレイに人間の表情を描きこんだもの（P2, P3, P7）に加えて，人型のシルエットで表したもの（P6）を合わせると，総括期においても 7 名中 4 名（57%）に生成 AI に対する擬人的描写が見られた．

自由連想課題

想起された語数：次いで，自由連想に目を向け，まず，「生成 AI」から想起された語に加えて，その語からさらに想起された語を含む全連想語数を見てみると，表 1 と表 2 より，7 名中 6 名（86%）で ChatGPT 使用前の導入期に対して使用後の総括期で下回り，導入期−総括期の差は最小で 2（P2），最大で 39 語（P7）となった．

加えて，「生成 AI」から直接想起された語である直接連想語数の値を見てみると，表 1 と表 2 より，7 名中 6 名（86%）で，導入期に対して総括期で下回っていた．そこで，7 名の参加者（N=7）における導入期(M=6.14, SD=0.99)と総括期（M=4.14, SD=1.80）の直接連想語数に対して分散分析を実施したところ，二期間の差は有意であり（$F_{(1,6)}$= 10.50, p<.05），導入期に比べて総括期における直接連想語数は少なくなった．

さらに，全連想語と直接連想語の両値が，導入期に対して使用後の総括期で下回っていた者は 7 名中 5 名（71%）に及び，起点語から想起される語そのものの数が，実際に ChatGPT を使用する体験を経て，減少する可能性があることがうかがわれた．

想起された語の内容：「生成 AI」を起点とする自由連想での 7 名の参加者による具体的な回答例について，想起順 1-10 語目を中心にまとめた．導入期の結果は表 1，総括期の結果は表 2 にまとめ，また直接連想語に関しては，各表中に，参加者ごとで，想起順 11 語目以降に現れた語も備考的に記した．

まず，1 語目に想起された語である第 1 直接連想語の具体的内容を見てみると，表 1 より，導入期は「情報」を 2 名（P1, P4），「機械」を 2 名（P2, P7），「ロボット」を 2 名（P3, P5），「ChatGPT」を 1 名（P6）が挙げており，語の種類は 4 種類であった．しかし，表 2 より，総括期には，同じ語を複数の参加者が挙げることがなくなり，7 名はそれぞれ異なる語を挙げる結果となった（P1:面白い，P2:コンピューター，P3：難しい，P4:ChatGPT，P5:機械，P6:助言者，P7:ドラえもん）．

さらに，直接連想語に関して，各参加者がそれぞれの直接連想語を回答したタイミングを見てみると，表 1 より，導入期は 11 語目以降にも語を想起した者が 7 名中 5 名（71%）いたが，総括期には 2 名（29%）にとどまった．

加えて，直接連想語の中には，ひとりの参加者の導入期・総括期の両期において想起された語があり，特に「難しい」は，複数の参加者（P2, P3）が導入期・総括期のそれぞれで回答していた．そこで，参加者の自由連想結果に対する補足説明に目を向けたところ，導入期と総括期とでは「難しい」の意味する内容が異なっていた．具体的には，導入期では「操作方法を理解して，実際に自分で使えるようになるのかどうか自信がない」という意味で「難しい」という語が回答されていたが，総括期の場合は，「自分が求めているような回答を ChatGPT から得るための質問文・指示文を作成するのは容易ではない」ことを意味する語として「難しい」が回答されていた．なお，この意味での「難しい」は，先

表1 導入期の自由連想課題における全連想語数と直接連想語数および回答例

参加者	連想語数 全	連想語数 直接	1-10語目の具体的な回答 1語目	2語目	3語目	4語目	5語目	6語目	7語目	8語目	9語目	10語目	11語目以降に現れた直接連想語(語順)
P1	15	6	情報	〔情報〕ネット	プログラム	〔プログラム〕難しい	ロボット	〔ロボット〕全自動	〔全自動〕仕事	〔全自動〕楽	会話	〔会話〕相手	未来(12語目) / 絵(14語目)
P2	8	5	機械	人工的	システム	〔システム〕情報	難しい	ロボット	〔ロボット〕感情がない	〔ロボット〕正確	—	—	—
P3	44	5	ロボット	難しい	〔ロボット〕賢い	〔ロボット〕機械	〔ロボット〕便利	〔便利〕役立つ	〔役立つ〕日常	無感情	〔無感情〕怖い	人助け	動く(12語目)
P4	22	8	情報	スマホ	機械	ロボット	〔ロボット〕ベイマックス	〔ベイマックス〕Disney	〔Disney〕行きたい	〔スマホ〕iphone	〔スマホ〕ゲーム	〔スマホ〕アプリ	パソコン(11語目) / 記録(12語目) 感情がない(14語目) / 人間界便利(22語目)
P5	26	6	ロボット	パソコン	スマホ	情報	〔スマホ〕iphone	〔iphne〕スターライト	〔ロボット〕アシモくん	〔アシモくん〕白色	ChatGPT	〔ChatGPT〕話	合成写真(11語目)
P6	12	6	ChatGPT	〔ChatGPT〕難しい	使いこなせない	分からない	知らない	人工知能	機械的	〔ChatGPT〕デジタルツール	〔人工知能〕頭が良い	〔人工知能〕優秀	—
P7	73	7	機械	コピペ	頭がいい	感情	〔感情〕有る	〔感情〕無い	暴走	〔暴走〕支配	〔暴走〕武器	〔武器〕ミサイル	ネット(13語目) / 思考(18語目)

注1 四角囲みの箇所は連想の起点である「生成AI」から直接連想された語
注2〔 〕内の語は、〔 〕下に記載された語の連想元となる語

表2 総括期の自由連想課題における全連想語数と直接連想語数および回答例

参加者	連想語数 全	直接	1-10語目の具体的な回答 1語目	2語目	3語目	4語目	5語目	6語目	7語目	8語目	9語目	10語目	11語目以降に現れた直接連想語(語順)
P1	12	4	面白い	機械	〔面白い〕話し方	ChatGPT	〔ChatGPT〕質問	〔質問〕良い返答	〔質問〕変な返答	〔機械〕会話しにくい	〔機械〕ロボット	〔面白い〕情報量	難しい(12語目)
P2	6	3	コンピューター	難しい	人工的	(コンピューター)豊富な知識	(コンピューター)正確	〔人工的〕無感情	—	—	—	—	—
P3	11	4	難しい	コンピューター	便利	会話	〔会話〕感情	〔感情〕人間	(コンピューター)操作	〔難しい〕かたい	〔かたい〕石	〔便利〕役に立つ	—
P4	22	5	ChatGPT	Siri	ペッパーくん	スマホ	〔ChatGPT〕パソコン	(ペッパーくん)しゃべる	ロボット	〔ロボット〕地球を壊す	〔スマホ〕iphone	〔スマホ〕Android	—
P5	15	2	機械	ChatGPT	〔機械〕スマホ	〔スマホ〕iphone	〔iphone〕Apple	〔Apple〕ジョブズ	〔ChatGPT〕質問	〔スマホ〕ゲーム	〔スマホ〕写真	〔写真〕カメラ	—
P6	7	3	助言者	〔助言者〕アドバイザー	情報提供者	〔助言者〕サポーター	良き友人	(サポーター)協力者	〔助言者〕助っ人	—	—	—	—
P7	34	8	ドラえもん	冷たい	Chat GPT	ロボット	キャラクター	図書館	脳	〔脳〕頭	〔頭〕重い	〔頭〕眠い	画面(34語目)

注1 四角囲みの箇所は連想の起点である「生成AI」から直接連想された語
注2〔 〕内の語は、〔 〕下に記載された語の連想元となる語

述した以外の参加者（P1 の総括期 12 語目）にも見うけられており，よって，同じ語であっても想起する時期が異なれば意味内容が異なることもあり，特に，総括期に想起された語は，直前の実践期における個人的体験と結びついていることが推察された．

4. 総合考察

本発表では，情報工学的な専門的知識・関心を有していない成人が，社会的関心事にもなっている ChatGPT の短期集中的な使用体験を通して，生成 AI という新技術にどのような理解を形成するのかを明らかにしていくために，ChatGPT 使用の前後で実施した，生成 AI をテーマをとする描画課題と自由連想課題の結果を分析し報告した．

描画課題の結果から，生成 AI を線画に表す際にしばしば人間的な表情を付して描く者が少なからずいたことなどをふまえると，参加者は，ChatGPT に代表される対話型の生成 AI を感情や好みを備えた擬人的な存在として捉えているようであった．このような対象理解は，ChatGPT を使用する際に操作したメディア（コンピューター）に対する無意識の人間扱いである，メディアの等式（media equation）によってもたらされたといえよう（山田・小野, 2019）．参加者によっては，コンピューターを介しながら ChatGPT という「ある程度まで自律的な反応をする人工物に対して，無意識的に『ヒト』性を異投射」することで（鈴木，2020），ChatGPT を一他者とみなす者もいたのではないか．

続いて，自由連想課題の結果からは，ChatGPT を使用する体験を経て，「生成 AI」を起点語とする連想語数が減少しているようであった．特に，起点語から直接想起される直接連想語数が，総括期に有意に小さくなったことについては，実践期での体験学習が，生成 AI に関する参加者の概念群の体制化を促して連想の及び方を変化させ（皆川・伴，2011），連想の広がりが抑えられるに至った可能性がある．

また，描画と自由連想それぞれの課題結果からは，実践期を通して，参加者が，個別具体的な ChatGPT の使用体験を得ていたことが示され，この体験における個別具体性が，特に，総括期の自由連想課題での第 1 直接連想語の内容を多様にしたことがうかがわれた．

今後の発表では，自由連想課題の分析結果の中でも述べた，ChatGPT に対して「自分が求めているような回答を得るための質問文・指示文を作成するのは容易ではない」という「難しさ」を感じさせる体験が，各参加者の生成 AI 理解にどのような意味を持ちうるのかを検討し報告していくことを目指す．

主な文献

皆川順・伴浩美. (2011). 連想課題の回答状況に及ぼす被験者の要因. 第 27 回ファジィシステムシンポジウム（福井）発表論文集, 874-875.

鈴木宏昭. (2020). 1 章プロジェクション・サイエンスの目指すもの. 鈴木宏昭(編著). *プロジェクション・サイエンス：心と身体を世界につなぐ第三世代の認知科学*, pp.1-38. 近代科学社.

山田誠二・小野哲雄. (2019). マインドインタラクション：AI 学舎が考える《ココロ》のエージェント. 近代科学社.

付記：本発表が基づく研究は令和 5 年度長野県私学教育協会私立学校研究助成金の補助を受けて行われた．

時間的セグメンテーションを用いて動的眼球運動と性格特性の関連性を探る新たな時系列分析アプローチ

Exploring the Relationship Between Dynamic Eye Movements and Personality Traits Using a New Time-Series Analysis Approach with Temporal Segmentation

徐 貺哲
Kuangzhe Xu
弘前大学
Hirosaki University
jokyotetsu@hirosaki-u.ac.jp

概要

動的眼球運動の研究は、主に意思決定や課題解決のプロセスに焦点を当ててきたが、眼球運動の軌跡に影響を及ぼす心理的要因に対する検討は限定的であった。これは、現行の時系列解析方法が、動的眼球運動と性格特性のような、時間経過に伴う変動が激しいデータと変動しないデータの関係性分析に適していないためと考えられる。この研究ギャップを埋めるために、本研究では新たな動的眼球運動の分析方法を提案した。この方法は、Temporal segmentation の手法に基づき、時系列データの眼球運動を複数のタイミングに分割して解析する。提案方法の妥当性を検証するために、顔の印象評価を目的とした実験を実施した。その結果、眼球運動は異なるタイミングで異なる観察傾向を示すことが明らかになった。特に、鼻と眉間への注目は初期タイミング（T1）で顕著であることが確認された。また、性格特性と眼球運動の間に有意な関連が見出された。例えば、勤勉性が高い人は、神経質性を評価する際に、T1、T2、T4 でそれぞれ目、額、眉に注目しない傾向が観察された。本研究で提案された分析方法は、時間経過に伴うデータと静的なデータの関係を解析する際に広範な応用が可能であり、将来的に多岐にわたる分野での研究を促進することが期待できる。

キーワード：眼球運動, 性格特性, 印象評定, ベイズ統計, 時系列分析

1. はじめに

多岐にわたる分析手法を駆使して眼球運動を探求し続けることで、人間の視覚による認知メカニズムの理解は徐々に深まっている。しかし、依然として未解決の課題が存在する。特に、性格特性と静的眼球運動との関連性は広範に研究されているが、動的眼球運動との関連性については、そのメカニズムがまだ十分に探究されていない。この研究領域での進展の鈍さの一因として、既存の時系列解析手法が時間と共に変動するデータと変動しないデータの関係性を分析するのに、その相性を欠く可能性が指摘されている。動的眼球運動を主に分析する既存の手法は、視線の転移状態（Gaze Transition）に多くの注目を集めており、隠れマルコフチェーンモデル（HMM）や空間状態モデルが主に用いられている。しかし、これらの手法を用いた研究で、性格特性と動的眼球運動の間の相関を探る試みが行われたが、短期間で頻繁に変動する眼球運動と、変動しない性格特性との間の時系列上での相関を適切に捉えることが困難であることが示された。HMM や空間状態モデルは時系列データ分析において強力な手法だが、短期間で激しく変動するデータと変動しないデータの組み合わせに対しては、その効果を発揮しきれない可能性がある。

本研究では、観察者の性格特性と動的眼球運動との関連性の明らかにすることを主目的としている。従来の分析手法を用いると、これまでの問題が解決しない可能性が高いため、タイミング分割法（Temporal segmentation）[2, 1] を適用した新たな分析手法を提案した。Temporal segmentation は、観測されたデータやイベントの系列を、発生する時間に応じてセグメントに分割するプロセスであり、人間の行動分析において広く用いられている [6, 5]。本研究はこの手法を用いて、眼球運動の連続的なデータを特定のタイミングに分割し、それぞれのタイミングで性格特性との関連性を検証した。提案手法の精度を検証するために、

顔の印象を評定する行動実験を実施した。この実験を通じて、新たに提案された分析方法による結果の信頼性と正確性を検証し、眼球運動研究の新たな展望を開くことを目指している。

2. 分析方法

従来の時系列解析手法では、眼球運動の複雑な動きが生じる起因に対する検討が対応しきれない課題があった。特に性格特性のような時間とともに変化しない固定効果と眼球運動の間の関係性を解析する際に相性の悪さが顕著に出ている。例えば、状態空間モデルにおいて、性格特性が固定値のため、性格特性が推定された眼球運動の隠れ状態への影響も固定している。つまり、回帰分析の切片のような静的な役割しか果たしていなかった。この問題に対する私の提案する解決策は、Temporal Segmentation 手法を用いて、時間経過とともに変動する眼球運動を複数のタイミングに分割し、各タイミングにおける眼球運動の変化特性を抽出することである。このプロセスでは、生の眼球運動データを直接利用するのではなく、先行研究 [8] で採用された特別な処理を適用する。その後、各参加者が特定の刺激部位を観察する際の眼球運動に主成分分析を適用し、異なる観察部位に対する眼球運動の特性を通じて性格特性との関連性を探っていく。

このアプローチの利点は、時系列データと固定効果の間の相互関係を効果的に捉えることが可能になる点にある。さらに、解析結果を異なる時間帯に分けて表示することで、結果の解釈が容易になり、人間の認知プロセスに適合している。また、主成分分析により抽出される特徴量を使用することで、時系列データ特有の複雑な分布を回避し、モデルの計算を簡素化することができる。これらのメリットにより、提案手法は、眼球運動と性格特性の関係性の分析だけでなく、他の固定効果と動的データの分析にも広く応用可能になる。

図１は分析を行うために実施した具体的な手順の概念図を示している。

-ステップ 1：アイトラッカーにより記録された眼球運動データに対し、先行研究の手法に基づき、記録された眼球運動に 10Hz（eye-tracker のサンプルレートは 120Hz）ごとにガウシアンフィルター（標準偏差 10）を適用し、データの重み付け（平滑化）を行った。顔の各部位（額、眉間、眉、目、鼻、口）に対する眼球運動の重み付けデータは、あらかじめに作成した顔マスクを用いて抽出された。本研究の実験デザイン（詳細は「実験」セッションを参照）により、3 秒間の観察期間からは、最大 36 のタイムスタンプが抽出可能だが、分析可能なデータを確保するため、欠損許容範囲を 30 に定めた。最終的に、タイムスタンプが 30 以下（30 を含まない）の場合は、そのデータセットは分析から除外された。

-ステップ 2：重みづけられた時系列データを用いて、各参加者について顔の各部位の眼球運動を主成分分析（PCA）にかけた。PCA は累積寄与率が 0.7 以上となる主成分の数を基準に選定し、各タイムスタンプにおけるスコアを算出した。全ての部位で統一された基準を適用するため、最大の主成分数を基準にした。例えば、目では累積寄与率が 0.7 を超えた際の主成分数が 5、鼻は 6、口が 10 の場合、すべて主成分 10 まで起用する。実際に研究目的や、データに性質に合わせて変更しても問題ない。この手法により、本研究のデータでは 11 の主成分が抽出された。

-ステップ 3：Temporal segmentation の手法を適用し、時系列データをいくつのタイミングに分割した。分割根拠は、実際に研究目的や、データの性質などに合わせて変更することも可能になる。本研究では抽出された最大主成分数を基に、5 つのタイミングに分割した（11 割る 2 が約 5 になる）。各タイミングで、各部位に対する眼球運動の主成分の平均値が算出され、最も高いスコアを示すタイミングと主成分のペアが選定された。

-ステップ 4：各タイミングで代表される主成分を集約し、平均値を計算した。例えば、PC1、PC2 と PC5 がタイミング 1 を代表しているなら、3 つの主成分の平均値を計算する。この計算結果を基に、異なる刺激画像における各タイミングの特徴スコアを算出した。これにより、全参加者に対し、全刺激画像における顔の 6 箇所に対する眼球運動特徴が 5 つのタイミングごとに得られた。

-ステップ 5：得られたデータセットを用いて、参加者の性格特性と眼球運動の関連を検討するための階層ベイズモデルを構築し、分析を行った。

3. 実験

3.1 実験参加者 & 刺激画像

弘前大学の学生 84 名（女性 38 名）が参加した。刺激として使用された顔の画像は、50 枚の画像を使用した。これらの画像は、全て正面を向いた無表情のもので、Photoshop を使用して白黒に変換し、明るさとコントラストを統一した。。

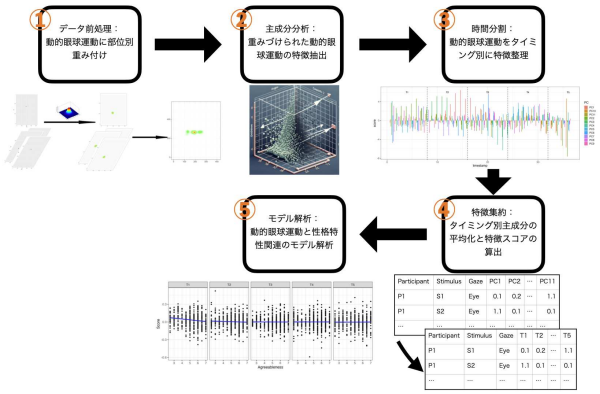


図 1　分析手順の概念図

3.2　実験手続き

実験参加者は、実験参加前に実験の説明と練習を受けた。実験では、まず印象評定の内容を提示し、参加者の確認後、0.5 秒の提示信号「+」に続き、顔画像を 3 秒間観察させた。画像観察後、提示された顔刺激に対する印象を 7 段階で評定した。全てが終了後、参加者には日本語版の性格特性チェックリスト (TIPI-J)[7] へ回答を求め、各自の性格特性情報を測定した。

3.3　データ処理

意識的な観察行動の情報が反映されたカーソルの動きデータを整理した。具体的には、psychopy で記録されたカーソルの座標データを PC のスクリーン解像度に変換し、画面上の刺激の位置と重ね合わせた。その後、先行研究 [3] を参考にして、標準偏差が 10 ピクセルのガウスフィルターを適用した。得られたデータにはエリアマスクを適用し、特定のエリアでの重みデータを算出した。エリアマスクは先行研究 [8] を参考にし、顔の目、鼻、口、眉、眉間と額の 6 箇所に分類した。

4.　データ解析

眼球運動のタイミング間の差異を比較するために、初めに一般化線形モデルを使用して多重比較を実施した。この分析には R 言語の GLM パッケージを利用し、多重比較のためには Tukey の HSD 法を適用した。性格特性と眼球運動の関連を深く理解するために、階層ベイズモデルを構築して分析した。本研究の提案方法で処理した眼球運動のデータが正規分布に基づくため、式 1 に示される正規分布モデルを構築した。Y は眼球運動の特徴量得点であり、i,g,t はそれぞれ印象、着目部位とタイミングのインディクスを意味している。式 2 正規分布のミューを推定する回帰式である。α は切片、β は性格特性に対する固定効果、V は 5 つの性格特性を示した。r^{parti} と r^{stim} はそれぞれ参加者と刺激画像に由来するランダム効果を表している。p,h,l はそれぞれ性格特性、参加者と刺激画像のインディクスを意味している。

$$y_{igt} \sim Normak(\mu_{igt}, \sigma_{igt}) \tag{1}$$

$$\mu_{igt} = \alpha_{igt} + \sum_{k=1}^{3} \beta_{igtp} V_{phl} + r_h^{parti} + r_l^{stim} \tag{2}$$

モデル推定は Rstan で行った。MCMC で推定した事後分布の $\hat{R}$ も全て 1.1 以下となり、収束していたと確認した。固定効果とランダム効果を推定するための弱事前情報はそれぞれ Nomal(0,10) と Gamma(10,10) に設定した。有意差判定は HDI を用いた。

5.　結果

5.1　印象評定に基づく眼球運動のタイミング間多重比較

図 2 は、勤勉性評価における眼球運動のタイミング間での多重比較結果を例示している。ここで、「*」は有意差の程度を示している。他の印象評定項目でも類似の傾向が見られ、詳細は公開 URL から確認できる。多重比較分析により、眉間と鼻への注目は 5 分割されたタイミング中のタイミング 1（以降、タイミングを T と記す。例えば、「タイミング 1」は「T1」）で最も高い頻度を示した。これは先行研究で確認された通り、東洋人が顔の中心に視線を集中させる傾向と一致した。また、この結果は刺激画像提示前の画面中央に配置された提示信号「+」の影響も一因として考えられる。さらに、額に対する注目は T1 に比べて T2、T3、および T5 で高い傾向があった。一方で、目、眉、口への注目に関してはタイミング間で有意な差は確認されなかった。特に口については、比較可能なデータの数が少なく、エラーバーの範囲も広かったため、信頼性の高い有意差の検出が困難であったと推察される。

5.2　印象評定における性格特性と眼球運動のタイミング別相関

表 1 では、性格特性に基づく印象評定で、各タイミングにおける眼球運動との関連性を示している。例えば、協調性を評価する際に、協調性が高い人は、T4 で

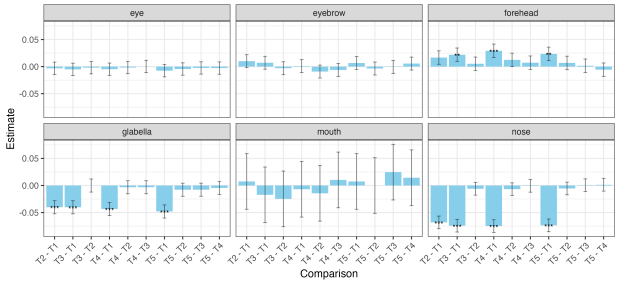


図 2　勤勉性評価時眼球運動のタイミング間多重比較

額、T5 で眉間への注目が顕著である。一方、神経質性が高い人は、T3 で鼻への注目を避ける傾向がある。また、勤勉性を評価する際に、開放性が高い人は、T1 および T4 で鼻への注目を避ける傾向にある。神経質性が高い人は、T5 で眉への注目が顕著である。

表 1　性格特性と表情判断の有意相関表

Impression	Timing	Parts	Predictor	Mean	95%HDI
協調性	T3	鼻	神経質性	-.009	-.017 ∽ -.001
	T4	額	協調性	0.011	.001 ∽ .021
			開放性.	-.009	-.018 ∽ -.001
	T5	眉間	協調性.	.013	.004 ∽ .023
勤勉性	T1	鼻	開放性	-.014	-.023 ∽ -.005
	T4	眉	開放性	-.009	-.016 ∽ -.002
		鼻	開放性	-.007	-.014 ∽ -.001
	T5	眉	神経質性	.009	.001 ∽ .018
外向性	T1	眉	勤勉性	-.010	-.019 ∽ -.001
		目	外向性	.011	.002 ∽ .019
			協調性	.011	.002 ∽ .022
		鼻	勤勉性.	-.011	-.022 ∽ -.001
			開放性.	-.009	-.019 ∽ -.001
	T2	眉間	神経質性	-.009	-.016 ∽ -.001
神経質性	T1	眉間	協調性	-.016	-.028 ∽ -.003
		目	勤勉性	-.014	-.024 ∽ -.003
	T2	額	勤勉性	-.010	-.020 ∽ -.001
		鼻	開放性	-.009	-.017 ∽ -.002
	T4	眉	勤勉性	-.009	-.017 ∽ -.001
		鼻	外向性	.009	.001 ∽ .016
	T5	眉間	外向性.	.010	.002 ∽ .019
開放性	T1	額	協調性	.012	.002 ∽ .021
		眉	協調性	.012	.002 ∽ .022
			開放性	-.012	-.021 ∽ -.004
		目	外向性.	.009	.001 ∽ .018
		鼻	開放性.	-.012	-.020 ∽ -.002
	T2	眉	開放性	.010	.003 ∽ .017
		鼻	勤勉性	-.012	-.022 ∽ -.003

6. 考察

本研究の初期目標は、性格特性が眼球運動の移動パターンにどのように影響を与えるかを明らかにすることだった。しかし、この目標を達成する過程で、眼球運動データの分析に適した新しい時系列解析手法の必要性に気づいた。そこで、Temporal segmentation と主成分分析を組み合わせた新たな分析方法を提案した。このアプローチは、従来の時系列解析手法が眼球運動の解析において抱えていた複数の問題点、特に固定効果と時系列データの相性の悪さや、解析結果の直感的な理解の困難さを克服した。提案手法を用いた解析結果は、時系列データの特性を保持しつつ、性格特性との関連性を効果的に明らかにすることができた。また、多くの結果が先行研究と一致していることから、本研究で提案された分析方法は科学的な信頼性が高いと考えられる。

文献

[1] Aggarwal, J.K., Ryoo, M.S.: Human activity analysis: A review. ACM Computing Surveys (CSUR). 2011, 43(3), 1–43. doi: https://doi.org/10.1145/1922649.1922653.
[2] Bobick, A.F., Davis, J.W.: The recognition of human movement using temporal templates. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2021; 23. doi: https://doi.org/10.1109/34.910878.
[3] Caldara, R., Miellet, S. iMap: a novel method for statistical fixation mapping of eye movement data. Behavior Research Methods. 2011; 43, 864-878. DOI: https://doi.org/10.3758/s13428-011-0092-x
[4] Calvo, M.G., Fernández-Martín, A., Gutiérrez-García, A. et al. Selective eye fixations on diagnostic face regions of dynamic emotional expressions: KDEF-dyn database. Sci Rep 8, 17039 (2018). https://doi.org/10.1038/s41598-018-35259-w
[5] Camurri, A., Lagerlöf, I., Volpe, G.: Recognizing emotion from dance movement: comparison of spectator recognition and automated techniques. International Journal of Human-Computer Studies. 2003, 213–225. doi: https://doi.org/10. 1016/S1071-5819(03)00050-8.
[6] Kong, Y., Fu, Y.R.: Human action recognition and prediction: A survey. International Journal of Computer Vision. 2018, 130, 1366–1401, doi: https://doi.org/10. 1007/s11263-022-01594-9.
[7] 小塩 真司, 阿部 晋吾., Pino Cutrone. 日本語版 Ten Item Personality Inventory（TIPI-J）作成の試み. パーソナリティ研究, 21 (2012). https://doi.org/10.2132/personality.21.40
[8] Xu, K.: Insights into the relationship between eye movements and personality traits in restricted visual fields. Sci Rep. 2024, 14, doi: https://doi.org/10.1038/s41598-024-60992-w.

音楽ライブにおける観客の身体運動同期 ー集団と個人の相関分析による検討

Body Movement Synchronization among Audience Members during Live Musical Performances: Assessing the Correlation between Group and Individual Movements

木村 真実†, 野村 亮太†, 伴 崇弘‡, 島田 裕‡
Manami Kimura, Ryota Nomura, Takahiro Ban, Yutaka Shimada

†早稲田大学, ‡埼玉大学
Waseda University, Saitama University
truth_m3160@ruri.waseda.jp

概要

音楽ライブにおいて，観客の身体運動が同期するか否かを検討した. ロック調の楽曲, バラード調の曲調の異なる 2 楽曲において，小型携帯端末の加速度センサを使用し，音楽ライブ鑑賞中の観客 27 名の身体運動を計測した．全観客の身体運動時系列平均と観客個人の身体運動時系列平均を比較すると，観客はいずれの楽曲でも，同期傾向を示した. 観客は曲調によらず，音楽的特徴に正確かつ即時に応答することで同期する可能性が示された.

キーワード：ライブ，身体運動計測，同期，集団

1. 問題と目的

私たちの日常生活においては，集団単位で同期する場面が多く見られる．しかし，対人同期研究は， 2 者関係を対象とすることが多く (例えば Schmidt et al., 1990)，3 人以上の集団での対人同期についての知見は未だ少ない．Demos & Palmer (2023) は，現在の 2 人単位での同期へのアプローチは集団におけるサブグループやそれ以上の大きさのグループを対象としておらず，アプローチとして限界があることを指摘している．同期に対する本研究では, 音楽ライブを対象に, 集団での対人同期について研究する.

近年, 計測機器の小型化や無線化により, ライブやコンサートを対人同期研究のフィールドにした研究も行われるようになってきた. 例えば Czepiel et al. (2021) は, クラシックコンサートにおいて観客の自律神経系を反映する心拍や皮膚電位が観客間で同期することを明らかにしている．また，Czepiel et al. (2021) は安定的な拍をもっている古典派やロマン派音楽は高い同期率を得られる一方，拍が変則的な現代的音楽においては聴衆の同期率が下がることを示した. このようにライブ・コンサートにおいて観客は実際に集団同期する事例が研究においても示されている．一方，クラシックに限らず，観客が音楽に合わせて体を動かすことが多いポップスのコンサートでは, 生理的な変化だけではなく, 音楽に合わせて生じる自発的な身体運動も同期する可能性がある. そこで本研究では, プロフェッショナルのアーティストのライブにおいて身体運動計測を行い，曲調によらず身体運動の同期が生じるか否かを検討する. 同期の程度は，観客全体の身体運動と個別の観客の相関で評価する. これにより, 観客のペアでの相関だけでは見出すことができない，集団としての観客の同期を検討していく.

2. 方法

ライブの概要

音楽ライブは東京都内のライブハウスで行われた. ライブは二部構成であり，計 18 曲演奏された．また，開場から退場までの所要時間約 3 時間 30 分であった.

観客

ライブに来場した観客 33 人を実験参加者とした. そのうち，27 人については身体運動データ計測と質問票回答，6 人は質問票回答を行った．一方，年齢については 26 人の回答が得られ，範囲は 42-70 歳，平均 53.73 歳，標準偏差 7.86 歳であった.

身体運動計測

鑑賞中の運動を制限しない小型携帯端末 (Jelly2, Unihertz) を用いて，身体運動を計測した．実験参加者のうち 27 名を対象に，音楽ライブ中は加速度センサを搭載した端末をネームホルダーに入れて首から下げてもらい，身体運動を計測した．計測したデータは，Wi-Fi を通じて Google Drive に自動記録された.

手続き

音楽ライブ開演前, 来場した観客に対して, 実験内容を簡潔に説明した．実験内容に同意した人には身体運動計測に使用する端末と研究説明文書，研究参加の同意書, 同意撤回書, 質問票を配布した. 端末は電源を入

れ, ストラップ付きポーチに入れて渡し, 首から下げるよう教示し, ライブ会場へ誘導した. 開演前, 会場内放送にて実験者から再度研究についての説明を行い, 実験への参加を許諾した人には研究参加の同意書への記入と質問票のうち事前回答部分への回答を促した. 音楽ライブは終始端末を首から下げた状態で鑑賞させた. 研究説明から音楽ライブ終演で会場内をビデオカメラで撮影した. 終演後, 質問票の事後回答部分に回答してもらい, 回答を終えた方から質問票を回収した. 端末は会場出口付近で回収し, 実験を終了した.

分析

身体運動データ分析には, シェルスクリプトと Python を用いて自身で作成したプログラムおよび表計算ソフト Microsoft Excel for Mac を用いた. まず, それぞれの参加者の端末で得られた 3 軸加速度の時系列から, ユークリッド距離を算出し, これを動きの大きさとした. 次に, この時系列データを観客ごとに移動平均法により平滑化した. 20[Hz]で計測された加速度データに対し, 時間窓幅は 0.5[s], 時間窓をずらす幅であるステップは 0.05[s]で設定した. その後, 観客の平均的な身体運動を算出するために, 欠損値を除く全観客の時系列データについて観客間での平均値を計算した（図 1). 最後に, 観客全体の身体運動時系列と観客個人の身体運動時系列の相関を計算し, 観客の身体運動同期率を算出した. 質問票データの結果については, 本稿では割愛する.

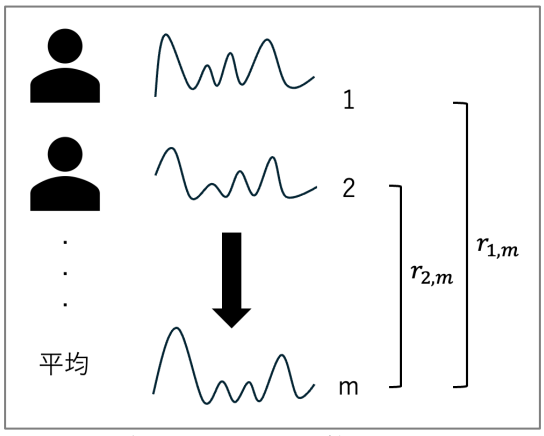


図 1 身体運動の同期率算出の模式図
mは身体運動の平均, rは相関係数を表す.

3. 結果

全 18 楽曲のうち, 本研究では曲調が大きく異なる 2 楽曲（ロック調, バラード調）を分析対象とした. 対象とした 2 曲のうちロック調の楽曲 A は, ビート感の強いアップテンポの楽曲であった. 楽曲 A (図 2) において, 観客 25 人の身体運動は ①1 番 A メロ（A）からその中間にかけての部分②1 番 B メロからサビにかけての部分 (B~C) ③C メロ最終部から大サビにかけての部分（G~H）④後奏後の拍手（J）で次第に大きくなる傾向が見られた. 一方, ①1 番 A メロ（A）の中間から 1 番 B メロ（B）にかけての部分②C メロ（G）の前後③後奏(J)終了間際の部分で次第に小さくなる傾向が見られた. また, ビデオカメラデータから観客のほとんどが演奏開始後次第に手拍子を始め, 前奏から後奏まで C メロ（G）を除いて, 観客は曲のテンポに合わせて手拍子している様子が観察できた. また, 頭や体を揺らしたり, 足でリズムをとったりする観客, じっと演者の方を向く観客も見られた. 一方, バラード調である楽曲 B は, 落ち着いたローテンポの楽曲であった. 楽曲 B (図 3) において観客 25 人の身体運動は拍手（H）の部分を除いて, 特に大きい運動は見られなかった. また, ビデオカメラデータから前奏から後奏まで観客は全体として演者の方を向き, 身体運動は行わず楽曲鑑賞している様子が観察できた. 1 度目のサビ (C) や C メロ (D), ラストサビ（F）になると小さく頭を揺らす観客も何人か見られた.

これら 2 楽曲で, ともに同期傾向が見られた. 具体的には, 楽曲 A の身体運動同期率rについて, $.30 < r \leq .50$で同期傾向にあった観客は 25 人中 15 人, $.50 < r \leq .70$で同期傾向にあった観客は 9 人であった. 一方, 楽曲 B 身体運動同期率 r について. $.50 < r \leq .70$は 3 人, $.70 < r \leq .90$で同期傾向にあった観客は 25 人中 18 人, $r > .90$で同期傾向にあった観客は 4 人であり, 楽曲 B の方が高い水準で同期傾向にあった. このように, 身体運動同期率から, 観客どうしがいずれの曲調においても同期していることが示された.

4. 考察と展望

ロック調の楽曲では, 観客は身体運動量を増加させる一方, バラード調の楽曲では観客は身体運動量を減少させていた. また, 身体運動のパターンは楽曲の構造によく対応していた. このことから, 楽曲そのものや楽曲のフレーズのもつ穏やかさや賑やかさといった音楽的特徴が観客の身体運動に影響し, 観客はこうした楽曲の特徴量に合わせて自身の身体運動を調整していると考えられる.

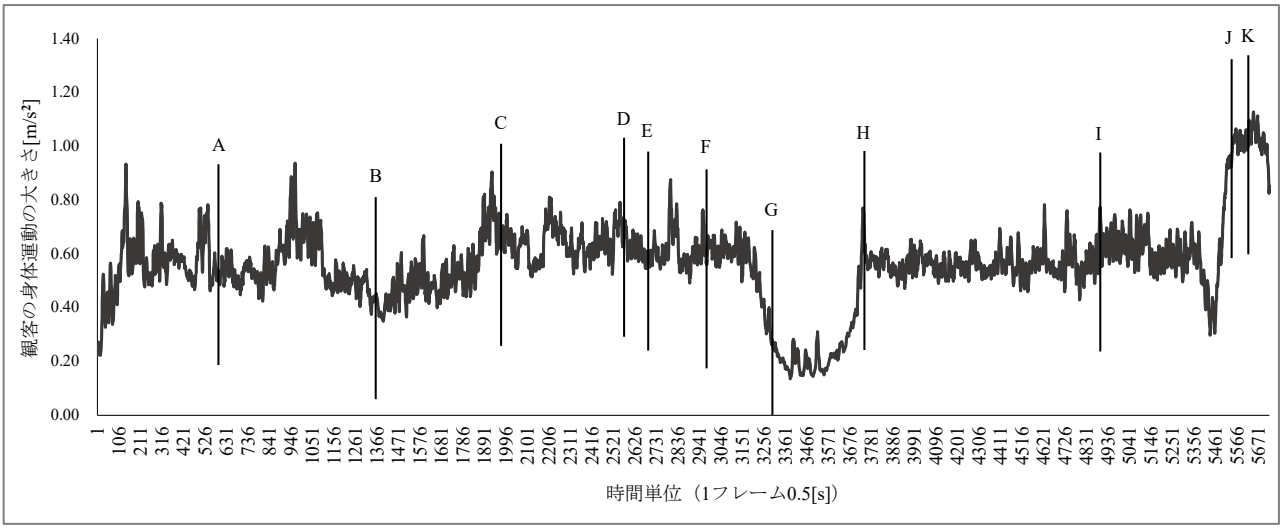


図 2 楽曲 A における観客全体の身体運動出力パターン時系列

注）移動平均の時間窓は 0.5[s]，ステップは 0.05[s]．A〜K は楽曲のセクションが移行する部分を指す．

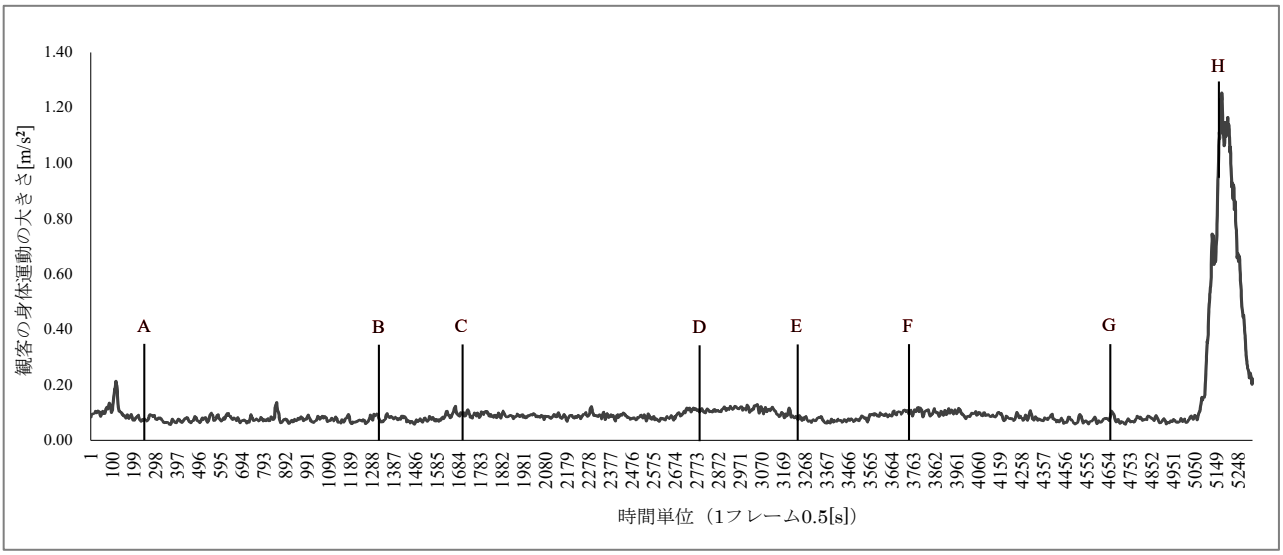


図 3 楽曲 B における観客全体の身体運動出力パターン時系列

注）移動平均の時間窓は 0.5[s]，ステップは 0.05[s]．A〜H は楽曲のセクションが移行する部分を指す．

こうした運動は，観客に固有のものではないことも明らかになった．$r > .30$を基準にすると，楽曲 A でも楽曲 B でも 96%以上の観客に同期が見られた．このことから，ポップスのライブでは楽曲の種類に依存せず，観客の身体運動は集団で同期しうると考えられる．また，身体運動の大きなロック調の楽曲に比べて，バラード調の楽曲では，観客の身体運動は小さかったにも関わらず，全体の運動との間で相関が高い観客が多かった．このことは，身体運動が大きいことが同期の必要条件なのではないことを示唆する．動きが小さくても楽曲の影響を共通して受けること，また，楽曲の音楽的特徴に対して観客が正確かつ即時に応答することが同期の条件であることを示唆する．特に分析した 2 楽曲は楽曲構造が定型的な楽曲であり，観客は鑑賞しながら次の楽曲展開を予測しながら身体運動を調整した可能性が考えられる． Czepiel et al. (2021) が示した古典派やロマン派音楽といった安定的な拍をもった楽曲においても観客のより高い同期率を得られており，音楽における同期には刺激の安定性が関与していると推察される．

今後の研究では，ロック調，バラード調以外の曲調での身体運動同期について検討することや，異なる身体運動もしくは生理指標計測機器を用いて身体運動を計測することで，音楽ライブ中の観客の同期についてより詳細に明らかにできるだろう．

謝辞

本研究の遂行にあたり，音楽ライブでの実験実施に快く協力してくださいましたライブ制作関係者，劇場関係者, アーティスト, および観客の皆様には厚くお礼申し上げます．本研究は，科学研究費補助事業(21H03508, 21K12093, 23K21701, 24K03013）の助成を受けました.

文献

Czepiel, A., Fink, L. K., Fink, L. T., Wald-Fuhrmann, M., Tröndle, M., & Merrill, J. (2021). Synchrony in the periphery: Inter-subject correlation of physiological responses during live music concerts. *Scientific Reports*, 11(1), 1–16. https://doi.org/10.1038/s41598-021-00492-3.

Demos, A. P., & Palmer, C. (2023). Social and nonlinear dynamics unite: Musical group synchrony. *Trends in Cognitive Sciences,* 27(11), 1008–1018. https://doi.org/10.1016/j.tics.2023.05.005.

Schmidt, R. C., Carello, C., & Turvey, M. T. (1990). Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16 (2), 227–247. https://doi.org/10.1037/ 0096-1523.16.2.227.

構文の獲得と動詞の特性との関係について
On the Relationship Between the Acquisition of Constructions and the Properties of Verbs

本多 明子†
Akiko Honda
†神戸女子大学
Kobe Women's University
a-honda@yg.kobe-wu.ac.jp

概要

This study explores language development in children from the perspective of usage-based Construction Grammar in cognitive linguistics. We analyze the results of a survey based on the database CHILDES to examine how children integrate verbs into constructions in the process of acquiring their native language. We show that the frequency of use of the construction differs according to the semantic types of verbs, and that this difference is attributed to the semantic structure of the construction.

キーワード: 子ども言語発達, 構文の獲得, 動詞の特性

1. はじめに

本論文は, 子どもの言語発達について, 認知言語学の用法基盤理論, 構文文法論の観点から考察を行うものである(Lakoff (1987), Fillmore, Kay & O'Connor (1988), Goldberg (1995), (2004), (2006)). 子どもは言語を獲得していく過程において, 言語体系を形成している構文とそこに生じる動詞をどのように融合させていくのだろうか. ここでは発話データベース CHILDES より, 英語を母語とする 4 名の子どもの発話から使役構文に属する英語の結果構文(Resultative Construction, 以後, RC と記す)と呼ばれる構文を取り上げ分析する. 結論として, 動詞の意味タイプにより, 構文の使用頻度に相違が見られること, また, その相違には構文のもつ意味構造的特性と構文同士の継承関係が関わっていることを指摘する.

2. 動詞のタイプについて

Rappaport Hovav and Levin ((1998), (2010), 以後, RH&L と記す) によると, 動詞は, 様態動詞 (manner verb) と結果動詞 (result verb) の 2 つのタイプに分類できる. 文字通り様態動詞は行為の様態を表し, 結果動詞は行為の結果状態を表す. 両者は意味的な違いだけでなく形式的な振る舞いが異なることからも確かめられる. たとえば, 様態動詞は結果動詞よりも統語的な振る舞いに制約がある.

(1) a. Leslie swept.
b. *Kelly broke.
(RH&L (1998: 102))

(1a, b)に見るように, 様態動詞は目的語を省略することができるが, 結果動詞はできない. 尚, アスタリスク(*)は文法的に適切でないことを示す.

他にも, 様態動詞は下位範疇化されていない目的語を選択できるが, 結果動詞はできない.

(2) a. Cinderella scrubbed her fingers to the bone.
b. *The clumsy child broke his knuckles to the bone.
(3) a. The child rubbed the tiredness out of his eyes.
b. *The clumsy child broke the beauty out of the vase.
(ibid. (1998: 103))

RC の場合には, (4a, b) に見るように, 結果動詞と様態動詞のどちらも生じることができる.

(4) a. She swept the floor clean.
b. I broke my favorite glass into pieces.

次節では, RH&L の動詞の 2 分類に基づき, 子どもが RC を獲得していく過程において, 使用する動詞にどのような特徴が見られるのか観察結果を示す.

3. 子どもの RC の発話における動詞の特徴

本論文では様態動詞として(5a)に挙げた動詞を, 結果動詞として(5b)の動詞を取り上げる.

(5) a. brush, knock, wipe
b. break, cut, paint

動詞の cut について, 結果だけでなく様態も語彙化していると Levin and Rappaport Hovav (2013) では分析されいるが, break と同じように目的語の状態変化を表すため, ここでは結果動詞に分類する. いずれの動詞も(6)と(7)に見るように, RC に生じることができる.

(6) a. Mary brushed her hair clean.
b. Tom knocked the box into pieces.
c. Mary wiped the dishes dry.

(7) a. Tom broke the vase into pieces.
b. Mary cut the bag open.
c. Tom painted the wall white.

ここで取り上げた動詞は，4 名の子ども(Kuczaj (2 歳 4 ヶ月から 5 歳 6 ヶ月まで)，Lara (1 歳 9 ヶ月から 3 歳 3 ヶ月まで), Thomas (2 歳 0 ヶ月から 4 歳 11 ヶ月まで), MacWhinney (2 歳 3 ヶ月から 7 歳 8 ヶ月まで) の記録)が養育者や周りにいる人との発話において使用したものであり，総回数が 100 以上の動詞である．丸括弧の数字は, それぞれの動詞の使用数である. 月齢については，以後，2 歳 1 ヶ月を 2;01 のように記す.

(8) a. brush (328), knock (198), wipe (127)
b. break (627), cut (477), paint (143)

また，それぞれの動詞の使用開始月齢もおよそ 2 歳から 3 歳頃である.

表 1　各動詞(V)の使用開始月齢

V / Name	brush	knock	wipe	break	cut	paint
M	2;07	2;08	2;11	2;08	2;04	3;00
T	2;00	2:00	2;01	2;01	2;06	2;02
K	2;06	2;05	2;09	2;05	2;06	2;05
L	2;06	2;02	2;00	1;09	2;07	2;02

M: MacWhinney, T: Thomas, K: Kuczaj, L:Lara

発話データベース CHILDES を調査した結果, 子どもの発話において RC の出現頻度は高くなく(cf. 拙論(2019)), そのためデータ量は十分とは言えないが, 様態動詞よりも結果動詞の方が使用頻度が高い傾向が見られた．なお，目的語が言語化されていない場合 (break 0it [*] in pieces (Thomas, 3;07), cut in half (Kuczaj, 3;05), cut open (MacWhinney, 4;09), I cut 0it [*] open. (Lara, 2;11))には，RC の発話として数に含めていない.

まず，break, cut, paint が RC に生じていた発話は次のとおりである.

-break-

(9) MacWhinney
a. I don’t broke it in two bits(.) I [!] broke it in one bit. (2;10)
b. I broke it in half. (3;08)
c. I made a funny face and then I broke it in half (.) and now I got my face back. (3;08)
d. no [!] (.) broke (th)em in half. (4;08)
e. <I'll> [/] I'll break it in half. (4;11)

(10) Thomas
a. broke it into pieces. (3;04)
b. I break it all in pieces. (3;04)

(11) Kuczaj
a. I break that apart . (2;07)
b. I broke it in half. (3;03)
c. break it in half. (3;05)

(12) Lara
a. I’ll break it in half, shall? (2;10)
b. I break [*] them in half, I did. (3;00)

-cut-

(13) MacWhinney
a. cut it in two pieces. (3;00)
b. cut it in half. (3;00)
c. will you cut this apple in half? (3;00)
d. all you hafta do is cut it into into one half. (5;04)
e. couldn't you cut a tunnel first (.) and then cut it in half? (6;02)

(14) Thomas
a. we could eat the bit we cut in half. (3;10)
b. cut them into little pieces. (4;00)

(15) Kuczaj
a. here cut it in half okay (.) Dad? (3;04)
b. how come you cut those in two? (3;06)
c. but I wanted <in it> [/] <in it to two pieces> [//] cut it into two pieces. (3;07)
d. you cut it round? (3;09)
e. you should have cut this into four pieces. (3;09)
f. why didn't you cut this sandwich in three pieces? (4;03)
g. (ex)cept this time cut it into four pieces. (4;03)

(16) Lara
a. can you cut it in half? (2;09)
b. and cut it in little pieces. (3;01)

-paint-

(17) Thomas
then you just put [//] paint it yellow and then I put a yellow light in. (5;00)

次に，動詞の brush, knock, wipe について，4 名の子どもの発話に brush と wipe を使用した RC は観察されなかった．knock については，Kuczaj による 2 回の発話が

観察された.

(18) a. they knock the rattlesnakes dead. (3;05)
b. somebody knocked the Lone_Ranger unconscious. (5;00)

ここで RC の出現頻度は，一見すると動詞自体の使用頻度と関係しているように見えるが, 4 名の子どもの総使用回数が 100 に満たない結果動詞, たとえば crack は 4 名の子どもの発話において総使用回数が 71 回，crush は 29 回であるが，それぞれの動詞を使用した RC が観察される.

(19) a. and it didn't even crack my head open. (Kuczaj, (4;01))
b. I crushed him into pieces. (MacWhinney, (4;02))

それではなぜ子どもの RC の発話において様態動詞に比べると結果動詞の使用頻度が高いのか. 次節では，その理由について構文文法論の継承関係を考慮に入れて考察する.

4. RC の意味構造的特性

まず RC の特性として, 1 つの形式で原因事象と結果事象の 2 つの事象を表すことが挙げられる. 構文文法論では, 言語は構文の集合であると考え、各々の構文は独自の形式と意味から成る. RC の形式と意味は(18)のようになる.

(20) 形式：Subj V Obj RP
意味：X causes Y to become Z_{state} (Goldberg (2006: 73))

RC では行為が原因事象となり, その行為によって引き起こされた目的語の状態変化が結果事象となる. この点は, 定性 (Telicity, (Tenny (1994)) の観点からも確かめられる. 結果を表す RC は，継続を表す for を伴う時間表現とは共起しない.

(21) I break the box open (in/*for five minutes).

RH&L が指摘するように，break のような結果動詞は，その状態変化がどのように引き起こされるのかについては語彙化していない. そのため, 表されている結果に至る具体的な方法や手段としての行為を表す場合には，たとえば，手段を意味する by を伴う表現を用いて言語化する必要がある.

(22) I break the box (by dropping it /by kicking it).

子どもの発話を観察していると，1, 2 歳頃から理由や目的を尋ねる疑問詞 why を用いた発話が増えてくる.

(23) a. why does do (.) this? (MacWhinney, (1;05))
b. why you doing work at home? (Kuczaj, (2;07))
c. why 0did [*] you broked [: broke] [* m:+ed] it? (Lara, (2;08))
d. why are you cuddling Dipsy? (Thomas, (2;10))

たとえば，Lara と MacWhinney の why の使用率 (why の使用回数/発話数，小数点第三位切り捨て) は，次のとおりである.

(24) Lara
a. 1 歳 0% (0/3011)
b. 2 歳 1.03% (298/28932)
c. 3 歳 1.47% (226/15324)

(25) MacWhinney
a. 1 歳 0.20% (2/956)
b. 2 歳 1.39% (86/6144)
c. 3 歳 4.21% (430/10200)

子どもは徐々に行為だけでなくそれぞれの行為の目的や行為に伴う結果にも関心を持ち始め，事象間の因果関係を理解するようになる. 幼児期の RC における様態動詞と結果動詞の使用頻度の相違は, RC がその意味構造的特性として，基本的に行為の結果状態を表していることが要因の一つであると考えられる.

RC の獲得に先立ち, 子どもの発話に頻繁に見られるのが (26) のような Make 使役構文 (Make-Causative Construction，以後，MCC と記す) である. 拙論 (2019) では，構文文法論の観点に基づき，継承関係にある MCC を基軸として, RC が獲得されることを提示した.

(26) Kuczaj
a. I'm gonna make you happy I hafta poop. (2;07)
b. that makes me happy when you make cream cheese balls. (2;09)

ここで注目すべきは，MCC を構成している動詞 make は結果動詞であるということである. *LDCE* によると，動詞 make は，“to produce something” (何かを生み出す) と定義されており, 動詞 break と同様に何かを生み出すための具体的な方法や手段については語彙化されていない. この点は，MCC において，表される結果に至る行為を明示する場合には，手段を意味する by を用いる必要があることからも確かめられる.

(27) She made her floor clean by sweeping it.

以上のことから，RC の獲得において，幼児期に様態動詞に比べると結果動詞の使用頻度が高いのは，MCC から継承された RC の意味構造的特性によるといえる.

5. おわりに

本論文では，使役構文に属する RC の獲得について特に動詞の意味特性に着目しながら考察を行ってきた.

幼児期の RC の発話においては，様態動詞と結果動詞の使用頻度に相違が観察され，その要因として，RC の意味構造的特性と MCC との継承関係が関わっていることが示された.

謝辞

本論文の執筆にあたり，査読委員の先生方に貴重な御意見を賜り，深く感謝申し上げます．本研究は JSPS 科研費 23K00583 の助成を受けたものです.

文献

[1] Fillmore, Charles J., Paul Kay, and Catherine O'Connor (1988) "Regularity and Idiomaticity in Grammatical Constructions: The Case of Let Alone", *Language* 64, 501-538.
[2] Goldberg, A.E. (1995) *Constructions: A Construction Grammar Approach to Argument Structure*, Chicago: University of Chicago Press.
[3] Goldberg, A.E. and R. Jackendoff (2004) "The English Resultative as a Family of Constructions", *Language* 80, 532-568.
[4] Goldberg, Adele E. (2006) *Constructions at Work – The Nature of Generalization in Language*, Oxford: Oxford University Press.
[5] Honda Akiko. (2019)「形容詞を伴う結果構文と Make 使役構文の獲得について(On the Acquisition of Adjectival Resultative Constructions and Make-Causative Constructions in English)」日本認知科学会第 36 回大会論文集.
[6] Lakoff, George. (1987) *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind*, Chicago, University of Chicago Press.
[7] Levin Beth and Rappaport Hovav Malka (2013). "Lexicalized Meaning and Manner/Result Complementarity, in *Studies in the Composition and Decomposition of Event Predicates*, Boban Arsenijević, Berit Gehrke and Marin Rafael (eds.), Dordrecht: Springer, 49–70.
[8] MacWhinney, B. (2000) The CHILDES Project: Tools for Analyzing Talk, 3rd ed. Vol.2, The Database, Mahwah, N.J.: LEA.
[9] Rappaport Hovav, M., and Levin, B. (1998) "Building Verb Meanings", in *The Projection of Arguments: Lexical and Compositional Factors*, Miriam Butt and Wilhelm Geuder (eds.), Stanford: CSLI Publications, 97-134.
[10] Rappaport Hovav, M., and Levin, B. (2010) "Reflection on Manner/Result Complementarity", in *Syntax, Lexical Semantics, and Event Structure*, Malka Rappaport Hovav, Edit Doron and Ivy Sichel (eds.), Oxford: Oxford University Press, 21-38.
[11] Tenny, Carol. L. (1994) *Aspectual Roles and the Syntax-Semantics Interface*, Dordrecht: Kluwer.

辞典
[1] *LDCE* = Longman Dictionary of Contemporary English, third edition. (2001)

抽象的画像に対する比喩生成と創造性の関係：脳波による検討
An EEG study of relationships between metaphor generation for abstract images and creativity

富樫 遥登†，白川 琉叶†，寺井 あすか†
Haruto Togashi, Ryuto Shirakawa, Asuka Terai
†公立はこだて未来大学
Future University Hakodate
b1021057@fun.ac.jp

概要

本研究では，比喩的思考と創造性の関係を検証することを目的とし，抽象的画像を用いた画像説明課題を用いた実験を実施し，課題遂行中の脳波を測定した．画像説明課題では，提示された抽象的画像の形に関する説明を求める比喩的思考条件と，色についての説明を求める字義通り思考条件を設け，α波に関し条件間で比較した．その結果，創造的思考における前頭葉の関与の左右での違いと比喩的思考の関係が示唆された．
キーワード：比喩，創造性，脳波

1. はじめに

創造性に関する脳波を調査した研究では，単語連想課題，代替用途課題のどちらにおいても一般的な解を見つける収束条件と比較し，一般的でない解を見つける発散条件において，より強いα波が見られると報告されている[1]．代替用途課題において，創造性の高い参加者は思考過程において，α波の強さにU字型の時間変化が見られ，中盤に減少した後，後半に増加する傾向が示された[2]，一方，創造的なアイデア生成において右前頭葉におけるα波の強さの増加が報告されている[3]．概念融合や比喩的な組み合わせが，創造性を活性化させると指摘されている[3]．しかし，比喩生成と創造性の関係性に関する脳波を用いた検討は少ない．そこで，本研究では比喩生成が創造性を活性化し，α波を増加させるのではないかと考え．この仮説を検証するため，抽象的画像に対する比喩生成を対象とした脳波計測実験を実施した．画像に対する説明生成課題を用いた実験結果[4]から，比喩表現の多くが画像の形についての説明に用いられており，色についての説明にはあまり比喩表現が用いられないことがわかっている．そこで，提示された抽象的画像の形に関する説明を求める比喩的思考条件と，色についての説明を求める字義通り思考条件における脳波を比較することで，比喩的思考と創造性の関係について検討を行った．

2. 方法

2.1 方法

本研究では男性11人，平均年齢20.82が参加した．被験者の全員が日本語を母語とし，右利きであること，また，健康であり，現在治療中の疾患がなく，服薬治療を受けておらず知覚，聴覚ともに障害がないことを条件にした．また，参加者は脳波計測前に書面でインフォームドコンセントを取得した．

脳波は32個の電極を10-20システムに従って配置し測定した．参照電極は耳介に置いた．脳波のインピーダンスは概ね10kΩ以下に保った．

参加者に抽象的画像を提示し，画面に提示された画像について，口頭で色または形について説明してもらった．画像にはShutterstockから購入したカラー画像16枚を使用した．各試行では，まずfixation crossを10秒間表示した後，「色」または「形」と書かれた画像を5秒間提示した[図1]．その後，背景が黒の状態の画像を30秒間表示し，この間は表示された画像に関する情報を黙って考えてもらった．直前に表示された文字が

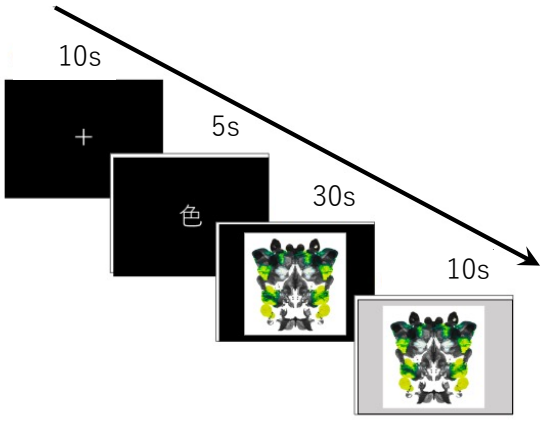


図1．画像説明課題

「色」であった場合はその画像の色について，直前に表示された文字が「形」であった場合はその画像の形について考えて貰った．その後背景が黒から灰色に変わった状態の画像を10秒間表示しこの間に先ほど考えて貰った説明を口頭で回答してもらった．その後また fixation cross を表示した．この試行は，刺激画像 16 種に対し，色条件 8 回，形条件 8 回の合計 16 回行った．刺激画像の組み合わせ，提示順はランダムに決定した．実験で集められた回答は，色条件が 88 件，形条件では 1 件の無回答を除き 87 件となった．これらの回答を，実験者 2 名で分類した結果，色条件の 88 件中 86 件で，字義通り表現のみが使われており，形条件の 87 件中 87 件で比喩表現が使われていることを確認し，それらを解析対象とした．

2.2 回答の分類

作成された回答は，実験者 2 名によって，字義通りの説明と比喩的な説明に分類された．何か物体になぞらえた表現（例：蝶のような）が含まれる説明を比喩表現とした．2 人の評価者間で回答の分類に差があった場合は，再び議論し比喩かどうかの分類を行った．

2.3 脳波データ

脳波のデータは Matlab ツールボックスの脳波解析ソフト EEGLAB を用いて定量化した．上限値を 30Hz，下限値を 1Hz としてフィルタリングを行い，ベースラインは fixation cross 表示後 1000ms 後から表示終了 1000ms 前までとし，解析対象は背景が黒の刺激画像提示後 1000ms 後から表示終了 2000ms 前までとした．window 幅は 1 秒とした．

抽出した脳波データに対し時間周波数解析を行い，low α 波（8Hz から 11Hz）と high α 波（12Hz から 13Hz）を対象として分析を行った．推定された low α 波，high α 波に関し，解析対象時間を前中後に分割するとともに，左右半球，7 つのエリア(AF(Fp1,AF3), F(F7,F3), FC(FC1,FC5), CT(T7,C3), CP(CP1,CP5), PT(P7,P3), PO(PO3,O1))に関し low α 波と high α 波パワー変化の平均値を求めた．

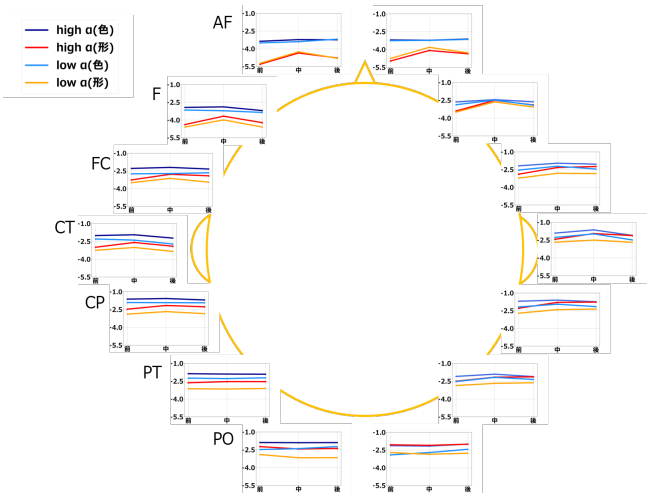


図 2．low α 波と high α 波
（横軸：時間，縦軸：パワー変化）

3. 結果

3.1 回答結果

脳波計測実験で集めることができた回答は色条件が 88 件であり，形条件では 1 件の無回答があったため 87 件となった．これらの回答を実験者 2 人で回答の分類を行った結果色条件の 88 件中 86 件で字義通り表現が使われており，形条件の 87 件中 87 件で比喩表現が使われていた．この色条件の 86 件，形条件の 87 件を対象に脳波解析を行った．

3.2 脳波解析

low α 波と high α 波の結果（図 2）に対し，条件（色，形），左右，エリア，時間（前中後）に関する 4 要因分散分析（球面性の検定に基づく Greenhouse-Geisser 法による補正を含む）を行った．その結果，条件に関し，high α 波，low α 波ともに，10%レベルで条件と脳の左右の交互作用が見られた（high: $F(1,10)=4.25$, $p<.1$, $\eta^2 = .003$; low:$F(1, 10)=3.56$, $p<.1$, $\eta^2 = .004$）．Holm 法を用いて多重比較を行った結果，high α 波が左脳において色条件に比べ形条件で弱いという有意傾向（$p<.1$），high α 波，low α 波ともに，形条件において右脳と比較し左脳において弱いという傾向が見られた（high: $p<.1$; low: $p<.05$）．

また，10%レベルで high α 波で条件と脳のエリアの交互作用が見られた（high:$F(1.39, 13.9)=2.98$, $p<.1$, $\eta^2 =$

.007）．多重比較を行ったところ， AF において有意に形条件で弱く（high:F(1, 10)=5.13，p< .05），形条件においてF, FC, CT, CP と比較し AF で有意に弱く（p< .05），CT と比較し FC において有意に弱い（p< .05）という結果が得られた．

4. まとめ

字義通り思考と比べ比喩的思考における α 波の増加はみられなかった．しかし，比喩的思考では α 波が前頭葉において右脳と比較して左脳において弱く，字義通り思考ではそのような左右，エリアにおける違いは見られなかった．この結果は，創造的アイデア生成におけると α 波の右前頭葉における増加[3]として報告されている創造的思考における前頭葉の関与の左右での違いと比喩的思考の関係を示唆するものであると考えることができる．しかし，各条件での試行数が少ないなどの問題点があるため，今後の課題として，追加実験を行うことでより詳細な検討を行う予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24K15073 の助成を受けたものです．本研究を進めるにあたり，公立はこだて未来大学中田隆行教授にご協力いただきました．

文献

[1] Emanuel Jauk, Mathias Benedek, Aljoscha C. Neubauer (2012) Tackling creativity at its roots: Evidence for different patterns of EEG alpha activity related to convergent and divergent modes of task processing. International Journal of Psychophysiology, 84, 219–225.
[2] Christian Rominger, Ilona Papousek, Corinna M. Perchtold, Mathias Benedek, Elisabeth M. Weiss, Andreas Schwerdtfeger, Andreas Fink. (2019) Creativity is associated with a characteristic U-shaped function of alpha power changes accompanied by an early increase in functional coupling, Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience. Vol.19, 1012-1021.
[3] Lei Fu, Jia Zhao, Jiangzhou Sun, Yuchi Yan, Mujie Ma, Qunlin Chen, Jiang Qium Wenjing Yangm (2022) Everyday Creativity is Associated with Increased Frontal Electroencephalography Alpha Activity During Creative Ideation, Neurosicencem vol.503. 107-117.
[4] 田浦俊春, 永井由佳里 (2010) デザインの創造性と概念生成. 認知科学, vol.17, No. 1, 66-82.
[5] Natsuki Yamamura, Junichi Chikazoe, Takaaki Yoshimoto, Koji Jimura, Norihiro Sadato, Asuka Terai (2024) Perceptual Features of Abstract Images for Metaphor Generation, Adv. Comput. Intell. Intell. Inform., vol.28, No.1, 94-102.

情報構造におけるフォーカルポイントの定式化
Formulation of Focal Points in Information Structure

多田 由彦†
Yoshihiko Tada
†中央大学
Chuo University
yoshihiko.tada.4@gmail.com

概要

本稿は標準的な状態空間モデルにおいて戦略の突出とフォーカルポイントを定式化する. フォーカルポイントを静学的にかつ数理的に分析した分野の１つとして可変フレーム理論があるが, フレームを用いた定式化はいささか冗長であるように感じられる. 本稿では情報構造において抽象化して定式化することによってこの冗長さを省いた. さらに本稿はプレイヤーたちに与えられる情報集合によってフォーカルポイントの候補が絞られた時, その絞られた中からどれが最も各人の利得を高めるのかについて共有知識となっている場合には, そのフォーカルポイントをプレイすることを証明した.

キーワード：フォーカルポイント (focal point), 共有知識 (common knowledge)

1. はじめに

プレイヤーたちがコーディネーションゲームをプレイするとき, 相手が特定の均衡に注目していることを信じて, 意思決定を行うことがあるかもしれない. すべてのプレイヤーがその均衡に注目し, 互いにそれを注目していることを信じている場合, そのような均衡を Schelling (1960) はフォーカルポイント (focal point) と名付けた. フォーカルポイントは多くの文献で参照される概念である. このフォーカルポイントを数理的にかつ静学的に定式化した研究分野の一つが可変フレーム理論 (variable frame theory) である.

可変フレーム理論は Bacharach (1993) で提案された理論であり, 「フレーム」と呼ばれる属性を用いて, 戦略集合上の分割を定義し, ある特定の戦略の突出 (salience) を表現することでフォーカルポイントについて議論を行おうとする. 可変フレーム理論はコーディネーションゲームにおけるフォーカルポイントに関して極めて示唆的な結論を導き出しており, 今後の研究の発展も期待される. その一方で可変フレーム理論はある種の冗長さを感じる. モデルの分析者は各プレイヤーが持っている戦略を「フレーム」という概念を使い分けて解釈し, 分類するが, 本質的には戦略集合を分割して特定の戦略の突出を表現しているに過ぎない.

そこで本稿ではフレームは用いず標準的な情報構造モデルを用いて戦略の突出とフォーカルポイントの定式化を試みる. 我々は情報構造モデルにおける状態空間上の各状態には, それぞれのプレイヤーにとってどの戦略が突出しているのかが記述されていると解釈する. この時, 各プレイヤーは受け取った情報集合からすべてのプレイヤーにとって共通で突出している戦略を見つけ出し, フォーカルポイントを見つけ出そうとするだろう. フォーカルポイントはナッシュ均衡の１つであるが, どのナッシュ均衡がフォーカルポイントになるかは, すべてのプレイヤーの間でどのナッシュ均衡が突出していると認識しているのかの信念に依存することは明らかである. したがって, 本稿はある特定の戦略がすべてのプレイヤーにとって突出していることが共有知識となっている場合に, その戦略をフォーカルポイントと名付けることにする. さまざまなフォーカルポイントの候補があったとしても, プレイヤーたちが入手する情報集合によってはその候補が絞られることがあるかもしれない. 本稿は主要定理として, そうして絞られた候補の中で, すべてのプレイヤーの利得を最も高めるフォーカルポイントの候補が実際にプレイされうることを示す.

2. 準備

まず (標準形) ゲーム $G = (I, \{S_i\}_{i\in I}, \{u_i\}_{i\in I})$ を定義する. I をプレイヤー集合, 任意の $i \in I$ に対して, S_i を i の戦略集合, $S = \times_{i\in I} S_i$ を戦略プロファイルの集合, $u_i : S \to \mathbb{R}$ を i の効用関数とおく. ここで純粋戦略ナッシュ均衡を定義する.

定義１ G において $s^* \in S$ が純粋戦略ナッシュ均衡出るとは, 任意の $i \in I$ と $s_i \in S_i$ に対して, $u_i(s^*) \geq u_i(s_i, s^*_{-i})$ を満たすことである, ここで S^{NE} を純粋戦略ナッシュ均衡の集合とする.

続いて G における各 i の情報構造 (Ω, Π_i) とする. Ω を状態空間, 各 i の Ω 上の分割を $\mathcal{Q}_i$ とおき, $\Pi_i: \Omega \to 2^\Omega \setminus \{\emptyset\}$ を i の情報関数とする. この時, 任意の $\omega \in \Omega$ に対して $\Pi_i(\omega) \in \mathcal{Q}_i$ である. Π_i は以下の条件を満たすと仮定する.

C1 任意の $\omega \in \Omega$ に対して, $\omega \in \Pi_i(\omega)$.

C2 任意の $\omega, \omega' \in \Omega$ に対して, $\omega' \in \Pi_i(\omega)$ ならば, $\Pi_i(\omega') = \Pi_i(\omega)$.

ここで $\bigvee_{i\in I} \mathcal{Q}_i$ をすべてのプレイヤーの Ω 上の coarsest common refinement な分割の結び (join) とし, $\bigwedge_{i\in I} \mathcal{Q}_i$ を Ω 上の finest commo coarsening な分割の交わり (meet) とする. ここで $\widehat{\Pi}: \Omega \to 2^\Omega$ を finest common coarsening な分割の関数とし, ω を含む分割の交わりの要素を $\widehat{\Pi}(\omega) \in \bigwedge_{i\in I} \mathcal{Q}_i$ と記す.

$\mu: 2^\Omega \to [0,1]$ をΩ 上の共通事前確率とする.

最後に, 共有知識 (common knowledge) を次のように仮定する.

定義２ $F \subseteq \Omega$ が ω で自明 (self-evident) であるとは, すべての i に対して, $\Pi_i(\omega) \subseteq F$ が成立することである. $E \subseteq \Omega$ が ω で共有知識であるとは, $\omega \in F \subseteq E$ を満たす自明な F が存在することである.

3. 戦略集合上の分割

本節では戦略集合上の分割を定義する. まず $\mathbb{P}$ を S 上の分割の集合とする. 任意の $\mathcal{P} \in \mathbb{P}$ は S 上の分割であり, 分割の各要素 $P \in \mathcal{P}$ は $P \subseteq S$ を満たす. ここで i の注目関数 $\pi_i: \Omega \to \mathbb{P}$ を定義する, これは $\omega \in \Omega$ で i が注目している S 上の分割は $\pi_i(\omega) \in \mathbb{P}$ であると解釈する, 以下では各 i の π_i は共有知識になっていると仮定する. これは各プレイヤーが他のプレイヤーの戦略集合の分割がどうなっているかを推論することが可能になることを意味する. すなわち ω は各プレイヤーの戦略集合上の分割についても記述されていると解釈することができる.

ここで任意の ω と i に対して, $P_i^\omega: S \to 2^S \setminus \{\emptyset\}$ を取る. これは ω での各戦略 s がどのような分割の要素になっているのかを表したものであり, 定義より $P_i^\omega(s) \in \pi_i(\omega)$ となる. ここで P_i^ω は以下の性質を満たすと仮定する.

P1 任意の $s \in S$ に対して, $s \in P_i^\omega(s)$.

P2 任意の $s, s' \in S$ に対して, $s' \in P_i^\omega(s)$ ならば, $P_i^\omega(s') = P_i^\omega(s)$.

4. フォーカルポイント

本節では突出 (salience) とフォーカルポイント (focal point) を定義する. まず突出は以下のように定義される.

定義３ G において $s^* \in S$ が ω で i にとって突出しているとは, $s^* \in S^{NE}$ であり, かつ s^* が以下の条件を満たすことである：任意の $s \in S^{NE}$ に対して,

- $s \notin P_i^\omega(s^*)$;
- $s' \in P_i^\omega(s)$ であるような $s' \in S^{NE} \setminus \{s\}$ が少なくとも１つ存在する.

これはある戦略 s^* が ω で i にとって突出している時, s^* がナッシュ均衡であり, s^* を含む分割の要素には他のナッシュ均衡が含まれておらず, s^* 以外のナッシュ均衡を含む分割の要素には２つ以上のナッシュ均衡が属していることを意味する,

続いて共有突出 (common salience) を定義する,

定義４ G において $s^* \in S$ が ω で共有突出であるとは, すべてのプレイヤー i にとって s^* が ω で突出していることである.

各プレイヤーの注目関数 π_i は共有知識となっているので, プレイヤーたちは ω で共有突出となっている戦略を推論で導き出すことができる. したがって, Ω 上の各状態 ω は, それぞれのプレイヤーにとってどの戦略が突出しているのかが記述されていると解釈することができる.

続いて $s^f: \Omega \to S \cup \{\phi\}$ をとり, $s^f(\omega) = \left(s_i^f(\omega)\right)_{i\in I}$ を ω での共有突出とする. また ω で共有突出が存在しない場合は, $s^f(\omega) = \phi$ と記す. そして $S^f = \{s^f(\omega) \in S \,|\, \omega \in \Omega \wedge s^f(\omega) \neq \phi\}$ を共有突出の集合とする.

最後にフォーカルポイントを定義する. フォーカルポイントはナッシュ均衡であるが, どのナッシュ均衡がフォーカルポイントとなるかは各プレイヤーがどのナッシュ均衡が共有突出であると認識しているのかに依存する. ここで各状態 ω は各プレイヤーの戦略集合上の分割や共有突出について記述がされているわけであるから, どれがフォーカルポイントとなるのかも併せて推論することが可能である. このとき, フォー

カルポイントは次のように定義される.

定義５ G において $s^* \in S$ が $\omega \in \Omega$ でフォーカルポイントであるとは, s^* が ω で共有突出となっており, かつそれが共有知識となっていることである.

本稿のフォーカルポイントの定義には利得の条件を含めていない. これはパレート劣位なナッシュ均衡がフォーカルポイントになる可能性を認めるためである.

以下では $s^f(\omega)$ をフォーカルポイント戦略とよび, フォーカルポイント戦略に対するプレイヤーたちの期待効用について考える. ここで $\omega \in \Omega$ を与えたときに, $s^f(\omega)$ であるならば, 任意のプレイヤー $i \in I$ と $s_i \in S_i$ に対して,

$$u_i(\phi) = \frac{\sum_{s_{-i} \in S_{-i}} \sum_{s_i \in S_i} u_i(s_i, s_{-i})}{|S|}$$

とする. これはフォーカルポイントがない場合, すべてのプレイヤーがランダムにプレイした場合の i の期待効用となる. ここで, i が s^* に注目し, 他のプレイヤーは ω で $s^f(\omega)$ に注目した時, i が s_i^* をプレイした場合の期待効用は,

$$Eu_i(s_i^*) = \sum_{\omega \in \Omega} \mu(\{\omega\}) \cdot u_i\left(s_i^*, s_{-i}^f(\omega)\right)$$

となる. なお, $s^f(\omega) = \phi$ の時の i の戦略 $s_i^f(\omega) = \phi_i$ については i は S_i 上の戦略をランダムにプレイしているものと考え,

$$Eu_i(\phi_i) = \sum_{s_i \in S_i} \frac{Eu_i(s_i)}{|S_i|}$$

とする. この時以下の命題が成り立つ.

命題１ 任意の $\Gamma = (G, \Omega)$ において, Ω 上の共有事前確率 μ が存在し, 各プレイヤーの Ω 上の分割が共有知識になっていると仮定する. ある $\omega \in \Omega$ が与えられた時, s^* が ω で共有突出となっており, かつ任意の $\omega' \in \widehat{\Pi}(\omega)$ $(\omega' \neq \omega)$ と任意の i に対して $Eu_i(s_i^*) \geq Eu_i\left(s_i^f(\omega')\right)$ であることが共有知識になっているならば, s^* は ω で最適である.

この命題は真の状態におけるフォーカルポイントが必ずプレイされることを意味するわけではない. あくまでも真の状態 ω において, ω でのフォーカルポイントが最適な解の１つになることを意味しているに過ぎない. これは ω を含む finest common coarsening な分割の要素 $\widehat{\Pi}(\omega)$ から別の要素 ω' を取り出した時, その ω' でのフォーカルポイントを選択する時に得られる期待利得が ω でのフォーカルポイントを選択するときに得られる期待利得と同じ場合には, 均衡選択の問題が残ってしまうことを暗に示している. 言い換えれば, 真の状態でのフォーカルポイントが一意の解になり得るとは限らないことを意味している.

しかしながら, ω でのフォーカルポイント戦略を選ぶことが他の $\omega' \in \widehat{\Pi}(\omega)$ でのフォーカルポイント戦略を選ぶことよりも期待利得を厳密に高めることができるならば, ω でのフォーカルポイント戦略は一意の解になりうることは明らかである. したがって以下の定理は明らかに成り立つ.

定理１ 任意の $\Gamma = (G, \Omega)$ において, Ω 上の共有事前確率 μ が存在し, 各プレイヤーの Ω 上の分割が共有知識になっていると仮定する. ある $\omega \in \Omega$ が与えられた時, s^* が ω で共有突出となっており, かつ任意の $\omega' \in \widehat{\Pi}(\omega)$ $(\omega' \neq \omega$ かつ $s^f(\omega') \neq s^*)$ と任意の i に対して $Eu_i(s_i^*) \geq Eu_i\left(s_i^f(\omega')\right)$ であることが共有知識になっているならば, s^* は ω で最適である.

この定理では, ω' でのフォーカルポイント $s^f(\omega')$ が ω でのフォーカルポイント s^* と比べてパレート優位であったとしても, $\omega' \notin \widehat{\Pi}(\omega)$ である場合, 各プレイヤーが $s_i^f(\omega')$ をプレイすることは最適にはなり得ないので, パレート列否フォーカルポイント s^* がプレイされうる余地を残している.

この定理は一意のフォーカルポイントを推論によってプレイしうることを主張している点で Casajus (2000) と Janssen (2001) の定理を一般化したものであるように感じるかもしれない. しかしながら, Casajus (2000) ではフォーカルポイントを一意に定義しているのに対して, 本稿はフォーカルポイントの候補が複数存在したり, あるいは存在しなかったりすることを認めている. その上で定理１は複数のフォーカルポイントの候補の中から実際にプレイされるフォーカルポイントがただ１つに決まることを示している点で彼らの研究とは本質的には異なっている.

5. 結論

本稿では突出とフォーカルポイントを静学的に定義

し，ある状態でのフォーカルポイントが共有知識になっていること，その状態でのフォーカルポイント戦略が同じ情報集合における他の状態のフォーカルポイント戦略と比べてパレート優位になっていることが共有知識になっているならば，すべてのプレイヤーがフォーカルポイントを選択することを証明した．本稿のアプローチは可変フレーム理論とは異なるが，フレームと呼ばれるラベルの集合を用いずにフォーカルポイントを抽象的にかつ静学的に定義することができた．また可変フレーム理論で証明された一意の均衡のプレイとは本質的には異なる一意のフォーカルポイントのプレイについて，同意定理を用いた証明を提示した．

本稿の主要定理は一見すると Aumann and Brandenburger (1995) が示した予備的観察を焼き直したもの，あるいはその劣化版のように見えるかもしれない．Aumann and Brandenburger (1995) では相互作用的信念体系 (interactive belief system) と呼ばれる枠組みを用いて，均衡のプレイについての条件を分析した．このとき彼らの予備的観察では「すべてのプレイヤーが合理的であり，自身の利得関数を知っていて，他のプレイヤーの選択を知っているならば，その時のプレイヤーたちのプレイはナッシュ均衡になる」ことが示された．この予備的観察では我々の定理１とは異なり共有知識を仮定していない点で，我々の定理１は彼らの予備的観察よりも劣化しているように感じるかもしれない．しかしながら Aumann and Brandenburger (1995) では状態空間上の状態について，どのプレイヤーが何を選択するのかについてまで記述されていることを仮定しているのに対して，我々の状態空間上の状態は，あくまでどの戦略がフォーカルポイントとなりうるのかのみを記述している．したがって，ある特定の状態を与えられたからといって直ちにその状態から他のプレイヤーの行動を予想できるわけではなく，他のプレイヤーの行動を予想するためには，さらに推論を重ねなくてはならない．すなわち，我々の情報構造モデルは Aumann and Brandenburger (1995) の相互作用的信念体系とは異なっている．

ただし，本稿にはいくつかの課題がある．本稿のモデルの場合，ナッシュ均衡の数が２個しかない場合には定義上フォーカルポイントが存在しないことになっている．これは一度きりのゲーム的状況に突然直面した場合に，判断材料がないために特定の均衡戦略に着目することができないようなケースを反映していると解釈できるかもしれない．しかし Schelling (1960) では被験者に表か裏かを選ばせてパートナーと同じものを選んだ場合には報酬がもらえるような実験において，表を選ぶ被験者が多かったことを実験で示している．また繰り返し的な状況であれば，ナッシュ均衡が２個しかない場合でも学習によって特定の均衡がフォーカルポイントとなることがありうるかもしれない．そうした場合，本稿での定式化とどのように整合性を取るのかが重要な点となるだろう．

また Charness and Sontuoso (2023) のように他のプレイヤーの戦略集合の分割についての無知を加味する必要があり，本稿で用いられている標準的な状態空間モデルを Heifetz, Meier, and Schipper (2013) が提案した不可知信念構造モデル (unawareness belief structure) に置き換えて分析していくことも視野に入れる必要があるだろう．Charness and Sontuoso (2023) のモデルは具体例を用いた分析にとどまっているが，無知とフォーカルポイントとの関係について「知識の節約」という観点から極めて重要な点をついているように思われる．これらの点を今後の課題として取り組んでいきたい．

文献

Aumann, R.J., and Brandenburger, A., (1995). Epistemic Conditions for Nash Equilibrium, *Econometrica*, 63, 1161-1180.

Bacharach, M., (1993). Variable Universe Games, in K. Binmore, A. Kirman, P. Tani (Eds.), *Frontiers of Game Theory*, MIT Press, 255-276.

Charness, G., and Sontuoso, A., (2023). The doors of perception: Theory and evidence of frame-dependent rationalizability, *American Economic Journal: Microeconomics*, 15, 309-344.

Casajus, A., (2000). Focal Points in Framed Strategic Forms, *Games and Economic Behavior*, 32, 263-291.

Heifetz, A., Meier, M., and Schipper, B.C., (2013). Unawareness, Beliefs, and Speculative Trade, *Games and Economic Behavior*, 77, 100-121.

Janssen, M.C.W., (2001). Rationalizing focal points, *Theory and Decision*, 50, 119-148.

Schelling, T.C., (1960), *The Strategy of Conflict*, Harvard University Press. (河野勝監訳『紛争の戦略：ゲーム理論のエッセンス』2008 年、勁草書房)

パフォーマンス動画を「かっこいい」と評価する時の評価者の頭部は揺れやすい？

Do the raters' heads shake more when they rate a performance video as “kakkoii(cool)”?

大野 俊尚†, 三嶋 博之 †
Toshihisa Ohno, Hiroyuki Mishima

† 早稲田大学,
Waseda University
wohnto104@fuji.waseda.jp

概要

「かっこよさ」を評価対象にしているパフォーマンスでは, しばしば観客が歓声を上げることや,「かっこいい」パフォーマーにつられて観客も音楽のリズムをとることがある．これらの行為に自覚があるとは限らないことから,「かっこよさ」とのちに解釈する情報を知覚した段階で，動作レベルの身体反応が起きている可能性を検討する．パフォーマンス動画を視聴する実験参加者の動作を計測したが，現状分析方法に課題が残っている．

キーワード:かっこよさ(coolness), フリースタイルバスケットボール(freestyle basketball)，印象評価(Impression evaluation), モーションキャプチャ(motion capture), 動作解析(motion analysis)

1. はじめに

近年，ストリートカルチャーで行われるパフォーマンススポーツであるブレイキン (ブレイクダンス) やスケートボードがオリンピック種目として採用されるなど，ストリートカルチャーの地位が向上しつつある．これらのパフォーマンススポーツは, コンテスト形式や, 主に１対１でパフォーマーが向かい合って交互にパフォーマンスを行う「バトル」形式[1]で，パフォーマンスの優劣を競う．パフォーマンスの優劣を決めるのは審査員であるが, 審査員は個人の主観でパフォーマンスの優劣を決めている．技術や技の難易度だけでなく，オリジナリティや「かっこよさ」といった, 特定の基準を設けて定量的に比較しづらい印象も評価対象となることがある．

このように審査員の主観でパフォーマンスの優劣が決まるパフォーマンススポーツの一つに，フリースタイルバスケットボール (以下 FB) がある．FB とはダンスのように音楽に合わせてバスケットボールを操るパフォーマンスである．FB の技としてドリブルの他に，ボールを体の周りで操るハンドリングや，指の上でボールを回すスピンなどが挙げられる．

FB の現場では，フリースタイルバスケットボーラー（以下 FBer）が技を決めた時や相手を挑発したときなど特定のタイミングで, 観客が歓声を上げることがある．また,「かっこいい」と評価されやすいパフォーマーが流れている音楽のリズムをとる動作をすることで，観客がつられて音楽のリズムをとる動作をすることがある．このような歓声や行為は,「歓声をあげよう」,「同じようにリズムを取ろう」という自覚を持っておこなっているとは限らない.「かっこよさ」と解釈できる情報を知覚した段階で，動作レベルの身体反応が起きるのではないだろうか.

主観的な印象を抱いた時の自覚のない身体反応に関する研究は様々ある．女性を対象とした「かわいさ」に関する研究では,「かわいさ」を抱く写真を見たときの瞳孔の拡大と「かわいさ」評価に正の相関がある一方, 評価対象が女性の写真の場合は瞳孔の拡大と「かわいさ」評価に負の相関があるという[2]．また,「おもしろさ」を抱く対象である落語においては，落語初学者よりも熟練者の方がより演者–観客間のまばたきが同期するという[3]．しかし,「かっこよさ」を抱いた時の身体反応については検討されていない.

2. 「かっこよさ」とは

「かっこいい」の語源は「恰好（あたかもよし)」であり,「特定の規範との適合」の意味で用いられていた[4]. 現在でもこの「規範との適合」という意味で「かっこいい」と表現されることもある．一方で,「規範」の持ち合わせが個人になくても生理的興奮が伴う魅力に対して「かっこいい」と表現することもある[5].

生理的興奮が伴う「かっこよさ」の場合,「自覚なく歓声をあげる」,「自覚なくパフォーマーと同様の行為をおこなう」といった現象が起こるかもしれない.

また,「技術的な巧みさ」の評価と「かっこよさ」評価は相関をすることがある一方で，評価する点が区別されることも確認されている[6].「技術的な巧みさ」によっても歓声は上がるが,「自覚なく行為がつられる」ことは,

少なくとも筆者は現場で見かけたことがない．評価者の動作と，「かっこよさ」評価および「巧みさ」評価を比較することで，「巧みさ」という印象と比較したときの「かっこよさ」という印象の特徴・特殊性を検討できる可能性がある．

3. 目的

本研究の目的は，FB パフォーマンス動画に対する評価者の「かっこよさ」の印象評価と，座位姿勢で動画視聴中の評価者の頭部動揺の関係を明らかにすることである．本研究の仮説は，評価対象のパフォーマーの動作に評価者の頭部動揺が同期するときほど，その視聴中の動画の「かっこよさ」評価が高くなりやすい，である．なお，本研究は進行中の研究である．

4. 方法

本論では 2024 年 6 月 27 から 7 月 2 日までにおこなった予備実験について述べる．

パフォーマンス映像の作成及び FBer の動作計測：

実験参加者に評価させるパフォーマンス映像は FBer 8 名を対象に撮影した．このうち 4 名は FB 歴 8 年以上の熟練者，残り 4 名は 2 年未満の未熟練者であった．FBer 1 名につき，パフォーマンス動画を 4 本撮影した．本研究ではこの 4 本のうち 2 本ずつ，合計 16 本を使用した．FBer は個人によって技の得意不得意が顕著であり，熟練者であっても苦手な技が存在するため，パフォーマンス内容は実験者は指定せず，FBer に自由に構成させた．

撮影は早稲田大学所沢キャンパス 100 号館 403 教室でおこなった．床から 140cm の高さにビデオカメラ(Panasonic HC-W850M)を設置し，カメラを観客と見立ててパフォーマンスするよう教示した．パフォーマンス時には BPM120 の音楽を 8×8 カウント（32 秒分）流し，そのリズムに合わせてパフォーマンスをさせた．楽曲は実験者が Garage Band のサンプルを用いて作成したものを使用した．提示する際の映像の長さは，音楽終了後の 1 秒を足した 33 秒とした．

FBer のパフォーマンス時，FBer の動作データを取得するため，光学式モーションキャプチャシステム OptiTrack (Flex 3：12 台，NaturalPoint 社製)を用いた．ただし，実験参加者に FBer がモーションキャプチャをしていることを気づかれてはいけないこと，モーションキャプチャスーツが全身タイツのような見た目で「かっこよさ」評価に影響を与える可能性があること，FB パフォーマンスに使用するバスケットボールが光を反射するものもあることから，マーカーを通常の再帰反射マーカーではなく，850nm の赤外線パワーLED(OSI3XNE3E1E，OptoSupply 社製)を用い，赤外線カメラからの赤外線照射を行わなかった．動作データは 100Hz で計測された．

赤外線パワーLED は，半田付けした電子回路及び電池ケースを腰のポシェットに入れ，そこから導線を延ばして後頭部，胸椎，腰部，右前腕肘付近の 4 点に装着した．これらの位置は FB パフォーマンスの邪魔にならないよう調整した．後頭部の LED はヘッドバンドを用いて装着し，ヘッドバンドの装着に気づかれないよう FBer に持参させたキャップを被らせた．胸椎の LED はゴム製の台座に固定し，医療用テープを用いて台座を皮膚に装着した．，腰部の LED はズボン・ベルトに鰐口クリップで装着し，シャツの裾を被せた．右前腕肘付近の LED はゴム製の台座に固定し，肘の可動部から 5 センチ程度手の方へずらした位置の尺骨に医療用テープを用いて台座を皮膚に装着し，長袖 T シャツの袖を被せた．

印象評価実験及び実験参加者の動作計測の手続き：

実験参加者は FB 経験のない大学生及び大学院生 5 名であった．実験は実験参加者を 1 名ずつ実験室に招いておこなった．実験室は早稲田大学所沢キャンパス 100 号館 524 教室でおこなった．実験参加者には動画の印象評価実験と事前に伝え，動作計測については事前に伝えなかった．

動画の提示機材として，27 インチモニター(EIZO 社製)を用いた．また印象評価の回答のために iPad を用いた．実験参加者は椅子に座らせ，モニターから 60 センチ程度離れた位置から動画を視聴させた．実験参加者の身体の自由度を制限しないため，椅子は背もたれがなくキャスターのついていないドラム用の椅子を使用した．

実験参加者の頭部の動作データを計測するため，光学式モーションキャプチャシステム OptiTrack (Flex 3：6 台，NaturalPoint 社製)を用いた．ただし，実験参加者に動作計測をおこなっていることが気づかれないよう，実験参加者には「集中してもらうため」と説明してキャップを被ってもらった．このキャップの天ボタンには再帰反射テープを巻いており，モーションキャプチャのマーカーとして機能した．動作データは 100Hz で計測された．

パフォーマンス映像の提示には心理学実験刺激提示ソフトウェア PsychoPy (v2023.2.2)を用いた．教示ののち，実験を開始すると，画面の中央に注視点として十字のマークを表示させた．十字が表示されてから 3 秒後，パフォーマンス動画を 1 本再生させた．動画の再生順は実験参加者ご値にランダムであった．再生が終わると再度画面に十字のマークを表示し，それを合図に，パフォーマー

に対する評価を回答させた.

回答は，机に置いた iPad で回答させた．質問は，「かっこよかったですか？」,「かっこわるかったですか？」,「上手でしたか？」の 2 つで，スライダーを動かすことで回答させた．スライダーの位置は 0 から 100 で記録されたが, 実験参加者にはその値は表示されなかった. 回答フォームは Qualtrics で作成した．回答が出来次第，実験参加者に iPad を机に置き直させ，実験者に向けて合図をさせた．合図によって実験者は次の動画が再生されるように操作した．これを 16 回繰り返した.

16 本の動画を視聴後，実験参加者の属性に関するアンケートに回答させた.

実験終了後，動作データを測定していたことを実験参加者に伝え，再度実験参加についての同意を確認した.

本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承認を受けて実施した（承認番号: 2022-321）.

5. 分析と結果

本研究の分析方法は現在検討中である．本論では相互相関を分析方法に用いた場合の結果を述べる.

分析方法：

動作データの処理には Motive (v.2.2.0，NaturalPoint 社) を用いた．また，分析には Matlab (R2019b，Mathworks 社) を用いた.

動作データについて，FBer はパフォーマンスをおこなった 33 秒間の頭部の垂直軸方向のデータを動画ごとに抽出した．実験参加者はパフォーマンス動画が再生されている 33 秒間の頭部の垂直軸方向のデータを試行ごとに抽出した．なお実験参加者の動作には動画の開始と終了直前にパターンのある姿勢変更（評価のための iPad を手に取るために姿勢を変更し始めるなど）の様子が見られた．例えば動画の終了直前の場合，iPad へ手を伸ばすために姿勢を変更し始める動作が見られた．このため，最初の 2 秒と最後の 2 秒を分析から除外した．実験参加者の動作データの時間と合わせるため，FBer の動作データも同様に前後二秒ずつを除外した.

動作データは FBer, 実験参加者ともにハイカット 20Hz, ローカット 0.03Hz のバンドパスフィルターをかけた．その後, 試行ごとに標準化した. 実験参加者の動作データと視聴したパフォーマンスの FBer の動作データとを対応させ，相互相関を求めた．相互相関の最大ラグは FBer に対して実験参加者の遅延 2 秒分（200 フレーム）を相互相関の最大ラグとした.

評価データについては評価者ごとに「かっこよさ」評価得点を標準化し，「かっこよさ」評価の標準化得点を算出した．同様の手順で「上手さ」評価得点も標準化した.

相互相関のラグ 0 からラグ 200 までのうち，最も相関が強いラグを抽出し，そのときの相関係数の絶対値と，「かっこよさ」評価との相関係数を求めた. また「上手さ」評価についても同様に求めた．相関係数の絶対値としたのは，相互相関の場合，負の相関は位相ずれを意味し，先行する信号の影響を受けた信号であると考えられるためである.

本論では実験参加者が５名であるため，実験参加者ごとに結果を検討した.

結果：

相互相関の結果，FBer の動作と実験参加者の動作に相関が見られることがあった（図 1）.

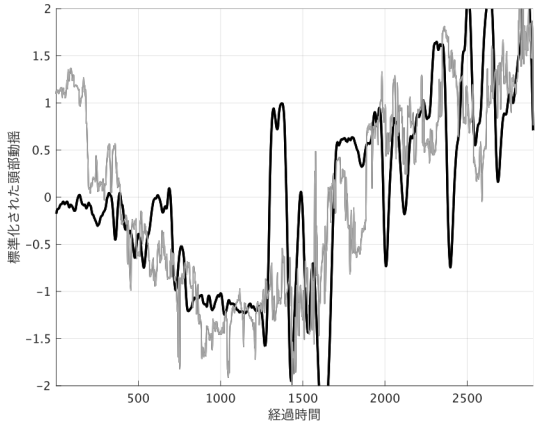


図 1. FBer の頭部と実験参加者の頭部が最も相関していた波形例
（黒：FBer，グレー：実験参加者）

一方で, 相関が見られないこともあった. 相互相関の最大ピーク時の相関係数を求めたところ，強い相関から無相関まで見られた(表 1).

表 1. 相互相関最大ピーク時の相関係数の度数分布表

	beta 1	beta 2	beta 3	beta 4	beta 5
強い負の相関 (-0.7～-1)	0	0	0	0	0
中程度の負の相関 (-0.4～-0.7)	0	0	2	3	1
弱い負の相関 (r=-0.2～-0.4)	2	5	2	4	5
無相関 (r=-0.2～0.2)	5	1	5	8	5
弱い正の相関 (r=0.2～0.4)	4	7	5	1	4
中程度の正の相関 (r=0.4~0.7)	5	2	2	0	1
強い正の相関 (r=0.7～1)	0	1	0	0	0

また，相互相関の最大ピークと「かっこよさ」評価の相関係数 r は, 参加者ごとに異なっていた. 強い正の相関がある実験参加者が 1 名（beta 4 : r=0.727），弱い正の相関がある実験参加者が 2 名（beta 2 : r=0.251，beta 3 : r=0.226），強い負の相関がある実験参加者が 1 名（beta 1 : r

＝-0.674)，無相関の実験参加者が 1 名 (beta 5 : r＝-0.035) であった．一方，相互相関の最大ピークと「かっこよさ」評価の相関係数と比較して，相互相関の最大ピークと「上手さ」評価の相関係数は絶対値が小さかった（表 2)．

表 2. 相互相関最大ピーク時の相関係数と印象評価標準化得点との相関係数

実験参加者	「かっこよさ」評価との相関係数	「上手さ」評価との相関係数
beta1	-0.674	-0.391
beta2	0.251	0.125
beta3	0.226	0.198
beta4	0.727	0.567
beta5	-0.035	0.066

また，実験参加者は 120bpm の音楽に合わせて頭部を動揺させていた可能性があるため，2Hz の正弦波と相互相関を求めたところ，最大ピーク時の相関係数の絶対値は，FBer の動作との相互相関の相関係数の絶対値よりも小さかった．

6. 考察と課題

相互相関最大ピーク時の相関係数と「かっこよさ」評価標準化得点との相関係数を求めたところ，実験参加者には正の相関がある場合と負の相関がある場合が見られた．つまり，FBer と頭部が同期しているほど「かっこいい」と評価する実験参加者と，同期しているほど「かっこいい」と評価しない実験参加者がいたことになる．これは実験参加者の特性による影響があると考えられる．FB は「不良文化」とも捉えられることもある「ストリート文化」の価値観を踏襲しており，人によっては「悪ぶった」様子のパフォーマンスに忌避感を覚えた可能性がある．「つられたけれども馴染みがなくてかっこいいと評価しなかった」という可能性もあると考えられる．

また，「かっこよさ」評価と「上手さ」評価とを比較したとき，相互相関最大ピーク時の相関係数との相関は「かっこよさ」評価の方がより関連している傾向が見られた．FB という馴染みのないパフォーマンスを見る場合，「上手さ」の判断は知覚ではおこなえなかった可能性がある．

一方で，課題も多く残る．動作データのフィルターだが，現状のフィルターが適切かどうかは検討の余地がある．音楽は 120bpm，すなわち 2Hz でリズムを刻んでいたが，FBer の動きは常に 2hz で動いているわけではなく，2Hz を 2 分の 1 で取ったリズムでしゃがむ-立つを繰り返すことや，4 分の 1 のリズムで投げたボールをしゃがんでキャッチしたのち立ち上がるといった動作を行うこともあった．つまり，音楽のリズムよりもより大局的なリズムで動いていた．今回のフィルターは音楽のリズムよりも高い波長と，FBer の動作のリズムよりも低い波長の間を通すフィルターをかけたが，低い波長のみを残すローパスフィルターや高い波長のみのハイパスフィルターに切り替えることで，その後の相互相関の結果が変わるだろう．今回は高周波，低周波のどちらもが相互相関の相関係数に影響を与えたが，高周波のみ，低周波のみにすることで，高周波のみに同期する実験参加者や，低周波のみに同期する実験参加者といった，実験参加者側の個人特性に迫れる可能性がある．

また，本実験は 2Hz のリズムで音楽が流れ続けていた．生態心理学では環境は動物に対して情報をアフォードしており，動物がその情報を知覚した場合，その情報が特定する行為を起こす可能性があると考えられている[7]．音楽は「リズムに乗る」情報をアフォードしている．評価者は音楽に合わせてリズムをとるような頭部動揺をする可能性もあったが，FBer の動作との方がより相関が強かった．音楽よりも FBer が発する情報の方がより実験参加者の身体を動かしていたと言えるだろう．

そして，相互相関以外の分析方法も検討する必要がある．相互相関では直線的な回帰を前提とした相関しか検討できていない．今後は相互情報量や交差再帰定量化分析といった別の分析手法も検討する予定である．

参考文献

[1] 清水 大地・岡田 猛 (2013). ストリートダンスにおける即興的創造過程 認知科学, *20*(4), 421–438. https://doi.org/10.11225/jcss.20.421

[2] Kuraguchi, K., & Kanari, K. (2021). Enlargement of female pupils when perceiving something cute. Scientific Reports, *11*(1), 23367.

[3] 野村 亮太・岡田 猛 (2014) 話芸鑑賞時の自発的なまばたきの同期 認知科学 *21*(2), 226-244.

[4] 春木 有亮 (2017). 「恰好」から「かっこいい」へ : 適合性 suitability の感性化 人間科学研究, *13*(1), 1–30. https://doi.org/10.19000/0000008503

[5] 平野 啓一郎 (2019). 「カッコいい」とは何か 講談社

[6] 大野 俊尚・三嶋 博之 (2023). フリースタイルバスケットボールバトル中の待つ様子に表れる「かっこよさ」の検討 認知科学

[7] 佐々木 正人 (1994) アフォーダンス ―新しい認知の理論― 岩波書店

スパイラルオプティックフローによる無意識の頭部傾斜
Spiral Optic Flow Unconsciously Induces Head Tilt

粥川　奨[1]，平田 貴士[1]，川合 伸幸[1,2,3]
Tasuku Kayukawa, Takashi Hirata, Nobuyuki Kawai

[1]名古屋大学大学院 情報学研究科 心理・認知科学専攻，[2]中部大学 創発学術院, [3]科学技術振興機構 CREST
[1]Cognitive and Psychological Sciences, Graduate School of Informatics, Nagoya University,
[2]Academy of Emerging Sciences, Chubu University, [3]CREST, Japan Science and Technology Agency
kayukawa.tasuku.x1@s.mail.nagoya-u.ac.jp

概要

ヒトは外界からの視覚情報に基づいて姿勢を制御している．本研究ではスパイラルオプティックフローを用いて，視覚情報によって生じる頭部傾斜が無意識でも生じるかについて検討した．その結果, 頭部は視覚刺激の回転方向と同方向に傾くということが判明した．頭部傾斜は視覚刺激の回転を知覚していない場合でも生じており，視覚情報が姿勢応答を無意識のうちに引き起こしていることを示唆している．

キーワード : optic flow, VR, vection, 姿勢制御，頭部傾斜, 空間識失調

1. 背景

空間識とは，自分自身の身体と周囲の物体との相対的な位置や距離，自身の姿勢を把握する能力のことである．空間識は, 視覚や前庭感覚などの感覚を統合することで成立しているが，航空機の操縦中など特定の場面において誤った空間識が形成されることがある．これは空間識失調と呼ばれ，航空死亡事故の主な原因の一つとされる[1]. パイロットにとって，自身の姿勢を正確に把握し操縦する機体を安定させることは必要不可欠な能力である．しかし, 雲中など視覚情報が制限されるような状況では正確な空間識を維持できず，自機の傾きを誤認するリーン錯覚や雲の稜線から水平を誤認する水平線誤認錯覚などの錯覚が生じ，空間識失調に陥ると考えられている[2].

このように視覚情報は空間識において大きな役割を果たしており，それは前庭感覚にも影響を与えることが知られている．自覚的視性垂直（Subjective Visual Vertical: SVV）は垂直を保つように保持した棒と本来の重力軸との差から傾斜感覚を評価する検査方法である．これまでの研究では固視点を中心にロール回転する視覚刺激を与えると，視覚刺激の回転方向と同方向に SVV が傾斜した [3]. このことは，視覚的な入力が原因となり，身体の姿勢を誤認させる可能性を示している．

ヒトは網膜に映る連続的な像の変化を手がかりとして, 動いているものを知覚したり, 自身の動きを知覚したりする. Gibson (1966) はこのような網膜上における光学的な流れのことをオプティックフロー（optic flow）と呼んだ[4]. オプティックフローは，動いているものを見るときと自身が動いているときの両方で生じる．特定の条件下では自身が動いているときのオプティックフローと周りが動いているときのオプティックフローが光学的に等価になることから，ヒトは自己運動を錯覚することがある．この現象は視覚誘導性自己移動感覚（ベクション, vection）と呼ばれる．ベクションは通常，オプティックフローの方向とは反対方向への自己運動として知覚される．ヒトの姿勢制御システムは知覚された自己運動への補償反応として，体をオプティックフローと同方向に傾斜させる[5 – 6]. このような視覚情報がもたらす，身体の反応を視覚誘導性姿勢応答（Visually Evoked Postural Responses: VEPR）と呼ぶ.

従来の VEPR 研究において，視覚刺激の回転知覚と姿勢応答の関係を調べた研究は存在せず，回転運動の知覚と姿勢応答に関係があるかは不明である．これを解明することは，旋回中にスパイラルオプティックフローを体験するパイロットの視覚情報による無意識の姿勢変動とその結果生じうる空間識失調の予防・対策につながると考える．そこで，本研究では，直進運動と回転運動を組み合わせたスパイラルオプティックフロー[7] を用いて回転運動の知覚の有無と姿勢応答との関係を明らかにする．

2. 方法

参加者

本研究は，合計 21 名（女性 5 名，平均 34.90 歳, SD = 12.66）の参加者が参加した．いずれの参加者も裸眼またはメガネ・コンタクトレンズなどの視力矯正により正常な視力を有した．実験開始前に実験の目的を説明し, 書面にて実験参加の同意を得た．すべての実験手続

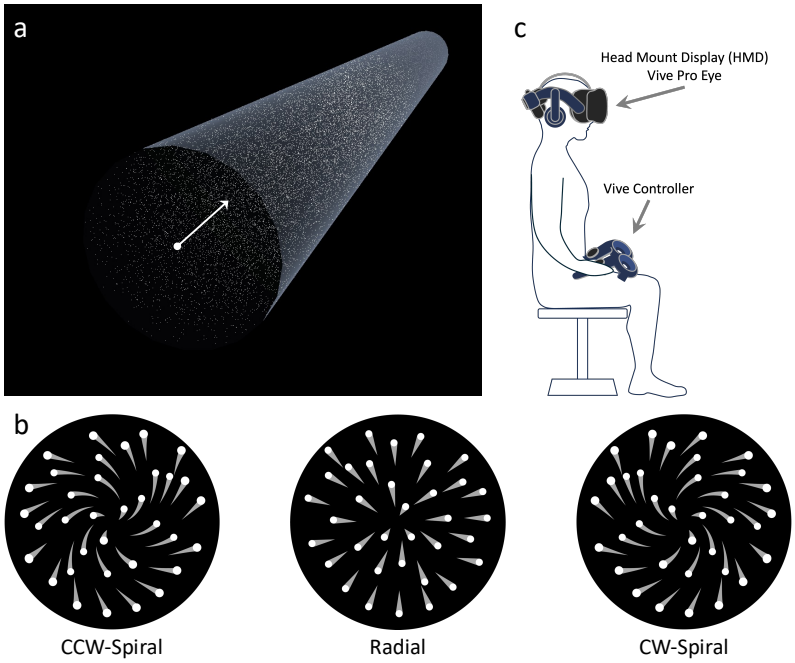


Figure 1 （a）視覚刺激の俯瞰図 （b）主観視点での見え方 （c）実験環境の概略図

きは日本心理学会倫理規定に基づいて設計および実施され, 名古屋大学の倫理委員会によって承認された（倫理番号: 240718-C-02-01）.

実験装置

視覚刺激の提示には，ヘッドマウントディスプレイ（Head Mounted Display: HMD, [Vive Pro Eye, HTC]）を使用した. この HMD は片目あたり 1440 x 1600 ピクセル（両眼合計 2880 x 1600 ピクセル）の解像度で 90 Hz のリフレッシュレート, 最大 110° の視覚野を持つ有機 EL ディスプレイを備える. 90 Hz のサンプリング周波数で頭部の傾きを記録した. また，コントローラー（Vive Controller, HTC）を用いて，オプティックフロー刺激の回転方向を回答させた.

視覚刺激

視覚刺激は Unity エンジン（Unity 2021.3.8）において, C#を用いて 3 種類のオプティックフロー (Radial, CW-Spiral, CCW-Spiral)を作成した. すべての映像では, 半径 32 m, 高さ 800 m の円筒状の VR 空間内に直径 0.1 m の白球がランダムに 80,000 個配置された. Radial 映像では，これらの球が観測者に向かって 15 m/s の速度で直進運動する. CW- Spiral 映像で提示される白球は，観測者に向かって 15 m/s の速度で直進しながら時計回りに回転した. 一方，CCW-Spiral 映像で提示される白球は，直進しながら半時計回りに回転した. CW-Spiral および CCW- Spiral 映像で回転する白球の角速度は，1.5, 3.0, 4.5 deg/s の 3 種類設定した. 球が参加者に接近するのは，2 m までとした. したがって視点からの距離が 2-32 m の範囲内にある白球を表示した. Figure 1a, b に視覚刺激の概略を示す.

実験環境

実験開始前に実験者はコントローラーの操作と刺激について教示を行った. 実験はイスに着席した状態で実施した. 参加者には, 背を軽く伸ばして故意に体を動かさず, ディスプレイ中央を見るよう教示した. 参加者は両手に一つずつコントローラーを握り，手を膝に乗せた状態で課題を実施した. Figure 1c は実験環境の概略を示す.

手続き

本実験は 1 ブロック 7 試行で構成された. 各ブロックには 2 つの回転方向（CW-Spiral・CCW-Spiral）と 3 つの回転速度（1.5 deg/s・3.0 deg/s・4.5 deg/s）に 0 deg/s（Radial）を加えた 7 条件が各 1 試行ずつ含まれた. これを 4 ブロック繰り返し，各実験条件は計 4 回実施された（全 28 試行）. 刺激の提示順序は各ブロック内で無作為に並べ替えられた. なお, いずれの条件においても直線移動速度は 15 m/s であった.

HMD 上では，黒い背景に多数の白点がある静止画像を 10 秒間表示した後，白点を動かすことで Radial オプティックフロー刺激（回転なし）を提示した. CW-Spiral・CCW-Spiral 条件の場合は，放射オプティックフローの提示開始から 5 -10 秒後にオプティックフローの回転が始まり，スパイラルオプティックフロ

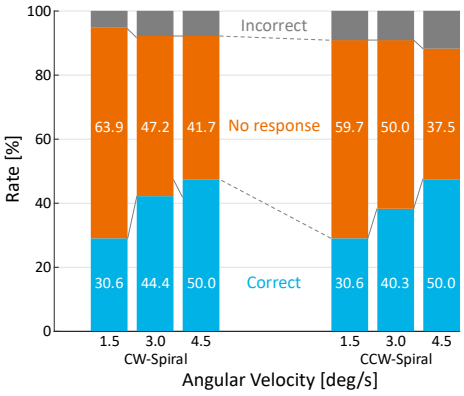


Figure 2 回転知覚課題の結果の割合

ーを 30 秒間提示した．本実験における課題はスパイラルオプティックフローの回転運動を発見し，左右どちらかのコントローラーのキーを押して反応することであった．参加者には HMD 上に映されたスパイラルオプティックフローの回転を見つけ，時計回り（CW-Spiral）なら右手のキーを，反時計回り（CCW-Spiral）なら左手のキーを押すよう指示した．また，回転を発見できなかった場合はキーを押す必要はないと教示した．

3. 結果

回転知覚課題の結果と頭部の傾きについて分析を行った．参加者 21 名のうち，急激な動きが見られた 2 名を除いた 19 名を分析の対象とした．

回転知覚課題

回転知覚課題のデータについて，回答がない試行を No response，回転を正しく認識した試行を Correct，誤って認識した試行を Incorrect に分類し，条件ごとにそれぞれの割合を算出した．Figure 2 に Correct / No response / Incorrect の割合を示す．CW-Spiral・CCW-Spiral のいずれの条件においても，回転速度の上昇とともに正答率が上昇する傾向が見られた．

頭部傾斜

頭部運動のデータについて，ロール軸での頭部傾斜を算出した．Radial 条件（0 deg/s）では映像オンセット時点の頭部位置をベースラインとし，CW-Spiral・CCW-Spiral 条件では映像の回転オンセット時点の頭部位置をベースラインとして，刺激提示中の頭部の傾斜量を算出した．計測データのうち，Radial 条件については映像刺激のオンセットから 30 秒間を分析対象とし，その他の条件についてはオプティックフローの回転オンセットから提示終了までの 30 秒間を分析対象とした．

Figure 3a は頭部回転のデータを条件ごとに参加者間で平均し得られた頭部傾斜の変化を示す．Figure 3a より，Radial 条件ではわずかに右側への頭部傾斜が認められた．CW-Spiral 条件では右側への頭部傾斜が，CCW-Spiral 条件では左側への頭部傾斜がそれぞれ見られた．

Figure 3b は CW-Spiral・CCW-Spiral の各速度条件で最後の 1 秒間の頭部傾斜のデータを抽出し，ベースラインからの変化量の平均値を示したものである．各条件のスパイラルオプティックフローによって引き起こされる頭部傾斜を検討するため，回転速度と回転方向を要因とする 2 要因参加者内の分散分析を行った．頭部傾斜の変化量を比べるため，CCW-Spiral のデータについては得られた平均値の絶対値を利用した．結果として，回転速度の有意な主効果（$F(2, 36) = 8.58, p < .01$）が得られ，回転速度の条件間で頭部傾斜の変化量が異なることが示された．一方，回転方向の主効果（$F(1, 18) = 0.86, p = .37$）と交互作用（$F(2, 36) = 0.40, p = .68$）については有意でなかった．

頭部傾斜の変化が回転の知覚によって変化するかを検討するため，No response と Correct の際の頭部傾斜の変化をそれぞれ Figure 4a と Figure 4b に示した．回転速度による頭部傾斜の変化量を検討するため，Figure 3b と同様に，最後の 1 秒間の頭部傾斜のデータを No

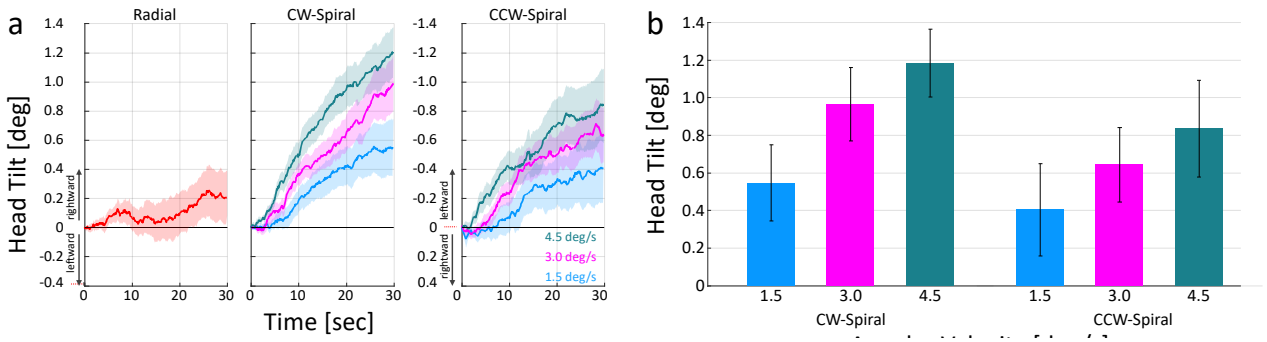


Figure 2 （a）頭部傾斜の変化の加算平均 網掛け部は標準誤差を示す

（b）最後 1 秒間におけるベースラインからの変化量の平均 エラーバーは標準誤差を示す

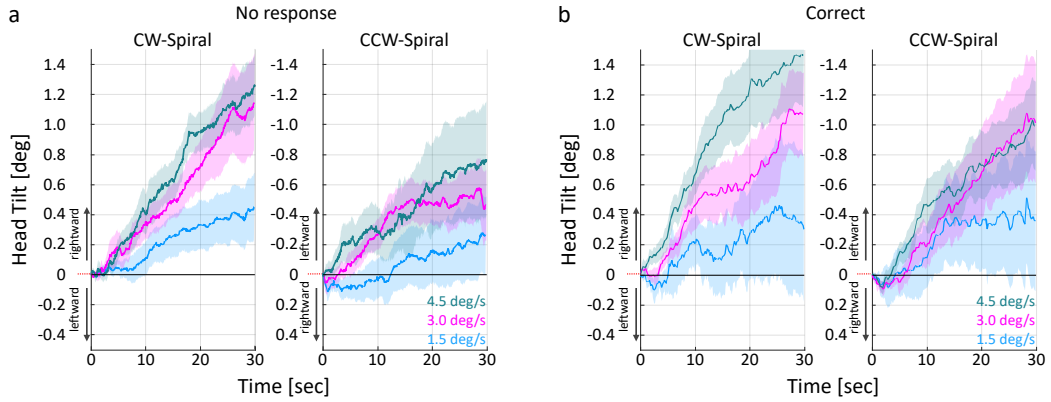


Figure 3　(a) 頭部傾斜の変化 [No response]　(b) 頭部傾斜の変化 [Correct]
網かけ部は標準誤差を示す

response / Correct のそれぞれで 2 要因分散分析を実施した. No response / Correct での分散分析では，各条件の 4 試行で一度も No response や Correct でなかった参加者が存在するため, 6 条件のうち一つでも値の欠損がある参加者を取り除いて実施した. 分析の結果, No response では，回転方向（$F(1, 10) = 0.40, p = .54$）と交互作用（$F(2, 20) = 1.82, p = .19$）は有意でなかったものの，回転速度の主効果（$F(2, 20) = 2.80, p = .08$）では有意傾向が見られた. Correct では, 回転方向（$F(1, 5) = 0.00, p = 0.99$），交互作用（$F(2, 10) = 0.01, p = .99$）のいずれも有意ではなかったが回転速度の主効果（$F(2, 10) = 2.33, p = .078$）の有意傾向が見られた. また, 回転知覚の有無が頭部傾斜に影響を与えているかを判断するため，No response と Correct で参加者間 3 要因分散分析を行ったが，回転知覚の主効果は有意でなかった（$F(1, 15) = 1.21$, n.s.）.

4.　考察

本研究では，直進しながら回転するスパイラルオプティックフローによって生じる頭部傾斜と回転知覚との関係を検討した.

回転知覚課題の No response / Correct に関わらず，頭部は回転方向と同じ方向に傾斜している. したがって，ヒトは視覚情報によって無意識のうちに姿勢を変えていると考えられる. こうした無意識な姿勢変化は, 自身の正確な姿勢の把握を困難にするため，空間識失調を引き起こす可能性がある.

頭部は，CW-Spiral・CCW-Spiral の両条件で視覚刺激の回転方向と同じ方向に傾いた. これは, 画面中央を中心にロール回転するオプティックフローを提示した Tanahashi et al.（2007）の実験結果と一致する[6]. VEPR が知覚された自己運動の補償反応であるということを踏まえると，CW-Spiral・CCW-Spiral のオプティックフローによって，直進しながら回転するというようなベクションが生じている可能性がある. しかしながら, 回転知覚課題の結果から 1.5 deg 条件では No response が 60 %を超えている. 松田ら（2020）の研究においても，スパイラルオプティックフローでは回転のベクションが知覚されにくくなることが示されており，回転のベクションが生じていたかについてはさらなる検討が必要である[7].

Figure 3b において回転速度の主効果が有意であったことから，回転速度を早くすることでより大きな頭部の傾きが惹起される可能性が示唆された. より大きく頭が傾くことで前庭器官への入力が変化し，自身の姿勢や方向を誤認することで，空間識失調を促進する可能性が考えられる. 視覚刺激の回転速度と頭部の傾きの関係についてはさらなる検討が必要である.

5.　参考文献

[1] Gibb, R., Ercoline, B., & Scharff, L. (2011). Spatial disorientation: decades of pilot fatalities. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, *82*(7), 717-724.
[2] 田村敦，& 田所慎. (2019). 空間識失調と航空医学. *Equilibrium Research*, *78*(4), 242-253.
[3] Brandt, T., Wist, E. R., & Dichgans, J. (1975). Foreground and background in dynamic spatial orientation. *Perception & Psychophysics, 17*(5), 497-503.
[4] Gibson, J. J. (1966). The senses considered as perceptual systems, Houghton Mifflin.
[5] Bronstein, A. M. (1986). Suppression of visually evoked postural responses. *Experimental Brain Research, 63*, 655-658.
[6] Tanahashi, S., Ujike, H., Kozawa, R., & Ukai, K. (2007). Effects of visually simulated roll motion on vection and postural stabilization. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *4*(1), 1-11.
[7] 松田あゆみ, 古賀宥摩, 松室美紀, 柴田史久, 田村秀行, & 木村朝子. (2020). 様々な直線運動と回転運動の共存時の視覚誘導性自己運動感覚に関する考察. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, *22*(2), 101-112.

本研究は, JST　CREST「生体マルチセンシングシステム究明と活用技術の創出」事業の補助を受けて行われた.

感動（*Kando*）の心的構造（1）
——人生で最も感動した出来事の計量テキスト分析——
Mental structure of *kando* (1)
Quantitative text analysis of the most significant *kando* event

正田 悠 [1,4]，安田 晶子 [2,4]，上宮 愛 [3,4]，祐伯 敦史 [4]，伊坂 忠夫 [4]
Haruka Shoda, Shoko Yasuda, Ai Uemiya, Atsushi Yuhaku, Tadao Isaka
[1] 京都市立芸術大学，[2] 一橋大学，[3] 金沢大学，[4] 立命館大学
Kyoto City University of Arts, Hitotsubashi University, Kanazawa University, Ritsumeikan University
h_shoda@kcua.ac.jp

概要

人がいかなる出来事に感動するのか，その特徴を探索するため，日本語を母語とする者 9,529 人分の「人生で最も感動した出来事」に関するエピソード記述を計量的に分析した。トピックモデル（潜在ディリクレ配分法）により，「人生で最も感動した出来事」は，出産や家族，恋愛，仕事など，対人関係に関することから，音楽やスポーツ，自然，受験といった個別の対象を含む，多様なトピックと関わることが示された。

キーワード：感動（*kando*），エピソード記憶（episodic memory），トピックモデル（topic model）

1. 背景と目的

人は生活の中でさまざまな感動を経験する。「子どもの誕生」や「長年の夢の達成」など，人生で数回しか経験しないようなライフイベントから，「美味しい夕食にありつけた」というような日常的な体験まで，感動体験の強度は幅広く，そのきっかけとなる出来事も広範にわたる (Yasuda et al., 2022)。これまで，映画，音楽，スポーツ，小説といった個々の領域において「感動」が取り扱われてきており，その領域ごとに感動のメカニズムが提案されてきた (Yasuda et al., 2022)。また，より大きな枠組みの中で，感動と，その類似概念である awe（畏怖・畏敬）との比較により，感動についてアプローチした研究も認められる (前浦他, 2020)。

一方，英語では「感動」を直接的に表す名詞はないといわれ，*moved*，*touched*，*impressed* というような動詞の受動形で「感動」を表すことが多い。近年，欧米でも「感動」に近い概念として “*kama muta*”（サンスクリット語で「愛に動かされる」という意味）というテクニカルタームが提案されているが (Fiske et al., 2019)，*kama muta* は，「生まれたばかりの赤ちゃんを腕に抱く」，「思いがけない大きな親切を誰かから受ける」といった社会的状況に対して生じる感動体験を表すとされ，*kama muta* と「感動」が同一の体験を指しているかどうかは定かではない。

「感動」という現象は，その定義や英訳の難しさから，その全体像を掴むことがきわめて困難である。この研究プロジェクトでは，日本語において「感動」として経験される体験が，他の言語・文化圏で経験される現象と一致するかどうかを明らかにすることを問題意識の一つとしている。本研究では，まず，人々がどのような出来事を「感動」と捉えているのかを調べるため，「人生で最も感動した出来事」を一つ思い出してもらい，そのエピソードを 150 字以上で自由記述する調査を実施した。これにより，「音楽」「映像」「小説」といった個別領域にとらわれずに幅広い感動体験の記述を収集することを目指した。参加者の自由記述について，トピックモデル（潜在ディリクレ配分法）(e.g., Blei et al., 2003) によるトピック推定を行うことにより，「人生で最も感動した出来事」として人々に記憶されている出来事の特徴を探索的に調べた。

2. 方法

本研究は「立命館大学における人を対象とする研究倫理審査委員会」の承認を得て実施された。

2.1 参加者

調査会社に調査の実査を依頼した。季節性を排除するため，2021 年 11 月から 2022 年 8 月まで，四半期ごとに調査を行った。また，性別および年代（20 代，30 代，40 代，50 代，60 代）が同程度に配分されるように調査を行った（13,971 人）。本研究では 20—69 歳（M = 45.78，SD = 13.69）の 9,529 人（男性 4,133 人，女性 5,396 人）を分析対象とした。

2.2 質問票

調査票の冒頭で，調査内容の説明文書を提示し，調査回答に対する同意を得た。その後，年齢，性別等の一般的な質問をした後，「あなたがこれまでに最も感動した出来事をひとつ思い浮かべてください。その出来事がどのような出来事だったかについて，なるべく

詳しく，なるべくたくさん情報を記述してください。あなた自身の考えをある程度整理してから記述してください。」と教示し，人生で最も感動した出来事について 150 字以上で記述するように求めた。その後，複数の尺度評定を行ったが，本報告では扱わないため記述は省略する。質問票はおよそ 15 分程度で完了できる分量であった。

2.3 分析

得られたエピソード記述に計量テキスト分析を行った。形態素解析に MeCab (工藤, 2014) を利用し，辞書には新語への対応力が高く広く活用されている NEologd (佐藤他, 2017) を使用した。分析には名詞，形容詞（形容動詞も含む），および動詞を使用した。次に，潜在ディリクレ配分法 (latent Dirichlet allocation, LDA; Blei et al., 2003) を用いて，各文書に出現する単語の集合を解析することにより，文書に含まれる潜在的なトピックを推定した。トピック数は，R3.6.0 上で，ldatuning パッケージ (Nikita, 2020) の FindTopicsNumber 関数を用いて決定した。

3. 結果と考察

FindTopicsNumber 関数によりトピック数を 48 と指定して潜在ディリクレ配分法によるトピックモデルを構築した。ここでは，わかりやすさのために，48 のトピックをさらに階層的クラスタ分析により 12 のクラスタに分類した（fuzzy Jaccard 距離，Ward 法; 図 1）。図 1 には，各トピックの上位 5 語が示されている。

全体的な特徴として，「家族」，「友人」，「人」，「母」，「子」など，人を指す言葉が含まれるトピックが多いことがわかる。その中でも，妻や子の出産に関するトピックや，家族関係，仕事，対人関係全般に関するトピックが認められていることからも，感動の要素として，人との出来事が多く出現することがわかる。これは，欧米における感動の類似概念である “*kama muta*” が社会的文脈のもとで生じるというモデルと一致する (Fiske et al., 2019)。

その一方で，学校での出来事，映画，自然，音楽，スポーツなど個別の領域に関するトピックも認められた。こうしたトピックは，その中で対人関係に関するエピソードが含まれている可能性もあるが，同時に，個別の対象に起因して生じた感動でもある。また，これらのトピックは，これまで感動研究として本邦で調べられてきた内容とも一致している (e.g., 前浦他, 2020; Yasuda et al., 2022)。本研究では「人生で最も」という教示のもとで感動体験を調べたが，日常的に経験される感動はより多岐にわたると考えられる。今後，さらなる調査と個人特性や文化特性との関連も踏まえて分析を行うことにより，どのような人が，どのような出来事に対して感動を経験するのか，そのプロセスに関するモデルを提案したいと考えている。

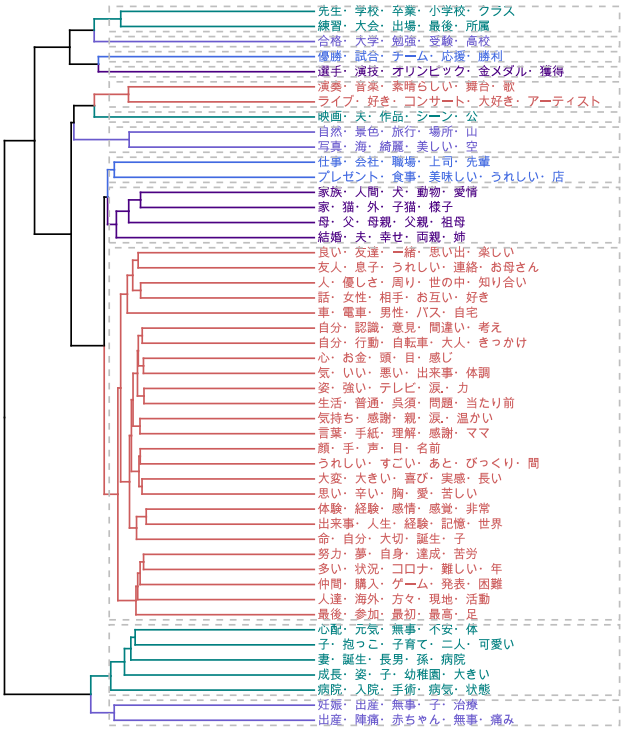


図 1 「人生で最も感動した出来事」の自由記述から得られた 48 トピック

利益相反の開示

本研究は，立命館大学とヤマハ発動機株式会社との間に締結された共同研究プロジェクト「感動（Kando）を科学する」の一環として実施されたものである。

文 献

Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*, *3*, 993–1022.

Fiske, A. P., Seibt, B., & Schubert, T. (2019). The sudden devotion emotion: Kama muta and the cultural practices whose function is to evoke it. *Emotion Review*, *11*(1), 74–86.

工藤 拓（2014）. MeCab: Yet another part-of-speech and morphological analyzer Retrieved from https://taku910.github.io/mecab/.

前浦 菜央・中山 真孝・内田 由紀子（2020）. 日本における感動と Awe の弁別性・類似性 認知科学, *27*(3), 262–279.

Nikita, M. (2020). *ldatuning: Tuning of the latent Dirichlet allocation models parameters*. R package version 1.0.2.

佐藤 敏紀・橋本 泰一・奥村 学（2017）. 単語分かち書き辞書 mecab-ipadic-NEologd の実装と情報検索における効果的な使用方法の検討 言語処理学会第 23 回年次大会発表論文集, 875–878.

Yasuda, S., Shoda, H., Uemiya, A., & Isaka, T. (2022). A review of psychological research on *kando* as an inclusive concept of moving experiences. *Frontiers in Psychology*, *13*, 974220.

感動（*Kando*）の心的構造（2）：人生で最も感動した出来事の分類と感動反応尺度の国際比較
Mental structure of *kando* (2): Categorization of the most significant *kando* events and cross-cultural comparison of *kando* reaction scale scores

安田 晶子[1,4]，正田 悠[2,4]，上宮 愛[3,4]，祐伯 敦史[4]，伊坂 忠夫[4]
Shoko Yasuda, Haruka Shoda, Ai Uemiya, Atsushi Yuhaku, Tadao Isaka

[1]一橋大学，[2]京都市立芸術大学，[3]金沢大学，[4]立命館大学
Hitotsubashi University, Kyoto City University of Arts, Kanazawa University, Ritsumeikan University
s.yasuda@r.hit-u.ac.jp

概要
日本語表現の「感動」は，他の言語・文化圏でも理解されるのか，またその捉え方に違いはあるのか検討するため，日本を含む 11 カ国で大規模な国際調査を行った. 感動反応尺度への回答を求め，どのような出来事に対して最も感動したのか選択させた. 結果より，感動反応尺度は11 カ国で共通して使用可能であることが確認された．また，ネガティブな事象に対して感動するなど，言語・文化圏による差異も一部で示された.

キーワード：感動（*kando*），国際比較（cross-cultural comparison），感動反応尺度（*kando* reaction scale）

1. 目的

新生児をはじめて胸に抱く時に心が震えたり，街中でふと耳にした音楽に心奪われたりするような独特な心理的体験を，日本語では「感動」と表現する．英語圏では，“*kama muta*”（サンスクリット語で「愛に動かされる」という意味），*being moved*，*awe* などの心理的概念が感動に類するとされるが，Yasuda et al. (2022) ではこれらの類似概念と感動の関係を整理し，感動がこれらを包括する傘概念の位置づけにあることを示した.

2000 年代以降，感動に関する心理学的研究は継続的に進められてきたが，これまでの感動研究は，感動と同義の英語表現がないことを理由に，日本国内のみで行われてきた. 一方で，感動の類似概念である“*kama muta*”については，19 カ国を対象とした国際比較が行われており，そのほとんどの国において“*kama muta*”概念が共有可能であること，また国による差異も一部存在することが示されている (Zickfeld et al., 2019).

では，日本語表現の感動は，日本とそれ以外の言語・文化圏で共有可能なのだろうか. また，異なる言語・文化圏における感動は，日本語表現の感動とどのような点で異なるのだろうか. 本研究では，これらの問いについて明らかにするべく，大規模な国際調査を実施した.

2. 方法

本研究は，「立命館大学における人を対象とする研究倫理審査委員会」の承認を得て実施した.

2.1 参加者

調査会社に実査を依頼し，日本，中国，インド，フィリピン，オーストラリア，スペイン，ドイツ，フランス，南アフリカ，アメリカ，アルゼンチンの 11 カ国において，世代（20 代～50 代以上）および性別が均等になるように配慮し，オンライン調査を実施した. データクリーニング後，表 1 に示す 4044 名を分析対象とした.

表1 各国の分析対象者数

	n	平均年齢	*SD*		*n*	平均年齢	*SD*
アメリカ	351	47.5	14.6	フィリピン	335	43.0	13.4
アルゼンチン	417	42.8	13.2	フランス	256	47.3	13.1
インド	219	42.3	13.6	中国	506	40.9	12.3
オーストラリア	360	45.6	14.6	南アフリカ共和国	397	44.0	14.0
スペイン	356	43.5	13.4	日本	602	45.2	13.9
ドイツ	245	46.1	13.7				

2.2 質問票

はじめに調査内容を説明し同意を得た．調査の冒頭で，「生活の中で心を動かされたり，何かが心に触れた感じがしたり，あるいは強い印象を受けること」を「感動」と定義した上で，これまでに最も感動した出来事について記述させた．またその出来事に関連して感じたことについて，感動反応尺度 (11 因子・33 項目，Shoda et al., under review) に当てはまる程度を 1～7 で回答するよう求めた. また，最も感動した出来事が当てはまるカテゴリを，「妊娠・出産」，「音楽」，「災害」などの 20 カテゴリ (以下，感動カテゴリ) から全て選択させた. これらの調査項目は，日本語版を英語，仏語，独語，スペイン語，中国語に翻訳して使用した.

3. 結果・考察

日本語版から翻訳した各国語の感動反応尺度が，日本語版と同様の因子構造を持つのか確認するため，各言語において国ごとに確認的因子分析 (最尤法) を行った．その結果，「畏怖」因子については，英語版とスペイン語版では，因子の信頼性係数（α係数）が著しく低く，畏怖因子の翻訳が日本語版の意味と乖離している可能性があるため，「畏怖」因子を除く 10 因子を，本研究では扱うこととした．10 因子は，「ポジティブ感情」,「爽快感」,「困難さ」,「感動」,「涙」,「あたたかさ」,「克服」,「鳥肌」,「超越した力」,「驚き」であった．10 因子の感動反応尺度については，国ごとに適合度を求め，複数言語で使用可能なことを確認した．

次に，感動反応尺度の各因子について，国ごとに尺度得点の平均値を算出した (表 2)．平均値の上位 3 カ国を赤いセルで示し (濃赤ほど平均値が高い)，下位 3 カ国を青いセルで示した．ドイツ，フランス，オーストラリアは，どの因子の得点も総じて低かった．特にドイツでは，「ポジティブ感情」因子の得点が著しく低く，感動時に必ずしもポジティブ感情が生じているわけではないことが示された．また，インド，フィリピン，南アフリカ，アルゼンチン，スペインでは，「ポジティブ感情」と「ネガティブ感情」がともに高く，「克服」の得点も高い傾向があった．これらの国々では，感動時に，ネガティブ感情がポジティブ感情に転じる克服の過程を経ている可能性が考えらえる．さらに，中国や日本においては，「ポジティブ感情」が高く，「困難さ」といったネガティブ感情が低いことから，感動時にポジティブ感情を体験していることが示された．

続いて，感動の対象について，国による差異を検討するため，感動カテゴリをクラスター分析した (Hellinger 距離・Ward 法)．結果，20 の感動カテゴリは「対人」,「ネガティブ」,「達成」,「スポーツ」,「宗教」,「アート」,「旅行・自然」の 7 クラスタに分類された (図 1)．

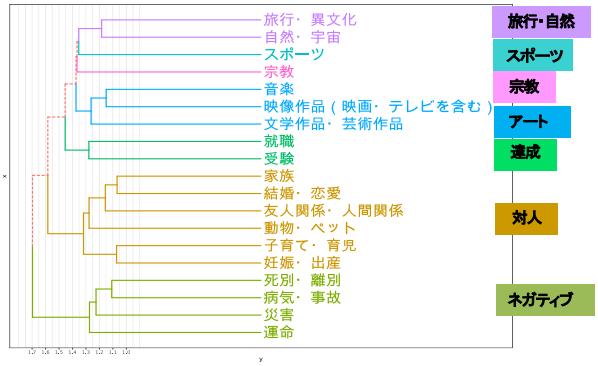


図 1 最も感動した出来事のクラスター分析結果

感動因子の得点の平均値を，図 1 の 7 クラスタと国別で比較したところ (表 3)，フランスやオーストラリアは，どのカテゴリでも平均値が低かった．日本は，スポーツやアートに対する感動が強い一方，宗教に対する感動は低い傾向が見られた．また，スペイン語圏のスペインやアルゼンチン，中国語圏の中国では，ネガティブな事象に対して強く感動しており，これらの国では「感動」が文字どおり「心が動く」体験として捉えられている可能性が考えられる．

本研究では，感動反応が，複数の言語・文化圏に共通して 10 因子で整理できることが示されたほか，言語・文化圏によって感動の捉え方に一部差異があることが示された．こうした差異の原因については，今後，文化的背景や国民性の点から，更に検討する必要がある．

文献

Shoda, H. et al. (under review). Uncovering the essence of moving experiences in Japanese culture: Development and validation of a *kando* reaction scale.

Yasuda, S. et al. (2022). A review of psychological research on *kando* as an inclusive concept of moving experiences. *Frontiers in Psychology*, 13 (974220).

Zickfeld, J. H. et al. (2019). Kama Muta: Conceptualizing and measuring the experience often labelled being moved across 19 nations and 15 languages. *Emotion*, *19* (3), 402-424.

表2 国別の「感動反応尺度」得点（平均値）

国	ポジティブ感情	爽快感	困難さ	感動	涙	あたたかさ	克服	鳥肌	超越した力	驚き
ドイツ	3.95	3.30	4.12	5.72	5.48	3.98	3.36	4.27	4.08	4.38
フランス	4.44	4.08	3.09	5.12	4.16	3.90	3.28	3.74	3.40	3.88
アメリカ	5.49	4.83	3.05	5.41	4.29	5.04	3.46	3.68	4.10	4.16
オーストラリア	5.37	4.73	2.87	5.31	4.04	5.02	3.45	3.62	3.96	4.07
インド	5.13	4.89	3.78	5.61	4.48	5.10	4.71	4.33	4.87	5.12
アルゼンチン	5.28	4.92	3.57	5.88	5.18	4.97	4.27	4.25	4.52	4.92
フィリピン	5.46	5.04	3.33	5.67	4.75	5.39	4.48	4.15	4.63	4.89
スペイン	5.35	5.00	3.24	5.82	4.93	5.17	4.06	4.41	4.75	4.89
南アフリカ	5.40	5.05	3.47	5.84	4.71	5.29	4.13	4.33	4.77	4.76
中国	5.45	4.90	2.23	5.77	5.22	5.94	4.41	2.47	4.92	3.82
日本	5.81	4.79	1.90	5.74	4.89	5.58	3.76	3.97	4.59	4.71

表3 国別・クラスタ別の「感動」因子の得点（平均値）

国	対人	ネガティブ	達成	スポーツ	宗教	アート	旅行・自然
ドイツ	5.80	5.66	5.65	5.13	6.16	5.24	5.22
フランス	5.17	5.10	4.66	4.91	4.64	4.95	5.00
アメリカ	5.52	5.30	5.56	5.33	5.68	5.42	5.22
オーストラリア	5.41	5.31	5.08	4.98	5.63	5.19	5.23
インド	5.64	5.62	5.71	5.82	6.04	5.70	5.78
アルゼンチン	6.03	5.88	5.17	5.63	6.15	5.73	5.88
フィリピン	5.69	5.66	5.68	5.66	5.82	5.63	5.64
スペイン	5.96	5.78	5.20	5.56	6.15	5.41	5.55
南アフリカ	5.92	5.74	5.96	5.98	6.01	5.74	5.77
中国	5.80	5.81	5.75	5.57	6.20	5.64	5.48
日本	5.94	5.65	5.19	5.89	5.60	5.80	5.53

感動（*Kando*）の心的構造（3）：感動の国際比較における共感性・文化特性との関連

Mental structure of *kando* (3): The relevance to empathetic and cultural attributes in cross-cultural comparison of *kando*

上宮 愛[1,4]，正田 悠[2,4]， 安田 晶子[3,4]，祐伯 敦史[4]，伊坂 忠夫[4]
Ai Uemiya, Haruka Shoda, Shoko Yasuda, Atsushi Yuhaku, Tadao Isaka

[1]金沢大学，[2]京都市立芸術大学，[3]一橋大学，[4]立命館大学
Kanazawa University, Kyoto City University of Arts, Hitotsubashi University, Ritsumeikan University
auemiya@staff.kanazawa-u.ac.jp

概要

本研究では，「感動」の文化的な違いについて検討することを目的として，日本を含む 11 カ国における大規模な国際調査を行った。参加者に，感動反応尺度，共感性を測定する「対人反応性指標」，文化的な違いを測定する「文脈依存度を測定する質問紙」，「分析的思考-包括的思考尺度」への回答を求めた。結果より，多くの国において，「共感的関心」と「感動」，そして，「因果性」と「感動」との間に高い相関がみられた。これらの結果より，文化の違いを超えて「感動」には共通する要因が含まれることが示された。

キーワード：感動（*kando*），文化比較（cross-cultural comparison），共感性（empathy）

1. 目的

「感動」は，英語では being moved，being touched などのように表現される場合が多いが，実際にこれらの概念が「感動」と同じものを指すのかという点については議論がある（Yasuda et al., 2022）。Zickfeld et al.（2019）は，19 カ国を対象とした国際比較を通して，「感動」と類似する“kama muta”（サンスクリット語で「愛に動かされる」という意味）と呼ばれる概念が，複数の文化において共通する要素を持つことを示した。しかし，それぞれの文化のどのような側面が「感動」と関連するのかについて検討した研究はない。本研究では，大規模な国際調査を通して各文化のどのような側面が「感動」と関連するのかについて検討することを目的とする。加えて，“kama muta”の中心的な要素とされている「共感性」についても検討することにより，感動と“kama muta”との関連についても合わせて検討を行う。

2. 方法

本研究は「立命館大学における人を対象とする研究倫理審査委員会」の承認を得て実施した。

2-1. 参加者

本調査はオンライン調査の形式で実施した。2023 年 11 月 28 日～12 月 8 日の期間でデータ収集がお行われた。日本・中国・インド・フィリピン・オーストラリア・スペイン・ドイツ・フランス・南アフリカ・アメリカ・アルゼンチンの 20 代から 50 代までの男女を対象とした。性別および年代が同程度に配分されるよう，データ収集を行なった。各国 600 名以上の回答を得た。得られたデータのうち，トラップ設問（「この回答にはかならず 3 を選んでください」など）に引っかかった回答者，および，質問紙尺度においてすべて同じ回答を選んでいる回答者は分析より除外した。最終的には，4044 名の参加者の回答を分析の対象とした。

2-2. 調査票

調査画面の冒頭において，「生活の中で，心を動かされたり，何かが心に触れた感じがしたり，あるいは強い印象を受けること」を「感動」と呼ぶと定義した上で，これまでに最も感動した出来事についての記述を参加者に求め，その後複数の尺度への回答を求めた。

感動反応尺度：調査の冒頭で参加者が記述した，「これまでに最も感動した出来事」について，感動反応尺度 (11 因子 33 項目，Shoda et al., under review) の各項目が当てはまる程度を 7 件法により回答するよう教示した。感動反応尺度は，感動に伴って生じる反応を 11 因子から測定するものであり，その得点が高くなるにつれ感動時にどのような反応が並行して生じていることを示すものである。11 因子は，それぞれ「ポジティブ感情」「爽快感」「困難さ」「感動」「涙」「あたたかさ」「克服」「鳥肌」「畏怖」「超越した力」「驚き」である。本研究では，11 因子の中でも，「感動」因子の得点と共感性，文脈依存度，そして，分析的思考-包括的思考との関連について検討を行う。

対人反応性指標（Interpersonal Reactivity Index；IRI）：

IRI は，「個人的苦痛」，「想像性」，「共感的関心」，「視点取得」の 4 因子により構成される（日道ら，2017）。参加者は， 28 項目について 5 件法により回答した。

文脈依存度を測定する質問紙（Context dependency Questionnaire）: Hall (1976)は，文化とコミュニケーションとの関連について，「コンテクスト(Context)」と呼ばれる文化的次元を用いた説明を行った。参加者は，文脈への依存を測定するための質問紙（17 項目； Wu et al., 2022）について，5 件法により回答した。本質問紙では，その得点が高くなるにつれ文脈に依存したコミュニケーションを行うことを示すものである。

分析的思考−包括的思考尺度（Analysis-Holism Scale；AHS）: AHS は,「因果性」,「異なる意見に対する態度」,「変化の知覚」，「注意の所在」の 4 つの因子により構成される（Choi et al., 2007）。参加者は，24 項目に対して 7 件法により回答を行った。

これらの調査項目は，日本語版を英語，仏語，独語，スペイン語，中国語に翻訳して使用した.

3. 結果と考察

感動反応尺度の「感動」因子の得点と IRI との関連について表 1 に示した。多くの国において,「感動」と「共感的関心（同情などの他者志向的感情の喚起されやすさ）」との間に高い相関があることが示された。これは，先行研究などで定義されている“kama muta”の研究結果と同じ傾向性を示す（Zickfeld et al., 2017）。共感は感動の個人差を説明する指標であり，文化を超えて共通する関連がみられることが示された。

表1 感動反応尺度の感動因子とIRIの国別の相関

	個人的苦痛	共感的関心	視点取得	想像性
ドイツ	0.03	**0.30**	0.24	0.17
フランス	0.02	0.21	0.22	0.21
アメリカ	-0.05	**0.30**	0.27	**0.32**
オーストラリア	0.06	**0.39**	**0.32**	**0.33**
インド	0.05	0.28	**0.32**	0.21
アルゼンチン	0.00	**0.30**	0.24	0.22
フィリピン	0.06	**0.31**	0.29	0.25
スペイン	-0.03	**0.32**	0.28	0.27
南アフリカ共和国	-0.09	0.20	0.11	0.11
中国	-0.01	**0.37**	**0.32**	**0.37**
日本	0.12	**0.33**	0.21	0.25

次に，感動の文化差についての結果を表 2 に示した。多くの国において，「感動」と「因果性」との間に高い相関がみられた。「因果性」とは,「すべての物事は何らかの関係で結びついている」という考え方であり，この結果は，人とのつながりが感動を引き起こすという“kama muta”の研究とも共通する結果であるといえる。

表2 感動反応尺度の感動因子とコンテクスト・AHS尺度との国別相関

		Analysis-Holism Scale			
	コンテクスト	因果性	異なる意見に対する態度	変化の知覚	注意の所在
ドイツ	0.04	**0.31**	0.24	0.06	**0.31**
フランス	0.22	**0.31**	0.28	0.16	0.26
アメリカ	0.09	**0.38**	**0.33**	0.20	**0.31**
オーストラリア	0.14	**0.39**	**0.34**	0.09	**0.31**
インド	0.34	**0.38**	0.20	0.15	0.28
アルゼンチン	0.09	0.26	0.24	0.11	0.20
フィリピン	0.14	**0.35**	0.24	0.04	0.22
スペイン	0.13	**0.35**	**0.34**	0.12	0.29
南アフリカ共和国	0.04	0.18	0.14	0.13	0.18
中国	0.16	**0.39**	0.28	0.08	0.24
日本	0.07	**0.34**	0.27	0.22	**0.31**

4. 利益相反の開示

本研究は，立命館大学とヤマハ発動機株式会社との間に締結された共同研究プロジェクト「感動 (Kando) を科学する」の一環として実施されたものである。

5. 引用文献

Choi, I., Koo, M., & Choi, J. (2007). Individual differences in analytic versus holistic thinking. *Personality and Social Psychology Bulletin, 33*(5), 691-705.

Hall, E. T. (1976). Beyond culture. Anchor Books/Doubleday.

日道 俊之・小山内 秀和・後藤 崇志・藤田 弥世・河村 悠太・Davis, M .H.・野村 理朗. (2017). 日本語版対人反応性指標の作成. *心理学研究, 88*(1), 61-71.

Shoda, H., Yasuda, S., Uemiya, A., Yuhaku, A., & Isaka, T. (under review). Uncovering the essence of moving experiences in Japanese culture: Development and validation of a *Kando* Reaction Scale.

Wu, C., Yama, H., Zakaria, N. (2022). How do Japanese and Chinese view each other? Understanding the meaning of low-context culture in intercultural communication. *Global Networks,* 1-10.

Yasuda, S., Shoda, H., Uemiya, A., & Isaka, T. (2022). A review of psychological research on kando as an inclusive concept of moving experiences. *Frontiers in Psychology, 13* (974220).

Zickfeld, J. H. et al. (2019). Kama Muta: Conceptualizing and measuring the experience often labelled being moved across 19 nations and 15 languages. *Emotion, 19* (3), 402-424.

Zickfeld, J. H., Schubert, T. W., Seibt, B., and Fiske, A. P. (2017). Empathic concern is part of a more general communal emotion. *Frontiers in Psychology. 8*, 723.

感情遷移ネットワークの分析による感情モデルの検討
Investigating the emotion model by analyzing the transition network of emotions

岩城 史享，高橋 達二
Fumitaka Iwaki, Tatsuji Takahashi
東京電機大学
Tokyo Denki University
23rmd06@ms.dendai.ac.jp

概要

本研究は，実験を行い収集したデータから感情遷移ネットワークを作成し，その構造を感情の輪と比較する．さらに，感情の類似性，関連性，遷移ネットワークに 3 つの埋め込み手法を適用し感情の分散表現を獲得する．そして，基本感情同士の演算で混合感情が表現できるかを検討する．感情遷移ネットワークと感情の輪の構造は大部分での類似性と局所的な相違点が確認できた．また，分散表現の演算により感情同士の関係がモデリングできる可能性が示唆された．

キーワード：感情，ネットワーク

1. はじめに

認知と感情の相互作用については，幅広い議論がなされている．その中で，認知と感情の関係の仕方は主に 2 通りあるとされている (Imbir, 2016) ．一つ目は，認知が感情の基礎になり得るという仕方である (Hulsey & Hampson, 2014)．例えば，感情の認知的評価理論では，全ての感情プロセスの根底には認知システムがあるとされている (Smith & Ellsworth, 1985) ．二つ目は，感情プロセスが認知的結果を持ち得るという仕方である．感情が認知に与える影響についてはいくつか理論が提唱されている．感情状態が人の記憶再生に影響を与えることは気分一致効果と呼ばれ，感情ネットワーク理論として説明されている (Bower, 1981) ．また，Frogas は課題内容や判断対象の性質，認知的努力の高低により，感情が異なる影響を判断プロセスに与えることを示した包括的なモデルを提案した (Forgas, 1995) .

自然言語処理や機械学習などの分野では，感情分析に関する研究が盛んに行われている (Acheampong et al., 2020) ．それらの一部の研究では，Plutchik により提案された感情の輪というモデルが利用されている (Plutchik, 1980) ．Kumar と Vardhan は感情の輪から感情を採用して SNS のテキスト感情分類を試みた (Kumar & Vardhan, 2022) ．Qi らは人間とロボットのインタラクションをより自然にするため，感情の輪を利用した感情，気分，性格特性を含む感情モデルを提案し，人間の感情変化を模倣する社会的ロボットを作成した (Qi et al., 2019) .

感情の輪の妥当性に関する研究として，脳波による検証が行われている (Yamashita & Kudoh, 2022) ．しかし，その構造の妥当性についてはまだ議論の余地がある．我々は，こうした感情一つ一つを対象に特徴を抽出した後に翻って全体の構造を把握するようなアプローチに対して，感情同士の結びつきから特徴を抽出するという仕方がより有効なのではないかと考えた．以前の研究では，感情同士の類似性と関連性を考慮した感情ネットワークを作成し，その構造を感情の輪と比較した．結果として，両者は大部分で似た構造を持っていたが，局所的な違いも見られた．また Plutchik は，感情は時系列的なものであるとも述べており (Plutchik, 2001) ，我々は感情の遷移関係にも重要な手がかりがあるのではないかと考えた．

本研究では，感情の遷移関係について参加者に問う実験を行い，感情遷移ネットワークを作成した．得られたネットワークを modular decomposition of Markov chain (MDMC) (Okamoto & Qiu, 2022) というソフトクラスタリング手法を用いて分析した．そして，その構造を感情の輪と比較した．また，感情の輪では感情同士の位置関係を円環構造で表現しているが，厳密な距離は定義されていない．我々は，感情ネットワークを空間へ埋め込み，分散表現を獲得することで感情のモデル化を検討する．埋め込み手法としては，MDMC，多次元尺度構成法，Poincare embedding (Nickel & Kiela, 2017) の 3 つを採用した．それぞれの分散表現について，感情同士の類似度計算から 3 種の埋め込みと感情の輪を比較する．

本稿は，感情ネットワークの状態を特定の性質を持つ空間に埋め込むことで構造を捉えやすくし，また演算可能にすることで応用しやすくすることを目指す．応用先としては，認知と感情の相互作用のシミュレー

ションにおける認知-感情モデルの入力としての利用や，自然な感情表現をする社会的ロボットの内部表現としての利用などを現段階では想定している．

2. 感情の輪

感情の輪は Plutchik が提案した感情モデルである (Plutchik, 1980)．8 つの基本感情が円環状に並び，その内側に強派生感情，外側に弱派生感情が配置されている．また，左右で隣り合った 2 つの基本感情の間にはそれらが混ざった混合感情が位置している．隣り合う感情同士は類似しており，向かい合う感情同士は対立している．図 1 が感情の輪である．Plutchik は隣り合っていない 2 つの基本感情からなる混合感情も 16 個考案している．本実験では，それらを含めた全 48 個の感情語を日本語に翻訳して使用した．

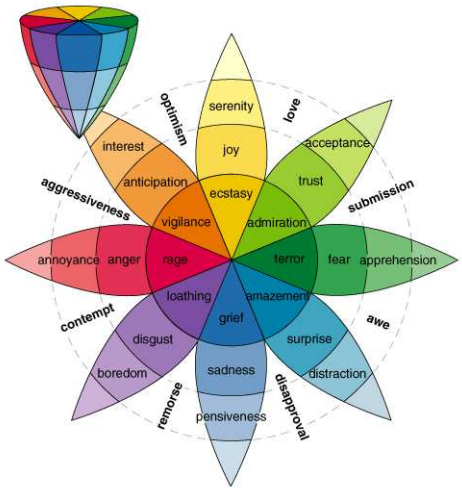


図 1 Plutchik の感情の輪 (CC-BY-SA-3.0) https://www.fractal.org/Bewustzijns-Besturings-Model/Nature-of-emotions.htm

表 1 実験に使用した感情語

基本感情	喜び 信頼 恐れ 驚き 悲しみ 嫌悪 怒り 期待
強派生感情	恍惚 感嘆 恐怖 驚嘆 悲痛 憎悪 激怒 警戒
弱派生感情	平穏 容認 心配 動揺 憂い 退屈 苛立ち 興味
混合感情	楽観 希望 不安 愛 罪悪感 歓喜 服従 好奇心 感傷 畏敬 絶望 恥 失望 不審 憤慨 自責 羨望 悲観 軽蔑 冷笑 陰鬱 積極性 誇り 優位

3. 実験

本実験は，Inohara と Utsumi の日本語の単語ペアの類似度と関連度に関する研究 (Inohara & Utsumi, 2022) と，Kawakita らの人が認識する色の類似度についての研究 (Kawakita et al., 2024) を参考にした．

3.1 実験の手続き

本実験は Web 上で自作 Web ページを用いて実施した．参加者は CrowdWorks (https://crowdworks.jp/) というクラウドソーシングサイト上で募集した．実験に使用した感情語は表 1 に示した 48 単語である．これら全ての順序対について，感情の遷移を問う質問をした．参加者には，ある感情語 A, B について，「A を感じた後に B を感じることはどのくらいよくありますか？」という質問に対し，「0: 全くない」〜「7: とてもよくある」の 8 段階からドラッグで選択し回答してもらった．また，質の悪いデータを削除するため，catch trial と double-pass という 2 つのフィルタリング処理を施した．catch trial では，途中に「n という値を選択してください」 ($n = 0, 1, ..., 7$) という質問を 2 回出題し，片方でも指示通りの値が入力されなかったデータは削除した．double-pass では，最後に今まで回答した質問の中からランダムに再度 20 問出題し，その 20 ペアに関する回答の相関係数が 0.4 未満のデータを削除した．

本実験の参加者は 20〜70 代の 360 名だった．その中で，303 名 (年齢: $M = 42.04$, $SD = 9.67$，性別: 男性 162 名，女性 140 名，その他 1 名) のデータを使用した．実験に使用した 48 個の感情語をノードとし，得られた遷移の評価値の回答者の平均を辺の重みとして感情遷移ネットワークを作成した．

4. 結果と考察

感情の類似性ネットワークと関連性ネットワークのデータは以前の研究結果 (Iwaki & Takahashi, 2024) を使用した．

4.1 感情遷移ネットワークの分析

実験により得られた感情遷移の評価値の分布を類似性，関連性と比較した．使用した各データの回答の総数は統一されていないため，割合で比較した結果を図 2 に示す．類似性は低評価値の割合が大きく，一方で関連性は高評価値の割合が大きい．感情遷移は関連性に近い分布となることがわかった．しかし，評価値 7 の時は類似性に近い分布となった．類似性は対象の感情語ペアのみに注目するため低評価値が多くなり，関連性は対象の感情語ペア以外の周囲の要素も考慮するため高評価値が多くなると考えられる．ある感情を感

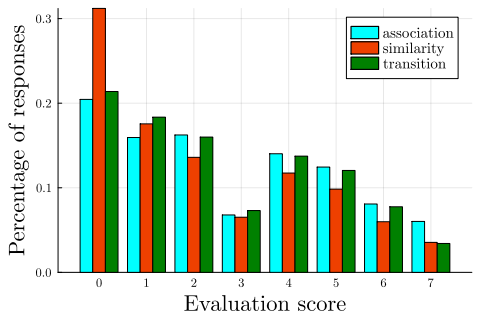


図 2　評価値の分布

じているという条件下で別の感情に移行することはどのくらい起こり得るかという遷移の評価は，類似の評価方法より関連の評価方法に近いことが示唆された．評価値 7 のとき，遷移の評価値の割合が関連に比べ小さいことは，関連と比較すると遷移は評価値 6 と 7 の間の差が大きいことを示唆している．これについて，人は自身の経験から感情遷移のような事象の判断をするときは，その事象に対する最大の肯定をしづらい傾向にあるのではないかと考えた．

次に，MDMC を用いて感情遷移ネットワークのコミュニティ抽出を行った結果を表 2 に示す．MDMC は事前に総コミュニティ数を決めておく必要があり，今回はその数を 10 とした．また，MDMC には解像度のパラメータ α があり，この値が小さいほどネットワークはより多くの，より小さなコミュニティに分解される．今回は $\alpha = .0001$ とした．k はコミュニティ番号であり，恣意的に割り振った．MDMC によるコミュニティ抽出の結果，6 つのコミュニティに分かれた．この結果と感情の輪の構造を normalized mutual information (NMI) で比較した．この指標は，2 つのクラスタリング間に相互情報量があれば 1 に近い値をとり，なければ 0 に近い値を取る．感情の輪では，基本感情とその派生感情の集合を 1 つのクラスタとみなした．感情の輪と遷移ネットワークの NMI は 0.77 だった．以前の結果で，類似性ネットワークは 0.81，関連性ネットワークは 0.71 という値をそれぞれ感情の輪との NMI で示した．いずれも感情の輪の構造との間に相互情報量があると考えることができる．他方で，感情の輪では驚きが悲しみに近い場所にあるが表 2 では信頼と同じコミュニティに分割されていることや，基本感情と派生感情という関係の期待と警戒が信頼と恐れという別々のコミュニティに分解されているなどの違いも見られる．これらの違いは類似性と関連性でも確認できており，今回の結果もそれを支持する形となった．

表 2　感情遷移ネットワークのコミュニティ抽出結果

k	member
1	喜び 平穏 容認 楽観 希望 誇り
2	信頼 驚き 期待 恍惚 感嘆 驚嘆 興味 愛 歓喜 好奇心 積極性 優位
3	恐れ 恐怖 心配 動揺 警戒 不安 不審
4	悲しみ 悲痛 憂い 憎悪 罪悪感 服従 感傷 絶望 恥 失望 自責 嫉妬 悲観 冷笑 陰鬱
5	嫌悪 怒り 激怒 苛立ち 憤慨 軽蔑
6	退屈

4.2　感情ネットワークの埋め込み

感情の類似性，関連性，遷移のネットワークから，次の 3 つの手法を用いてそれぞれ感情の分散表現を獲得した．一つ目は MDMC を用いた方法である．MDMC はソフトクラスタリング手法であり，計算過程でノード毎のコミュニティの確率分布 $p(k|i)$ を生成する．これを分散表現として使用できないかと考えた．二つ目は多次元尺度構成法 (MDS) である．MDS は非類似度行列を線型空間に埋め込む手法である．今回は，ネットワークの全ての辺の重み W に対し，$7 - w \quad (w \in W)$ という変換を施すことにより非類似度行列を作成して使用した．三つ目は Poincare embedding である．これは双曲空間埋め込みの手法であり，階層構造を表現することに長けているとされる．Poincare embedding は辺の重みを考慮できないため，重みが 4 未満の辺を削除したネットワークを使用した．各手法で埋め込みを行った後，感情の輪で提案されている混合感情をどの程度表現できるかについて調べた．各ネットワークは感情の輪と相互情報量があるため，ネットワークに基づいた基本感情の分散表現から混合感情を表現できるのではないかと考えた．ある 2 つの基本感情とそれらが混ざった混合感情について，まず 2 つの基本感情の分散表現の各成分を平均した．そして，その分散表現の近傍何番目に対象の混合感情が位置しているかを求めた．近傍の探索には cosine 類似度を使用した．Plutchik が提案した混合感情は 24 個あり，その全てについて 2 つの基本感情の近傍における順位を算出した．以上の処理を埋め込み手法とネットワークの種類ごとに行い，それぞれ近傍順位の平均をとり比較した．結果を表 3 に示す．それぞれ 48 感情語中の順位である．MDMC が最も良い成績となった．MDMC はネットワークのコミュニティ抽出手法であるため，最もネットワークの構造を反映した分散表現を獲得することができたと考えられる．一方で Poincare embedding は他手法と比べ表現力の悪さが目立った．理由としては，用いたネット

表 3　埋め込み手法，ネットワークの種類ごとの 2 つの基本感情の平均分散表現に対する混合感情の近傍順位の平均 (分散)

	similarity	association	transition
MDMC	10.92 (10.73)	11.25 (10.53)	11.17 (10.59)
MDS	13.08 (12.72)	13.54 (10.20)	13.46 (11.12)
Poincare	16.13 (13.63)	18.92 (14.26)	19.63 (15.59)

ワークが階層構造を持っていなかったことが考えられる．一般にネットワークにスケールフリー性があると階層的であると言われ，スケールフリー性を持つネットワークは次数分布にべき乗則が現れる．図 3 に類似性，関連性，遷移ネットワークの次数分布を示す．3 つのネットワークはすべて重み付きグラフであるため，次数は重み付きの入次数と出次数の平均と定義した．図 3 を見ると．3 つのネットワークの次数分布

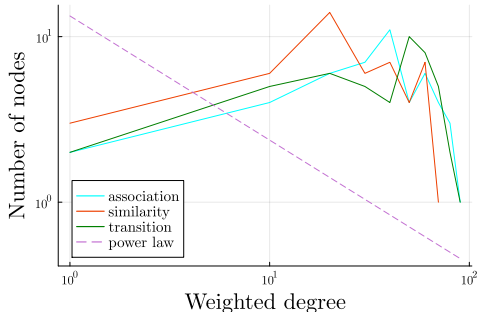


図 3　各ネットワークの次数分布

はいずれもべき乗則を示しておらず，各ネットワークはスケールフリー性を持たない，つまり階層性を有していないことがわかる．したがって，これらのネットワークの埋め込みに Poincare embedding は有効でないことが示唆された．

5. おわりに

本研究では，まず認知実験を行い感情の遷移についてのデータを収集した．得られたデータから感情遷移ネットワークを作成し，その構造を感情の輪と比較した．結果として，大部分で似た構造が確認されたが，他方で局所的な違いも見られた．これは，以前行った類似性と関連性ネットワークに基づく検証結果を支持する形となった．また，3 つの埋め込み手法を用いて類似性，関連性，遷移ネットワークから感情の分散表現を獲得した．そして，基本感情同士の演算で混合感情がどれくらい表現できるかを検証し，MDMC が最も混合感情に近い分散表現を得られることを示した．

我々は今回得られた分散表現を用いて，感情の入出力や感情同士の関係をモデリングできる可能性があるのではないかと考える．また，感情-認知モデルの入力やパラメータとして用いることで，認知と感情の相互作用のシミュレーションにも応用できるのではないかと考えている．さらに，より円滑なヒューマンエージェントインタラクションに向けた社会的エージェントへの応用も目指すところである．

文　献

Acheampong, Francisca A., Wenyu, C., Nunoo-Mensah, H. (2020). Text-based emotion detection: Advances, challenges, and opportunities. *Engineering Reports*, *2*(7), e12189. https://doi.org/10.1002/eng2.12189

Bower, G. H. (1981). Mood and memory. *American Psycologist*, *36*(2), 129–148. https://doi.org/10.1037/0003-066X.36.2.129.

Forgas, J. P. (1995). Mood and judgement: the affect infusion model (AIM). *Psychological Bulletin*, *117*(1), 39–66. https://doi.org/10.1037/0033-2909.117.1.39

Hulsey, Timothy L. & Hampson, Peter J. (2014). Moral expertise. *New Ideas in Psychology*, *34*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2014.02.001

Imbir, Kamil K. (2016). From heart to mind and back again. A duality of emotion overview on emotion-cognition interactions. *New Ideas in Psychology*, *43*, 39–49. https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2016.04.001

Inohara, K. & Utsumi, A. (2022). JWSAN: Japanese word similarity and association norm. *Lang Resources & Evaluation*, *56*, 109–137. https://doi.org/10.1007/s10579-021-09543-7

Iwaki, F. & Takahashi, T. (2024). Investigating the structure of emotions by analyzing similarity and association of emotion words. *The Twenty-Ninth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2024*.

Kawakita, G., Zelenikow-Johnston, M. A., Takeda, K., Tsuchita, N., Oizumi, M. (2024). Is my “red” your “red”?: Unsupervised alignment of qualia structures via optimal transport. *ICLR 2024 Workshop on Representational Alignment*, pp. 1–9. https://openreview.net/forum?id=4kY8ziFgGy

Kumar, P. & Vardhan, M. (2022). PWEBSA: Twitter sentiment analysis by combining Plutchik wheel of emotion and word embedding. *International Journal of Information Technology*, *14*, 69–77. https://doi.org/10.1007/s41870-021-00767-y

Nickel, M. & Kiela, D. (2017). Poincaré embedding for learning hierarchical representation. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *30*, pp. 1–10. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/file/59dfa2df42d9e3d41f5b02bfc32229dd-Paper.pdf

Okamoto, H. & Qiu, X. (2022). Detecting hierarchical organization of pervasive communities by moodular decomposition of Markov chain. *Sci Rep*, *12*, 20211. https://doi.org/10.1038/s41598-022-24567-x

Plutchik, R. (1980). *Emotion: Theory, reaserch, and experience: Vol. 1. Theories of emotion*. Academic Press. https://doi.org/10.1016/C2013-0-11313-X

Plutchik, R. (2001). The nature of emotions: Human emotions have deep evolutionary roots, a fact that may explain their complexity and provide tools for clinical practice. *American Scientist*, *89*(4), 344–350. https://doi.org/10.1511/2001.28.344

Qi, X., Wang, W., Guo, L., Li, M., Zhang, X., Wei, R. (2019). Building a Plutchik’s wheel inspiered affective model for social robots. *Journal of Bionic Engineering*, *16*(2), 209–221. https://doi.org/10.1007/s42235-019-0018-3

Smith, C. A., & Ellsworth, P. C. (1985). Patterns of cognitive appraisal in emotion. *Journal of personality and social psychology*, *48*(4), 813–838.

Yamashita, T., Kudoh, S. N. (2022). Elucidation of validity of emotion model on EEG and facial expression. *2022 Joint 12th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 23rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS)*, pp. 1–4. http://dx.doi.org/10.1109/SCISISIS55246.2022.10001972

文脈に応じたSynset選択に基づく単語の定量的意味抽出の検討
A Study on Context-Based Synset Selection for Quantitative Meaning Extraction of Words

佐々木 康佑 †，西川 純平 †，森田 純哉 †
Kosuke Sasaki, Jumpei Nishikawa, Junya Morita
† 静岡大学
Shizuoka University
sasaki.kosuke.19@shizuoka.ac.jp

概要

本研究は，文脈に応じた Synset 選択に基づき単語の定量的意味を抽出する手法を検討した．入力単語のカテゴリを区別して定量的意味を抽出し，ロボットのジェスチャーに反映させることで，人間が持つ定量的な軸を抽出することを目指した．ジェスチャーと発話の自然さを評価する実験を行った結果，文脈を考慮したアプローチにおいて，カテゴリだけでなく各単語に着目するなど，さらなる文脈の考慮が必要であることが示された．

キーワード：言語, 自然言語処理, ロボティクス

1. はじめに

人間の扱う言語は身体的な経験と密接に関連している．Lakoff and Johnson (2008) によると，人間の語彙はメタファーの利用，つまり過去の類似の経験に基づいて新しい状況にラベル（単語）を割り当てることによって構築されてきた．このような身体的な経験からの概念へのマッピングを “プライマリーメタファー” と呼ぶ．そして，人間の発話においてはプライマリーメタファーがアイコニックジェスチャーとして現れる (Li et al., 2023; Saund et al., 2022).

言語と身体の関係は他の認知科学の理論分野においても活発に議論されている．例えば，Hawkins (2021) は各概念の背後には概念に関する知識を内包する連続的な空間が存在し，言語などを介在することで身体動作に変換されるという座標系理論を提案した．このような言語と身体の結びつきをより深く理解するには単語の記号的意味と数量的意味を変換できる計算モデルを確立する必要がある．

そのようなモデルに至るための具体的なアプローチとして，Grand et al. (2022) は，単語分散表現のベクトル空間上で「大きさ」や「危険性」などの定量的な文脈に基づく軸を定義する手法を提案し，単語間の関係を抽出した．しかし，このアプローチには，軸の定義における類義語の恣意的な選択，単語のカテゴリの考慮不足といった問題がある．この点から，著者らはシソーラスを利用して軸を定義し，カテゴリの違いを考慮した「大きさ」の数量的意味を算出する手法を検討してきた (Sasaki et al., 2023; 佐々木他, 2023)．ただし，著者らによる従来の手法においても，人間の有する定量的な軸を十分に抽出できたとは言い難い．そこで，本研究ではこれまでの著者らのアプローチについて再検討を進め，文脈を考慮することで単語の定量的な意味を抽出することを目的とする．

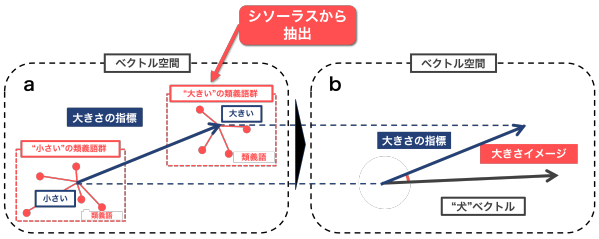


図 1　提案手法の概要

単語の意味は単体では曖昧であるが，文脈によって意味が明確になる．例えば，「犬」という単語に関する発話をする際，ペットという話題においては大きいイメージを持つが，生物全般に関する話題においては小さいイメージを持つ．このような事例を考慮し，本研究では単語の所属カテゴリが文脈として与えられた際の単語の定量的な意味の抽出を試みる．

2. 大きさイメージの抽出手法

筆者らの先行研究 (Sasaki et al., 2023) により提案された手法は，単語のカテゴリを考慮したシソーラスベースのアプローチである．この手法の概要を図 1 に示す．先行研究では，概念の定量的な軸として，「大きさ」に焦点を絞っている．そして，単語の “大きさイメージ” を検討する際に，「大きい」と「小さい」の両極からなる軸を “大きさの指標” ととらえ，“大きさの指標” と入力単語のベクトルのコサイン類似度を入力単語の “大きさイメージ” と定義する．

まず “大きさの指標” の両極を定義するため，シソー

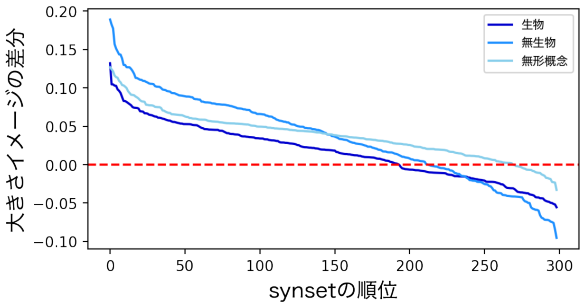


図 2 “大きさの指標” の差分分布

ラスを参照して得られた類義語を利用する．シソーラスでは，類義語はそれらの意味ごとに集合 (synset) として定義されるため，集合の平均ベクトルを計算する．次に，これらの synset から最も人間の認識と整合する “大きさイメージ” を生成できる “大きさの指標” の極座標を定める．その際，人間に対する調査から得られる生物・無生物・無形概念における大きい・小さい単語の距離を最大化させる大きさイメージを調べる．これらの単語はクラウドソーシングによる調査により取得した．この大きさイメージが形成される synset の組み合わせを求めることで “大きさの指標 ‘’ とする．大きい単語と小さい単語の大きさイメージの差分が大きいほど，人間が大きいと認識する単語を大きく，人間が小さいと認識する単語を小さく評価していることを示す．そのため，この差分が最大化された synset の組み合わせを利用することで概念の定量的な軸を抽出できると考える．

図 2 は調査により得られた大きい単語と小さい単語の距離を synset ごとに算出した結果を示す．本研究においてはカテゴリ間の違いを考慮するため，各カテゴリにおいて最も差分の大きい synset の組み合わせを用いることで “大きさの指標” を算出する．このような “大きさの指標” を用いて生成された “大きさイメージ” を身体動作の大きさにマッピングすることでジェスチャーが生成される．

先行研究 (Sasaki et al., 2023) に基づき生成された “大きさイメージ” を反映した，ロボットのジェスチャーの例を図 3 に示す．本研究においては単語分散表現から得られる “大きさイメージ” を利用した，より基本的な意味の軸に基づく大域的な動作に着目している．そのため，本研究で扱うロボットは腕と肩に関節を有しており基本的な動作を設計することが可能であれば良い．この条件を満たしたロボットとして，本研究では Vstone 社による小型コミュニケーションロボット Sota を用いた．

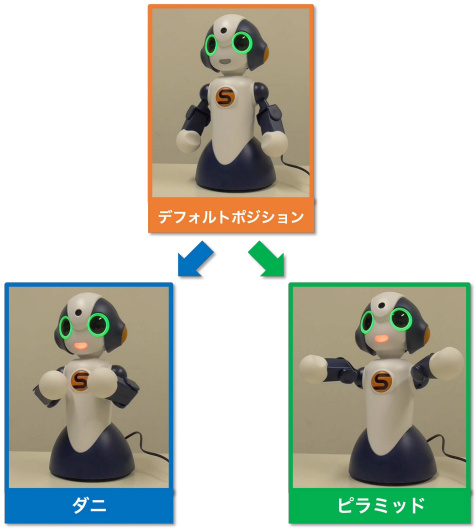


図 3 ジェスチャーの生成例（左下：ダニ，右下：ピラミッド）

3. 方法

先行研究の実験をベースに，算出される “大きさの指標” を変更したジェスチャーを用いた実験を実施した．分析において，先行研究では生物・無生物・無形概念をまとめた汎用的な “大きさの指標” を定義していたのに対し，本研究では 2 章に示した手順によりカテゴリごとに独立の指標を定義した．そして，調査により得られた大きい単語と小さい単語の “大きさイメージ” の差分が最も大きい synset の組み合わせを実験群，最も差分の小さい組み合わせを対照群とした．

3.1 材料

本研究では，Sota の腕と肩と首の関節のパラメータを “大きさイメージ” によって制御することによりジェスチャーを生成する．本研究における Sota のデフォルトの姿勢は図 3（上）のように肩を落とし，腕を少し曲げた状態である．この状態から，腕と肩と首の関節のパラメータを変化させ，単語の大きさに対応したジェスチャーを生成する．“大きさイメージ” の値が最も大きい時には，図 3 右下のような姿勢を，値が最も小さい時には図 3 左下のような姿勢を取るよう設定した．最大値と最小値以外の値については，“大きさイメージ” の値に基づいてこれらの姿勢を最大最小とした範囲に紐づけられるよう設定した．

3.2 参加者

本実験にはクラウドソーシングサイト Lancers で募集した 300 名が参加した．それぞれの参加者は，依頼画面に表示された説明をに同意した上で実験に参加した．報酬は 100 円であった．

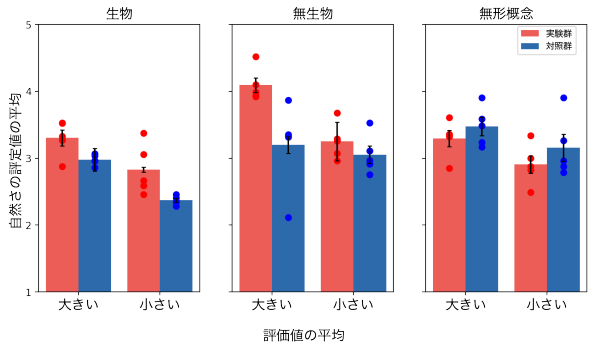


図 4　自然さの評定値（ドットは各単語の評定値）

3.3　手続き

先行研究における人間に対する調査において得られた 29 の単語について生成されたジェスチャーをキャプチャした動画（約 4 秒）を実験群・対照群双方で作成した．なお，29 の単語としたのは大きい無形概念と小さい無形概念の双方で「心」が出現したためである．

実験は，参加者が専用のサイトを訪問することで行った．サイトには，実験群と対照群の 58 本の動画から，参加者ごとにランダムに選択された 14 本の動画が配置された．これらの動画の間に，指定された数字を回答するように指示するダミーの動画が 1 本挿入された．各動画の下部には，「自然さ」を問う質問項目を設け，ジェスチャーを行うロボットの自然さを単語ごとに 5 段階で評価してもらった．なお，自然さとは言葉と動作の意味が対応しているかということと参加者に教示した．これらの手続きにより，提案手法が言語と身体の結びつきを表現できるのかを検証した．

4.　結果

各カテゴリにおける自然さの評定値の平均値を図 4 に示す．図に示されるように，実験群と対照群の差は大きい無生物というカテゴリのほかは顕著ではない．この結果は，先行研究と類似するものである．これらの結果の原因を調査するため，各単語の評定値に着目すると，「アリ」「ノミ」（小さい生物）「宇宙」（大きい無形概念）「嫉妬」「妬み」（小さい無形概念）において対照群が実験群を上回っていた．詳細な分析のため，図 2 で示した各 synset の組み合わせにおける各単語の “大きさの指標” を比較した．結果は図 5 に示されており，各図におけるプロットが各 synset における “大きさの指標”，青色の線は図 2 に示した差分を表す．

「アリ」や「ノミ」は調査において「小さい」単語として回答された．そのため，大きい単語と小さい単語の差分を最大化した上位の Synset において，“大きさの指標” は小さい値となるべきである．だが，プロットからは，これらの単語の上位の synset の方が下位の synset よりも “大きさの指標” の値が大きい傾向があることがわかる．また，「宇宙」においては synset の順位に関わらず全体的に “大きさの指標” が大きく，最上位の synset と最下位の synset の差分が顕著ではない．「嫉妬」や「妬み」においては他の単語と比較して非常にばらつきが大きい．

5.　まとめ

本研究の結果は，文脈に応じた synset の選択においては単語間の違いを考慮する必要があることを示している．「アリ」，「ノミ」，「嫉妬」，「妬み」においては上位の synset で想定通りの結果が得られておらず，カテゴリ間の違いだけでなく単語間の違いを考慮することが有効である可能性を示唆する．「宇宙」においては他の単語と比較しても規模の大きい単語であるにも関わらず大きな差分が表れていないことから，本研究のシソーラスベースのアプローチでは大きさを判別することが困難であることを示唆する．

今後は LLM を活用した大きさイメージの生成方法を検討することで文脈を考慮することを目指す．現在 Meta 社の提供する LLM である llama3 を用いることで人間の認識と同様に大きさを判別できることを確認している．今後は llama3 を提案手法に組み込み，よりインタラクションに踏み込んだ検討を進める．

文　献

Grand, G., Blank, I. A., Pereira, F., and Fedorenko, E. (2022). “Semantic projection recovers rich human knowledge of multiple object features from word embeddings,” *Nature human behaviour*, 6(7), 975–987.

Hawkins, J. (2021). *A thousand brains: A new theory of intelligence*, New York: Basic Books.

Lakoff, G. and Johnson, M. (2008). *Metaphors we live by*: University of Chicago press.

Li, M., Aussems, S., and Kita, S. (2023). Is adults’ ability to interpret iconicity shared between the spoken and gestural modalities?, Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 46.

Sasaki, K., Nishikawa, J., and Morita, J. (2023). “Body movement construction based on distributionally represented size image,” in *Virtual MathPsych/ICCM 2023*.

Saund, C., Matuszak, H., Weinstein, A., and Marsella, S. (2022). “Motion and Meaning: Data-Driven Analyses of The Relationship Between Gesture and Communicative Semantics,” in *Proceedings of the 10th International Conference on Human-Agent Interaction*, 227–235.

佐々木康佑・純平西川.・森田純哉 (2023). 単語分散表現を用いた概念の数量的意味獲得”, 2023 年度第 40 回日本認知科学会大会論文集，511–514，日本認知科学会.

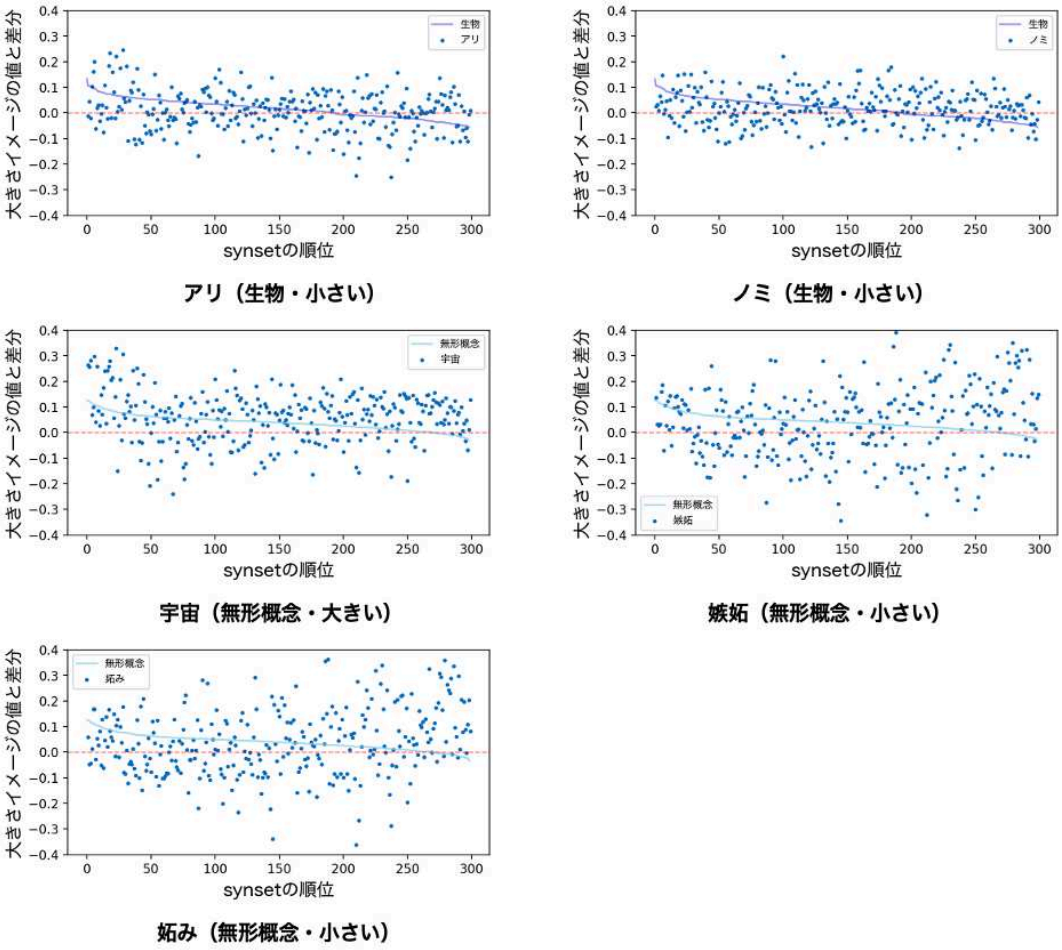


図 5　各単語の大きさイメージ分布

スクロール表示された画像内の物体間の相対位置の符号化
Encoding of Relative Location Between Objects in Scrolling Display

藤井 佑実子[†‡*], 森田 ひろみ[†]
Yumiko Fujii, Hiromi Morita

[†]筑波大学 図書館情報メディア系
Institute of Library, Information and Media Science, University of Tsukuba
[‡]東京女子医科大学 統合教育学修センター
Center for Medical and Nursing Education, Tokyo Women's Medical University
[*] fujii.yumiko@twmu.ac.jp

概要

携帯型情報端末で画像を見る際には画像を動かしながら小さな画面内で断片ごとに見るため、画像内の物体位置を知覚するのが困難になる可能性が考えられる。本研究では心理学実験を用いて、スクロール表示された画像内の物体間の相対位置の符号化特性を明らかにすることを目的とした。実験の結果、スクロール表示による位置の符号化の正確さについて、物体間の方向関係の誤差は全体視に比べて大きいが、距離の誤差は小さいことが示唆された。

キーワード：視知覚、位置知覚、スクロール

1. はじめに

私たちは日常的に携帯型情報端末の小さな画面(窓)を通してスクロールしながら様々な画像を閲覧している。携帯型情報端末の普及により、現在ではこのような視覚情報処理は日常的な視覚入力の多くを占めるが、その特性は未だ明らかではない。

小さな窓を通してスクロール表示された画像を観察する場合、全体視と比べて主に次のような視覚情報処理上の特徴が生じる。１つ目は可視領域が制限されるため、画像を断片ごとに窓内に表示させて継次観察することである。継次観察が物体位置の符号化に与える影響を調べた先行研究では、物体の空間配列が物体ごとに継次提示される場合よりも、すべての物体が同時提示される場合の方が物体位置や物体間の位置関係をより正確に符号化できることを示唆している [1][2][3]。このことから、画像を断片ごとに継次観察するスクロール表示では、物体位置の符号化の正確性が低下する可能性が考えられる。

しかし、スクロール表示では観察中に画像の絶対位置を移動させるが、先行研究における継次提示法では、画像は動かずその場で観察できる点が異なるため、物体位置の符号化に与える影響も両者間で異なる可能性がある。このように、スクロール表示された画像を観察するときの視覚情報処理上の主な特徴の２つ目は、スクロールすることにより観察中に画像の絶対位置が移動することである。物体知覚の過程では、注意を向けた位置に基づいて物体が符号化されること[4]を踏まえると、スクロール表示では観察中に画像が移動することで物体位置の符号化が困難になる可能性が考えられる。

以上のように、スクロール表示は物体位置の符号化に影響を与えることが考えられる。そこで我々は以前、スクロール表示における画像内の物体の絶対位置の符号化の特性について検討した[5][6]。実験では参加者に、複数物体が配置された画像をスクロール表示や全体視などで観察させ、その直後に標的物体の画像上の絶対位置を再生させた。その結果、スクロール表示では全体視よりも画像内の物体の絶対位置の符号化が困難であることが示された。そして、このことにはスクロール表示における視覚情報処理上の２つの特徴が影響していることが示唆された。これらの研究では、位置再生の際に周囲の物体は表示されず、参加者は物体の絶対位置を再生することを求められた。一方、スクロール条件において、参加者は近接する物体同士を同時に窓内に入れて観察しようとする傾向が見られたことから、周囲の物体との相対位置を位置情報として符号化していた可能性が考えられる。

そこで本研究では、小さな窓内でスクロール表示された画像内の物体間の相対位置の符号化特性について明らかにすることを目的とした。そのために、実験では画像内の物体間の相対位置を画像観察直後に再生する課題を実施し、画像をスクロールしながら観察する条件と、画像ではなく窓を動かして観察する条件と窓を通さず観察する条件でパフォーマンスを比較した。

2. 方法

2.1. 実験参加者

正常な視力（矯正視力を含む）を有する 18～27 歳ま

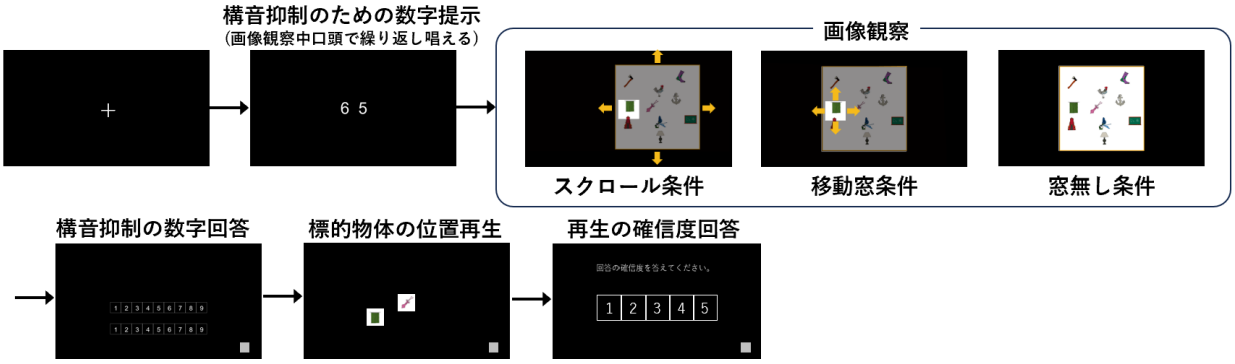


図１　実験の１試行の流れ

での 25 名（男性 11 名、女性 14 名）が実験に参加した。実験は、筑波大学図書館情報メディア系における研究倫理審査を受け、実験参加者への十分な説明と書面による同意の上で行われた。

2.2. 実験環境

PC（DELL PRECISION 390）とタッチパネル内臓ディスプレイ(EIZO FlexScan T2381W）を使用した。刺激の提示は MATLAB と Psychtoolbox[7][8]で制御した。

2.3. 刺激

刺激となるサンプル画像の大きさは 580×580 px であり(視角 19.4×19.4°)、その領域のランダムな位置に 10 個の物体のイラスト[9][10][11]を配置した。

2.4. 手続きとデザイン

物体間の相対位置の直後再生課題を行った。課題の１試行の流れを図１に示す。まず、画面中央に表示される＋マークを実験参加者がタッチすると試行が開始される。次に画面中央に 2 桁のランダムな数字が 1 秒間提示される。参加者はこの数字を後に答えるまで口頭で繰り返し唱え続ける。これは、後に提示されるサンプル画像の内容を言語的に符号化することを妨害するために行った。

数字提示終了の 1 秒後、サンプル画像が 41 秒間提示される。この提示時間は藤井・森田(2022) [5]に基づいて決定された。参加者はサンプル画像内の物体間の相対位置を覚えるために、次の 3 つの観察条件で画像全体を観察した。窓無し条件では画面中央に刺激画像全体が提示され遮るものなく見ることができるのに対し、スクロール条件と移動窓条件では画面中央に 175×175 px(一辺が視角 5.9°)の窓があり、その窓を通して画像を見る。スクロール条件では参加者は、画像の観察したい領域を窓内に表示させるために、画像をタッチしスライドさせることで画像を移動する。このとき指が窓の外に出ても画像は指に追従して移動することができた。移動窓条件では画像は画面中央に固定表示されており、参加者は窓にタッチしスライドさせることで窓を観察したい領域に移動させて観察した。

画像提示終了後には、参加者は先ほど提示された２桁の数字を答えた。その 1 秒後、サンプル画像内に含まれていた物体のうちランダムに選ばれた２つの物体が再提示される。参加者は、画面の中央に表示された物体（比較物体とする）に対し、もう一つの物体（標的物体とする）がどの位置にあったかを標的物体を移動させることによって再生することが求められる。再生後、再生の確信度を５段階で答えると１試行が終了する。

物体間の相対位置の直後再生課題を、スクロール条件、移動窓条件、窓無し条件の３つの観察条件につき２試行の練習と 20 試行の本試行を行った。条件の試行順は実験参加者間で変えてカウンターバランスをとった。

2.5. 分析

直後再生課題における相対位置の再生精度を見積もる指標として、比較物体から見た標的物体の再生位置と正解位置間の方向誤差と距離誤差を算出した（図２参照）。これらとは別に、再生位置が正解位置からどのくらい離れているかに関する直接的な指標として、標的物体の再生位置と正解位置間の直線距離も求めた。

統計的分析では、方向誤差や距離誤差、標的物体の再生位置と正解位置間の直線距離についてそれぞれ、被験者内１要因３水準（スクロール条件、移動窓条件、窓無し条件）分散分析を行った。

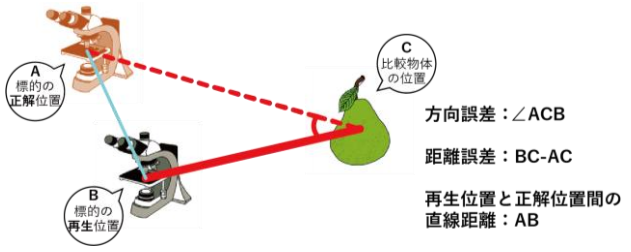


図２　再生精度指標の図解

窓無し条件と窓を通して観察する他の条件を比較することで、窓を通して画像を断片ごとに継次観察することの影響を知ることができる。そして、スクロール条件と移動窓条件では同様に小さな窓を通して画像を観察するが、スクロール条件では画像を動かして観察し、移動窓条件では画像は固定されており窓を動かして観察する。したがってスクロール条件と移動窓条件を比較することで、画像の絶対位置を移動させて観察することの影響を知ることができる。

3. 結果

25 名の実験参加者のうち 1 名は実験を完了できなかったため分析から除外した。さらに別の 1 名は 1 つの条件で標的物体の再生位置と正解位置間の直線距離が全参加者の平均± 3 SD を越えたため外れ値とみなし、分析から除外した。したがって、分析対象となったのは 23 名のデータであった。

3.1. 方向誤差

図 3A に方向誤差の平均を示す。方向誤差について、観察条件を要因とする被験者内 1 要因分散分析を行ったところ Mauchly 検定で球面性が仮定できなかったため Greenhouse-Geisser 法により自由度を修正して検定を行った。その結果、主効果が有意であったので($F(1.5, 32.9) = 3.7, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.1$)、Bonferroni 法による多重比較検定を行ったところ、スクロール条件や移動窓条件は窓無し条件よりも有意に大きいが(スクロール条件と窓無し条件 : $p < 0.05, d = 0.5$、移動窓条件と窓無し条件 : $p < 0.05, d = 0.4$)、スクロール条件と移動窓条件間には有意差はみられなかった($p = 0.6, d = 0.1$)。

3.2. 距離誤差

図 3B に距離誤差の平均を示す。距離誤差について同様の被験者内 1 要因分散分析を行ったところ、観察条件の主効果が有意であったので($F(2, 44) = 4.4, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.2$)、Bonferroni 法による多重比較検定を行ったところ、スクロール条件は窓無し条件よりも有意に小さかったが($p < 0.05, d = 0.5$)、その他の条件間には有意差がみられなかった(スクロール条件と移動窓条件 : $p = 0.1, d = 0.3$、移動窓条件と窓無し条件 : $p = 0.2, d = 0.3$)。

3.3. 再生位置と正解位置間の直線距離

図 3C に再生位置と正解位置間の直線距離の平均を示す。再生位置と正解位置間の直線距離について同様の被験者内 1 要因分散分析を行ったところ、観察条件の主効果が有意ではなかった($F(2, 44) = 0.5, p = 0.6, \eta_p^2 = 0.02$)。

4. 考察

本研究は、小さな窓内でスクロール表示された画像内の物体間の相対位置の符号化特性について明らかにすることを目的とした。

物体の相対位置の直後再生課題を行った結果、再生の方向誤差は、窓を通して画像を観察するスクロール条件や移動窓条件では、窓無し条件よりも有意に大きかったが両者間では有意差が見られなかった。この結果から、可視領域が制限されて画像を断片ごとに継次観察することが、スクロール表示での物体間の相対位置の符号化における方向関係の誤差に影響したことが示唆された。継次観察が物体位置の符号化に与える影響を調べた先行研究では、物体の空間配列が同時提示されるよりも継次提示される方が記憶の正確さが低下することが示唆されているが [1][2][3]、方向と距離の次元まで分解して検討した研究はない。物体間の相対位置における方向関係を正しく知覚するには、双方の物体を同時に見ることが重要であり、可視領域が限られるスクロール表示ではそれができないことがあるために再生の正確さが低下する可能性が考えられる。

なお、再生の方向誤差においてスクロール条件と移動窓条件間の差がなかったことは、観察中に画像の絶対位置が移動することが、方向関係の誤差には影響しない可能性を示唆する。我々の以前の研究では、スクロール表示された画像内の物体の絶対位置の符号化の正

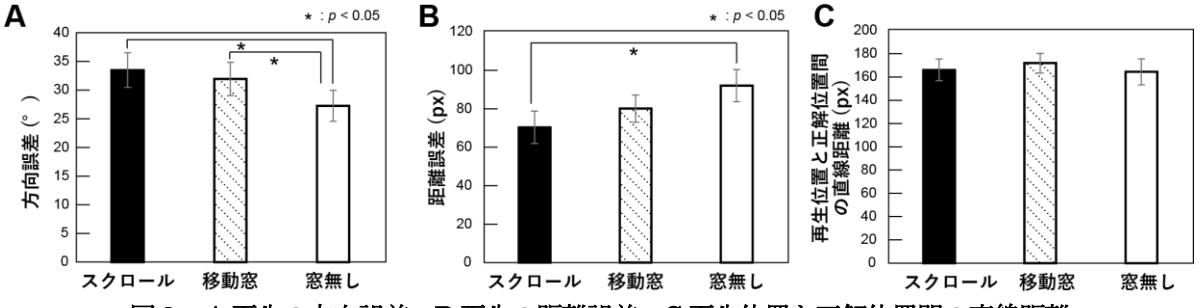


図３　A 再生の方向誤差、B 再生の距離誤差、C 再生位置と正解位置間の直線距離
(エラーバーは標準誤差を示す)

確さが、観察中に画像の絶対位置が移動することで低下することが示唆されていた[6]。なぜ観察中の画像の移動は、物体の相対位置の符号化には影響せず、絶対位置の符号化には影響するのだろうか。スクロール表示では、スクロールによる画像移動に伴い画像内の物体の絶対位置が移動するが、物体間の相対位置は維持される。したがって、物体の絶対位置を符号化するには、窓内で捉えた物体を、走査軌跡などを基に視覚作業記憶上で画像内の正しい位置に戻して位置付けなければならないが、相対位置の場合は、窓内で捉えた物体を画像内の位置に戻さずとも、物体間の位置関係を把握できれば良い。そのため、先行研究で絶対位置の記憶成績に見られた画像移動の影響が、相対位置を調べた本研究では見られなかったと考えられる。

また、再生の距離誤差については、スクロール条件で窓無し条件よりも有意に小さかったが、それ以外の条件間に有意差はみられなかった。このことは、スクロール表示では全体視よりも物体間の相対位置の符号化における距離の再生が正確であることを示唆する。スクロール表示では、観察者が画像の移動量をコントロールし、意識して指を動かすため、その移動時間や操作量などの情報により距離関係の符号化が正確になる可能性が考えられる。また、Fujii & Morita(2020) [12]によると、画像走査時に移動窓条件では指の動きをあまり止めずに連続的に窓を動かす傾向があるのに対し、スクロール条件では窓内で指を細かく動かして画像を動かす傾向がある。このことから、スクロール表示では窓の大きさを基準にして移動量を捉えやすい可能性が考えられる。

そして、再生位置と正解位置間の直線距離については、観察条件による主効果は有意ではなかった。つまり、先行研究のように絶対位置を答えさせた場合には、スクロール表示による符号化により位置の正確さは低下したが、本研究で他の物体に対する相対位置を答えさせた場合にはスクロールによる符号化の正確さは全体視と同程度であった。更にこの相対位置の正確さを、誤差の方向と距離という２つの次元に分解して検討することにより、スクロール表示と全体視で物体間の相対位置の再生精度が異なることが示唆された。

まとめると、今回我々は、スクロール表示された画像内の物体間の相対位置の符号化特性について認知心理学的に検討した。その結果、今回のような短期的な符号化においては、相対位置の符号化の正確さについて、スクロール表示では全体視よりも物体間の方向関係の誤差が大きいが、距離の誤差は小さいことが示唆された。したがって、携帯型情報端末上に表示された画像内の物体間の方向関係を把握したい場面では、注意深く観察したり、一画面に対象物体双方を収めるなど工夫が必要であることが言える。一方、画像内の物体間の相対的な距離関係を正確に捉えたい場合は、スクロール表示での閲覧が推奨されると考えられる。

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費の助成 21K12602、21K13744 を受けたものである。

6. 参照文献

[1] Blalock, L. D., & Clegg, B. A. (2010). Encoding and representation of simultaneous and sequential arrays in visuospatial working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(5), pp. 856–862.

[2] De Rover, M., Petersson, K. M., Van der Werf, S. P., Cools, A. R., Berger, H. J., & Fernández, G. (2008). Neural correlates of strategic memory retrieval: differentiating between spatial‐associative and temporal‐associative strategies. *Human Brain Mapping*, 29(9), pp. 1068–1079.

[3] Read, C. A., Rogers, J. M., & Wilson, P. H. (2016). Working memory binding of visual object features in older adults. Neuropsychology, *Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*, 23(3), pp. 263–281.

[4] Kahneman, D., Treisman, A., & Gibbs, B.J. (1992). The reviewing of object files: object-specific integration of information. *Cognitive Psychology*, 24(2), pp.175–219.

[5] 藤井佑実子・森田ひろみ(2022) スクロール表示が画像内の要素の位置記憶に及ぼす影響. 日本認知科学会第 39 回大会.

[6] 藤井佑実子・森田ひろみ(2023) スクロール表示が物体の位置記憶の正確性に及ぼす影響. 日本認知科学会第 40 回大会.

[7] Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10(4), pp. 433–436.

[8] Kleiner, M., Brainard, D., Pelli, D., Ingling, A., Murray, R., & Broussard, C. (2007). What's new in Psychtoolbox-3. *Perception*, 36, Suppl., 1.

[9] Duñabeitia, J. A., Crepaldi, D., Meyer, A. S., New, B., Pliatsikas, C., Smolka, E., & Brysbaert, M. (2018). MultiPic: A standardized set of 750 drawings with norms for six European languages. *Quarterly journal of experimental psychology*, 71(4), pp. 808-816.

[10] Rossion, B., & Pourtois, G. (2001). Revisiting Snodgrass and Vanderwart's object database: Color and texture improve object recognition. *Journal of Vision*, 1(3), pp. 413-413.

[11] Saryazdi, R., Bannon, J., Rodrigues, A., Klammer, C., & Chambers, C. G. (2018). Picture perfect: A stimulus set of 225 pairs of matched clipart and photographic images normed by Mechanical Turk and laboratory participants. *Behavior Research Methods*, 50, pp. 2498-2510.

[12] Fujii, Y., & Morita, H. (2020). Visual search within a limited window area: scrolling versus moving window. *i-Perception*, 11(5), 2041669520960739.

知的選好と特性興味の関連：「歴史」を対象とした検討
Relation between intellectual preferences and individual interest: In the case of “history”

佐々木 一洋†，清河 幸子†
Kazuhiro Sasaki, Sachiko Kiyokawa

†東京大学
The University of Tokyo
339kazuhiro@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

本研究では，「歴史」を対象として，知的選好と興味の関連を検討した．自身の知的選好に合致する側面が歴史の学習において重要であると考えているほど，知的選好と歴史への興味の関連が強いと予測した．成人202名が知的選好尺度，歴史興味尺度，歴史特性認知尺度，歴史目標観尺度にオンラインで回答した．階層的重回帰分析の結果，歴史の学習においてメカニズムを重視しているほどメカニズム選好と歴史への興味の関連が強いことが示された．

キーワード：知的選好，特性興味，歴史

1. 問題と目的

内容に興味を持って学習することは，学習の質の向上 (Cerasoli et al., 2014) や学習の継続 (解良・中谷, 2016) など，学習に良い影響をもたらす．現在我が国の教育で目指されている「個別最適な学び」においても，「学習の個性化」として，子ども一人ひとりの興味に応じた学習機会を提供することの重要性が指摘されている (文部科学省, 2021)．このように興味の個人差を捉えることは重要な課題である．

ある領域についてどの程度興味を示すかの個人差は特性興味 (もしくは個人的興味) とよばれ，測定のための尺度開発がなされてきた (レビューとして Ainley, 2019)．しかし特性興味は領域固有のものとして捉えられてきており (Hidi & Renninger, 2006)，既知の領域で何を面白いと感じているかを捉える尺度はあっても，未知の領域についてどのような内容を面白いと感じるかを予測できる尺度はない．また，田中 (2015) が指摘しているように，ある領域について「興味がない」と回答したとしても，その領域に自身が面白いと感じる側面があることを知らないだけである可能性がある．こうしたことは，興味に応じて学習機会を決定する際に，現在の知識量によって，その領域に興味を持つ可能性を見逃すことに繋がってしまうと考えられる．

このように特性興味が領域固有の特性を捉えていたのに対し，佐々木・清河 (2023) は，内容のどのような側面に面白さを見出すかの領域一般的特性を「知的選好」と呼び，メカニズム選好とフレーバー選好の 2 つの知的選好からなる知的選好尺度を開発した．メカニズム選好とは，対象の構造や本質を捉えようとし，出来事の因果関係を重視し，より抽象的な形で理解することを好む傾向である．フレーバー選好とは，対象のエピソード性や物語性，背景を捉えようとし，表現の豊かさを重視し，より具体的な形で理解することを好む傾向である．こうした知的選好を捉えることで，領域の知識が不十分である学習者についても何を面白いと感じるかを捉えることができる．

さらに，知的選好は，領域ごとの興味の発達を方向づけると考えられる．特に，ある領域において重要な側面が自身の知的選好に合致するものであると認識した場合，その領域への特性興味は高まりやすいと考えられる．例えば，メカニズム選好が高ければ，歴史上の出来事の因果関係や社会のメカニズムを理解することに面白さを見出しやすく，こうした側面が歴史において重要であると認識すれば，歴史への興味は高まりやすいと考えられる．しかし，知的選好と個々の領域における特性興味がどのように関わっているかを明らかにした研究はない．

本研究では，自身の知的選好に合致する側面がその領域において重要であると考えているかが，領域への興味と関連するかを検討する．「歴史」という教科を題材とし，現在学習中の学生ではなく，領域に対する認知や特性興味が安定していると考えられる成人を対象として，オンライン調査を行う．各知的選好に対応するような側面が歴史の学習において重要と考えているかを測定し，自身の知的選好に合致する側面が重要と考えているほど，歴史への興味が高くなるかどうかを検討する．

2. 方法

2.1 参加者

クラウドソーシングサービス Lancers によって募集した 18 歳以上の日本人 202 名 (平均年齢 47.74 歳, *SD* =9.71, 男性 125 名，女性 77 名，ノンバイナリ 0 名) を対象とした．回答は Qualtrics を通じて参加者には謝礼として Lancers を通じて 150 円が支払われた. 尺度の順序，項目の順序は参加者ごとに無作為に表示された.

2.2 尺度

全ての尺度は 5 件法 (1:全く当てはまらない，2:あまり当てはまらない，3:どちらでもない，4:やや当てはまる，5:とても当てはまる) で実施した.

2.2.1 知的選好尺度 佐々木・清河 (2023) が作成した 18 項目を用いた．この尺度はメカニズム選好 8 項目，フレーバー選好 10 項目からなる.

2.2.2 歴史興味尺度 大学生用学習分野への興味尺度 (湯・外山, 2016) 12 項目を，対象領域を歴史に限定して実施した．例えば，「この分野の内容は興味深い」という項目は，「歴史は興味深い」とした．なお，これら 12 項目に加え, 湯･外山 (2014) に含まれていた「歴史は，私をわくわくさせる」という項目も誤って測定したが，分析からは除外した.

2.2.3 歴史特性認知尺度 歴史の学習において各知的選好に合致する側面があると捉えているかを測定するため，歴史特性認知尺度を作成した. 項目は，各知的選好において好まれると考えられる要素 (佐々木・清河, 2023) に対応づけて，計 11 項目を作成した.

2.2.4 歴史目標観尺度 歴史の学習において各知的選好に合致する側面がどの程度重要だと考えているかを測定するため, 菊間 (2009) の 8 項目を含む歴史目標観尺度 12 項目を実施した．菊間 (2009) の 8 項目はメカニズム選好に対応する項目は含むが，フレーバー選好に対応する項目を含まないと考えられたため，フレーバー選好の定義に基づき 4 項目を新たに作成し加えた.

3. 結果

新しく作成した項目を含む歴史特性認知尺度と歴史目標観尺度について探索的因子分析を行い，因子構造を特定した．既存の知的選好尺度と歴史興味尺度については確認的因子分析を行い, 妥当性を検討した. その後，歴史興味尺度を従属変数として階層的重回帰分析を行った.

3.1 探索的因子分析 歴史特性認知尺度と歴史目標観尺度について探索的因子分析を行った．歴史特性認知尺

表 1 歴史目標観尺度の探索的因子分析結果

項目	因子負荷量			*M*	*SD*
	1	2	3		
第 1 因子：暗記重視					
歴史上の人物の名前を覚えることが大切だ	**.82**	.21	-.17	3.41	0.92
事件や法律の名前，年号を覚えることが大切だ	**.82**	.15	-.16	3.13	0.99
なぜそうなるかを考える前に，出来事の名称をまず覚えることが大切だ	**.74**	-.25	.21	2.91	0.97
何よりもまず，用語を覚えることが大切だ	**.69**	-.10	.07	3.01	0.96
第 2 因子：フレーバー重視					
出来事どうしのつながりを理解することが大切だ	-.10	**.77**	.01	4.08	0.80
事件の起きた時代背景を知ろうとすることが大切だ*	-.10	**.70**	.10	4.20	0.78
人物についてのエピソードを学ぶことが大切だ*	.12	**.60**	.03	3.62	0.90
第 3 因子：メカニズム重視					
事件が起こる必然性を考えてみることが大切だ	-.10	.03	**.67**	3.60	0.85
出来事の原因と結果を考えることが大切だ	.04	.08	**.59**	4.00	0.80
豊富な資料を参照することが大切だ*	.04	.08	**.52**	3.55	0.96

注) 因子負荷. 40 以上は太字，本研究で新しく作成した項目には*を付した

度は，単一の項目からなる因子を含んだ想定していない因子構造を示したため，以後の分析には用いなかった．歴史目標観尺度は，固有値の推移（第一固有値から流れを物語としてとらえることが大切だ」と，複数の因子に.35 より大きい因子負荷を示した「事件が起こった原因を知ろうとすることが大切だ」の 2 項目を除外した．除外した項目を除いた結果を表 1 に示す．第 1 因子 (α = .85) は菊間 (2009) の「暗記重視」と同じ項目からなる因子であり，名称も同じ「暗記重視」とした．第 2 因子 (α = .67) は「フレーバー重視」，第 3 因子 (α = .75) は「メカニズム重視」と命名した．

3.2 確認的因子分析　知的選好尺度と歴史興味尺度について確認的因子分析を実施し，各下位尺度の α 係数を算出した．知的選好尺度 ($\chi^2(134) = 307.50$, CFI = .871, GFI = .854, RMSEA = .080, 90%CI [.068 .092]) については，Fit 係数が.85 を上回っていることや，RMSEA の 90%信頼区間の上限が.10 を下回っていることから，モデルのあてはまりは十分であると判断した．下位尺度の α 係数はメカニズム選好 (α = .87), フレーバー選好 (α = .82) ともに十分に高かった．歴史興味尺度 ($\chi^2(56) = 184.93$, CFI = .939, GFI = .864, RMSEA = .114, 90%CI [.097 .132]) については，Fit 係数が.85 を上回っていることから，RMSEA の値が少し高いものの，モデルのあてはまりは十分によいと判断した．下位尺度の α 係数は，感情的価値による興味 (α = .91), 認知的価値による興味 (α = .90), 興味対象関連の知識 (α = .94),すべて十分に高かった．

3.3 階層的重回帰分析　まず，知的選好尺度と歴史目標観尺度の各下位尺度および歴史興味尺度の得点を，加算合計によって算出した．相関係数は表 2 に示す通りとなった．次に，知的選好と歴史目標観の各下位尺度の得点およびその交互作用項を説明変数，歴史興味尺度順に 3.86, 2.79, 0.93, 0.80, 0.69…）から因子数を 3 と決定した．3 因子抽出後，プロマックス回転を施した．その後，因子負荷が.40 未満であった「出来事が起きたの合計得点を目的変数として，階層的重回帰分析を実施した．第 1 ステップでは知的選好と歴史目標観の各下位尺度を投入した．第 2 ステップではメカニズム選好とメカニズム目標の交互作用項，およびフレーバー選好とフレーバー目標の交互作用項を投入した．第 3 ステップでは，知的選好と歴史目標観の交互作用項のうち，まだ投入していないものをすべて投入した．

結果として，第 1 ステップ ($R^2adj = .40$, $F(5,196) = 28.33$, $p < .001$) から交互作用項を含んだ第 2 ステップ ($R^2adj = .42$, $F(7,194) = 21.63$, $p < .001$) で分散説明率の有意な増加が見られた ($\Delta R^2 = .09$, $\Delta F(2, 194) = 3.25$, $p = .04$). 一方，第 2 ステップと第 3 ステップ ($R^2adj = .41$, $F(11,190) = 13.76$, $p < .001$) とでは分散説明率の有意な増加は見られなかった ($\Delta R^2 = -.05$, $\Delta F(4, 190) = 0.43$, $p = .79$). よって，第 2 ステップの結果を採用することとした．

その結果，メカニズム選好とメカニズム重視の交互作用が有意であった ($b^* = 0.13$, $t(194) = 2.01$, $p = .013$). 一方，フレーバー選好とフレーバー重視の交互作用は有意でなかった ($b^* = -0.03$, $t(194) = -0.76$, $p = .45$)。メカニズム選好 ($b^* = 0.59$, $t(196) = 4.54$, $p < .001$)，メカニズム重視 ($b^* = 1.11$, $t(196) = 3.28$, $p = .001$)，フレーバー重視 ($b^* = 1.25$, $t(196) = 3.20$, $p = .001$) の主効果が有意であった．フレーバー選好 ($b^* = 0.03$, $t(196) = 0.22$, $p = .823$)，暗記重視 ($b^* = -.04$, $t(196) = -0.21$, $p = .833$) の主効果は有意ではなかった．

メカニズム選好とメカニズム重視の交互作用が有意であったため，下位検定として単純傾斜分析を行った．

表 2　変数間の相関関係

	2	3	4	5	6	*M*	*SD*
1.歴史への興味	.53	.48	.50	.52	-.01	38.04	10.19
2.メカニズム選好		.61	.44	.43	-.01	27.33	5.55
3.フレーバー選好			.47	.66	.02	37.36	5.43
4.メカニズム重視				.54	.03	11.16	2.03
5.フレーバー重視					-.01	11.90	2.03
6.暗記重視						12.46	3.18

注. 全て 5 件法の加算得点．歴史への興味 12 項目，メカニズム選好 8 項目，フレーバー選好 10 項目，メカニズム重視 3 項目，フレーバー重視 3 項目，暗記重視 4 項目

その結果，メカニズム重視が+1SD，-1SD のいずれの場合においても，メカニズム選好の正の関連が見られたが，+1SD の時 ($b^* = 0.87, t(194) = 5.124, p < .001$) の方が，-1SD の時 ($b^* = 0.35, t(194) = 2.147, p = .03$) に比較して関連が強かった．

4. 考察

本研究の目的は，自身の知的選好に合致する側面がその領域において重要であると考えているかが，領域への興味と関連するかを検討することであった．階層的重回帰分析の結果，歴史への興味に対して，メカニズム選好とメカニズム重視の交互作用が示された．単純傾斜分析により，歴史の学習においてメカニズムの理解を重視しているほど，メカニズム選好と歴史への興味の関連が強いことが明らかとなった．これは，メカニズム選好に関しては，自身の知的選好に合致した側面を認知することによって興味が高まりやすいことを意味している．

一方，フレーバー選好とフレーバー重視に関しては，歴史への興味に対し有意な交互作用が示されなかった．また，フレーバー選好の歴史への興味に対する主効果も有意でなかった．これらの結果から，フレーバー選好の高さは歴史への興味にあまり寄与していないことが示唆された．しかし，歴史には人物のエピソードや時代背景などフレーバー選好が好む要素が十分にあると考えられる．そのため，フレーバー選好が高く，またそういった要素が歴史において重要であると考えている場合に歴史への興味が高まらないとは考え難い．よって今回の結果は，フレーバー重視の α 係数が.67 と低いことを鑑みると，尺度の内的一貫性が低いことによるものと考えられる．フレーバー重視に対応する項目を再考し，歴史目標観尺度を改良することが望ましい．

本研究の歴史目標観尺度は，このように内的一貫性の観点で不十分であるものの，「フレーバー重視」「メカニズム重視」という 2 つの目標観の差異を明らかにした．菊間 (2009) の歴史目標観尺度では「暗記重視」と「つながり重視」の 2 因子が得られたのに対し，本研究ではフレーバー選好において重視される側面を捉えるため新たに 4 つの項目を加え，「暗記重視」「フレーバー重視」「メカニズム重視」の 3 因子が得られた．「フレーバー重視」はエピソードや背景を重視する項目を含む因子であり，「メカニズム重視」は因果関係を理解することを重視する項目を含む因子である．このように，菊間 (2009) では捉えられなかったどのような「つながり」を重視するかの差異が本尺度では捉えられていると考えられる．

今後の展望として，メカニズム選好の学習者に，歴史のメカニズム的側面を強調した授業を行うことによって歴史への興味を高めることができるかを検討することが挙げられる．また，本研究で作成した歴史特性認知尺度および歴史目標観尺度はより修正を要するが，これに限らず他教科でも適用可能な尺度として外的妥当性と信頼性を有する尺度を作成することが期待される．

文献

Ainley, M. (2019). Curiosity and interest: Emergence and divergence. *Educational Psychology Review, 31*(4), 789–806. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09495-z

Cerasoli, C. P., Nicklin, J. M., & Ford, M. T. (2014). Intrinsic motivation and extrinsic incentives jointly predict performance: A 40-year meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *140*(4), 980–1008. https://doi.org/10.1037/a0035661

Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, *41*(2), 111–127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4

解良 優基・中谷 素之 (2014). 認知された課題価値の教授と生徒の課題価値評定，および学習行動との関連 教育工学会論文誌, *38*(1), 61–71. https://doi.org/10.15077/jjet.KJ00009357866

菊間 まりこ (2009). 歴史学習意欲に影響を与える諸要因の分析 :「つながり重視の学習」の観点から 早稲田大学大学院教育学研究科紀要別冊, *17* (1), 1–11.

文部科学省 (2021) 学習指導要領「生きる力」 7-8. https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/senseiouen/mext_01491.html

佐々木 一洋・清河 幸子 (2023). 知的活動において感じる面白さの個人差 : 知的選好尺度の開発 日本認知科学会第 40 回大会発表論文集, 734–737.

田中 瑛津子 (2015). 理科に対する興味の分類 : 意味理解方略と学習行動との関連に着目して 教育心理学研究, *63*(1), 23–36. https://doi.org/10.5926/jjep.63.23

湯 立・外山 美樹 (2014). 大学生用学習分野への興味尺度の開発 日本心理学会大会発表論文集, 78, 943,

湯 立・外山 美樹 (2016). 大学生における専攻している分野への興味の変化様態 : 大学生用学習分野への興味尺度を作成して 教育心理学研究, *64*(2), 212–227. https://doi.org/10.5926/jjep.64.212

歩行者の集団形成に個々の身体パーツ運動が及ぼす影響
Relationship between body parts movements and self-organization in pedestrian crowds

都丸 武宜[†], 竹花 隼[†], 西山 雄大[‡], フェリシャーニ クラウディオ[§], 村上 久[†]
Takenori Tomaru, Jun Takehana, Yuta Nishiyama, Claudio Feliciani, Hisashi Murakami

[†]京都工芸繊維大学, [‡]長岡技術科学大学, [§]東京大学
Kyoto Institute of Technology, Nagaoka University of Technology, The University of Tokyo
t-tomaru@kit.ac.jp

概要

動物の運動は身体に備わる固有の器官の運動により実現される. しかし動物の群れ研究おいて, 個体は身体を無視した質点として解析, モデル化されてきた. 我々は最近, 歩行者集団における個々の歩行ステップと肩の回転いう身体パーツレベルの運動に着目し, 集団の空間的構造形成との関係を明らかにした. 本研究では, 肩の回転運動を集団の構造形成の時間発展の観点からより詳細な解析を行い, 構造脆弱性との関係を議論する.

キーワード : 歩行者, 群集, 自己組織化, 身体パーツ

1. はじめに

人を含む多くの動物において観測される集団での行動は個体間の局所的な相互作用により実現される (Murakami et al., 2023). 従来, 各個体は俯瞰的な視座 (絶対座標系) における距離に基づく相互作用を行うとされてきたが, 近年では個体の視野を考慮したより現実的な相互作用も提案されている (Bastien & Romanczuk, 2020). しかし, 多くのモデルや現実の動物の群れの解析において, 個体は依然として身体を無視した「質点」として扱われていることに変わりはない. 現実の個体の運動は, 鳥における羽のはばたき(Portugal et al., 2014), 魚における尾鰭の運動 (Ashraf et al., 2017), 人における足の踏み出し, といった身体パーツの運動により実現され, これらと連動して集団的振る舞いが生み出されるだろう. しかし, こうした個体レベルでの身体パーツの運動パターンと集団での運動との関係は未解明な部分が多い.

この問題に対し我々は最近, 歩行者集団における個々の歩行ステップと肩の回転いう身体パーツレベルの運動に着目し, これらと集団の空間的構造形成の関係を明らかにした (Tomaru et al., 2024a). 具体的には, 横断歩道を模した直線通路において対面してすれ違う歩行者集団 (48 人) の歩行軌跡と両足の運動の両方を計測する実験を行った. そして, 歩行ステップへの時間的な介入として外部から一定周期の電子メトロノーム音 (120 BPM) を聞かせそれに合わせて歩行する条件 (CUE 条件) と, 外音による介入を行わない条件 (NO_CUE 条件) において集団が形成する構造の頑健性を比較した. 結果として, CUE 条件においてのみ歩行ステップの同期が観測され, NO_CUE 条件ではバラバラなタイミングでステップが更新されていることが明らかとなった. 対向する流れでは, 同じ方向に進む歩行者が自発的に複数の列を作ることが知られているが (レーン形成現象) , CUE 条件において形成されるレーンの数はNO_CUE条件よりも増加することが明らかとなった. レーン数の増加は, 対向歩行者間での接触面が増え, 潜在的に衝突が生じやすい脆弱な構造となることを意味する. さらに, CUE 条件において, 歩行者の進行方向に対する肩の回転角度の平均はNO_CUE条件よりも大きいことが示された. 狭い通路を二人の歩行者が通り抜ける場合など, 衝突の蓋然性が高い場合に歩行者は肩を回転させて避けることが知られている (Yamamoto et al., 2019). したがって, 歩行ステップという個体レベルの身体パーツの運動が, 集団レベルの構造形成に影響を与え, さらに肩の回転という身体パーツの運動が集団レベルの構造脆弱性として現れることが明らかとなった.

本研究では, この肩の回転運動をレーン形成の時間発展の観点からより詳細な解析を行い, レーン形成の構造脆弱性との関係を議論する.

2. 手法

2.1. 実験設定

実験は 2022 年 5 月に京都工芸繊維大学の体育館で実施された. 被験者は大学生 48 人 (男性 35 人, 女性 13 人, 平均年齢 = 21.08 ± 1.71) で, 24 人ずつの 2 グループに分けられた. 被験者全員が両肩に ID 番号が記された黒色の T シャツを着用し, グループに基づき赤または黄色の帽子を着用した. 実験は京都工芸繊維大学倫

理審査委員会の承認を受け，被験者全員から実験開始前に書面にて同意を得た．

各グループは直線通路（10 m×3 m）の両端で待機し，実験者のスタートの合図とともに歩行を開始し，通路の反対側の端まで歩行した．先述したように，歩行条件として個々の歩行ステップへの時間的な介入として通路横に設置されたスピーカーから流れる電子メトロノーム音（120 BPM）のリズムに合わせて歩行する CUE 条件及び，介入を行わない NO_CUE 条件での試行が実施された．歩行の様子は通路直上 10 m の高さに設置されたビデオカメラ(4K, 30fps)で撮影された．

2.2. 解析手順

被験者の肩の回転運動を定量化するために，まず画像解析ソフト（Library Move-tr/2D）を用いて撮影された映像から，各条件 6 試行ずつ全歩行者の両肩の位置（ID 番号の位置）をトラッキングした（図 1）．得られた両肩の座標データから各歩行者の肩の角度を計算し，その進向方向（装置長辺方向）に対して垂直な角度との差を，「肩の回転角度」として定義した．

各試行で形成されたレーンの数は先行研究のデータを用いた（Tomaru et al., 2024b).

図 1 肩の回転角度

3. 結果

図 2 に各試行の平均の肩の回転角度と形成されたレーン数を示す. CUE 条件と NO_CUE 条件のいずれにおいても，各試行の平均の肩の回転角度と形成されたレーン数には強い正の相関があることがわかった（Pearson's correlation; $N = 12, r = 0.76, p < 0.01$）．従って，やはり形成される構造と肩の回転は何らかの関係があることが示唆された.

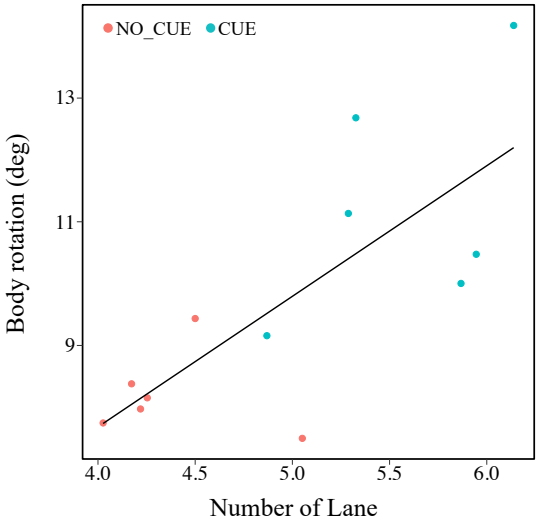


図 2 平均の肩の回転角度とレーン数

さらに，回転角度の時系列データを，レーンが形成され崩壊していく過程に応じた 5 つの時間ステージ (Tomaru et al., 2024a) に分割し，各ステージにおける平均の回転角度を求めた．図 3 に示すように，両条件に共通して見られる傾向として，肩の回転角度は，レーンが形成される過程で大きくなり，レーンの崩壊に伴い小さくなり，時間に対して山型の分布を取った．特に，NO_CUE 条件では真ん中の 3 つのステージで肩の回転角度の値に違いはないが, CUE 条件では最もレーンが発達するステージ（Stage 3）をピークとして肩の回転角度の値が変化していることが示された．さらに，これら 3 つのステージではCUE 条件では有意に回転角度が大きいことが明らかとなった (Welch's *t*-test, Stage 2; $N_{NO_CUE} = 6, N_{CUE} = 6, t = -4.55, p < 0.01$, cohen's $d = -2.63$, stage 3; $N_{NO_CUE} = 6, N_{CUE} = 5, t = -3.59, p < 0.05$, cohen's $d = -2.39$, stage 4; $N_{NO_CUE} = 6, N_{CUE} = 6, t = -4.54, p < 0.01$, cohen's $d = -2.62$).

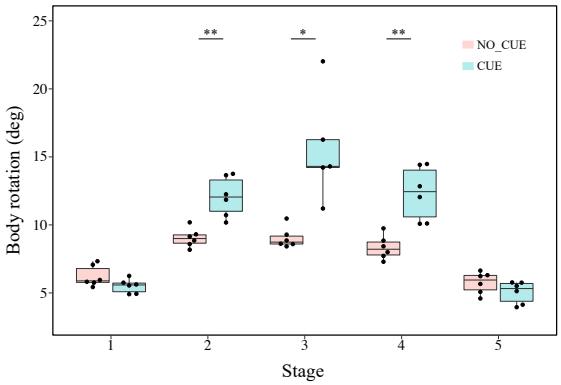


図 3 各ステージでの肩の平均角度

4. おわりに

本研究では外的な聴覚キューによる時間的な運動パターンへの介入による歩行者集団の自己組織化への影響を個体の振る舞いのレベル，肩の回転運動による回避に着目し解析を行った．結果として，組織化されたレーンの数が増えるほど，肩の回転角度が多くなることが明らかとなった．さらに，聴覚キューにより歩行者がステップのタイミングを同期させて歩行する場合には，レーンが形成され始めてから崩壊するまでの間に特に肩の回転角度が増加しており，歩行者は対向者との衝突を避けるために，体を回転させる必要があったことが示された．以上より，個体レベルでの時間的な運動パターンの制約は集団レベルでの空間的な運動パターンにまで波及し，その結果個体の振る舞いのレベルの運動として構造の脆弱性が現れることが示された．

文献

Ashraf, I., Bradshaw, H., Ha, T. T., Halloy, J., Godoy-Diana, R., & Thiria, B. (2017). Simple phalanx pattern leads to energy saving in cohesive fish schooling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *114*(36), 9599-9604. https://doi.org/10.1073/pnas.1706503114

Bastien, R., & Romanczuk, P. (2020). A model of collective behavior based purely on vision. *Science advances*, *6*(6), eaay0792. https://doi.org/10.1126/sciadv.aay0792

Murakami, H., Abe, M. S., & Nishiyama, Y. (2023). Toward comparative collective behavior to discover fundamental mechanisms underlying behavior in human crowds and nonhuman animal groups. *Journal of Robotics and Mechatronics*, *35*(4), 922-930. https://doi.org/10.20965/jrm.2023.p0922

Portugal, S. J., Hubel, T. Y., Fritz, J., Heese, S., Trobe, D., Voelkl, B., Hailes, S., Wilson, A. M., & Usherwood, J. R. (2014). Upwash exploitation and downwash avoidance by flap phasing in ibis formation flight. *Nature*, *505*(7483), 399-402. https://doi.org/10.1038/nature12939

Tomaru, T., Nishiyama, Y., Feliciani, C., & Murakami, H. (2024a). Robust spatial self-organization in crowds of asynchronous pedestrians. *Journal of the Royal Society Interface*, *21*(214), 20240112. https://doi.org/10.1098/rsif.2024.0112

Tomaru, T., Nishiyama, Y., Feliciani, C., & Murakami, H. (2024b). Data and Code for Robust spatial self-organization in crowds of asynchronous pedestrians (Version 1). figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.23820534.v1

Yamamoto, H., Yanagisawa, D., Feliciani, C., & Nishinari, K. (2019). Body-rotation behavior of pedestrians for collision avoidance in passing and cross flow. *Transportation research part B: methodological*, *122*, 486-510. https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.03.008

制限速度表示による left-digit effect とタイムプレッシャーの関係
The Relationship Between the Left-Digit Effect Induced by Speed Limit Signs and Time Pressure

寺井 仁[†]，長岡 飛鳥[†]
Hitoshi Terai, Asuka Nagaoka
[†]近畿大学
Kindai University
terai@fuk.kindai.ac.jp

概要
本研究では，値札などで見られる数値の認知において，左端の桁が支配的な役割を果たす left-digit effect を速度標識に適用し，運転速度に及ぼす影響をタイムプレッシャーの観点から検討した．例えば，速度標識が 50 km/h から 49 km/h に変わる場合，運転速度の有意な低下が期待される．実験結果から，タイムプレッシャーの有無に関わらず，速度標識による left-digit effect が確認された．

キーワード：driving behavior, left-digit effect, nudge, time pressure

1. はじめに

交通場面でのおける車両速度の抑制は，交通事故の減少に寄与すると同時に，万が一事故が発生した際の怪我や死亡のリスクを低減することにつながる．公道における法規制は最高速度を制限してはいるが，速度コントロールの主体が運転者であるため，法規制のみに依存することには限界がある．

行動経済学では，人間の行動を自然に導く方法としてナッジの利用が広く研究されている．ナッジは，選択を禁止することなく，また，経済的なインセンティブを大きく変えることなく，人間の行動を変容させる手法の総称である（Thaler & Sustein, 2008）．運転行動に対するナッジの応用例として，Choudhary et al. (2021)は，スマートフォンアプリケーションを使用して，運転パフォーマンスをフィードバックを行い，事故の発生を抑制する効果があることを報告している．さらに，Rubaltelli et al. (2021)は，マーケティングにおける left-digit effect の概念を適用し，商品の価格表示が 499 円の場合は 500 円に比べて安く感じさせる効果を速度標識に応用している．彼らの研究では，ドライビングシミュレータを用いた実験を通して，例えば，50 km/h の速度標識を 49 km/h と表示することで，車両速度が有意に低下することが明らかにされている．

日常的な運転環境を考えた場合，時間的な余裕をもって運転できる場合もあれば，急いで目的地に向かわなければならない場合もある．タイムプレッシャーは，運転速度の増加や安全運転への注意力の低下につながることが示されている（Fitzpatrick, et al., 2017; Rendon-Velez et al., 2016）．また，個々人の特性は運転行動に密接に関与している．特に，運転スタイル（e.g., 積極性など）は，運転行動と密接に関わることが知られている（Fan et al., 2019）．

本研究の目的は，速度標識を用いた走行速度に対する left-digit effect が，タイムプレッシャーのもとでどのような影響を受けるかを明らかにすることである．また，ドライバーの運転スタイルとの関係についても調査する．

2. 方法

2.1. 参加者

運転免許を所持する学部生 40 名が実験に参加した．

2.2. 課題

Rubaltelli et al. (2021)に倣い，制限速度 50 km/h 前後（49, 50, 51 km/h），70 km/h 前後（69, 70, 71 km/h），および，90 km/h 前後（89, 90, 91 km/h）の速度標識を設置したコースをドライビングシミュレータ上に作成した．各制限速度区間のコース形状は同一とし，直線およびＳ字のカーブの組み合わせによって構成された．

実験参加者には，自宅から大学まで車で通学するシナリオをカバーストーリーとして提示した．実験条件として，タイムプレッシャーの有無を設定し，タイムプレッシャーがある条件では，テスト開始時刻に間に合わない状況を想像させ，カウントダウンタイマーを提示した．タイムプレッシャーの有無は参加内要因とし，条件間でカウンターバランスをとった．

2.3. 手続き

5 分間の練習走行の後, タイムプレッシャーの有無の 2 条件で同一コースを走行した. 走行後, 速度標識に関する記憶課題（再生課題, 再認課題）と運転スタイルを評価するためのチェックシートへの回答を求めた.

3. 結果と考察

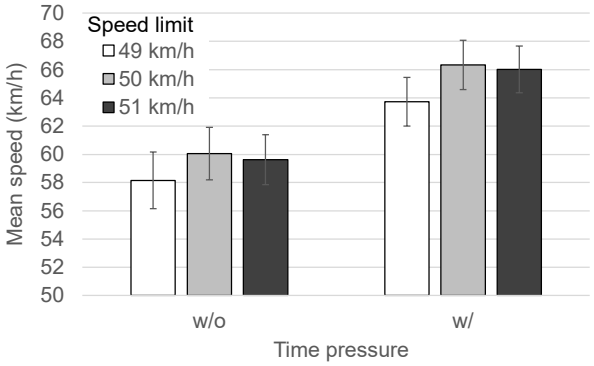
50 km/h 前後の制限速度（49, 50, 51 km/h）における, 平均速度の結果を図 1 に示す. 2 要因参加者内分散分析（速度標識：49, 50, 51 km/h；タイムプレッシャー：無/有）の結果, 速度標識およびタイムプレッシャーの主効果が確認され, 交互作用は確認されなかった（速度標識：$F(2, 78) = 4.423$, $p = .015$, $\eta_p^2 = 0.102$；タイムプレッシャー：$F(1, 39) = 22.97$, $p = .000$, $\eta_p^2 = 0.371$；交互作用：$F(2, 78) = 0.162$, $p = .850$, $\eta_p^2 = .004$）. 速度標識における BH 法による多重比較の結果, 49 km/h の制限速度区間において, 50 および 51 km/h の制限速度区間よりも有意に低い走行速度となっていることが確認された（49 vs. 50 km/h: $t(79) = 2.6, p_{adj} = .033$; 49 vs. 51 km/h: $t(79) = 2.271, p_{adj} = .038$）.

70 km/h 前後の制限速度（69, 70, 71 km/h）における 2 要因参加者内分散分析の結果, 速度標識およびタイムプレッシャーの主効果が確認され, 交互作用は確認されなかった（速度標識：$F(2,78) = 5.425$, $p = .006$, $\eta_p^2 = 0.122$；タイムプレッシャー：$F(1,39) = 27.693$, $p = .000$, $\eta_p^2 = 0.415$, 交互作用：$F(2,78) = 0.916$, $p = .404$, $\eta_p^2 = 0.023$）. 速度標識における多重比較の結果, 69km/h の制限速度区間において, 71 km/h の制限速度区間よりも有意に低い走行速度となっていることが確認された（69 vs. 71 km/h: $t(79) = 4.112, p_{adj} = .000$）.

90 km/h 前後の制限速度（89, 90, 91 km/h）における 2 要因参加者内分散分析の結果, 速度標識およびタイムプレッシャーの主効果が確認され, 交互作用は確認されなかった（速度標識：$F(2,78) = 13.288$, $p = .000$, $\eta_p^2 = 0.254$；タイムプレッシャー：$F(1,39) = 42.968$, $p = .000$, $\eta_p^2 = 0.524$, 交互作用：$F(2,78) = 1.773$, $p = .176$, $\eta_p^2 = 0.044$）. 速度標識における多重比較の結果, 89 km/h の制限速度において, 90 および 91 km/h の制限速度よりも有意に低い走行速度となっていることが確認された（89 vs. 90 km/h: $t(79) = 4.41, p_{adj} = .000$; 89 vs. 91 km/h: $t(79) = 4.727, p_{adj} = .000$）.

以上の結果から,（1）タイムプレッシャーは, 平均速度の増加を引き起こすが,（2）タイムプレッシャーの有無によらず, 速度標識による left-digit effect が表れることを確認した（ただし, 70 km/h 前後の制限速度区間では, 69 km/h と 70km/h の間に有意差は認められなかった）.

図 1 50 km/h 前後の制限速度区間における平均速度



4. まとめ

本研究では, ドライビングシミュレータを用いた実験を通して, 速度標識を操作することで, タイムプレッシャーの有無によらず, left-digit effect が表れることを確認した. 今後, 事後に測定した運転スタイルによる差異についても検討を行う予定である.

文献

Choudhary, V., Shunko, M., Netessine, S., Koo, S. (2021). Nudging Drivers to Safety: Evidence from a Field Experiment. *Management Science*, 68(6), 4196–4214.

Fan, X., Pan, G., Mao, Y., & He, W. (2019). Investigating the effect of personality on left-turn behaviors in various scenarios to understand the dynamics of driving styles. *Traffic Injury Prevention*, 20(8), 801–806.

Fitzpatrick, C. D., Samuel, S., & Knodler, M. A. (2017). The use of a driving simulator to determine how time pressures impact driver aggressiveness. *Accident Analysis & Prevention*, 108, 131–138.

Rendon-Velez, E., van Leeuwen, P. M., Happee, R., Horváth, I., van der Vegte, W. F., & de Winter, J. C. F. (2016). The effects of time pressure on driver performance and physiological activity: A driving simulator study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 41, 150–169.

Rubaltelli, E., Manicardi, D., Orsini, F., Mulatti, C., Rossi, R., & Lotto, L. (2021). How to nudge drivers to reduce speed: The case of the left-digit effect. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 78, 259–266.

Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press.

本音，照れ隠し，嘘，嫌みの修辞判断における認知負荷の影響：多クラス分類の混同行列による検討

Effects of cognitive load on figurative judgments of sincerity, hiding bashfulness, white lie, and sarcastic: Consideration from confusion matrix for multi-class classification

瀧澤 純
Jun TAKIZAWA

宮城学院女子大学　学芸学部
MIYAGI GAKUIN Women's University, Faculty of Liberal Arts
taki_zawa_jun @ yahoo.co.jp

概要

修辞判断における正確性を明らかにすることを目的として，話し役がセリフを伝達し，聞き役が修辞判断を行う実験を実施した．結果，本音伝達条件と照れ隠し伝達条件では認知負荷低条件より認知負荷高条件で正確な判断が行われ，嘘伝達条件と嫌み伝達条件では認知負荷による効果はみられなかった．本音や照れ隠しであると判断するまでの停止規則が嘘や嫌みの判断に比べて複雑であるなど，いくつかの可能性を検討した．

キーワード：語用論（pragmatics），非本音表現（insincere expression），処理資源（processing resource），二重過程理論（dual process theory），機械学習（machine learning）

1. 背景

「ありがとう！」という言葉は，心からの感謝を示す本音として理解されることもあれば，照れ隠し，嘘，嫌みのような非本音表現（insincere expression）として理解されることもある．非本音表現を「心からではない言語表現」とするならば，照れ隠し，嘘，嫌み，冗談，お世辞，比喩など，いくつもの言語表現を含めることができる．本研究はこのような非本音表現の理解における認知過程に着目する．

1.1. 先行研究の問題点

非本音表現は本音との対比によって研究されてきた．嫌み（sarcasm）やアイロニー（irony）や皮肉（hiniku）の理解に関してはさまざまな理論があり，アイロニー環境であることを暗黙的に提示して聞き手に気付かせること（内海，1997），話し手の期待が裏切られていることをほのめかすようなコミュニケーションの不誠実性があること（岡本，2004；Okamoto，2007），社会的に受け入れられている手順によって黄化的使用（etiolated uses）を行うこと（Witek, 2022），などが提案されている．また，Akula & Garibay（2021）は，嫌みを「誇張された言語構造を使用して嫌悪または否定的感情を表出する修辞的な方法」と定義づけ，深層学習を用いて，Twitter などにおける嫌みのテキストを 75%から 77%の精度で検出している．

これらの研究によって嫌み，アイロニー，皮肉を理解するメカニズムは明らかになりつつある．しかし，いずれの研究も非本音表現 1 つを取り上げ，「本音とどのように異なるのか」を論じている（例外として，春木，2006；Okamoto, 2006）．言葉を理解する際には，嫌みだけでなく，照れ隠しや嘘などの可能性も同時に判断する必要がある．すなわち，従来の研究では，非本音表現全体を理解する視点が欠けており，非本音表現同士の区別が明らかになっていなかった．

1.2. 研究の目的

近年，複数の非本音表現についての実証的な検討が行われている．瀧澤（2024）は調査によって，発せられた言葉の字義，相手の声などから感じる違和感，気持ちを隠そうとしているか，気持ちを隠そうとしていないか，認識違いがあるか，相手が笑わそうとしているか，相手が自分を傷つけようとしているか，という聞き手の視点による 7 つの評価によって，言語表現が概ね区別できることを示した．また，瀧澤・小澤（2024）は，複数の非本音表現に理解されうる仮想場面を用いて，修辞判断にとって特に重要な意図評価が，傷つけようとしているか，気持ちを隠そうとしているか，笑わそうとしているかという 3 つであることを見出した．

これらの研究から複数の非本音表現を区別する条件は明らかになりつつある．しかし，非本音表現同士の区別における正確性は明かになっていない．嘘や嫌みの理解に困難を抱える対象者への支援や，嘘や嫌みの理解と産出を行うシステムの構築には，非本音表現をどれほど正確に理解でき，どのような誤りが起こるのかという傾向を知ることが有用であろう．そこで本研究

は, 本音表現と非本音表現についての判断, すなわち, 修辞判断における正確性を明らかにすることを目的とする.

1.3. 手法の検討

修辞判断における正確性を明らかにするために，聞き手が修辞判断を行い, 正誤を確かめる必要がある. また, 修辞判断を行う課題に正解がない場合は, すべての回答が正答となり，正確性を明らかにすることはできない. よって, 話し手が特定の言語表現になるように聞き手に伝え，聞き手が修辞判断を行う実験的手法を用いる. つまり本研究は, 話し手が伝わるようにした特定の言語表現を正解とみなす.

さらに, 聞き手が行う修辞判断は, 本音, 照れ隠し, 嘘, 嫌みという 4 つから選択するようにする. 3 つ以上からの選択では誤答となる選択肢が多く，通常の正答率では真陰性（例 : 本音でないものを, 本音でないと正しく判断したケース）を考慮できないなどの問題がある．そこで本研究は，多クラス分類の混同行列（Confusion Matrix）を用いる.

また，課題における認知負荷を実験的に操作することで，処理資源の十分さによる修辞判断の正確性を検討する. 労力を必要とする修辞判断であれば, 認知負荷を高めることによって処理資源が不十分になり，正確性が低下するはずである．労力を必要としない修辞判断であれば，認知負荷を高めることによって処理資源が不十分になったとしても，正確性は変化しないはずである．松井（2011）によると，字義的発話（本音）が最も早く理解され，嘘は 4 歳以降，皮肉は 6 歳以降に理解できる. 理解できる年齢が遅い修辞判断ほど, 処理資源が必要となり，正確性が低下すると予想できる.

2. 方法

2.1. 実験計画

従属変数は, 聞き役による修辞判断（本音判断, 照れ隠し判断, 嘘判断, 嫌み判断）とした. 独立変数は, 話し役が伝える言語表現（本音伝達, 照れ隠し伝達, 嘘伝達, 嫌み伝達）×認知負荷（低, 高）の 2 要因計画とした．2 つの要因はいずれも参加者内要因であった.

2.2. 参加者

東北地方の女性大学生 76 名 38 組が実験に参加し，データ利用に同意した. 1 回目の実験の後，話し役と聞き役を交代して，かつ，ペアの相手が 1 回目の実験と異なるようにして, 2 回目の実験を行った. くじに不備があった 1 組を除き，75 組を分析対象とした.

2.3. 道具

ペア共通の道具として, 実施用紙, セリフを伝える架空の場面が書かれた状況把握用紙，条件の実施順を決めるくじを使用した. 話し役用の道具として, 話し役が伝える言語表現リスト, 回答用紙を使用した. 聞き役用の道具として，文字列リスト，回答用紙を使用した.

2.4. 手続き

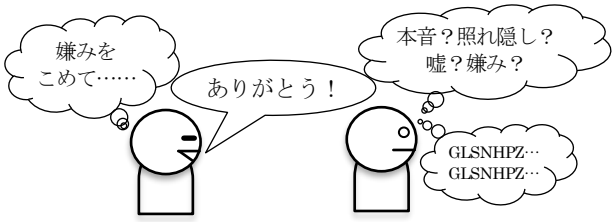
研究倫理に関する説明を行い，参加に同意した参加者でペアを作成した. 実施用紙に沿って, 練習試行 1 回, 本試行 8 回を実施した．すべての架空の場面は，すべてのペアで同じ内容，かつ，同じ実施順序であった.

1 回の試行は次の 3 段階であった． **状況把握** : セリフを伝える架空の場面をペアで確認する． **セリフ伝達** : 話し役に背を向けた聞き役へセリフを伝える（図 1）. セリフはすべて感謝を示す言葉である（例 :「ありがとう！」）. **修辞判断** : 聞き役がセリフの言語表現を「1. 心から感謝していることを伝えようとしている」「2. 照れ隠しで感謝していないことを（略）」「3. 嘘をついて感謝していることを（略）」「4. 嫌みをこめて感謝していないことを（略）」の 4 つから選択する.

認知負荷の実験操作について述べる．状況把握の直後に, 聞き役がアルファベットの文字列 (子音かつ大文字）を記憶する二重課題を行うことにより（Gilbert & Hixon, 1991），認知負荷を操作した．聞き役には，修辞判断の後に文字列を回答するまで覚え続けるように求めた（図 1）. 本試行 8 回の中で，記憶する文字数が 1 文字である認知負荷低条件を 4 回，7 文字である認知負荷高条件を 4 回行うようにした．記憶する文字列は練習試行を含めて 9 回すべてで異なるようにした.

順序効果を統制するための方法について述べる．本試行 8 回で実施する実験条件を，くじによって無作為化することによって統制した．状況把握の後に参加者がくじをひくようにした．話し役には，話し役が伝え

図 1 話し役によるセリフ伝達と聞き役による修辞判断



る言語表現リストとくじの結果とを対応させて，話し役が伝える言語表現が 4 つのうちいずれであるのかを確認するように求めた. 聞き役には, 文字列リストとくじの結果とを対応させて，聞き役が記憶する文字列を確認し，記憶するように求めた.

本試行8回の後に, 認知負荷の操作チェックとして，1 文字を記憶したときと 7 文字を記憶したときの思考時の負担の大きさを聞き役に尋ねた．0 点“負担なし”から 100 点“負担が大きい”での回答を求めた.

このほか修辞判断では，聞き役が行った修辞判断の詳細について，聞き役と話し役の双方がそれぞれ回答している．この回答については，本稿では割愛する.

3. 結果

3.1. 操作チェック

操作チェックに未回答であった 1 名を除いて，聞き役 73 名について分析を行った. 思考時の負担の大きさの平均値は認知負荷低条件で 15.47，認知負荷高条件で 73.56 であった．条件の差は有意であったため（$t(72) = -16.10, p < .001$），操作は有効であったとみなす.

3.2. 混同行列の作成

混同行列を作成するために，話し役が伝える言語表現（本音伝達，照れ隠し伝達，嘘伝達，嫌み伝達）×認知負荷（低，高）×聞き役による修辞判断（本音判断，照れ隠し判断，嘘判断，嫌み判断）となるクロス集計を行った（表 1）．なお，未記入の回答があった場合は，試行ごとに除いたため，各条件で回答数の合計が異なる. また, 話し役が伝える言語表現と認知負荷それぞれにおいて，聞き役が正しく修辞判断を行った割合である正答率を計算した. 正答率は 23%から 46%であった. 混同される割合が高かったものとして，認知負荷低条件における照れ隠しが嘘として，認知負荷高条件における嘘が本音として，それぞれ判断されていた.

3.3. 評価指標の計算

混同行列から，聞き役の修辞判断の正確性に関する評価指標を計算した．認知負荷低条件の本音伝達を例にすると，認知負荷低条件の混同行列（4×4）から 3 つの評価指標を計算した（表 1）．正解率は，認知負荷低条件すべての試行のうち，聞き役による修辞判断が話し役が伝える言語表現と一致している試行の割合である. 精度は，本音伝達の全試行のうち，聞き役による修辞判断が本音判断である試行の割合である. 感度は, 聞き役による修辞判断が本音判断である試行のうち，話し役が伝える言語表現が本音伝達である試行の割合である. 本音伝達条件以外でも以上の計算を行い，認知負荷高条件でも同様に計算した.

3.4. 認知負荷による効果

認知負荷による効果について検討するため，認知負荷低条件と認知負荷高条件の正誤の度数を、話し役が伝える言語表現ごとに比較する McNemar 検定（正確二項検定）を行った. その結果, 認知負荷の効果がみられたのは，本音伝達条件（$p = .029$），照れ隠し伝達条件（$p = .039$）であった．この 2 つの条件はいずれも，認知負荷低条件より認知負荷高条件で正確な判断が行われて

表 1　話し役が伝える言語表現×認知負荷×聞き役による修辞判断から作成した混同行列，評価指標

聞き役による修辞判断，評価指標	話し役が伝える言語表現							
	本音伝達		照れ隠し伝達		嘘伝達		嫌み伝達	
	低	高	低	高	低	高	低	高
本音判断	22	33	15	6	11	22	11	0
照れ隠し判断	15	12	17	31	20	14	13	9
嘘判断	21	18	26	16	24	21	17	22
嫌み判断	16	9	15	21	19	15	32	43
合計	74	72	73	74	74	72	73	74
正答率	0.297	0.458	0.233	0.419	0.324	0.292	0.438	0.581
正解率	0.697	0.771	0.646	0.733	0.612	0.634	0.690	0.740
精度（適合率）	0.297	0.458	0.233	0.419	0.324	0.292	0.438	0.581
感度（再現率）	0.373	0.541	0.262	0.470	0.273	0.273	0.390	0.489

いた．嘘伝達条件（p=.743），嫌み伝達条件（p=.164）では認知負荷の効果がみられなかった．

4. 考察

本研究は，修辞判断における正確性を明らかにすることを目的として行った．正答率は照れ隠し伝達条件の認知負荷低条件において，チャンスレベルである25%を下回っており，正確性が低かった．その他の条件の正答率も 50%以下であり、混同の程度が強い条件もみられたことから，本研究における修辞判断にはある程度の困難さがあったといえる．

予想に反して，本音伝達条件と照れ隠し伝達条件で認知負荷の効果がみられた．本音と照れ隠しの判断では，嘘や嫌みの判断に比べて，労力が必要で熟慮的な認知が働いていると推測できる．ただし，本音と照れ隠しの判断がより正確になったのは認知負荷が低く処理資源が十分な場合ではなく，認知負荷が高く処理資源が不十分な場合であった．一般に，認知負荷が高まることにより処理資源が不十分になり，判断の正確性は低下する．しかし，本研究は逆の結果がみられた．

この点について，嘘や嫌みの判断では認知負荷の効果がみられなかったことと併せて考えると，いくつかの可能性が考えられる．第一に，修辞判断を行う際に，嘘や嫌みである証拠を見つけるような思考を行い，証拠が見つからないことにより本音や照れ隠しであるという判断する可能性がある．すなわち，本音や照れ隠しであると判断するまでの停止規則や停止までの思考が，嘘や嫌みであるという判断に比べて複雑である可能性がある．第二に，嘘や嫌みのようなネガティブな証拠を探すために必要となる処理資源が少なく，本音や照れ隠しのようなポジティブな証拠を探すために必要となる処理資源が多い可能性がある．しかし，この説は本音の理解が早く，嘘や皮肉の理解が遅いという松井 (2011) との整合性が低い．いずれにしても，これらの可能性を検討するためにも，さらなる検証が必要である．たとえば第一の説が正しいならば，ポジティブな言葉ではなくネガティブな言葉を用いた実験でも，本研究と同様に本音や照れ隠しの伝達において判断の正確性は低下すると予測できる．

本研究の適用可能性については，検討の余地がある．本研究は，聞き手が話し手に背を向けた状態で発話を行っており，表情や体の動きが見えなかった．また，嘘は本来，嘘であることが伝わらないようにするものであるが，本研究の嘘伝達条件は，嘘を嘘だと伝えるようにする必要があった．そしてさらに，本研究の実験では，照れ隠しや嘘や嫌みが伝えられることが聞き手に予告されていた．このようなある種の不自然さが実験に影響していたか，検討する必要がある．

付記

本稿は認知心理学会大会第21回大会で発表した研究に参加者を追加し，新たな分析を行ったものである．

文献

Akula, R. & Garibay, I. (2021). Interpretable multi-head self-attention architecture for sarcasm detection in social media. *Entropy*, *23*, 394. https://doi.org/10.3390/e23040394

Gilbert, D. T., & Hixon, J. G. (1991). The trouble of thinking: Activation and application of stereotypic beliefs. *Journal of Personality and Social Psychology*, *60*, 509–517. https://doi.org/10.1037/0022-3514.60.4.509

春木 茂宏 (2006). アイロニーの記述的研究 (3) ——賛辞，世辞，からかいとの比較—— 文学・芸術・文化：近畿大学文芸学部論集，*18*，39-69.

松井 智子 (2011). 子どもの「ミス・コミュニケーション」と心の理論の発達 岡本 真一郎（編） ミス・コミュニケーション——なぜ生ずるか どう防ぐか——(pp.41-64) ナカニシヤ出版

岡本 真一郎 (2004). アイロニーの実験的研究の展望——理論修正の試みを含めて—— 心理学評論，*47*，395-420.

Okamoto, S. (2006). Perception of hiniku and oseji: How hyperbole and orthographically-deviant styles influence irony-related perceptions in the Japanese language. *Discourse Processes*, *41*, 25-50. https://doi.org/10.1207/s15326950dp4101_3

Okamoto, S. (2007). An analysis of the usage of Japanese hiniku: Based on the communicative insincerity theory of irony. *Journal of Pragmatics*, *39*, 1143-1169. https://doi.org/10.1016/j.pragma.2006.08.012

瀧澤 純 (2024). 言語行動検出理論の検証——本音，嘘，皮肉，冗談を区別する認知過程—— 宮城学院女子大学研究論文集，*138*，109-122.

瀧澤 純・小澤 拓大 (2024). 嘘，皮肉・嫌味，照れ隠し，冗談，本音の区別 ——場面想定法データに対する判別分析—— 日本心理学会第 88 回大会発表論文集，発表予定

内海 彰 (1997). アイロニーとは何か？ ——アイロニーの暗黙的提示理論—— 認知科学，*4*，99-112.

Witek, M. (2022). Irony as a speech action. *Journal of Pragmatics*, *190*, 76-90. http://doi.org/10.1016/j.pragma.2022.01.010

演劇における演技計画の構想と社会的能力の関連性
Relationship between Performance Planning for Theatrical Acting and Social Abilities

渡邊 智也†‡, 楠見 孝†
Tomoya Watanabe, Takashi Kusumi
†京都大学, ‡ベネッセ教育総合研究所
Kyoto University, Benesse Educational Research and Development Institute
watanabe.tomoya.1994@gmail.com

概要

本研究は，物語の登場人物を演じる演劇体験のうち，物語を読んでどのような演技をするのか構想する「演技計画」を行うことの，他者の心的状態を推測する能力や共感への促進効果を検証した．大学生 82 名を対象とした実験の結果，物語を読んでその内容を要約した戯曲要約群と比較した演技計画の促進効果は見られなかった．一方で，演技計画群が経験した戯曲の物語への移入の強さは，視点取得能力の向上を促進することが示された．

キーワード：演劇(theater)，演技(acting)，物語読解(narrative reading)，共感(empathy)，物語への移入(transportation into narratives)

1. 問題と目的

物語の登場人物を演じる演劇体験が，他者との相互作用を支える他者理解能力（他者の心的状態を推測し，理解する能力）や共感（他者の感情状態を共有する能力）などの社会的能力を育む手法として期待されている(Winner et al., 2013)[1]．演劇が他者理解や共感への効果を生じるのは，リアルな演技を行うためにその心的状態を推測し，その感情を共有する経験が要求されるためという仮説がある（Goldstein & Winner, 2012）[2]．演ずることの効果に関する認知科学研究として，統制された認知課題上での役割演技が視点取得能力を促進することを示した古見・子安（2012）[3]や，複数の俳優間の相互作用過程に注目した Sun & Okada(2023)[4]などがあり，検討する演劇の複雑性を変化させながら多面的な検討がなされている．

渡邊・楠見（2021）[5]は，演劇体験における，特に個人の演技構築過程の影響に着目し，上記の仮説を検証した．この研究では演劇を，物語の筋を示し，演技の題材となる「台詞とト書き」からなる戯曲作品を読み（戯曲読解段階），どのような演技表現ができるかを構想し（演技計画段階），それを最終的に舞台上で観客を前に声や身体を使って具体的に表現する（演技遂行段階）という 3 つの段階で捉えられる活動とした（安藤, 2002[6]）．渡邊・楠見（2021）[5]では，このような演劇体験の 3 ステップ全体を経験する演劇体験は，戯曲を読んだあとにその内容を要約する戯曲読解体験と比較して，物語への移入が高い場合に限って，他者理解（アジア版目から心を読むテスト: Adams Jr et al., 2011[7]; ヨニテスト: Shamay-Tsoory & Aharon-Peretz, 2007[8]）と共感（日本語版対人反応性指標: 日道他, 2017[9]）を高めるという結果を得た．物語への移入は，物語の世界のイメージの鮮明性や注意の集中を反映する概念である（小山内・楠見, 2016[10]; Green& Brock, 2000[11]）．演劇の効果を段階的に検証するため，渡邊・堀・楠見(印刷中)[12]では最初の戯曲読解段階の他者理解・共感への促進効果を，ノンフィクションを読む場合と比較したが，その効果は認められなかった．物語は一般に人間同士の社会的相互作用を描くため，それを読むことで登場人物の心情を推測し，感情を追体験することが現実世界の他者理解と共感の疑似体験になるという仮説がある(Mar, 2018)[13]．そして，戯曲は舞台作品の青写真と呼ばれ(Noice, 1991)[14]，心情表現の直接的な描写が多く省かれた，いわゆる余白の多い物語形式である．渡邊他の実験操作は，表現上の余白を埋めるように心情を能動的に推測することを求めるような文学的な作品を読むことが，そのような余白のない，または少ないノンフィクションや大衆向け娯楽作品を読む場合と比較して，心情推論に基づく社会的相互作用の疑似体験を促進し，他者理解能力を高めることを報告した研究（e.g. Kidd & Castano, 2013[15]）からの類推に基づいていた．

効果が認められなかった一つの可能性として，演劇初心者にとって戯曲の表現上の余白を埋めるような心情推論は，戯曲読解を行うだけでは困難であった可能性がある．戯曲作品は，表現上の余白から多様な物語解釈が許容されるため，演出家や演劇俳優の解釈を通じて舞台作品としての表現の方向性を定める必要がある．演技計画や演技遂行では，演技表現を定め，それ

を実行するために，個人的経験の知識も活用して戯曲の理解を補完することで物語の解釈を限定したり，定めたりするプロセスが期待できるが，戯曲読解単独では表現が要求されないことで，このプロセスが要求されず，心情推論が促されにくい可能性があると考えた．

そこで本研究では，戯曲読解段階に注目した渡邊他に引き続き，演劇の 3 つのステップの影響を段階的に検証するため，どのような演技を行うか明確にする演技計画段階までを経験することの短期的介入の効果の検討を目的とした．演技計画の効果を検出するため，介入条件を演技計画群(実験条件)と戯曲要約群(対照条件)と設定した．演技計画の課題が，物語の解釈を限定したり，具体化したりするプロセスを強く要求するのであれば，そのプロセスが必ずしも期待されない戯曲読解に専念する課題を経験するよりも，他者理解や共感への訓練の効果を得やすいと考えた．演劇や物語小説の効果は，参加者が物語世界を鮮明にイメージできた場合により得られやすい可能性があることから(Bal & Veltkamp, 2013[16]; Calarco et al., 2017[17]; 小山内他, 2019[18]; 渡邊・楠見, 2021[5])，本研究も移入の強さによる促進効果を想定した．結果の予測として，第一に「物語への移入が強い場合に，演技計画群の他者理解・共感得点が戯曲要約群と比較して高くなる」，第二に戯曲の物語イメージの鮮明性が演技計画時の社会的相互作用の疑似体験を促進すると想定し「演技計画群での物語への移入の強さが他者理解と共感の向上を促進する」と考えた．

2. 方法

参加者 Crowd Works に登録している，演劇の集中的な訓練経験のない大学生および大学卒の 18~34 歳の 82 名（*M*age=26.6, *SD*=4.5）が参加した．

要因計画 参加者内要因である測定時（事前テスト・事後テスト），参加者間要因である介入要因（演技計画群，戯曲要約群）の 2 要因混合計画であった．参加者は 2 群のどちらかに無作為に割り当てられた．

文章材料 練習用戯曲として『転校生が来る』（平田オリザ, 2002[19]），本番用戯曲として『父帰る』（菊池寛, 1917/2016[20]）を用いた．

使用尺度 他者理解能力の効果指標として，アニメキャラクターである「ヨニ」の表情とその周囲の物体等の情報からヨニに対する視点取得を要求するヨニテスト(Shamay-Tsoory & Aharon-Peretz, 2007[8]), 感情表情の視線部分の画像からその人物の感情理解を要求するアジア版目から心を読むテスト(Adams Jr. et al., 2010[7]) を用いた．共感の効果指標として，質問紙尺度である日本語版対人反応性指標の共感的関心尺度（日道他, 2017[9]）を用いた．戯曲の物語の移入状態の尺度として，日本語版物語への移入尺度（移入尺度とする）（小山内・楠見, 2016[10]）を用いた（7 件法）．また，実験介入終了後，演技計画課題・戯曲要約課題の主観的な困難度（1 項目）を 5 件法で尋ねた．その他，いくつかの共変量を測定する質問紙を用いたが本稿での報告は省略する．

手続き オンラインで jsPsych を用いて 2 日間にわたって個別に実施された．実験全体の説明と参加への同

表 1 群ごとの得点の平均値（*SD*）

	事前得点		事後得点	
	演技計画群	戯曲要約群	演技計画群	戯曲要約群
目から心を読むテスト[a]	.71(.15)	.69(.12)	.68(.18)	.67(.10)
ヨニテスト[a, b]	.78(.09)	.81(.12)	.84(.10)	.87(.10)
対人反応性指標 共感的関心(5件法, 7項目)	3.37(.70)	3.44(.60)	3.34(.71)	3.37(.61)
物語への移入(7件法, 15項目)			4.48(1.02)	4.56(.80)

注) a. 正答率，b. 二次推論を要求する項目のみを利用

表 2 予測 1 に関する対比分析の結果

従属変数（事後得点）	対比分析				回帰モデル
	対比推定値	*p*	平均値差の95%信頼区間		*adjusted* R^2
			下限	上限	
目から心を読むテスト	-.015	.680	-.085	.056	.433
ヨニテスト	.014	.472	-.025	.053	.635
対人反応性指標：共感的関心	.073	.495	-.139	.285	.739

意取得を行った後，1 日目の事前テスト（約 20 分）では, 他者理解能力課題２つ, 感情的共感の質問紙 1 つ, その他共変量の質問紙への回答を求めた．2 日目は介入（約 60 分）と事後テスト（約 20 分）を実施した．介入では，まず全参加者が実験説明と戯曲やその読み方に関する短いガイダンスを受けた．そののち，練習用戯曲を通読し，群ごとに異なる練習課題に取り組んだ．演技計画群では指定された人物（なお，この人物を「主人公」とした）の戯曲上の指定された範囲のセリフについて，俳優の立場に立ったとして自分であればどのような演技を行うことができるか（演技計画），またそれはどのような意図で行うのか（表現意図）を考えるように教示された．教示内容は安藤(2002)[6]を参考に構成された．数分後，その内容を発話した．発話はすべて録音された．戯曲要約群では戯曲の要約方針を立案し, その後要約を記述した. 練習課題終了後，両群とも，実験者による取り組み例（演技計画群: 発話説明例，戯曲要約群: 要約例）が示された．続いて本番課題が実施された. 参加者は本番用戯曲を 15 分程度で通読したのち，物語への移入尺度に回答した．続いて練習課題と同様の課題に取り組んだ．発話の負荷を低減するため，演技計画群では，内容の構想と発話の機会を 2 セット設けた．事後テストでは事前テストと同じ尺度に回答した．

3. 結果

各条件の事前･事後得点の記述統計量を算出した（表 1）．また，予測 1 について，効果指標ごとに一般線形モデルによる対比分析を実施した（表 2）．従属変数に事後テスト得点，独立変数に事前テスト得点，介入条件，移入得点，介入条件と移入得点の交互作用をおいた．ただし，介入条件は戯曲要約群を-1，演技計画群を 1 とするダミー変数とした. 移入得点は平均値＋1SD の値で中心化した．その結果，いずれの効果指標でも移入が高い場合の介入条件の効果は有意でなく，物語に移入している場合に予測 1 は支持されなかった．予測 2 について，演技計画群に限定し，効果指標ごとに事後得点を，事前得点および移入得点で予測する回帰分析を行った．その結果，ヨニテスト得点の向上を移入が正に予測しており, 予測 2 が部分的に支持された(β = 233, p < .05, 表 3)．また，探索的に，各群 41 名ずつで物語への移入と課題の主観困難度の関連を検討したところ，戯曲要約群では関連が認められなかったが(r = .004, p = .978)，演技計画群で負の相関があった (r = -.358, p = .021)

表 3 物語への移入が社会的能力の変化に及ぼす影響に関する重回帰分析の結果 (N = 41)

従属変数（事後得点）	β^a	t	p	$adjusted\ R^2$
目から心を読むテスト	.001	.008	.994	.547
ヨニテスト	.233	2.138	.039	.574
対人反応性指標：共感的関心	.054	.785	.437	.841

注) a. 移入尺度得点の標準化偏回帰係数

4. 考察

移入が高い場合に，演技計画群の得点がより高くなるとする予測 1 は支持されず，演技計画の効果は認められなかった. 演技遂行までを行うことの効果（渡邊・楠見, 2021）[5]と比べて，演技計画の効果はとても小さいことが言える．表現を伴わない戯曲読解単独の場合（渡邊他, 印刷中）[12]と同様に，登場人物について，なぜどのような演技をするのかを考え，説明したとしても，介入効果を得るには不十分なのかもしれない．本研究では，演技計画を構想する範囲をやや広く設定し，参加者に自由に発話してもらうことを試みたが，これは参加者にとってやや課題指示が曖昧で負荷の高い活動であった可能性がある．俳優の熟達化を実験的に検討した安藤（2002）[6]では，個々のセリフごとに演技計画を発話させるという，より構造化された手法を取っており，演技計画の具体化にはこの方法がより適している可能性もある．

渡邊・楠見（2021）[5]，渡邊他（印刷中）[12]，および本研究の検証結果を総合すると，短時間・個人を対象とした介入では，演技表現の遂行まで行うことが必要である可能性が推察される．他方で，演技計画群において経験された物語への移入の強さはヨニテスト得点の向上と関連しており，予測 2 を支持する結果が得られた. これは, 必ずしも身体表現を伴わなくても，戯曲の物語世界のイメージが鮮明であるほど，演技計画を作るプロセスにおける物語体験における社会的相互作用の疑似体験が促進され，特にヨニテストが測定するような視点取得能力が向上する可能性を示している．この結果は，物語体験で促進される社会的能力が物語への没入の程度と関わることを示した一連の研究(e.g. Bal & Veltkamp, 2013[16]; 小山内他, 2019[18])とも整合する結果である．特に，視点取得の指標で関連が認められたのは，鮮明に物語イメージを形成した状態

であるほど演技計画時に他者からどのように見えているのか，その視点を意識するようなプロセスが発揮されやすいのかもしれない．物語への移入が強いほど，演技計画の主観困難度が下がったことも踏まえ，産出される演技計画の質的な側面からの検討が必要である．

今後は，演技構築段階が促進効果を持つメカニズムを，物語への移入の影響と併せて検討することが必要である．促進要因について，演技表現それ自体や，本研究が仮説とした演技表現を定めるまでの物語解釈のプロセス，及びその相互作用の可能性について検討が求められる．

文献

[1] Winner, E., Goldstein, T. R., & Vincent-Lancrin, S., (2013) Educational research and innovation. Art for art's sake?: The impact of arts education. Paris: OECD Publishing. (ウィナー, E.・ゴールドスタイン, T. R.・ヴィンセント=ランクリン, S. 原 康正・篠原 真子・袈岩 晶 (訳) (2016). アートの教育学― 革新型社会を拓く学びの技― 明石書店)

[2] Goldstein, T. R., & Winner, E., (2012) “Enhancing empathy and theory of mind”, Journal of Cognition and Development, Vol. 13, pp. 19–37.

[3] 古見 文一・子安 増生, (2012) “ロールプレイ体験がマインドリーディングの活性化に及ぼす効果”, 心理学研究, Vol. 83, No. 1, 18–26.

[4] Sun, J., & Okada, T., (2023) “Interaction in acting training and its different manifestations in novice and professional actors”, Frontiers in Psychology, Vol. 13, 949209.

[5] 渡邊 智也・楠見 孝, (2021) “演劇体験が社会的能力に及ぼす促進効果の実験的検討”, 認知科学, Vol. 28, No. 1, pp. 122‐138.

[6] 安藤 花恵, (2002) “演劇の熟達化―脚本読み取りから演技計画, 演技遂行まで―”, 心理学研究, Vol. 73, 373‐379.

[7] Adams Jr, R. B., Rule, N. O., Franklin Jr, R. G., Wang, E.,Stevenson, M. T., Yoshikawa, S., Nomura, M., Sato, W., Kveraga, K., & Ambady, N. (2010). “Cross-cultural reading the mind in the eyes: An fMRI investigation”, Journal of Cognitive Neuroscience, Vol. 22, pp. 97–108.

[8] Shamay-Tsoory, S. G., & Aharon-Peretz, J. (2007). “Dissociable prefrontal networks for cognitive and affective theory of mind: A lesion study”, Neuropsychologia, Vol. 45, pp. 3054–3067.

[9] 日道 俊之・小山内 秀和・後藤 崇志・藤田 弥世・河村 悠太・Davis, M. H.・野村 理朗, (2017) “日本語版対人反応性指標の作成”, 心理学研究, Vol. 88, pp.61‐71.

[10] 小山内 秀和・楠見 孝, (2016) “物語への移入尺度日本語版の作成と信頼性および妥当性の検討”, パーソナリティ研究, Vol. 25, No. 1, pp. 50-61.

[11] Green, M. C., & Brock. T. C., (2000) “The role of transportation in the persuasiveness of public narratives”, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 79, No. 5, 701-721.

[12] 渡邊 智也・堀 一輝・楠見 孝, (印刷中) “戯曲読解における能動的な読みと社会的能力の関連性”, 認知科学, Vol. 31, No.4

[13] Mar, R. A., (2018) “Evaluating whether stories can promote social cognition: Introducing the Social Processes and Content Entrained by Narrative (SPaCEN) framework”, Discourse Processes, Vol. 55, No. 5-6, pp. 454-479.

[14] Noice, H., (1991) “The role of explanations and plan recognition in the learning of theatrical scripts”, Cognitive Science, Vol. 15, No. 3, pp. 425–460.

[15] Kidd, D. C., & Castano, E., (2013) “Reading literary fiction improves theory of mind”, Science, Vol. 342, No. 6156, pp. 377–380.

[16] Bal, P. M., & Veltkamp, M., (2013) “How does fiction reading influence empathy? An experimental investigation on the role of emotional transportation”, PLoS ONE, Vol. 8, No. 1, e55341.

[17] Calarco, N., Fong, K., Rain, M., & Mar, R. A., (2017) “Absorption in narrative fiction and its possible impact on social abilities”, In F. Hakemulder, M. M. Kujipers, E. S. Tan, K. Bálint, & M. M. Doicaru (Eds.), Narrative absorption (pp. 293-313). John Benjamins Publishing Company.

[18] 小山内 秀和・古見 文一・北島 美花・近藤 千恵子・所 歩美・米田 英嗣・楠見 孝, (2019) “物語への没入体験と社会的能力の向上の関連―成人と児童の比較―”, 認知科学, Vol. 26, pp. 108‐120.

[19] 平田オリザ, (2002) “転校生が来る” 平成 14 年度版中学国語教科書 現代の国語２ 三省堂

[20] 菊池 寛, (2016) “父帰る” 菊池寛戯曲集 父帰る・藤十郎の恋 岩波文庫 (初版, 1917)

眼球運動からVR酔いの発生は特定できるのか？
Do eye movements detect virtual-reality sickness?

平田 貴士[1, a]　川合 伸幸[1, 2, 3, b]
Takashi Hirata and Nobuyuki Kawai

[1.] 名古屋大学大学院 情報学研究科 心理・認知科学専攻,
[2.] 中部大学 創発学術院, [3.] 科学技術振興機構 CREST
[1.] Cognitive and Psychological Sciences, Graduate School of Informatics, Nagoya University
[2.] Academy of Emerging Sciences, Chubu University, [3.] CREST, Japan Science and Technology Agency
[a.] hirata.t@cog.human.nagoya-u.ac.jp, [b.] kawai@is.nagoya-u.ac.jp

概要

視覚情報により誘発される自己運動感覚「ベクション」の発生はVR酔いの原因の1つとして考えられており，ベクションの発生を検出することでVR酔いを未然に防げることが期待されている．本研究では，ベクションの発生を検出する指標として眼球運動に着目し，VR映像視聴中の眼球運動とベクションを測定した．その結果，ベクション知覚時の眼球運動の追従精度は，未知覚時に比べて悪いことが示され，眼球運動からベクションの発生を検出できる可能性が示唆された．

キーワード：VR酔い，ベクション，視運動性後眼振，視運動性眼球運動

1. 背景

今日ではApple Vision Proをはじめとする Virtual Reality（VR）ゴーグルが普及している．VR映像は高い臨場感を引き出す反面，吐き気やめまいといったVR酔いを引き起こすリスクがある．VR酔いが発生する原因の1つとして，視覚情報により誘発される自己運動感覚「ベクション」が考えられている[1]．ベクションは，網膜に映るオプティカルフロー刺激によって誘発される身体の運動感覚である．ベクションを強く感じるヒトほど，映像視聴中に発生する酔いをより強く感じることが報告されている[2]．VR酔いの発生原因の1つとしてベクションが考えられていることから，ベクションの発生を客観的に検出することでVR酔いを未然に防げる可能性がある．

ベクションの発生を客観的に検出する指標として眼球運動が挙げられる．プラネタリウムで投影された星々が一様に右から左に動くような映像を観察し突如映像が消失すると，視覚情報が無いにも関わらず，眼は映像内の動きと同方向にしばらく動き続ける．この眼球運動は視運動性後眼振（optokinetic afternystagmus: OKAN）と呼ばれ，ベクションを感じるヒトほどOKANの持続時間が長いことが知られている[3]．この知見により，OKANの持続時間からベクションを感じやすいヒトとそうでないヒトを区別できることが考えられる．しかし，OKANは映像視聴後に生じる眼球運動であるため，リアルタイムでのベクション検出の指標として適切ではない．

視野全体が一様に動きベクションが誘発される映像を視聴するときには，視運動性眼球運動（optokinetic response: OKR）が発生する．OKRは，車窓から見る流れる風景のような，中心窩のみならず視野全体の情報が動くときにその動きを追従する反射性の眼球運動である．先行研究により，白黒のストライプが移動する映像を視聴した際に発生する酔いは，映像視聴中の眼球運動の速度が映像の移動速度よりも遅いときほど強いことが示されている[4]．この知見から，ベクション発生時のOKRの追従精度は，ベクション未発生時に比べて悪い可能性がある．ベクションの発生有無によってOKRの追従精度が異なる場合，OKRからベクションの発生を検出できる可能性が考えられるが，このことについてはよくわかっていない．

視野全体が一様に動く映像をしばらく観察すると，OKRでの追従はターゲットの動きを予測するかのように変化する．この予測的に追従するOKRは予測性OKRと呼ばれる．予測性OKRは，OKRと異なりターゲットの移動方向が切り替わる直前から，追従方向が切り替わる眼球運動である．予測性OKRの獲得とOKANの発現には共通の神経機構が関わっており，予測性OKRが顕著に現れるヒトほどOKANの持続時間が長いことが示されている[5]．前述した通り，ベクションを感じるヒトほどOKANの持続時間が長いことから[1]，ベクションを感じるヒトほど予測性OKRがより顕著に生じる可能性がある．

本研究では，先行研究で明らかにされていない，VR映像視聴時の眼球運動とベクションの発生の関係を調べ，眼球運動を指標としたベクション発生の検出可否の可能性を探る．ベクションの発生と眼球運動の関係を調べるために，本研究ではHead Mounted Display

（HMD）を用いてベクションが誘発される映像を提示し，ベクションの発生と映像視聴中の眼球運動を計測した．

2. 方法

2.1 参加者と実験環境

名古屋大学に所属する 14 名（男性 9 人，女性 5 人）が実験に参加した．すべての参加者は，座位の姿勢で VR 映像を提示する HMD（VIVE Pro Eye, HTC VIVE）を装着した．計測中の頭部動揺を抑制するために顎台を用いた．また，ベクション知覚の有無を調べるためのテンキーを参加者の利き手側に設置した．参加者の眼球運動はサンプリング周波数 120 Hz で記録された．

2.2 視覚刺激映像

HMD で表示する VR 映像は，3D 開発プラットフォーム Unity（Unity Technologies）を用いて作成された．VR 空間内には，半径 5 m の全円柱スクリーンを設置した．円柱スクリーンには，白黒のモザイク画像が提示され，重力軸を中心に yaw 方向に 30 deg/s 時計回り（clock wise: CW）もしくは半時計回り（counter clock wise: CCW）に回転した．VR 空間において参加者は，円柱スクリーン内部の中心に位置し（図 1A），CW もしくは CCW 方向に回転する白黒のモザイク画像を観察した．

2.3 実験構成

本研究では，ベクションを計測する実験 1 と OKR および予測性 OKR を測定する実験 2 で構成されている．すべての参加者において実験は，実験 1，2 の順で実施した．実験 1 と 2 の間には 5 分間の休憩を設けた．

2.3.1 実験 1

実験 1 では回転する白黒モザイク画像を視聴しているときのベクションを計測した．提示される白黒モザイク画像は，30 deg/s で CW 方向に 150 秒間回転し続けた（図 1B）．ベクションを感じている間は，常に利き手中指に配置されたキーを入力し続けるよう参加者に指示した．

2.3.2 実験 2

実験 2 では，回転する白黒モザイク画像を視聴しているときに発生する OKR と予測性 OKR を計測した．予測性 OKR の獲得および獲得の有無を確かめるため

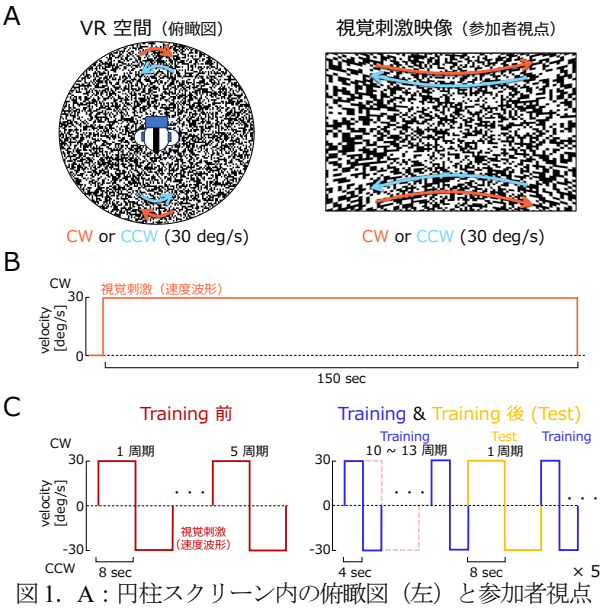


図 1．A：円柱スクリーン内の俯瞰図（左）と参加者視点の刺激映像（右）．B：実験 1 で提示した視覚刺激の速度波形（橙色）．C：実験 2 で提示した視覚刺激の速度波形（赤：Training 前，青：Training，黄：Training 後）．

に，実験 2 は Training 前，Training，Training 後（Test）で構成された（図 1C）．計測は，Training 前，Training，Training 後の順で実施した．

Training では，OKR の計測および予測性 OKR の獲得を目的とし，4 秒 CW，4 秒 CCW 方向にモザイク画像が 30 deg/s 回転する映像を提示した．4 秒 CW，4 秒 CCW を 1 周期として，Training では合計 50 周期提示した．Training を通じて参加者は，4 秒 CW，4 秒 CCW の周期で回転するモザイクを予測的に追従する予測性 OKR を獲得する．

Training 前と後は，Training による予測性 OKR 獲得の有無を確かめるために実施した．Training 前と後では，Training で提示されたモザイク画像の 2 倍の回転周期である，8 秒 CW，8 秒 CCW で 30 deg/s 回転するモザイク画像を提示した．Training 前では，8 秒 CW，8 秒 CCW を 1 周期として 5 周期提示した．Training 後の Test では，Training の 11，23，35，50 周期目の後に 1 周期提示した．

Training を通じて予測性 OKR が獲得された場合，Training 後の Test では Training で提示された 4 秒 CW，4 秒 CCW の回転を予測するような OKR が現れる．具体的には，Test 開始 4 秒付近で追従方向を切り替えるような OKR が発生する（図 2 左）．一方，予測性 OKR が現れない Training 前では，回転方向が切り替わってから追従方向が切り替わる OKR が発生する（図 2 右）．Training において予測性 OKR が獲得されなかった場合，

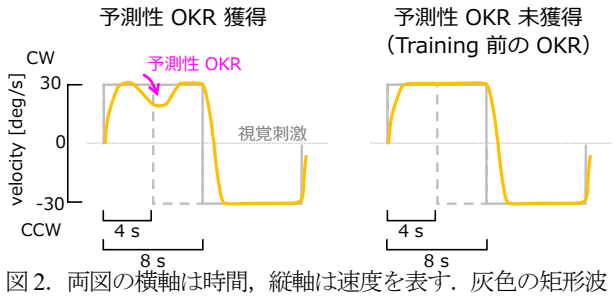


図 2. 両図の横軸は時間，縦軸は速度を表す．灰色の矩形波はモザイク画像の回転速度を表す．左：予測性 OKR が獲得された際に現れる Training 後の OKR のイメージ（黄色）．右：予測性 OKR が獲得されなかった際に現れる Training 後の OKR および Training 前に現れる OKR のイメージ(黄色)．

Test では Training 前と類似した OKR が現れることになる．

実験 2 の Training と Test において参加者は，実験 1 と同様にベクションを感じているときは常にテンキーを入力し続けた．

2.4 解析方法

本実験に参加した 14 名のうち 2 名は，実験 2 の計測途中で気分が悪くなったため計測を中断した．本研究では，計測を中断した 2 名を除いた 12 名を解析対象とした．実験 1 と 2 で得られたテンキーの入力のデータおよび眼球運動の位置データは，MATLAB (Mathworks, USA) に読み込み，オフラインで解析した．実験 1 で得られたテンキーの入力データから，キーが入力された合計時間を算出しベクション知覚時間を求めた．実験 2 で得られた眼球運動の位置データは，1 回微分し速度に変換した．その後，速度閾値による desaccading アルゴリズムを用いて，眼球運動に含まれる saccade 部分を全て除去し OKR の部分のみを抽出した．

2.5.1 OKR の追跡精度の定量化

実験 2 で計測した OKR の追従精度を定量化するために，眼球速度をモザイク画像の回転速度（30 deg/s）で割った OKR ゲインを算出した．OKR ゲインが 1 のとき OKR の速度と画像の回転速度が一致していることを意味する．各参加者において，実験 2 の Training で計測された OKR から OKR ゲインを算出した．Training では回転映像が 50 周期提示されるため，参加者 1 人あたり 50 標本の OKR ゲインが算出される．OKR ゲイン算出後，Training の各周期において，ベクションが知覚されていた区間と知覚されていない区間に OKR ゲインを分類し，ベクション知覚有無における全参加者の

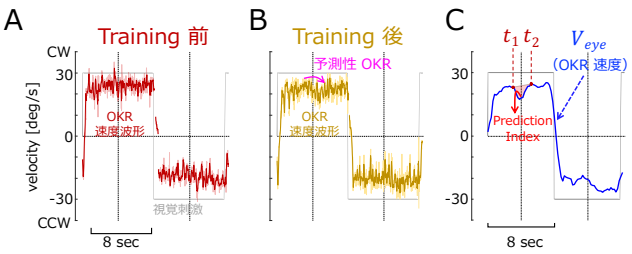


図 3. すべての図の横軸は時間，縦軸は回転速度を表す．灰色の矩形波はモザイク画像の回転速度を意味する．A：参加者 A の実験 2 Training 前（赤）の OKR の平均結果．B：参加者 A の実験 2 Training 後（黄）の OKR 平均結果．C：実験 2 Training 後の OKR 波形．赤色部分は Prediction Index を表す．

平均 OKR ゲインを算出した．

2.5.2 予測性 OKR の定量化

実験 2 のモザイク画像の回転速度の時系列データから，回転方向が切り替わるタイミングを検出し，Training 前と後それぞれの OKR の速度波形を 1 周期ごとに抽出した．図 3A と B に実験参加者 A の Training 前（A, 赤）と Training 後の Test（B, 黄）で抽出された 5 周期分の OKR の平均結果を示す．Training 前の平均 OKR の波形は，桃色矢印が示すように視覚刺激の波形と並行している．対して Training 後の Test の平均 OKR 波形では，視覚刺激の動きだし 4 秒付近で OKR の速度が低下しその後速度が上昇していることが示された（図 3B）．この結果から，Training において，実験参加者は予測性 OKR を獲得したことが考えられる．本研究では，Test で見られた予測性 OKR を定量化するために，Prediction Index を次式のように求めた．

$$Prediction\ Index = \frac{\int_{t_1}^{t_2}(V_{eye}(t_1) - V_{eye}(t_2))\mathrm{d}t}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

OKR の速度波形 V_{eye} を 1 回微分することで躍度を求め，躍度のピークとなる時刻をそれぞれ t_1, t_2 と置く．Prediction Index は図 3C の赤色で塗られた面積を時間で割ったものとなる．

3. 結果

3.1 ベクションの知覚時間と予測性 OKR

ベクションの発生と予測性 OKR の関係を確かめるために，実験 1 で計測したベクションの知覚時間と実験 2 Training 後の予測性 OKR から算出した Prediction Index の相関を調べた（図 4A）．その結果，ベクション

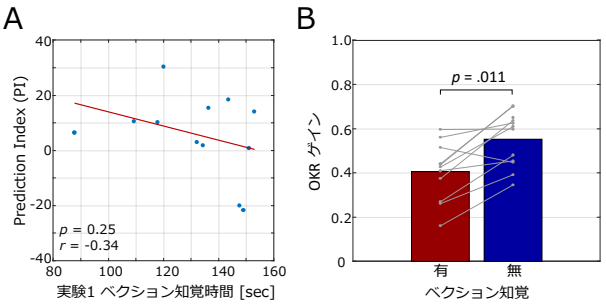


図 4. A：ベクション知覚時間と予測性 OKR の関係．横軸は実験 1 で計測されたベクションの知覚時間，縦軸は実験 2 の Training 後で計測された予測性 OKR を定量化した Prediction Index の値を表す．青点は参加者個人ごとの結果を意味する．B：ベクション知覚有無における Training 時の OKR ゲイン．赤色の棒グラフはベクションを知覚したとき，青色はベクションを知覚していないときの OKR 平均ゲインを表す．

知覚時間と Prediction Index に有意な相関は見られなかった（$r = -0.34, p = 0.25$）．

3.2 ベクション知覚有無における OKR ゲイン

実験 2 Training において，ベクションが知覚されているときとそうでないときの平均 OKR ゲインを比較した結果，ベクションを知覚している区間の OKR ゲインは知覚していないときに比べて有意に低いことが示された（図 4B; $p = 0.01$）．

4. 考察

実験 2 の Training において，ベクションを知覚有無における OKR ゲインを比較した結果，ベクションが知覚されているときの OKR ゲインは，知覚されていないときに比べて低い結果が示された（図 4B）．OKR ゲインが低いことは，ベクション知覚中の OKR の眼球速度と刺激の移動速度の差がベクションを知覚していないときに比べて大きいことを意味する．この結果は，眼球運動の速度と刺激の移動速度の差が大きいほど映像視聴中の酔いが強くなることを示した，先行研究と一致している[4]．本研究では，ベクションの知覚有無において OKR のゲインが異なることを示したが，OKR のゲインが低下することでベクションが知覚されたのか，ベクションが知覚されたことでゲインが低下したのかを結論づけることができない．

先行研究では，予測性 OKR が顕著に現れるヒトほど OKAN の持続時間が長いことを示している[5]．また，ベクションをより知覚するヒトほど OKAN の持続時間が長いことも報告されている[2]．これらの知見から，本研究ではベクションを知覚するヒトほど予測性 OKR が顕著に現れることを予想していた．しかし，予測性 OKR を定量化した Prediction Index とベクションの知覚時間を比較した結果，両者に有意な相関はみられなかった（図 4A）．ベクションの知覚と OKAN の持続時間を調べた先行研究[3]では，参加者が主観的に感じるベクションの強さをベクションの指標として計測していた．対して本研究では，ベクションの強さではなくベクションの知覚時間を計測していた．このことから，ベクションの強さと予測性 OKR を定量化した Prediction Index の関係を調べた場合，ベクションをより強く知覚するヒトほど予測的に視標を追従する可能性が考えられる．

本研究では，ベクション知覚時の OKR による追従精度がベクションを知覚していないときに比べて低いことを示した．この結果から，OKR による追従精度からベクションの発生を検出できる可能性が示唆された．しかし，前述した通り，追従精度の低下とベクション発生の因果関係は明らかではない．今後の研究では，ベクションの発生直前と直後の OKR の追従精度を比較し因果関係を確かめる必要がある．また，VR 酔いを未然に防ぐ手段として，OKR を指標としたベクション発生の検出が有効であるかについても今後の実験で調べる必要がある．

文献

[1] Hettinger, Lawrence J., et al. "Vection and simulator sickness." *Military psychology* 2.3 (1990): 171-18

[2] Nooij, Suzanne AE, et al. "Vection is the main contributor to motion sickness induced by visual yaw rotation: Implications for conflict and eye movement theories." *PloS one* 12.4 (2017): e0175305.

[3] Nooij, Suzanne AE, Paolo Pretto, and Heinrich H. Bülthoff. "More vection means more velocity storage activity: a factor in visually induced motion sickness?." *Experimental brain research* 236 (2018): 3031-3041.

[4] Guo, C. T., and R. H. Y. So. "Effects of foveal retinal slip on visually induced motion sickness: a pilot study." *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. Vol. 56. No. 1. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2012.

[5] Y. Matsuzawa, R. Baker, Y. Hirata, “Human predictive optokinetic eye movement is correlated with the presence of velocity storage: Demonstration in a virtual reality environment”, Society for Neuroscience 2017 Annual Meeting, No.109.06, Washington D.C., 2017.

本研究は，JST CREST「生体マルチセンシングシステム究明と活用技術の創出」事業の補助を受けて行われた．

アファンタジアの心的回転
Mental rotation in Aphantasia

齋藤 五大[1] 髙橋 純一[2] 安永 大地[3] 坂本 修一[1]
Godai Saito, Junichi Takahashi, Daichi Yasunaga, and Shuichi Sakamoto
[1]東北大学，[2]福島大学，[3]金沢大学
[1]Tohoku University, [2]Fukushima University, [3]Kanazawa University
godai.saito.a7@tohoku.ac.jp

概要
アファンタジアとは，自発的な視覚イメージを作り出す能力が著しく低い，もしくは能力自体を欠いている個人を指す。本研究では，心的回転課題を用いてアファンタジアの被験者が心的回転に関する能力を保持するかどうかを検討した。実験の結果は，アファンタジア群と統制群の平均反応時間がどちらも刺激の回転角の増加に従って伸長し，両群間の平均反応時間のパターンが類似することを示した。

キーワード：アファンタジア (aphantasia), 心的イメージ (mental imagery), 心的回転 (mental rotation)

1. はじめに

視覚イメージは目の前に存在しない物体や情景を視覚的な心的表象として形成する能力である。私たちのほとんどは目の前に存在しない対象を思い浮かべることができるが，一部の人々はそうした自発的な視覚イメージを作り出す能力が著しく低い，もしくは能力自体を欠いている。こうした視覚イメージの欠如は，古くは Galton (1880) によってその存在が指摘されていたものの，今日 Zeman et al. (2015) によってアファンタジア（aphantasia）と名付けられて以来，科学的な関心が向けられるようになった。最近の研究では，視覚イメージ鮮明性質問紙（VVIQ: Vividness of Visual Imagery Questionnaire; Marks, 1973）を用いて，一般人口におけるアファンタジアの割合をおおよそ 4%前後と推定している（Dance et al., 2022; Takahashi et al., 2023）。アファンタジアのメカニズムに関する研究は急速に増えつつあり，心的回転課題を用いた研究もそのひとつと言える。心的回転課題では，呈示される物体とイメージする物体と間の回転角の差異の増加に伴い，被験者が両者を同一かどうか判断するまでの反応時間も伸長することが知られている。こうした結果はイメージした物体が物理世界の回転と相似して回転されている証拠と考えられている。先行研究（Zhao et al., 2022）はアファンタジアが心的回転に関する能力を保持することを報告するものの，当該研究のアファンタジアの被験者は１名に限られており，より多くのアファンタジアに対して検討が加えられることが望まれる。そこで本研究では，視覚イメージを検討するために用いられる課題の一つである心的回転課題を用いてアファンタジアの被験者が心的回転に関する能力を保持するかどうかを検討した。

2. 方法

被験者　アファンタジア群の被験者９名（平均年齢 46 歳；平均 VVIQ 得点 26，範囲 16－32）および統制群の被験者８名（平均年齢 45 歳; 平均 VVIQ 得点 61，範囲 43－70）が本実験にそれぞれ個別に参加した。

刺　激　大文字の R が直立方向から時計回りに 0，60，120，180，240，300 度のいずれかに回転され，通常（canonical）のあるいは鏡映（mirror-reversed）の文字として液晶画面上に呈示された。

手　続　図１は本実験における１試行の概略である。被験者の課題は約 60 cm の観察距離から液晶画面に呈示された R が通常のあるいは鏡映の文字であるかどうかを判断することであった。各試行の始めに，被験者は画面中央に呈示された注視点を 500 ms のあいだ観察し，その直後に呈示された R が通常あるいは鏡映の文字であるかどうかを，できる限り素早く正確に通常文字と鏡映文字に対応するレスポンスパッドの左右キーで回答した。被験者は練習試行として 12 試行を受けた後，本試行として 144 試行（2：文字×6：角度×12：繰返し）を受けた。

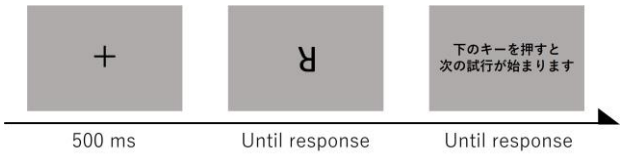


図１　本実験における１試行の概略。

3. 結果

図２は，アファンタジア群と統制群における通常文

字（図２左）と鏡映文字（図２右）に対する回転角ごとの平均反応時間を示す。通常文字および鏡映文字に対してそれぞれ２（アファンタジア群，統制群）×６（0，60，120，180，240，300 度）の混合計画の２要因分散分析を行った。その結果，通常文字と鏡映文字のどちらの場合でも，文字の回転角の主効果は認められたが（通常文字：$F_{5, 75} = 74.6$, $p < .001$，鏡映文字：$F_{5, 75} = 28.2$, $p < .001$），アファンタジアの有無の主効果（通常文字：$F_{1, 15} = 0.21$, $p = .66$，鏡映文字：$F_{1, 15} = 0.01$, $p = .91$）および交互作用（通常文字：$F_{5, 75} = 0.49$, $p = .79$，鏡映文字：$F_{5, 75} = 0.71$, $p = .62$）は認められなかった。

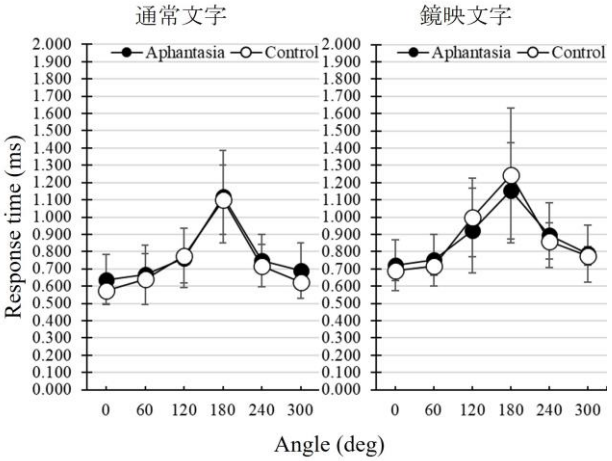


図２　アファンタジア群と統制群における通常文字（左）と鏡映文字（右）に対する回転角ごとの平均反応時間（ms）。エラーバーは標準偏差を示す。

4.　考察

本実験では，アファンタジアの被験者が視覚イメージを経験できないにもかかわらず，心的回転に関する能力を保持するかどうかを検討した。本実験の結果は，通常文字と鏡映文字のどちらが呈示された場合でも，アファンタジア群と統制群の平均反応時間がどちらも刺激の回転角の増加に従って伸長し，両群間の平均反応時間のパターンは類似する傾向を示した。これらの結果は，アファンタジアの被験者が自発的には視覚イメージを形成できないにもかかわらず，刺激を空間的に操作する能力を保持することを示唆する。私たちの実験結果は，アファンタジア一事例における心的回転課題の結果（Zhao et al., 2022）を再現し，拡張するものである。アファンタジアの被験者が視覚イメージの形成に困難をきたす一方で視覚イメージの回転能力を保持することは，視覚処理経路における腹側経路と背側経路の観点から説明できる可能性がある。たとえば，Podzebenko et al. (2002)は心的回転における背側経路の関与を明らかにしている。こうした知見に基づくと，本実験の結果はアファンタジアが物体の特定に関わる腹側経路の問題であり，空間の位置に関わる背側経路の問題ではないという考え（Bainbridge et al., 2021）を支持し得る。

謝辞

本実験の実施に際して前田実香氏（金沢大学）と李戦氏（東北大学）より支援を受けた。

文献

Bainbridge, W. A., Pounder, Z., Eardley, A. F., & Baker, C. I. (2021). Quantifying aphantasia through drawing: Those without visual imagery show deficits in object but not spatial memory. *Cortex*, *135*, 159-172.

Dance, C. J., Ipser, A., & Simner, J. (2022). The prevalence of aphantasia (imagery weakness) in the general population. *Consciousness and Cognition*, *97*, 103243.

Galton, F. (1880). Statistics of mental imagery. *Mind*, *5*(19), 301-318.

Marks, D. F. (1973). Visual imagery differences in the recall of pictures. *British Journal of Psychology*, *64*(1), 17-24.

Podzebenko, K., Egan, G. F., & Watson, J. D. (2002). Widespread dorsal stream activation during a parametric mental rotation task, revealed with functional magnetic resonance imaging. *Neuroimage*, *15*(3), 547-558.

Takahashi, J., Saito, G., Omura, K., Yasunaga, D., Sugimura, S., Sakamoto, S., ... & Gyoba, J. (2023). Diversity of aphantasia revealed by multiple assessments of visual imagery, multisensory imagery, and cognitive style. *Frontiers in Psychology*, *14*, 1-14.

Zhao, B., Della Sala, S., Zeman, A., & Gherri, E. (2022). Spatial transformation in mental rotation tasks in aphantasia. *Psychonomic Bulletin & Review*, *29*(6), 2096-2107.

Zeman, A., Dewar, M., & Della Sala, S. (2015). Lives without imagery–Congenital aphantasia. *Cortex*, *73*, 378-380.

クラシックバレエにおけるダンサーの動きと拍音の同期性
Synchronization of dancers' movements and music beats in classical ballet

脇山拓也[†]，鍔木悠里奈[‡]，水村（久埜）真由美[*]，阪口　豊[†]
Takuya Wakiyama，Yurina Tsubaki，Mayumi Kuno-Mizumura，Yutaka Sakaguchi
[†]電気通信大学，[‡]国立スポーツ科学センター，[*]お茶の水女子大学
University of Electrical-Communications, Japan Institute of Sports Sciences, Ochanomizu University
w2430144@gl.cc.uec.ac.jp

概要

ダンサーが音楽の拍に対して身体の動きをどのように合わせているかを明らかにするために，クラシックバレエの４種類の基本動作（ジュッテ，タンデュ，シャンジュマン，パッセ）について，ダンサーの身体動作と音楽の拍（メトロノーム音）との時間的な関係性を分析した．その結果，多くのダンサーに共通して拍音と同期した運動特徴点がある一方で必ずしもすべてのダンサーが同じ特徴点と同期していないこと，動作の違いによって拍音と同期させる特徴点が異なることが明らかになった．

キーワード：ダンス，クラシックバレエ，音楽性，同期性

1.　序論

クラシックバレエをはじめとするダンスにおける「音楽性（musicality）」には，①身体の動きを通じた表現内容が音楽の表現内容と適合しているか，②身体の動きが音楽のリズムと同期しているか，という二つの側面があると考えられる．この研究では後者の側面に焦点を当て，ダンサーの動きと音楽の拍の時間的関係性について検討する．

ダンサーの動きのタイミングが音楽の拍にあっているかどうかはダンスの巧拙の印象に強い影響を与えるが，このような「観客から見た音楽と踊りの同期性」とは別に，ダンサーが音楽の拍に対し自身の身体の動きをどのように合わせているかという問題がある．クラシックバレエのパフォーマンスでは通常，ダンサーの動きは演出家の指示によって決められるが，ここではそのような指示がなく，ダンサーが自然だと思うタイミングで自由に踊る状況での音楽の拍と身体の動きの関係性を検討する．このような自然な状況でのダンサーのタイミングの取り方は，ヒトが音楽や音に合わせて身体を動かす際の脳情報処理の基本的特性を反映しているはずであり，クラシックバレエの動きを題材としてそれを検討することが本研究の大きな目的である（ただし，個々のダンサーがそれまでに受けてきた指導内容に影響を受けていることは否定できない）．

身体動作と音楽の同期性に関する先行研究として，ラジオ体操での動作と拍の時間的関係性を調べた研究[1]，マーチング（行進動作）における拍と動作の関係性に関する研究[2]，ジャズダンスにおける拍と身体動作の極点の関係性に関する研究[3]のほか多数の報告があり，動きの終端点や極点，動きの最速点，床反力の極大点などが拍と一致していることが指摘されている．本研究では，クラシックバレエの基本動作４種類を題材として，同様の特性が観察されるかどうかを実験的に検討した．

2.　実験方法

本研究では，10 名の女性バレエダンサー（プロ 2 名，アマチュア 8 名）にメトロノーム音（動作により 60 bpm または 80 bpm）に合わせて９種類の基本動作を行ってもらい，その際の身体動作をモーションキャプチャ装置と床反力計により記録した．本実験はお茶の水女子大学の倫理審査委員会の承認を受けて実施され，データ解析についても電気通信大学の倫理審査委員会の承認を受けた．ここでは，計測した 9 種類の動作のうち，脚の左右動作が主である 2 種類と，体幹や脚の上下動作が主である 2 種類について解析を行った．以下に，題材とした 4 種類の動作について簡単に紹介する．

１．ジュッテ（jete）

両足のかかとをつけて趾先を外側に開いて立った姿勢（１番ポジション）から片脚（実験では右脚）を真横

に伸ばして（右股関節を膝伸展位で外転して）空中に浮かせ，そのあと元の姿勢にもどる．

２．タンデュ（tendu）

１番ポジションから片脚（実験では右脚）の趾先を床の上を滑らせるようにして身体の真横へ擦りだし（右股関節を膝伸展位で外転し），趾先が離地する直前から逆転させて元の姿勢にもどる．

３．シャンジュマン（changement）

趾先を外側に向け脚を交差させた姿勢（５番ポジション）から軽く膝をまげて（ドゥミ・プリエ）．鉛直方向に跳躍し，飛んでいる間に両脚を前後に交換して５番ポジションで着地する．

４．パッセ（passe）

５番ポジションから，片脚の趾先を他方の脚に沿わせながら膝関節が最大屈曲位となるまで持ち上げ（ルティレ），続いて趾先を同様に下ろし５番ポジションにもどる．他方の足はその動作に合わせて趾先立ちになる．この動作を上げる脚を交互に入れ替えて繰り返す．

3. データ解析

身体運動データ（サンプリング周波数 250 Hz）は遮断周波数 50 Hz の４次ローパスフィルタを用いて平滑化したのち数値微分により速度や加速度を算出した．また，録音したメトロノーム音（以下「拍音」と記す）を分析して拍のタイミングを抽出した．そして，身体の主要部分に貼付したマーカの位置・速度・加速度や床反力垂直方向成分（以下，これらを「特徴量」と呼ぶ）の時間変化を解析し，拍音との時間関係を観察した．

次に，それぞれの動作に対し，ダンサーが身体感覚的に捉えられるイベント（例えば，床への着地点，床の踏切力の最大点，脚や足の動きの始点や終点，脚や足の動きの最速点など）に対応する特徴量の変化点（例えば，床反力の最大点，マーカの動きの最速点など）の時刻（以下「特徴時刻」と呼ぶ）を試行ごとに求めた．各被験者に対して同じ処理を行い，全被験者における特徴時刻の分布を分析した．なお，特徴時刻は最も近い拍音時刻を原点とする相対時刻により求めた．

4. 実験結果

紙面の都合上，ここでは，脚の左右方向の動作であるジュッテとタンデュに関する結果を中心に説明する．

4.1 ジュッテ（jete）

先に述べたように，ジュッテは右脚を外側に広げて戻す動きを繰り返す動作であるので，右のくるぶし（外果）に貼付したマーカの動きに着目して解析を行った（かかとや中足骨，ひざに貼付したマーカもほぼ同様の特性を示した）．そのうえで，①外果位置の最大時刻（脚の動きの最外点），②外果の外向き速度の最大時刻（脚を外側に開く速度が最大になる点），③外果の内向き速度の最大時刻（脚を閉じる速度が最大になる点），④外果速度が負から 0 になる時刻（脚を閉じた点），⑤外果速度が 0 から立ち上がる時刻（脚を開き始める点）を特徴時刻として用いた．ここでの位置，速度はすべて水平方向成分であり，被験者からみて右向きを正としている．

図１に示した三つのパネルは，上から順番に，被験者１名（プロダンサー）の外果位置，速度，加速度の時間変化を表したもので，10 回繰り返し分のデータを重ねて表示している．横軸の原点は拍音の時刻で，横軸の幅は 1 回の動作時間（1s）である．図中の赤点が外果最外点①，マゼンタ点は外向き速度最大点②，シアン点は内向き速度最大点③，青点は脚を閉じた点④，緑点は脚を開き始めた点⑤を表している．この図からわかるように，外向き速度最大点②が拍音のタイミングとほぼ一致しており，このダンサーが足を外向きに最も速く動かす点を拍音に合わせていることを示唆している．

図２は，以上の 5 つの特徴時刻をすべての被験者についてまとめたもので，図中の黒点は試行ごとの特徴点時刻，赤点は被験者ごとの中央値を示している．この図より，図１に示した被験者だけでなく，すべての被験

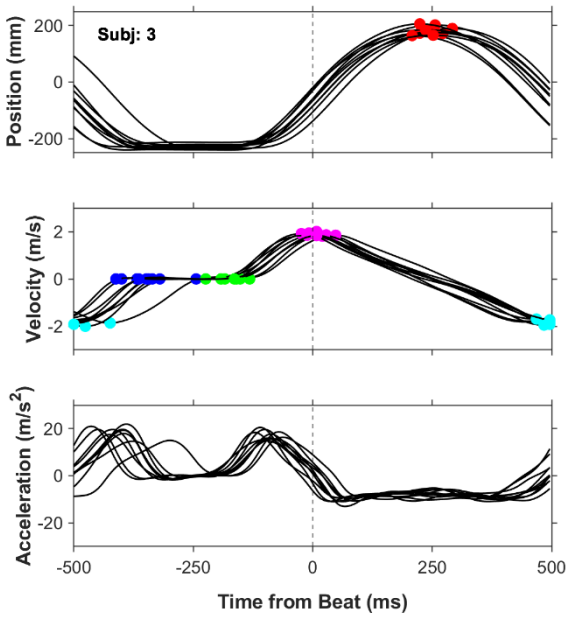


図１　ジュッテにおける右外果の動きの例

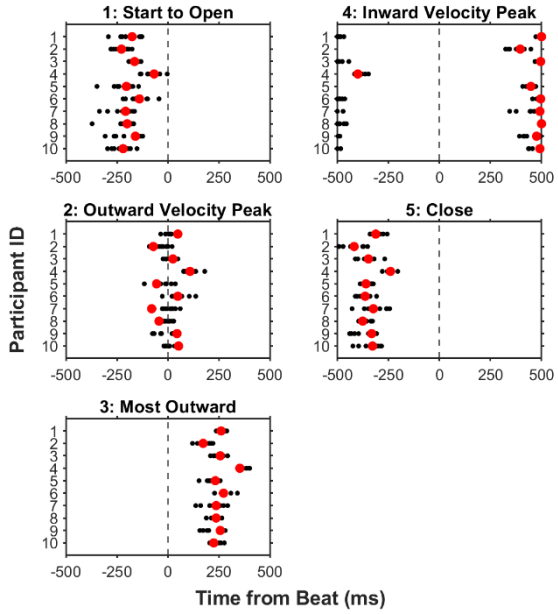


図２　ジュッテにおける特徴時刻のまとめ

者について，外向き速度最大点（パネル２）が拍音とほぼ一致することが読み取れる．さらに，この図からもう一つ読み取れることは，すべての被験者について，内向き速度最大点（パネル４）が拍音から半拍ずれたタイミング（裏拍）と一致していることである．一方で，足の最外点のタイミング，脚を開き始めるタイミングや脚を閉じるタイミングはいずれも拍音とずれていた．

以上まとめると，ジュッテの動作において，ダンサーは足の動きの最外点・極点（股関節を最大に外転する点）ではなく，足を外向きに動かす速度の最大点を拍音に合わせていること，また，足を内側に動かす速度が最大になる点を裏拍に合わせていることが明らかになった．

4.2. タンデュ（tendu）

タンデュも，ジュッテと同様に右脚を外側に開いて戻す動きを繰り返す動作であるので，右外果に貼付したマーカの動きに着目して解析を行った．

図３の３つのパネルは，図１と同様に，被験者１名（プロダンサー）の右外果の位置，速度，加速度の時間変化を 10 試行分まとめて表示したものである．図１と比較するとわかるように，タンデュの動きのタイミングはジュッテの動きのタイミングと大きく異なっている．特に，ジュッテでは脚を閉じた姿勢で静止する時間帯があって外側に振り切る点は一瞬であるのに対し，タンデュでは脚を閉じるのは一瞬で，脚や足を外側に広げた姿勢で静止している時間帯がある．このことから，タンデュの解析では，①外果速度が正から０になる時刻（脚を開いて静止する点：図中緑点），②外果速度が０から離れ負へ転じる時刻（脚を閉じ始める点：青点），③外果の外向き速度の最大時刻（脚を外側に動かす速度の最大点：マゼンタ点），④外果の内向き速度の最大時刻（脚を内側に動かす速度の最大点：シアン点），⑤外果位置の最小時刻（脚を閉じる点：赤点）を特徴時刻とした．

この図から，外果速度が正から０になる点①が拍音のタイミングとほぼ一致していることがわかるが，このことは，このダンサーが脚を外側に広げて静止するタイミングを拍音に合わせていることを示している．一方で，この図を丁寧に観察すると，動作のタイミングが試行によって二つのパタンに分類されることも読み取れる．このことは，同じダンサーであっても，動きのタイミングは一意に決まるわけではなく，複数のタイミングの候補が存在することを示唆している．

図４は５つの特徴時刻を 10 名の被験者についてまとめたものである．この図からわかるように，多くの被験者において，外果の最外点到達時刻（パネル 3），つまり，脚を外に開く動作の終点が拍音と同期する傾向がみられた．一方で，少数の被験者（#5，#9）は拍音より早めに脚を外側に動かす動作を終えて静止した状態で拍音を迎えていた．また，ジュッテと同様に，内向き速度最大点（パネル 5）が拍音と半拍ずれたタイミング（裏拍）と概ね一致していることも明らかになった．

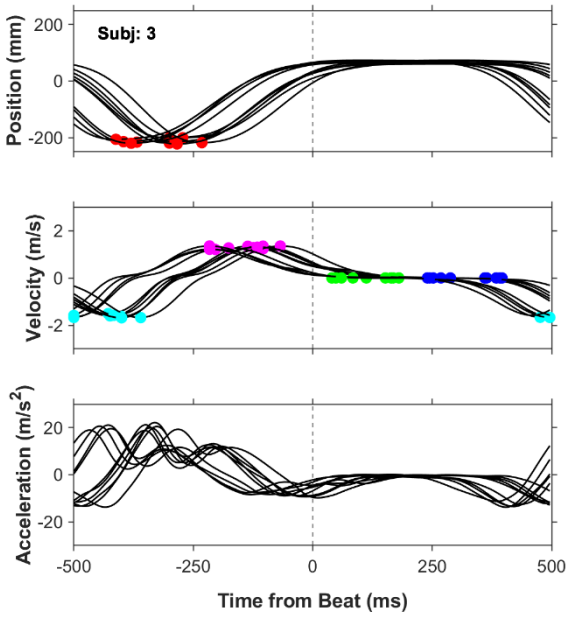


図３　タンデュにおける右外果の動きの例

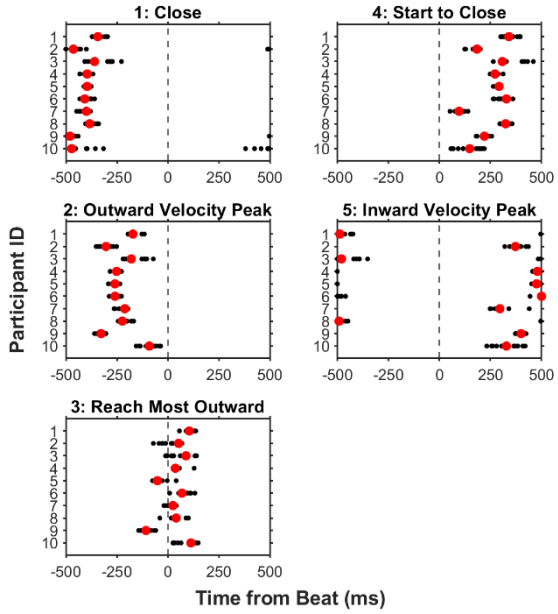


図４　タンデュにおける特徴時刻のまとめ

このように，タンデュの動作において，ダンサーは脚を外側に開き終える点を拍音に合わせていること，また，脚を内側に閉じる速度が最大になる点を裏拍に合わせていることが明らかになった．

4.3　シャンジュマン

跳躍動作であるシャンジュマンについては，体幹の上下動を表す頸椎 C7 の動き，前後交換する両脚の動きを表す外果の動き，および，着地や離地，踏切力を反映した床反力に着目して解析を行った．

具体的なデータは示さないが，この動作では，床に着地するタイミングや左右外果の前後位置の差が最大となるタイミングが拍音と近接している被験者が多かった．一方，被験者間の違いが大きく，拍音と一致する特徴点が不明である被験者も見られた．全般的には，着地点と着地後の床反力ピーク点のあいだの区間に拍音が含まれるケースが多かったことから，ダンサーは着地に伴う何らかの身体感覚手がかりを拍音に同期させていることが推察される．

4.4　パッセ

この動作は，片脚を交互に上下動させながらつま先立ちによって身体全体を上下動させるものであることから，体幹の上下動を反映した C7 と，両脚の上下動を反映した外果の動きに着目して解析を行った．

この動作についても被験者間の違いが大きかったが，多くのダンサーでは，つま先立ちの状態から下り始めて体幹が最下点に達するまでの区間に拍音が含まれていた．その一方で，逆に，脚を上げる動作が拍音に近接しているダンサーも少数見られた．

5.　まとめと考察

本研究では，クラシックバレエにおける基本動作を題材として，拍音と同期している運動特徴点を分析した．その結果，拍音と同期している運動特徴点は，先行研究で指摘されていた「動きの終端点」や「動きの最速点」，「床反力の最大点」と一致していた一方で，拍音と一致する運動特徴点は動作に依存して異なっていた．

具体的には，ジュッテとタンデュの動作はいずれも 1 番ポジションから片脚を外側に動かす（股関節を外転する）動きであるが，両者の動作タイミングは大きく異なり，拍音と一致する運動特徴点も異なっていた．ジュッテでは脚を内側に閉じた姿勢で静止する時間があり，そこから脚を外側に振り出したのち速度最大になる点が拍音と一致していた．これに対し，タンデュにおいては脚を最外点に置いた姿勢で静止する時間があり，その静止姿勢に到達するタイミングが拍音とほぼ一致していた．このように，二つの動作では拍音と同期する運動特徴点が明確に異なっていた一方で，脚が最外点から内側へ向かう動きの速度最大点のタイミングは二つの動作でほぼ一致しており，それは拍音から半拍分ずれた裏拍のタイミングであった．

以上まとめると，ダンサーが拍音に同期させる運動特徴点は，先行研究で指摘されていた音と同期する運動特徴点と一致していたことから，ダンスにおいてもヒトが音のタイミングに同期させやすい一般的な運動特徴点が共有されていると考えられる．そして，ダンサーは音と同期させやすいそのような運動特徴点の候補の中から踊りの特性に合わせて特徴点を選び，拍音に同期させていることが考えられる．

文献

[1] Takehara A, Uehara T, and Sakaguchi Y. Audiovisual synchrony perception in observing human motion to music. PLOS ONE, 14(8): e0221584, 2019.

[2] 新山王，村尾，南，小川．音楽ビートと運動ビートのタイムラグについてーマーチングステップの熟達者と未経験者の相違についてー，情報処理学会研究報告[音楽情報科学]，No. 40，pp. 79-84，2002.

[3] 杉本，平山，間瀬．ジャズダンスにおける音楽ビートと運動ビートの同期性における分析．人工知能学会全国大会論文集第 26 号，1O1-OS-6-1，2012.

奇数が好きですか？偶数が好きですか？ 個人の美意識の起源としての誕生日の数字
Birthdate Numbers as the Origin of Individual Aesthetic Preferences

小鷹 研理 †
Kenri Kodaka
† 名古屋市立大学
Nagoya City University
kenrikodaka@gmail.com

概要

筆者は, 過去 10 年強にわたって, 主に大学の授業の受講生を含む 3205 人を対象に, 個人の属性とともに,「奇数」と「偶数」の好みを問う簡単なアンケート実験を実施してきた. 解析により, 誕生日の数字の属性が「奇数」と「偶数」の好みに（属性が一致する方向で）強い影響を与えることに加え, 誕生日に関わらず「偶数好き」は男性よりも女性に多いこと, 加齢が「奇数好き」を増大させる効果を持つ等の知見を得たのでこれを報告する.

キーワード：無意識的自己愛, 誕生日, 加齢, 性差, 好き嫌い

1. はじめに

人は, 名前や誕生日の数字など, 自身を象徴する属性やそれに類似した対象に強い愛着を示す傾向がある. 2002 年以降, いくつかの研究グループが, 無意識的自己愛（implicit egotism）と呼ばれる概念に関する驚くべき研究を報告してきた. 彼らは, 個人の無意識的自己愛が, 個人情報（名前や誕生日の数字）に含まれる特定の文字、およびこれらの文字を含む物や人物、つまり、職場、居住地, 配偶者, ブランド、GPA や野球のポジションなどに投影されることを示した. 例えば, 米国で免許が交付された法律家（Lawyer）と歯医者（Dentist）の名前の中から,「La」を含む名前「Lawrence / Laura / Lauren など」の人と,「Den」を含む名前「Denice / Dena / Denny など」の人をカウントすると, 男女ともに, 歯医者には「Den」の名前を含む人数が期待値よりも多く, 法律家には「La」を名前に含む人数が期待より多くなった. また, ある特定の数字が含まれる地名の土地に引越してきた住人の誕生日を調べてみると, 土地の数字が月と日で一致する誕生日を持つ者の割合が, おしなべて期待値よりも高い. これらの知見は, それ自身は意味を持たない単なる誕生日の数字が, 人生の重要な決断（結婚相手・住む場所・職業）に影響を与えることを示す点で, 非常に興味深いものである.

本研究は, こうした関心を引き継ぎ, 誕生日の数字が, 個人が有する「奇数・偶数に対する好み」に与える影響を検討するものである. Wilkie らは性別の不明瞭な新生児の写真に対して, 3 桁の数字をプライミングさせることで,「偶数」が女性を「奇数」が男性へと認識のバイアスをもたらすことを明らかにした. こうした実験結果が示すように, 奇数／偶数は, 単に数学的な属性を超えて, より概念的な連想イメージに対して開かれている. 例えば, 偶数は「連帯・調和」や「同質性・対称性」を, 奇数（素数）は「孤独」「特異性」「非対称性」といった連想を喚起するものである. したがって, 無意識的自己愛と奇数・偶数の好みの関係を検証することによって, 個人の美意識一般の起源についての考察が可能となる.

筆者は, 過去 10 年強にわたって, 主に大学の授業の受講生を対象に 3205 人の個人に対して, 奇数と偶数の好みを問う簡単なアンケート実験を行ってきた. 具体的には, 最初に奇数と偶数の好みを強制選択で回答させ, そのあとで, 年齢・性別・利き手・誕生日の属性を合わせて報告してもらった. その結果は, 誕生日の数字の属性が, 奇数と偶数の好みに強い影響を与えていることを明らかにするものであった. 本稿は, これらの結果を初めて学会の場で報告するものである.

2. 実験

2.1 実験環境

2013 年より 2024 年にかけて, 合計 3205 人にアンケート実験を実施した. 内訳は, 直接聴取 480 人（2013 年のみ）, 学会講演・セミナー等 73 人, 高校授業 129 人, 大学授業 2523 人（そのうち 1 年前期の授業が 2350 人）である.

2.2 アンケートの実施方法

授業や講演等でアンケートを実施する場合, 以下の設問を順にスライドに表示し, あらかじめ配布した回答シートに解答させた.

A 奇数が好きですか？偶数が好きですか？

B 性別を書いてください.

C 年齢を書いてください.
D 右利きですか？左利きですか？
E 誕生日を書いてください.

直接聴取（480 人）では, 最初に項目 A を聞いた後に, 項目 E を聞いた. 項目 B は視認による. 年齢と利き手は聴取していない.

2.3 主な参加者属性

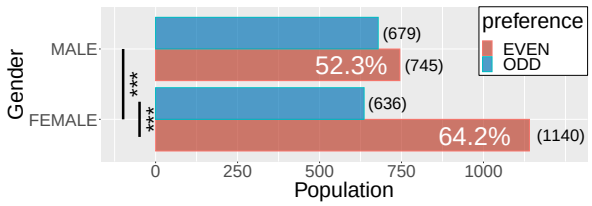
回答者のうち女性が 1776 人, 男性が 1424 人（その他が 5 名）, 右利きは 2518 人, 左利き（両利き等を含む）は 207 人である. 既に述べたように, アンケートの実施環境の 70% 以上が, 様々な学部の学生が参加する大学一年生向けの授業である. これを反映して, 参加年齢層は 18〜21 歳（18 歳:1074 人, 19 歳：999 人, 20 歳：310 人, 21 歳:78 人）に集中する. それ以外では, 12〜17 歳が 132 人, 22〜29 歳は 60 人, 30 歳以上は 65 人である.

3. 実験結果（誕生日以外の属性）

3.1 性差

男性は 1424 人中 745 人（52.3%）が偶数好き, 女性は 1776 人中 1424 人（64.2%）が偶数好きと回答した. カイ二乗分布に基づく適合度検定を実施したところ, 女性では有意な水準で「偶数好き」が多かった一方で（$\chi^2(1) = 143.0, p < 0.001$）, 男性の「偶数好き」の偏りは有意傾向に留まった（$\chi^2(1) = 3.06, p = 0.08$）. さらに独立性検定により, 「偶数好き」の偏りが, 男性よりも女性で強くなること（$\chi^2(1) = 46.0, p < 0.001$）が示された.

図 1 奇数・偶数好きの性差



3.2 利き手

男女別に利き手による影響を検証した（「左利き」は, 両利きを含むものとして集計した）. 女性の「右利き」「左利き」, 男性の「右利き」のグループ内では, 有意な水準で「偶数好き」が多かった一方で（$p < 0.01, p < 0.001, p < 0.5$）, 男性の「左利き」のみ, 統計的に偶然の水準に留まった（$p = 0.92$）. また, 男女ともに, 利き手の間で「偶数好き」の傾向に有意な差は検出されなかった（$p = 0.57, p = 0.63$）.

3.3 年齢

年齢別（30 人以上の回答者を含む 15〜21 歳）に「偶数好き」の割合を集計した. 総じて, 年齢が若くなると「偶数好き」の割合が増える傾向が見られる. 18〜21 歳の集団間で独立性検定を実施したところ, 唯一, 18 歳と 21 歳の集団間で統計的に有意な「偶数好き」割合の差異が検出された（11.2% vs 4.8%, $p < 0.05$）.

図 2 利き手の影響

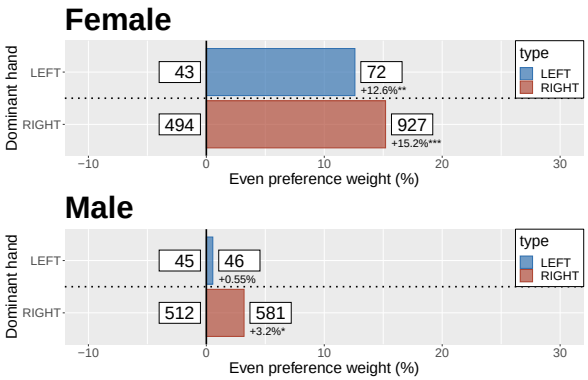
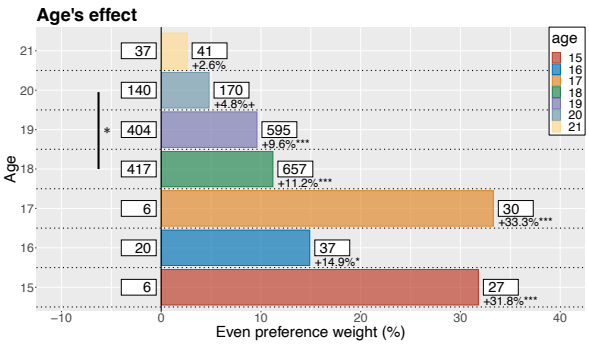


図 3 年齢の影響



4. 実験結果（誕生日の数字）

4.1 数字属性による影響

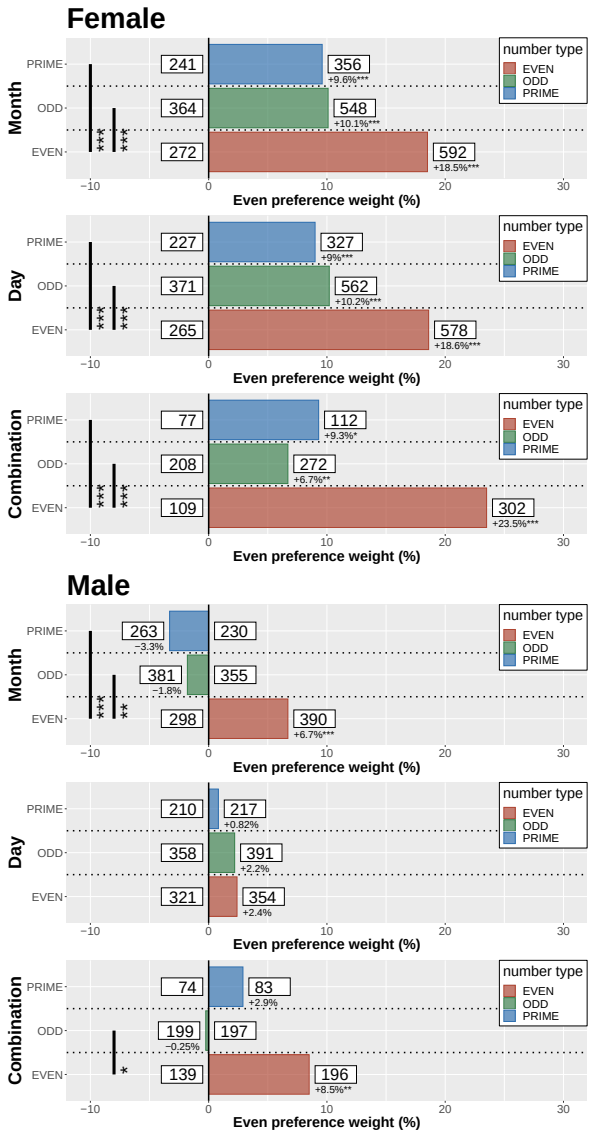
男女別に誕生月・誕生日の属性（奇数・偶数・素数）による「偶数好き」の割合を集計した. 「2」は数学的には, 「偶数」と「素数」の特性を併せ持つものであるが, 以下の分析では「偶数」として扱う.

■月の数字 男女ともに, 偶数月の集団の「偶数好き」割合が, 奇数月, 素数月の集団よりも有意な水準で増大する（奇数-偶数間で女性 8.4%, 男性 8.5% の差）.

■日にちの数字 女性では, 偶数日の集団の「偶数好き」割合が, 奇数日, 素数日の集団よりも有意な水準で増大する一方で（奇数-偶数間で 8.4% の差）, 男性ではそうした効果がみられなかった.

■月と日にちの相互作用 さらに, 月と日にちが同じ属性である場合の「偶数好き」の割合を集計したところ, 男女ともに, 偶数偶数-奇数奇数の集団間で「偶数好き」の割合に有意な差が検出された（女性:$p < 0.001$, 男性：$p < 0.05$）. とりわけ, 偶数偶数の女性の集団 421 人中 302 人が「偶数好き」と回答し (73.5%), 奇数奇数の集団との差は実に 16.8% に及んだ.

図 4　誕生日の数字属性の影響

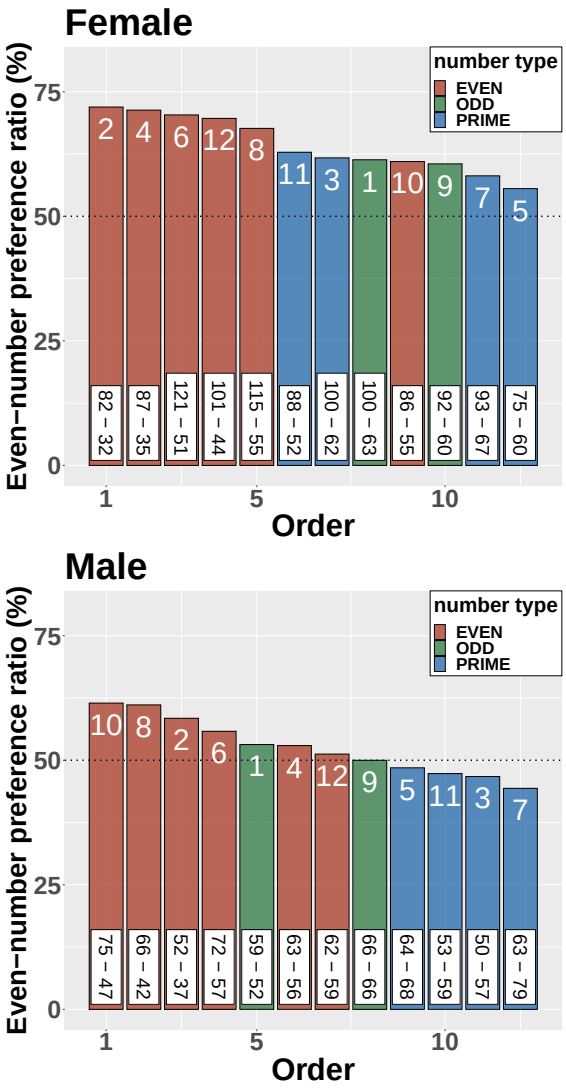


4.2　数字による影響

■月の数字　図 5 に男女別に, 誕生月ごとの「偶数好き」割合を集計し,「偶数好き」割合の多い順にソートしたものを示す. 合わせて, 数字の属性ごとに色分けを行っている. 概して,「偶数好き」の多い左側に偶数月の集団が,「奇数好き」の多い右側に素数月の集団が固まっていることがわかる. 実際, 男性において「偶数好き」よりも「奇数好き」が多いのは, 素数月（3,5,7,11）の各集団に限られる.

■日にちの数字　図 6 に男女別に, 誕生日の日にちごとの「偶数好き」割合を集計し,「偶数好き」割合の多い順にソートしたものを示す. 女性では,「偶数好き」の多い左側に偶数が右側に,「奇数好き」の多い右側に奇数・素数が偏る明確な傾向が観測される一方で, 男性では 3 つの属性がバラバラと出現し, 明確な傾向は観測されない. 女性では, とりわけ「2」が前景化する数字（2,22,20,12,21）が軒並み上位に出現しているという, 明らかな特徴が観測されている.

図 5　誕生月の数字の影響

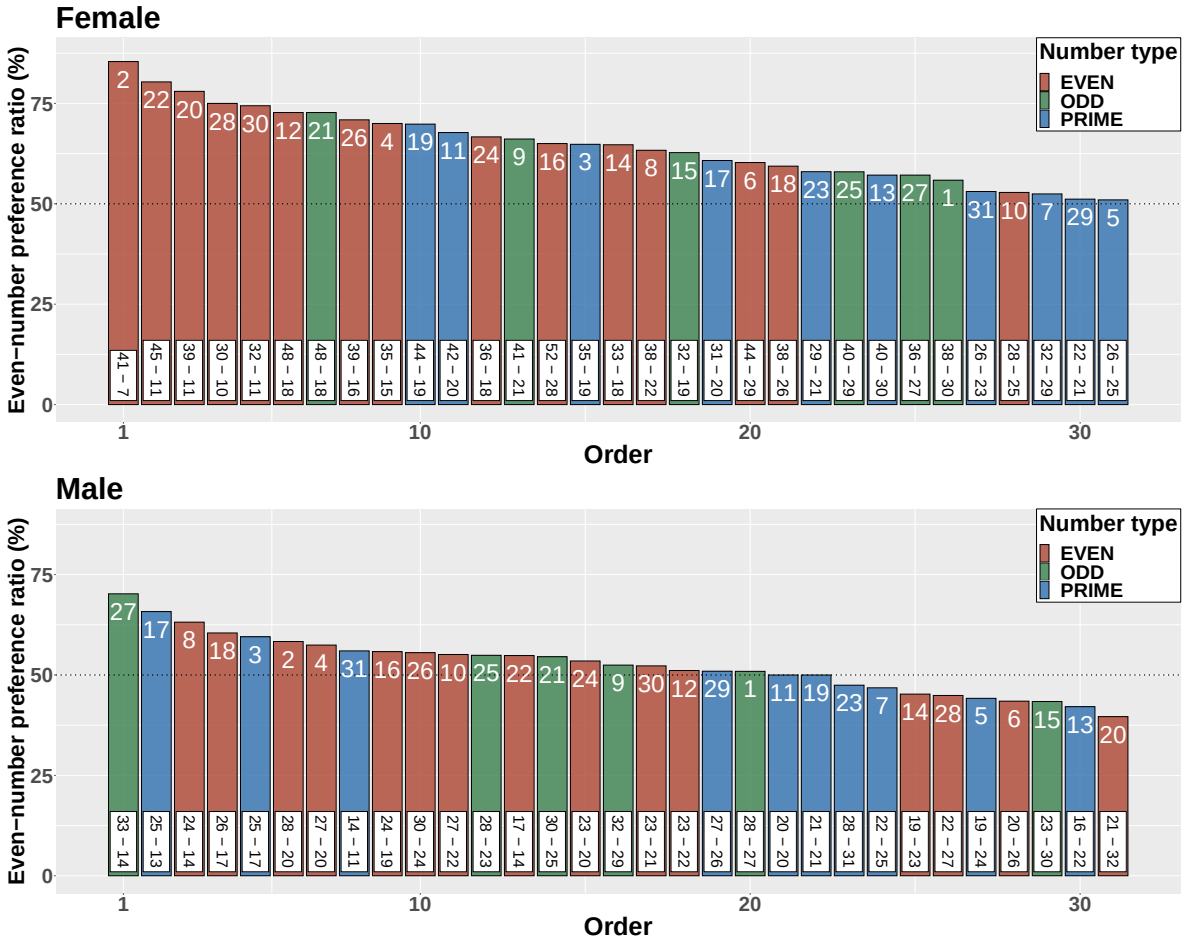


5.　考察

総じて, 誕生日の数字の属性は, 個人の「奇数好き」「偶数好き」に強い影響を与えることが明らかとなった. この結果は, 無意識的自己愛が数字のみならず、数字の属性レベルで確かに作用していることを示す初めての報告である.

一方で, その影響には男女間で一定の差が存在する. 具体的には, 女性では, 誕生日の月・日にちいずれの数字にも強い影響を受ける一方, 男性では, そのような効果がみられるのは月の数字のみである. また, 女性を「偶数好き」にする数字には「2」を含む偶数が多く, 奇数の中でもとりわけ素数は男女ともに「奇数好き」の上位にランクするものが多い. こうした結果は,「奇数」「偶数」といった属性が, 単なる数学的定義を超えて, より概念的な連想世界に対して開かれていることの反映であるとともに, 性差そのものが「奇数-偶数」を対とする概念世界と深く干渉していることを示唆す

図 6　誕生日の日にちの数字属性の影響



るものである．実際，「偶数好き」が女性に偏るのは，偶数に付帯する概念群と「女性」に付帯する概念群の多くがオーバーラップするためと考えられる．

なお，以上の結果は，本アンケートの実施環境の 70% 以上が大学一年生を対象としたものであることを十分に考慮する必要がある．例えば，20 歳の集団（N=310）は，18 歳の集団（N=2074）よりも有意な水準で「偶数好き」の割合が減退するという結果を得たが，こうした変化が，純粋に年齢の効果であるか，「現役で大学に入学した学生」と「浪人を経験した学生」との差異を反映するものか（あるいは双方か）は不明である．サンプル数が少ないものの高校生（15〜17 歳）および 30 歳以上の「偶数好き」割合が 74.6% および 47.7% であることを考慮すれば，加齢に伴い「奇数好き」が増大することに一定の一般性は認められる．他方で，奇数が「孤独」「特異性」「非対称性」の象徴であるとすると，浪人生活そのものが「奇数好き」の増大に貢献するという仮説もまた説得的である．

本研究は，誕生日と「奇数／偶数の好み」との関係の分析を通じて，誕生日の数字が奇数と偶数の好みに影響を与えることを示した．他方で，「奇数好き」「偶数好き」が，実際に個人の美意識の方向性にどれほどの強い意味を与えているかは，本分析の水準では全く不明である．本研究の仮説は，（「無意識的自己愛」研究が辿ったように）実世界の重要な決定（職業選択や結婚相手の選択など）において誕生日の属性が何らかの役割を果たしているか否かを検証することで，今後，試されることになるだろう．

文　献

Pelham BW, Mirenberg MC, Jones JT (2002) Why Susie sells seashells by the seashore: Implicit egotism and major life decisions. Journal of Personality and Social Psychology 82: 469–487.

Pelham BW, Carvallo M, Jones JT (2005) Implicit Egotism. Current Directions in Psychological Science 14: 106–110.

Anseel F, Duyck W (2008) Unconscious applicants: a systematic test of the name-letter effect. Psychological science 19: 1059–61.

Brendl CM, Chattopadhyay A, Pelham BW, Carvallo M (2005) Name Letter Branding: Valence Transfers When Product Specific Needs Are Active. Journal of Consumer Research 32: 405–415.

Kitayama S, Rarasawa M (1997) Implicit Self-Esteem in Japan: Name Letters and Birthday Num- bers. Personality and Social Psychology Bulletin 23: 736–742.

Jones JT, Pelham BW, Carvallo M, Mirenberg MC (2004) How do I love thee? Let me count the Js: implicit egotism and interpersonal attraction. Journal of personality and social psychology 87: 665–83.

Wilkie, J. E. B., & Bodenhausen, G. v. (2012). Are numbers gendered? Journal of Experimental Psychology: General, 141(2). https://doi.org/10.1037/a0024875

小鷹研理，『身体がますますわからなくなる』（2024），大和書房

ロボットの停止状態におけるマイナスの印象の回避を目的としたエージェントデザインの提案
Proposal for Agent Design to Avoid Negative Impressions During Robot Idle States

木村 光来 †, 福田 聡子 ‡, 大森 隆司 ‡, 大澤 正彦 ‡
Kouki Kimura, Satoko Fukuda, Takashi Omori, Masahiko Osawa

† 日本大学総合基礎科学研究科, ‡ 日本大学文理学部
Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University,
College of Humanities and Sciences, Nihon University
chko23007@g.nihon-u.ac.jp

概要

本研究では, ロボットの電源オフ状態がユーザーに与えるマイナスの印象を軽減する手法を検討する. 初期検討として, 停止した状態のエージェントをユーザーに見せないデザインとして, まずはバーチャルエージェントが消失するというデザインの有効性を検証した. 実験では, エージェントが目の前で停止する条件と, 停止せずに消失する条件とで比較実験を行った. 結果, 両者に差は見られなかったが, いくつかの改善点が明らかになった.

キーワード：エージェントデザイン, コミュニケーションロボット, ITACO, 意図スタンス

1. はじめに

近年, コミュニケーションを目的としたロボットが商業施設や介護施設のみならず, 各家庭への導入が進められている. これらのロボットは, 従来の家電製品とは異なり, 便利さの追求ではなく, 家族の一員となることを目指して開発されている. しかし, ロボットの電源オフ状態はユーザーに対して不気味さ, 気持ち悪さ, 不快感などのマイナスの印象を与えてしまうという重要な課題があり, これは不気味の谷現象の一環 (Zhang et al., 2020), 対人関係の終結感 (Horstmann et al., 2018), 死のメタファー (Lyons, 2018) と関連していることがそれぞれ主張されている.

電源オフの状態がマイナスな印象を抱かれるさらなる要因として, その状態のロボットがユーザーに意図スタンスではなく設計スタンスで捉えられていることが可能性としてあげられる. 意図スタンス, 及び設計スタンスとは, 人が対象そのもの及び行動やシステムに対してどのような視点で捉えるのかを説明する概念である (Dennett., 1987). どのように設計されているのかという視点で捉えるのが設計スタンス, どのような意図によって動いているのかという視点で捉えるのが意図スタンスである. 意図スタンスで捉えられることは, ロボットがあたかも意識や感情を持って行動しているように見られることであり, ロボットとユーザー間でより人間的なインタラクション, 関係性を生み出す上で重要となってくる. つまり, コミュニケーションを目的として, 家族の一員として開発されるロボットは, ユーザーから意図スタンスで捉えられることを前提に設計されているが, ロボットの電源オフの状態は「電源が切れているから, 動かない」と設計スタンスで捉えられてしまうと考えられる.

近年のロボットでは, 電源オフ時にロボットが自律移動して隠れたり[*1], 瞼を閉じて睡眠を想起させたり[*2] するデザインが採用されているが, これらはロボットの外見や機能に強い制約を与えてしまうものである.

本研究は, ロボットの外見や機能の自由度を保ちながら, 電源オフ状態のマイナスの印象を軽減する新たな方法として, ITACO システム (Ogawa & Ono, 2005; Itagaki, Ogawa, & Ono, 2006) に着目する. これはエージェントがロボットや液晶画面, 家電製品等に乗り移るシステムであり, これらのものに乗り移っても関係性が連続することが明らかになっている. そこで著者らは, まず, ロボットから PC やタブレット等の端末にエージェントが乗り移り, その後 PC やタブレット等の端末上からエージェントが消失することで, ロボットの機能的デザインを自由にしつつ, 電源オフ状態がユーザーに与えるマイナスの印象を軽減できるのではないかと考えた.

本研究ではまず初期的な検討として, エージェントが消失するというデザイン自体が人間に与える印象を調査する. 具体的には, インタラクション終了後に停止した状態でユーザの目に触れることでエージェント

[*1] ロボット | Pepper（ペッパーくん） | ソフトバンク,https://www.softbank.jp/robot/
[*2] LOVOT[らぼっと],https://lovot.life

は設計スタンスで捉えられやすくなり，エージェントが姿を消すことでその問題を解消できるという仮説を立てる．実験では，バーチャルエージェントを活用して，インタラクション終了後に消失するエージェントと，そのまま停止するエージェントとの間で，印象の差を比較する．

2. インタラクション終了後のエージェントに対する印象の調査

2.1 実験概要

本実験では,「消失なし条件」と「消失あり条件」の二つの条件に対して参加者間実験を行った. 実験参加者は, オンライン上で以下の手順に従って実験を行った.

1. しりとりを用いたインタラクション
2. インタラクションの終了
3. アンケートへの回答

2.1.1 実験参加者

ロボットあるいは CG エージェントの開発へ従事したことの無い 18 歳以上の日本語を母語とする男女をクラウドソーシングサービスである CrowdWorks[*3]で募集した. その際, 作業環境は PC (ノート・デスク問わない) に限定して募集を行った. 計 201 名が実験に参加し, 消失なし条件 89 名, 消失あり条件 112 名から回答を得られた. このうち, しりとりのインタラクションが成立していなかった回答は分析対象外とし, 消失なし条件 54 名, 消失あり条件 67 名を分析対象とした. また, 本実験は日本大学文理学部研究倫理委員会の承認を得て実施しており, 実験参加者全員が実験内容に同意したうえでアンケートへの回答を行った.

2.1.2 エージェントデザイン

エージェントの外見ならびに音声は，勝・中島・菊池・中島・大澤 (2023) の実験で用いられたものを参考にした．エージェントの外見は，ゲーム開発ソフトである Unity 上で勝他 (2023) が利用した見た目に近いエージェントを作成した (図 1) .3D モデルで作成されたエージェントが動画内で腕を振り上げる (図 2) と共に音声を発することで, 実際に画面上のロボットが音声を発しているかのような映像とした. ここでエージェントが発する音声は「準」自然言語である．準自然言語とは，単語からアクセントと音韻数を維持したまま各音を「ド」あるいは「ラ」の音に置き換えた言語である．本実験では，勝他 (2023) の研究で利用された音声の中から，「あめ」「ばたー」「ちーず」「ごりら」「いか」の 5 単語を，「準」自然言語（それぞれ「ドラ」「ドラー」「ドーラ」「ドララ」「ドラ」）に変換されたものを利用した.

2.1.3 しりとりを用いたインタラクション

エージェントとのインタラクションとして, 勝他 (2023) でも題材とされていたしりとりを採用した. まず, 実験参加者はエージェントが「準」自然言語を発する動画を視聴する．参加者は動画で発せられた「準」自然言語が何の単語を意味していたかを推測し, 回答欄に入力する. そして，予想したエージェントの単語に応じて自分の単語を自由に決定し，解答欄に入力する．続いて参加者が入力した単語と関係なく，事前に準備した 5 つの単語のうちいずれかを選定し，次の動画として再生する．動画再生～単語の予測～参加者の単語入力までを 1 往復とし，これを 5 往復繰り返した.

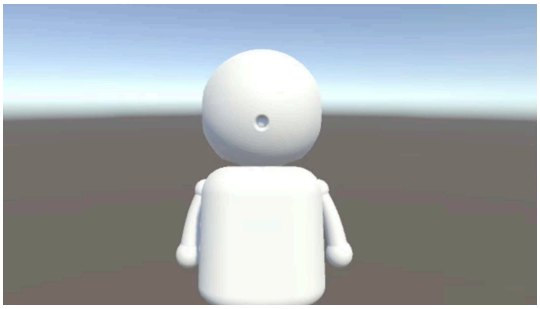


図 1　3D モデルで作成されたエージェント

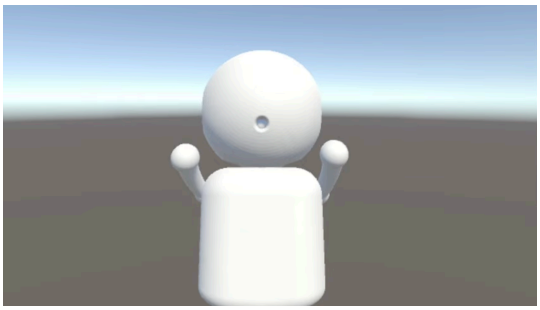


図 2　腕を振り上げたエージェント

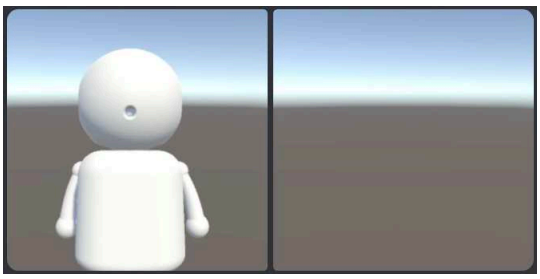


図 3　消失なし条件 (左) と消失あり条件 (右)

2.1.4 インタラクションの終了

しりとりのインタラクションを 5 往復終えた後に, インタラクションの終了を表現する動画を視聴する. 消失あり条件に振り分けられた参加者の動画はロボットが画面上から消失するものである．一方消失なし条

[*3] クラウドワークス,https://crowdworks.jp/

件に振り分けられた参加者の動画はロボットが画面上で停止するものである (図 3). 動画はどちらも 3 分間となっており, これは, 実験参加者がインタラクション終了後のエージェントに対する印象を感じるために, 十分な長さの時間を設定した.

2.1.5 アンケートへの回答

寺田ら (寺田・岩瀬・伊藤, 2012) の指標を参考にし, 意図スタンスで対象を捉えていたかを問う質問リストと設計スタンスで対象を捉えていたかを問う質問リストを用意した (表 1). 全ての質問に対して実験参加者は, 7 段階 (1: 全く適切でない〜7: とても適切である) で回答した.

表 1 アンケート内容. Q1-Q4 は, 意図スタンスに関する質問であり, Q5-Q9 は設計スタンスに関する質問である.

	質問
Q1	このエージェントは考えて返答している
Q2	このエージェントは自分で判断をしている
Q3	このエージェントは努力している
Q4	能動的あるいは受動的に返答している
Q5	このエージェントは予め決められた返答をしている
Q6	このエージェントの返答は規則的である
Q7	このエージェントはアルゴリズムによって返答をしている
Q8	このエージェントは義務的にしりとりをしている
Q9	このエージェントの返答はランダムである

3. 結果

アンケートの結果を表 4 に示す. 5% の有意水準でマン・ホイットニーの U 検定を行ったところ, 消失なし条件と消失あり条件の間に優位な差が認められた質問項目はなかった. Q5 と Q8 に関しては有意傾向 ($p < 0.1$) が見られ, 消失あり条件の方が消失なし条件よりも設計スタンスで捉えられやすい可能性が示唆された.

4. 考察

4.1 仮説の検証結果

本研究では, バーチャルエージェントが端末上から消失することでユーザーが意図スタンスで捉えるという仮説を立て, 実験を行った. しかし, 実験結果は仮説を支持しなかった. 仮説が支持されなかった要因として, エージェントとのインタラクションの質が十分でなかったことが考えられる. Google フォームを使用した都合上, YouTube の埋め込み動画を使用したことが, 設計スタンスでの認識を強めてしまった可能性がある.

次に, エージェントの消失方法が不自然であったことも, 設計スタンスでの認識を強めてしまった可能性がある. 消失あり条件において, エージェントは一瞬にして画面上から消えるため, ユーザーに違和感を与え, ユーザがエージェントを意図スタンスで捉えることを妨げた可能性がある.

4.2 本研究の限界と今後の方針

本実験にはいくつかの課題点が存在する. まず, エージェントとのインタラクションの設計や消失方法の選択において改良の余地がある. インタラクションの質を向上させ, 消失方法をより自然なものにすることで, 仮説の再検証が可能である. 具体的には, ユーザーがエージェントの意図を理解しやすい形でインタラクションを設計する必要がある. また, 消失方法においても, ユーザーにとって自然な形でエージェントが退場する演出を工夫することが求められる.

次に, オンライン実験形式が結果に影響を与えていた可能性がある. Google フォームにおける問題点に加え, オンライン環境ではインタラクションの説明を適切に行うことが難しく, ユーザーとロボット間におけるインタラクション状況を観察することも不可能であった.

以上を通して今後の研究では, 実験の改善した上で, 仮説の再検証を行う. 改善点は主に 3 つである.

1 つ目は, 対面実験を実施し, エージェントとのインタラクションの質を向上させるという改善である. これにより, ユーザーがエージェントに対してより強い感情的な結びつきを感じ, エージェントが意図スタンスで捉えられやすくなることが期待される.

2 つ目は, エージェントの消失方法を自然なものに改良することである. 例えば, エージェントが徐々にフェードアウトする方法や, 自然な動きで消失する方法を検討する. これにより, ユーザーがエージェントの消失を自然に受け入れやすくなり, 意図スタンスの形成が促進されることが期待される. 具体的には, エージェントが「さよなら」のアクセント及び音韻数を維持した音声を発しながら徐々に薄れていく演出や, 眠るように目を閉じてフェードアウトする方法などが考えられる.

3 つ目は, アンケートの改善である. 本実験にて使用したアンケートは, 意図スタンスに関する質問と, 設計スタンス関する質問とあるが, 項目から平均値等

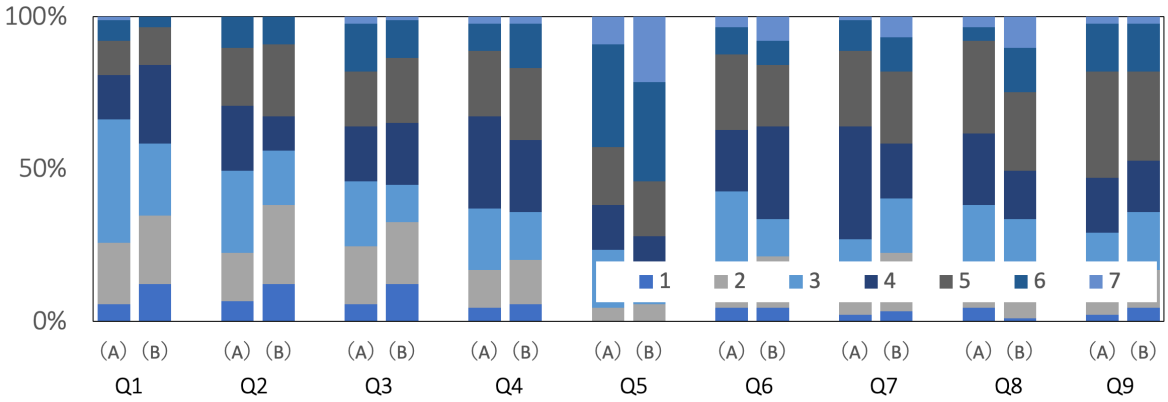


図 4　アンケート結果 (消失なし (A)：消失あり (B))

を算出して意図スタンス値や設計スタンス値を示すことは不適であった．これは分析する上で適切な指標であるとは言えないため今後は Godspeed の擬人観 (Bartneck et al., 2023) といった集計可能な指標を採用していく．

5.　まとめ

バーチャルエージェントの消失は意図スタンスを形成する効果が期待されたが, 実験結果はそれを支持しなかった. 今後は, 対面実験の実施や, エージェントの消失方法の改善を通じて, 再度仮説を検証する予定である. また, 乗り移りによって取り残されたロボットがどのように認識されるかについての調査も行う．

文　献

Bartneck, C., & others, (2023). The Godspeed questionnaire series. *Human-Robot Interaction: Evaluation Methods and Techniques*. Springer.

Dennett., D. C. (1987). *The intentional stance*. Cambridge, Mass, USA: MIT press.

Horstmann, A., Bock, N., Linhuber, E., Szczuka, J., Straßmann, C., & Kraamer, N. (2018). Do a robot's social skills and its objection discourage interactants from switching the robot off? *PLoS ONE*, *13* (7), e0201581.

Itagaki, Y., Ogawa, K., & Ono, T. (2006). エージェントの存在感によるインタラクション　HAI シンポジウム (HAI-2006).

勝 将也・中島 綾乃・菊池 華世・中島 亮一・大澤 正彦 (2023). 「しりとり」 に含まれる手がかりが 「準」 自然言語の意味推測に与える影響　認知科学, *30* (3), 314–326.

Lyons, S. (2018). *Death and the Machine: Intersections of Mortality and Robotics*. Singapore: Palgrave Pivot.

Ogawa, K., & Ono, T. (2005). ITACO: メディア間を移動可能なエージェントによる遍在知の実現　人工知能学会全国大会論文集, 0 巻, pp. 218–218.

寺田 和憲・岩瀬 寛・伊藤 昭 (2012). Dennett の論考による三つのスタンスの検証　電子情報通信学会論文誌 A, *95* (1), 117–127.

Zhang, J., Li, S., Zhang, J., Du, F., Qi, Y., & Liu, X. (2020). A Literature Review of the Research on the Uncanny Valley.Cross-Cultural Design. *Cross-Cultural Design. User Experience of Products, Services, and Intelligent Environments*.

学生とリハ専門職の観察視点の違い
Differences in observational perspectives between students and rehabilitation professionals

松嵜　由莉[†]，後呂　智成[‡]，奥田　祥司[†]
Yuri Matsuzaki, Tomonari Ushiro, Shoji Okuda

[†]宝塚医療大学
Takarazuka University of Medical and Health Care
[‡]紀和病院　リハビリテーション部
Department of Rehabilitation, Kiwa Hospital

y-matsuzaki@tumh.ac.jp

概要

作業療法士は対象者を評価する際に観察を用いることが多いが，動きの中で対象者を観察することは難しい．熟練者の観察場面を見学しても，熟練者がどこを視ているのかを明確にすることは難しく，非熟練者にとって観察技術の修得は困難である． 本研究は，非熟練者と熟練者の着目点の違いを明らかにすることで、熟練した作業療法士の視点をより効率的に修得できる方法を検討することを目的とした．

キーワード：可視化，観察，熟達化

1. はじめに

作業療法士は作業を通して健康と wellbeing を促進することを目的とした専門職である[1]． 一方で， 作業療法士として働いていても， 自身の知識やスキルの不足により， 作業に基づいた評価を行うことができていない作業療法士が多くおり， この問題を乗り越えるためにはさらなる研鑽が必要である[2]．

作業療法の評価や治療を計画するときに対象者にとって必要な活動を実行する際に妨害している要素を対象者の動きの中で見つけて評価を行うことが求められる．赤堀ら[3]は，検査測定に先行または並行して観察があり，観察によって評価項目の抽出や追加がなされていると述べている．以上のことから作業療法士にとって，作業療法の実施，評価において対象者の動きの中での観察の技術が求められていることが分かる．

非熟達者は着目点が分からず重要な情報を見落としがちになっており[4]， 動作観察の際の作業療法士の着眼点および推論内容と比較し，作業療法学生の観察は，限定的な範囲，表面的な視点，貧困な表現，短絡的な関連付けという特徴があると報告されている[5]．つまり，作業療法学生は動作観察の際に着眼点がわからず，重要な情報を得ることができないために，十分な動作観察ができていないことがわかる．以上のことから，非熟練者にとって観察技術は修得が困難なものであり，観察技術を習得するためにまずは着目点を学ぶ必要があることがわかる．

一方で，着目点に関しては，動きの中の観察において言語化が難しく，非熟練者が熟練者から学ぶ際も，熟練者が非熟練者に指導する際もどの程度互いの着目点が異なっているかは明らかでなく，非熟練者が観察評価を学ぶ際の弊害となっている．

そこで本研究では非熟練者が観察評価をより効率的に修得するために，視線入力装置を用いて動作分析の観察箇所を可視化することによって，熟練した作業療法士と作業療法学生の視点の違いを明らかにすることを目的とした．

2. 方法

2.1 対象

作業療法士 10 名，作業療法学生 16 名を対象とし，メールにて参加者の募集を行った．作業療法士は熟練者を選定するために，実習生の指導を行うことができる経験年数 5 年以上を対象とした．作業療法学生は動作観察などの授業を受講している 3 年生を対象とした．

2.2 実験方法

片麻痺患者の立ち上がりを再現した医療者の前方からの動画と、右側方からの動画を作成した。被験者には動画を見る前に動作分析するように指示し、動画をみている際に視線入力装置を用いて身体のどの部位を視ているかを可視化した．身体については頭部，肩，体幹，骨盤，膝，足部に分割し，それぞれの部位を視ている時間を測定した．

視線入力装置は，EyeTec 社製の TM5-mini を使用し，

miyasuku EyeConRC（以下，視線検出装置）を利用して視線の検出・記録を行った.

2.3 統計解析

動作観察時の身体部位ごとの見ている時間を作業療法学生と作業療法士で各部位ごとにウィルコクソン順位和検定を用いて比較する.

3. 結果

作業療法士 10 名と作業療法学生 16 名が対象となった. 作業療法士は身体部位をまんべんなく確認している傾向にあるが，作業療法学生は，一つ一つの部位を観察する時間が長い傾向にあった.

文献

［1］WFOT: 2012 Definition of Occupational Therapy. http://www.wfot.org,AboutUs/AboutOccupationalTherapy,DefinitionofOccupationalTherapy.aspx（accessed 2024-4-24）

［2］A. Z. C, Daud. Jenni, Judd. Matthew, Yau. & Fiona, Barnetta. (2016). Issue in Applying Occupation-based Intervention in Clinical Practice: A Delphi study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 222, 272-282.

［3］赤堀将孝，石浦 佑一， 亀山 一義， 梅田 顕， 山本 順也. (2023). 作業療法士と作業療法学生の動作観察場面における相違と臨床実習を想定した口頭での助言の効果. 作業療法 42(2), 185-191.

［4］才藤栄一. (2007). 動画でみる臨床動作分析のポイント. 理学療法 24(8), 1037-1050.

［5］鈴木憲雄. (2014). 脳卒中片麻痺患者に対する作業療法観察評価の着眼点と推論内容-作業療法学生熟練作業療法士の比較研究-. 作業行動研究 18(3), 127-135.

信念更新における楽観主義バイアスへの抑うつ傾向の影響
The influence of depressive tendencies on optimistic bias in belief updating

青木 直人 †, 高橋 達二 †, 中村 紘子 † ‡
Naoto Aoki, Tatsuji Takahashi, Hiroko Nakamura
† 東京電機大学, ‡ 日本学術振興会
Tokyo Denki University, Japan Society for the Promotion of Science
24rmd01@ms.dendai.ac.jp

概要

人は将来の予測において，ポジティブな出来事がより起こりやすいという楽観主義バイアスを示すことが知られている．Garrett & Sharot (2014) は，ポジティブな情報をもとに信念更新を行いやすいという，信念更新の非対称性によって楽観主義が維持される．しかし，信念更新の非対称性の再現については疑問も呈されている．本研究は Garrett & Sharot (2017) の追試を行い，信念更新における非対称性が，日本人参加者でも生じるかを検討する．

キーワード：信念更新, ベイズ更新, 楽観主義バイアス, 抑うつ傾向

1. はじめに

楽観主義バイアスとは，個人が自身の将来に関して非現実的に肯定的な期待を持つ傾向を指す．この現象と密接に関連するのが，positive belief updating（肯定的信念更新）である．Sharot (2011) は，個人が新しい情報を受け取った際の信念更新過程に非対称性があり，人々は自身にとって望ましい情報（例：ある病気にかかるリスクが予想より低いという情報）に対しては信念を大きく更新する一方，望ましくない情報に対しては更新が比較的小さいことを明らかにした．この positive belief updating は，楽観主義バイアスの維持・強化に寄与する重要なメカニズムと考えられている．Garrett & Sharot (2014) はこのプロセスにより，人々が現実的な情報に直面しても楽観的な見方を維持できると示唆している．

信念更新の非対称性に関しては，これまで様々な研究が行われ，その再現性が議論されてきた． Shah らは，楽観的な信念更新が喫煙者やスポーツファンなどの特殊なケースでのみ発生すると主張している (Shah et al., 2016)．また，ベイズ的な信念更新モデルに基づく Shah らの主張によれば，尤度比が 1 に近い場合，信念更新はポジティブ・ネガティブどちらの方向にも偏りが生じず，ベイズ的な規範と一致するとしている．

一方， Eil & Rao は，ベイズ的な信念更新が悪い知らせでは発生しにくく，良い知らせでは発生しやすいことを示している (Eil & Rao, 2011)．さらに，Garrett & Sharot は，ポジティブなライフイベントでは悲観的なバイアス，ネガティブなライフイベントでは楽観的なバイアスが生じるという信念更新の非対称性を明らかにし，こうした結果はベイズ的なエージェントでは説明できないと主張している (Garrett & Sharot, 2017)．また， Yoshimura & Hashimoto の研究では、日本人被験者を対象に信念更新課題を実施し，楽観主義訓練が軽度のディスフォリア参加者でポジティブな更新バイアスを促進させることを示した (Yoshimura & Hashimoto, 2020)。

本研究では，Garrett & Sharot (2017) の追試を行い，楽観主義バイアスによる信念更新の非対称性を検討する．特に，先行研究で示されたポジティブなライフイベントに対しては大きく信念を更新し，ネガティブなライフイベントに対してはあまり信念を更新しないという現象の再現性を確認する．

2. 実験

本研究では，Garrett らが実施した実験デザインを基に，信念更新課題で用いる刺激構築のための予備調査と，信念更新タスクを実施した．

2.1 刺激構築のための予備調査

予備調査では，信念更新課題で用いるためのライフイベントを選定するため，出来事のポジティブ・ネガティブさ，および，どの程度生じやすいかを参加者に評定するよう求めた．500 名の参加者をそれぞれ 250 名ずつの 2 群に分割し，各群に対して異なるライフイベント 50 個を参加者に提示し，それぞれの群においてライフイベントの評価を求めた．

2.1.1 参加者

予備調査は Qualtrics で作成し， CrowdWorks 上で実験参加者を募集した，500 名の参加者である．対象者は，日本語を母語とする参加者とした．参加者の平

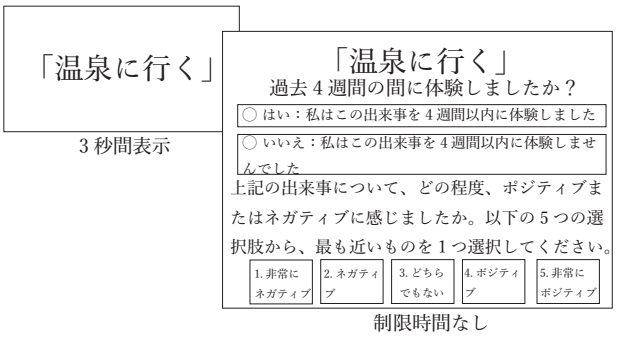


図 1　予備調査での教示画面

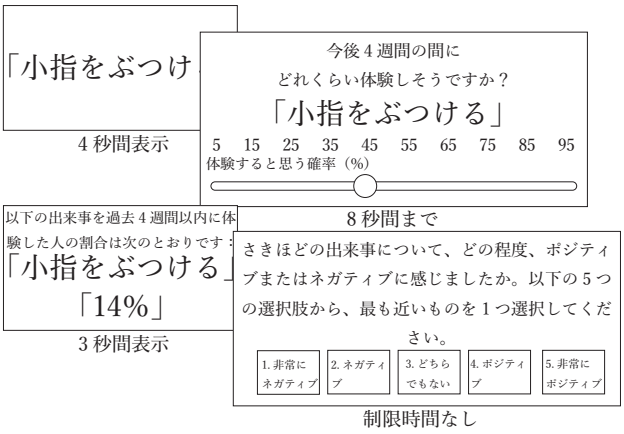


図 2　ファーストセッションでの教示画面

均年齢は 42.89 歳 (SD = 9.56) であり，女性 193 名，男性 217 名，その他 2 名である．CES-D が 44 以上である参加者と IMC をクリアしていない参加者と回答時間が非常に長い参加者を除いたサンプルとなり，合計 88 名を除いた最終的なサンプルサイズは 412 名である．参加者の平均 CES-D 値は，15.22(SD = 10.05) となった．

2.1.2　材料と手続き

先行研究をもとに作成した 100 種類のライフイベントのうち，50 種類をランダムな順序で 3 秒間，参加者に提示した (図 1)．その後，参加者には，過去 4 週間以内にライフイベント (例：温泉に行く）が実際に発生したか否かを回答するよう求めた．また，ライフイベントに対する感情評価として，ポジティブとネガティブの評価を 5 件法で実施した．参加者が調査に慣れてもらうために，2 つの例 (温泉に行く，小指をぶつける) について練習試行を行った後，本試行を 50 試行行った．次に，抑うつ性自己評価尺度 (CES-D; 島他 (1985)) および改訂版楽観性尺度 (LOT-R; 坂本・田中 (2002)) の回答を求めた．CES-D および LOT-R の順序は参加者によって逆転した．最後に，教示文を精読しない努力の最小限化を検出するための方法 (IMC：Instructional Manipulation Check; 三浦・小林 (2018)) を実施した．

2.1.3　ライフイベント選択

過去 4 週間以内にそのライフイベントが自分に起こったと回答した参加者の割合を算出し，ライフイベントの生起確率をベースレートとした．信念更新タスクで使用するライフイベントを予備調査で得られたライフイベントから選定する．分析で使用するライフイベントの選定基準は，ポジティブまたはネガティブが 60 %以上かつベースレートが 20 %以上 60 %以下のライフイベントを選択している．これらの基準により，100 種類あるライフイベントから 54 種類を選定した．

2.2　信念更新タスク

信念更新タスクでは，ライフイベントが自分にどれだけ生じそうかの評価を求めた後，そのイベントのベースレートを提示し，その後で，再度ライフイベントがどれだけ生じそうかの評価を求めた．

2.2.1　参加者

信念更新タスクは予備調査と同様に，Qualtrics で作成し， CrowdWorks 上で実験参加者を募集した，250 名の参加者である． 予備調査と同様の処理をし，最終的なサンプルサイズは 199 人となった．参加者の平均年齢は 41.99 歳 (SD = 11.09) であり，女性 109 名，男性 90 名である．予備調査と本タスクで得られた基本属性のそれぞれの検定を行った．このとき，性別の検定のみ，その他の 2 名を除いた．基本属性はすべてにおいて，$p > .05$ であった．参加者の平均 CES-D 値は，15.23(SD = 11.15) となった．

2.2.2　材料と手続き

信念更新タスクでは，参加者に対して 54 種類のライフイベントをランダムな順で提示し，次の 4 週間でライフイベントが自身にどれくらい発生するかを，5% から 95% 以内の範囲で回答するよう求めた．

ファーストセッションでは，最初に 54 個のライフイベントの中からランダムに選ばれたライフイベントが，4 秒間画面に提示される．次に，参加者が今後 4 週間以内に，ライフイベントが自身に対して実際に起こりそうかどうかの確率 (5 %〜95 %の範囲内) を 8 秒以内に回答するよう求めた (図 2)．その後，ライフイベントのベースレートを 3 秒間提示し，ライフイベントに対してのポジティブ-ネガティブの感情評価を予備調査と同様に 5 件法で提示した．

セカンドセッションでは，ファーストセッションと同様の 54 種類のライフイベントの中から，ランダム

表 1　良い知らせと悪い知らせの分類 (情報の価値)

イベントタイプ	最初の推定値 < ベースレート	最初の推定値 > ベースレート
ポジティブ	良い知らせ	悪い知らせ
ネガティブ	悪い知らせ	良い知らせ

に選ばれたライフイベントが画面に提示された．その後，改めて，今後 4 週間以内に，ライフイベントが実際に起こりそうかどうかの確率 (5 %〜95 %の範囲内) を回答するよう求めた．

最後に，CES-D および LOT-R，IMC の回答を求めた．CES-D および LOT-R の順序は参加者によって逆転した．

2.2.3　結果

参加者のファーストセッションでの確率評価 (最初の推定値）と感情評価によって，良い知らせと悪い知らせの分類分けを行った．その際，ポジティブと評価されたライフイベントでは，最初の推定値がベースレートよりも高い場合は，ベースレートの情報は悪い知らせとなり，低い場合はベースレートの情報は良い知らせとなる．ネガティブと評価されたライフイベントでは，最初の推定値がベースレートよりも高い場合は，ベースレートは良い知らせとなり，低い場合はベースレートが悪い知らせとなる (表 1)．最初の推定値がベースレートと同じ場合であるときと，ライフイベントがニュートラルである場合は，分析から除外した．一人当たりのニュートラルと答えた平均値は 9.58(SD = 8.98) となった．

更新の変化量 (更新のスコア) は，参加者の最初の推定値がベースレートよりも高い場合は，最初の推定値から 2 回目の推定値を引いた値であり，最初の推定値がベースレートよりも低い場合は，2 回目の推定値から最初の推定値を引いた値である ((1) 式; Garrett & Sharot (2014))．イベントタイプと情報の価値のそれぞれの条件における，更新スコアを示した (図 3)．

$$\text{Update Score} = \begin{cases} \text{First Estimate} - \text{Second Estimate} \\ \quad \text{if First Estimate} > \text{Base Rate} \\ \text{Second Estimate} - \text{First Estimate} \\ \quad \text{if First Estimate} < \text{Base Rate} \end{cases} \tag{1}$$

信念更新の非対称性を検討するため，更新スコアを従属変数とし，イベントタイプと情報の価値を独立変数とする，2 要因反復測定デザインの ANOVA を実施した．ANOVA の結果，ライフイベントのタイプ別の主効果は有意ではなく ($F(1, 582) = 0.12, p = .729$)．また，イベントタイプと情報の価値との交互作用効果も有意ではなかった ($F(1, 582) = 0.09, p = .770$) ．一方，情報の価値の主効果は有意であり ($F(1, 582) = 10.46, p = .001$) ，下位検定の結果，ポジティブな情報はネガティブな情報よりも更新スコアが大きかった．

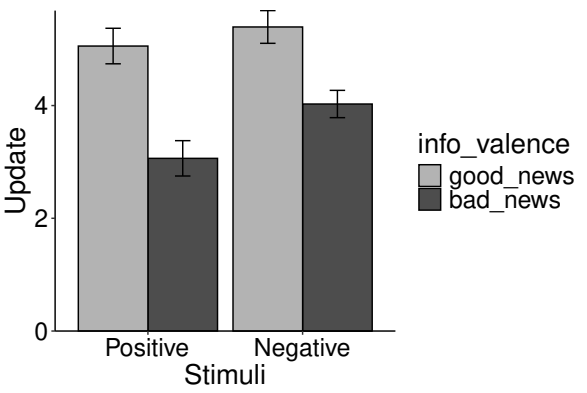


図 3　更新スコアの変化量（エラーバーは SEM を示す）

3.　考察

本研究の結果は，Garrett & Sharot (2017) の知見を支持するものとなった．情報の価値（良い知らせか悪い知らせか）の主効果が有意であり，イベントタイプとの交互作用が見られなかったことは，ライフイベントの性質（ポジティブ・ネガティブ）に関わらず，ポジティブな情報に基づいてより大きな信念更新が行われることを示している．これは，人間の認知プロセスにおける楽観主義バイアスの頑健性を示すものと言える．

本研究では，ベースレートの記憶に関するタスクを実施しなかったが，今後の研究では，ベースレートの記憶を確認するタスクを含めることで，信念更新プロセスにおける記憶の役割をより詳細に検討できる可能性がある．

本研究の参加者は比較的高い CES-D スコア（平均約 15）を示したにもかかわらず，楽観主義バイアスが観察された．これは，うつ病患者では楽観主義バイアスが小さいとする Korn et al. (2014) の報告とは矛盾する結果であった．本研究の結果は抑うつ傾向と楽観主義バイアスの関係がより複雑である可能性を示唆している．

4.　おわりに

本研究は，Garrett & Sharot (2017) の知見を日本人サンプルにおいても再現し，信念更新における楽観主義バイアスが文化を超えて機能している可能性を示した．ただし，本研究で観察された抑うつ傾向と楽観主義バイアスの関係は，Korn et al. (2014) の知見との整合性において課題を提起しており，抑うつと楽観主義バイアスの関係がより複雑である可能性を示唆

している．今後の研究では，抑うつの程度や質的な違い，また臨床的なうつ病と非臨床的な抑うつ傾向の差異など，より詳細な要因を考慮に入れた検討が必要であろう．さらに，本研究の知見は，計算論的モデリングやシミュレーション研究への応用可能性も示唆している．例えば，バンディット課題では，ポジティブな結果からより効率的に学習する傾向があるという(Lefebvre et al., 2022)，本研究で観察された楽観主義バイアスと類似した現象が見られる．人間の信念更新プロセスをより精緻にモデル化することで，最適化だけでなく，人間らしい「バイアス」を組み込んだ意思決定モデルの開発など，より自然な人工知能システムの設計につながる可能性がある．

文　献

Eil, D. & Rao, J. M. (2011). The Good News-Bad News Effect: Asymmetric Processing of Objective Information about Yourself. *American Economic Journal: Microeconomics*, 3(2):114–138.

Garrett, N. & Sharot, T. (2014). How Robust Is the Optimistic Update Bias for Estimating Self-Risk and Population Base Rates? *PLOS ONE*, 9(6):e98848. Publisher: Public Library of Science.

Garrett, N. & Sharot, T. (2017). Optimistic update bias holds firm: Three tests of robustness following Shah et al. *Consciousness and Cognition*, 50:12–22.

Korn, C. W., Sharot, T., Walter, H., Heekeren, H. R. & Dolan, R. J. (2014). Depression is related to an absence of optimistically biased belief updating about future life events. *Psychological Medicine*, 44(3):579–592.

Lefebvre, G., Summerfield, C. & Bogacz, R. (2022). A Normative Account of Confirmation Bias During Reinforcement Learning. *Neural Computation*, 34(2):307–337.

Shah, P., Harris, A. J. L., Bird, G., Catmur, C. & Hahn, U. (2016). A pessimistic view of optimistic belief updating. *Cognitive Psychology*, 90:71–127.

Sharot, T. (2011). The optimism bias. *Current Biology*, 21(23):R941–R945.

Yoshimura, S. & Hashimoto, Y. (2020). The effect of induced optimism on the optimistic update bias. *BMC Psychology*, 8(1):28.

坂本 真士・田中 江里子 (2002). 改訂版楽観性尺度（the revised Life Orientation Test）の日本語版の検討. **健康心理学研究**, 15(1):59–63.

三浦 麻子・小林 哲郎 (2018). オンライン調査における努力の最小限化が回答行動に及ぼす影響. **行動計量学**, 45(1):1–11.

島 悟・鹿野 達男・北村 俊則・浅井 昌弘 (1985). 新しい抑うつ性自己評価尺度について. **精神医学**, 27(6):717–723. Publisher: 株式会社医学書院.

高齢者における運動主体感の閾値変容と関連要因の検討

Investigation of changes in the threshold of sense of agency and associated factors in the older adults

深作 哲貴[1]，林田 一輝[2]，乾 康浩[3]，温 文[4]，森岡 周[3]，嶋田 総太郎[5]

Yoshiki Fukasaku, Kazuki Hayashida, Yasuhiro Inui,
Wen Wen, Shu Morioka, Sotaro Shimada

明治大学大学院[1]，宝塚医療大学[2]，畿央大学大学院[3]，立教大学[4]，明治大学[5]

Meiji University Graduate School, Takarazuka University of Medical and Health Care
Kio University Graduate School, Rikkyo University, Meiji University

17r0075@gmail.com

概要

本研究の目的は，高齢者における運動主体感（以下, SoA）の閾値変容とその関連要因を明らかにすることである．SoA の閾値はドット課題（Wen et al., 2020）を用いて測定し，閾値の分布を相対度数ヒストグラムを用いて検討した. また, 閾値と身体機能, 活動量，介護量との関連を認知機能で調整した偏相関分析を用いて検討した．実験の結果，高齢者における SoA の閾値には高閾値と低閾値の者が存在し，閾値変容には活動量や介護量が関連している可能性が示唆された.

キーワード：運動主体感，高齢者，活動量，介護度

1. 背景

現在，日本は高齢化社会であり，高齢者の健康や幸福を高めることが課題である．近年，高齢者の健康や幸福にかかわる要素として運動主体感（Sense of agency：以下, SoA）の関連が考えられている[1]. SoA とは，自分の身体や外部の環境をコントロールするときに生じる主観的な制御の感覚のことである[2, 3]．SoA の生成メカニズムの一つとして，コンパレータモデルに基づくメカニズムが知られている[4]. このモデルによる説明では，運動意図により運動指令が生じた際，その遠心性コピーを用いて，どのような感覚フィードバックが得られるかの予測を行う．この期待される感覚の予測は運動に伴う実際の感覚フィードバックと比較され，これらが概ね一致していれば SoA が生起する．逆に不一致が生じれば，SoA が変容し，運動や身体活動に悪影響を及ぼすと考えられる．

SoA の変容には自分が制御しているにもかかわらず SoA を感じづらい場合（高閾値）や，自分が制御していないにもかかわらず SoA を感じる場合（低閾値）が示されており，SoA の変容には 2 パターンの特徴があることが統合失調症患者を対象とした先行研究から推察されている[5]．一方，高齢者は若年者と比較して SoA の変容が生じていることが報告されており[6, 7]，SoA の増幅は高齢者の健康や幸福にかかわる可能性があることから，高齢者における SoA の閾値変容においても，その特徴を明らかにすることは重要であると考えられる．加えて，高齢者の健康や幸福を高める方略を検討する上で，SoA 変容の関連要因への対応が必要と考えられるが，その関連要因は不明である．

一方で，高齢者の中でも介護が必要な要介護高齢者では，介護量が増えるほど介護によって行為が強制される場面や，他者に行為を誘発させられる場面が増えることになる．先行研究において，行為の強制が SoA の低下に関与することが報告されていることから[8]，要介護高齢者では健常高齢者と比較して SoA の変容が生じている可能性がある．

以上のことから，本研究は，高齢者を要介護高齢

者と健常高齢者に分け，高齢者の SoA 変容における閾値の特徴とその関連要因を明らかにすることを目的とした．

2. 方法

要介護高齢者 21 名（85.0±7.8 歳），健常高齢者 12 名（82.7±3.8 歳），健常若年者 13 名（29.7±6.1 歳）を対象とした．除外基準は，実験課題の遂行や理解が困難な者，視力障害のある者，Mini mental state examination (MMSE) が 23 点以下の者とした．

測定項目として，身体機能，活動量，介護量を測定した．身体機能は，巧緻動作能力として 9 ホールペグテスト，運動パフォーマンスとして Short Physical Performance Battery (SPPB)，歩行自立度として Functional Ambulation Categories (FAC)を使用し調べた．活動量は，活動量計 (Active style Pro HJA-750C, オムロン社製)を 1 週間装着し，得られたデータから活動強度の指標である Metabolic Equivalents（以下，METs）に応じて，強度別に 1.5METs 以下の座位行動時間，1.6〜2.9METs の低強度活動時間，3.0METs 以上の中高強度活動時間を算出した．介護量は介護度[9]，日常生活自立度[10]（表 1），機能的自立度評価法（Functional Independence Measure：FIM）を測定した．介護度は，介護量が軽い順に要支援 1〜2，要介護 1〜5 の 7 段階に分類される．日常生活自立度は，生活自立のレベルに応じて，自立度が高い順にランク J，A，B，C の 4 つに分類される．さらに介護の状況に応じて各ランクを 2 段階に分類し，J1，J2，A1，A2，B1，B2，C1，C2 の計 8 段階で測定される．

実験課題として，ノート PC の画面上に表示されるドットをタッチパッドで操作する課題を用いた[11]．ドットの動きには事前に記録された他者の動きが混在し，自分の操作を 0〜100%の中で 10%ごとにランダムに反映されるように設定された（11 条件）．各条件にて 1 試行 4 秒間の試行を 10 試行ずつ (計 110 試行) 実施し，各試行後に自分がドットを操作していたように感じたかを「Yes」,「No」で回答させた．

本実験における SoA（Sense of Agency）の閾値の指標として，主観的等価点（Point of Subjective Equality: PSE）を用いた．これは，主観的な知覚に必要な刺激の閾値を示す指標であり,「自分の動きと感じたか」という質問に対する Yes と No の回答が 50%ずつになる点を示す．各操作条件での「Yes」と回答した割合から，y=1/1+exp(-a(x-PSE))に基づいてロジスティック回帰曲線を描出し[12], PSE を算出した．PSE が大きいほど SoA の閾値が高く，小さいほど SoA の閾値が低いと解釈される．

統計解析は，各群の正規性を Shapiro-Wilk 検定を用いて確認した後，PSE の群間比較を Kruskal-Wallis 検定を用いて行った．また，各群の分布の特徴を相対度数ヒストグラムを用いて検討し，若年者の PSE の平均値±2SD を基に，閾値の変容が推測される対象者を分類した．さらに，PSE と各測定項目との関連を認知機能で調整した偏相関分析を用いて検討した．なお，相関分析においては，閾値の変容は高閾値と低閾値の 2 パターンに分類されるという報告[5]から，若年者と比較した PSE の絶対誤差を閾値の指標とし，各測定項目との比較をした．統計解析は R（Ver.4.2.0）を用いて行い，有意水準は 5%とした．

表 1　日常生活自立度

生活自立	ランクJ	何らかの障害を有するが、日常生活はほぼ自立しており独力で外出する 1. 交通機関等を利用して外出する 2. 隣近所へなら外出する
準寝たきり	ランクA	屋内での生活は概ね自立しているが、介助なしには外出しない 1. 介助により外出し、日中はほとんどベッドから離れて生活する 2. 外出の頻度が少なく、日中も寝たり起きたりの生活をしている
寝たきり	ランクB	屋内での生活は何らかの介助を要し、日中もベッド上での生活が主体であるが、座位を保つ 1. 車いすに移乗し、食事、排泄はベッドから離れて行う 2. 介助により車いすに移乗する
	ランクC	1日中ベッド上で過ごし、排泄、食事、着替において介助を要する 1. 自力で寝返りをうつ 2. 自力では寝返りもうてない

3. 結果

PSE において，各群間に有意差は認められなかった（p=0.88）．各群の分布の特徴は，要介護高齢者は正規分布していなかった一方（p=0.02）（図 1A），健常高齢者（p=0.22）（図 1B）と若年者(p=0.92)（図 1C）は正規分布をしていた．また，PSE において若年者の平均値±2SD を基準としたときに，要介護高齢者では高値の者が 2 名，低値の者が 5 名存在し，健常高齢者では低値の者が 1 名存在した．

PSE と各測定項目の関連は，座位行動時間との間に中等度の正の相関（r=0.38，p=0.04），中高強度活

動時間との間に中等度の負の相関（r=-0.40, p=0.04），
介護度との間に中等度の正の相関（r=0.41，p=0.02）
を認めた（図 2）.

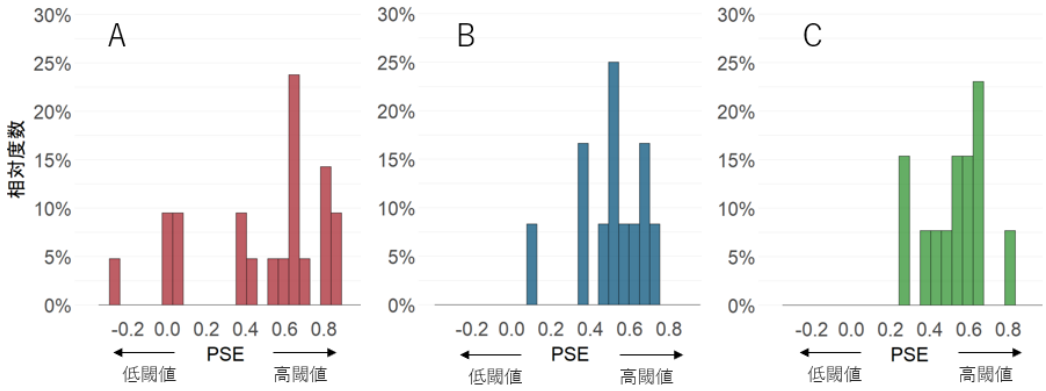


図 1　各群の PSE における相対度数ヒストグラム

A：要介護高齢者　B：健常高齢者　C：若年者

PSE: point of subjective equality

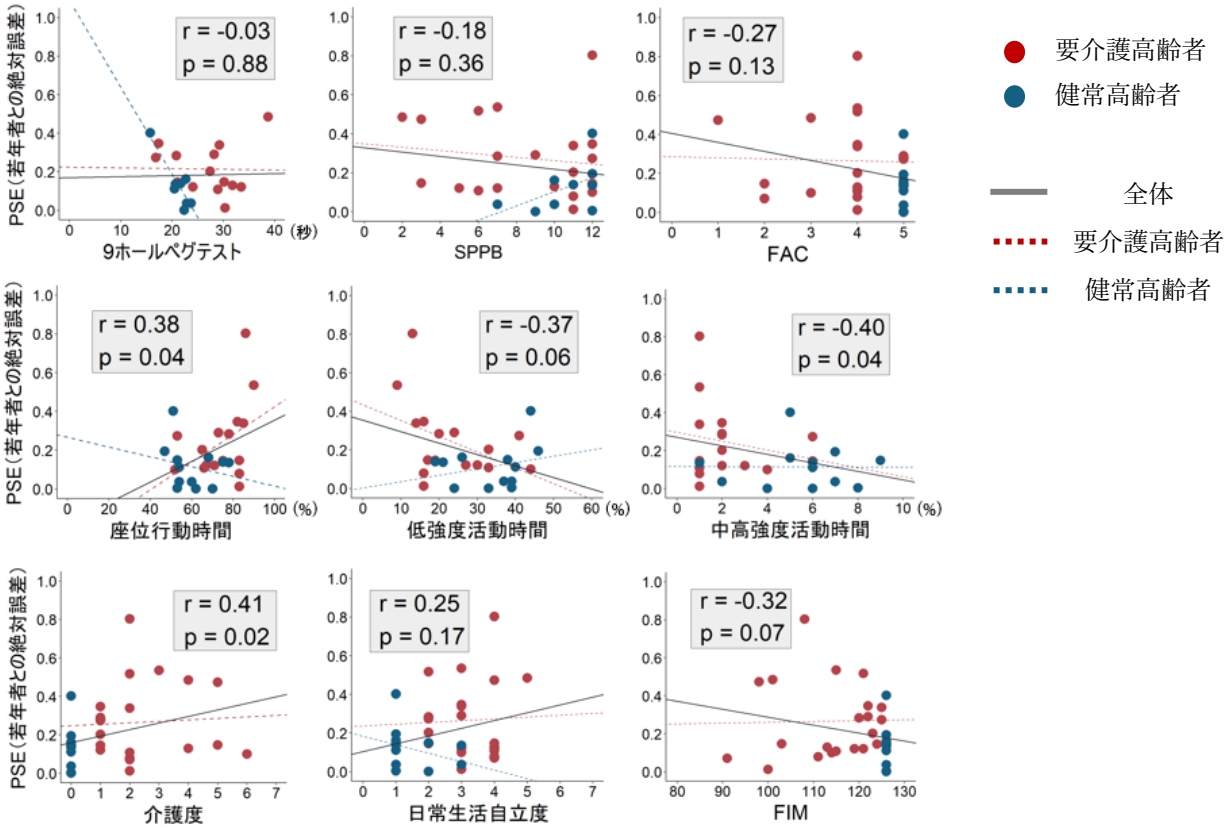


図 2　PSE と各測定項目の関係

介護度の図において，0 は介護認定無し，1 は要支援 1，2 は要支援 2，3 は要介護 1，4 は要介護 2，5 は要介護 3，6 は要介護 4，7 は要介護 5 を示す.

日常生活自立度の図において，0 は J1，1 は J2，2 は A1，3 は A2，4 は B1，5 は B2，6 は C1，7 は C2 を示す.

PSE: point of subjective equality　　SPPB：Short Physical Performance Battery

FAC：Functional Ambulation Categories　　FIM：Functional Independence Measure

4. 考察

PSE において群間差はみられなかったものの，要介護高齢者で PSE の分布の偏りを認めた．また，要介護高齢者で 7 名，健常高齢者で 1 名において，若年者と比較した閾値の変容を認め，高閾値と低閾値の 2 パターンの存在が推察された．これらのことから，高齢者においても統合失調症患者[5]と同様に，2 パターンの閾値変容を認めることが示唆された．また，高齢者において共通に SoA の閾値変容が生じているわけではなく，特に要介護高齢者で閾値変容を認める可能性が示された．

この閾値変容の関連要因として，活動量や介護量が要因の一つとして考えられる．本実験において，高齢者の PSE と活動量の長さ，および介護量の多さとの間に相関を認めた．これらのことから，高齢者では活動量が少ないほど，あるいは介護量が多いほど SoA の変容が生じていることが推測される．この背景には，自己の意図に基づく行動機会の減少が考えられる．先述のように，SoA の生成は期待される感覚予測と実際の感覚フィードバックの統合によって生じ，予測の生成には自己の運動意図が必要となる[4]．活動量の長さや介護量の多さは自己の意図に基づく行動機会の減少に繋がることが推測されることから，自己の意図に基づく行動機会の減少が，予測機構に影響を及ぼした可能性が考えられる．先行研究において，SoA が変容する代表的な疾患である統合失調症では，予測の精度低下 [13] や遅延 [14] のような予測機構の異常が生じていることが報告されている．高齢者における先行研究は見当たらないが，上記のような予測機構の異常が生じている可能性が考えられる．

5. 結語

高齢者における SoA の閾値変容は高閾値と低閾値の者が存在し，要介護高齢者ではより顕著である可能性が示された．また，閾値変容には活動量や介護量といった健康面上の問題が関連していることが示唆された．

6. 参考文献

[1] Moore JW. (2016). What is the sense of agency and why does it matter?. Frontiers in psychology, 7, 1272.

[2] Gallagher S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. Trends in cognitive sciences, 4(1), 14-21.

[3] Haggard P. (2017). Sense of agency in the human brain. Nature Reviews Neuroscience, 18(4), 196-207.

[4] Frith CD, Blakemore SJ, et al. (2000). Explaining the symptoms of schizophrenia: abnormalities in the awareness of action. Brain research reviews, 31(2-3), 357-363.

[5] Maeda T, Takahata K, et al. (2013). Reduced sense of agency in chronic schizophrenia with predominant negative symptoms. Psychiatry research, 209(3), 386-392.

[6] Metcalfe J, Eich TS, et al. (2010). Metacognition of agency across the lifespan. Cognition, 116(2), 267-282.

[7] Cioffi MC, Cocchini G, et al. (2017). Ageing and agency: age-related changes in susceptibility to illusory experiences of control. Royal Society open science, 4(5), 161065.

[8] Caspar EA, Christensen JF, et al. (2016). Coercion changes the sense of agency in the human brain. Current biology, 26(5), 585-592.

[9] 厚生労働省 https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/kaigo_koureisha/nintei/gaiyo2.html

[10] 厚生労働省，認定調査員テキスト 2009 改訂版 https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/kaigo_koureisha/nintei/index.html

[11] Wen W, Shimazaki N, et al. (2020). Categorical perception of control. eneuro, 7(5).

[12] Shimada S, Qi Y, et al. (2010). Detection of visual feedback delay in active and passive self-body movements. Experimental brain research, 201, 359-364.

[13] Synofzik M, Their P, et al. (2010). Misattributions of agency in schizophrenia are based on imprecise predictions about the sensory consequences of one's actions. Brain, 133(1).

[14] Koreki A, Maeda T, et al. (2015). Behavioral evidence of delayed prediction signals during agency attribution in patients with schizophrenia. Psychiatry Research, 230(1).

ヒトの顔に関する同類婚：顔類似性評価実験及び顔認識アルゴリズムを用いた類似性評価

Experimental study on homogamy in facial characteristics in humans: do husbands and wives look more alike over time?

能城 沙織†
Saori Nojo

†木更津工業高等専門学校
National Institute of Technology, Kisarazu College
nojo@j.kisarazu.ac.jp

概要

似た顔の相手を配偶者として選択するのか，結婚後に夫婦の顔が似ていくのか，という議論に関しては，両方の面がありうるという説が広く普及してきたが，近年白人を対象とした研究で 後者を否定する結果が示された．本研究では，日本人を対象に夫婦の顔の類似性の経年変化を調べた結果，類似性の評価方法によって結果に差が生じた．類似性評価方法について，今後はより検討していくことで，この傾向が人種を超えた普遍性を持つものなのかを検証していく必要がある．

キーワード：配偶者選択，顔魅力，同類婚

1. はじめに

自分と似た相手を配偶者として選択する同類婚は幅広い種において見られている．ヒトにおいても観察されており，特に顔に関する同類婚的傾向は多くの先行研究において示されている(Hinzs, 1989, Bereczkei et a., 2004, Nojo et al., 2012等).

夫婦間の顔の類似が見られる際に，2つの可能性が考えられる．1つ目は，顔が似た相手を配偶者として選択しているという可能性である．顔は遺伝的要因が大きく，顔が似た相手を配偶者として選択することで自身と同じ遺伝子を持つ相手を選択できる可能性が上がり，自身の遺伝子を次世代に残せる可能性が上がるという効果が期待できる．自分類似顔に対する好みが見られていることより，もともと顔が似た相手を好ましく思う傾向があることは疑いがないと考えられる(Debruine, 2002, 2004)．2つ目は結婚により共同生活を送ることで顔が似ていくという可能性である．食事や生活様式等を共有した結果，後天的に顔が似ていくという可能性が考えられる．Zajonc et al. (1987) は，夫婦の顔は結婚当初は似ておらず，時間経過により次第に似ていくという傾向，さらに，結婚の質が高いほど顔が似ていく傾向を示している．長期的な関係を持つパートナーは同じ環境，行動，食事等を共有する傾向があることから，夫婦関係が良好なほど顔の類似性は高まっていく可能性が考えられる．一方で，Zajonc et al.(1987)はサンプルサイズが12組と非常に少ないことや，25年後という限定された期間のみを調べていることなどを考えると，再度幅広い集団，サンプルサイズ，結婚期間で調べると結果が変わる可能性がありうる．

以上のように，現在見られている夫婦間の顔の類似に関して，前段落で述べた2つの可能性は両方の面がありうる考えられていたが，Tea-makorn& Kosinski（2020）は後者の可能性を否定する結果を示した．517組の白人の異性愛者を対象に，結婚から2年以内の顔写真と時間経過後の顔写真を用いて夫婦の顔の類似性を比較した結果，結婚当初の時点で顔は似ており，時間経過による類似性の増加は認められなかったという傾向が認められた．この結果は，広く普及している説を再考する必要があることを示している．Zajonc et al. (1987) に不十分な点があることを考慮しても，夫婦の顔の類似性の時間経過について検証しなおす必要性があると考えられる．

Tea-makorn& Kosinski（2020）では白人の異性愛者のみを対象としており，この傾向が他の集団においても幅広く見られる傾向なのかは明らかになっていない．そこで，本研究では，日本人の異性愛者を対象に，結婚当初及び時間経過後の夫婦の顔の類似性の傾向を調べることで，Tea-makorn& Kosinski（2020）の結果が幅広い集団において普遍的にみられる傾向なのかを明らかにすることを目的とした．本研究は木更津工業高等専門学校倫理審査委員会による倫理審査で承認を得た上で実施している．

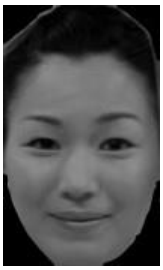
2. 実験手法

2.1 刺激画像

結婚当初及び結婚から 6〜46 年（平均=20.6 年, 標準偏差=12.4）経過している夫婦の写真 20 組を収集した. 写真提供者には実験内容を説明したうえで, 顔画像仕様に関する同意書の記入をしてもらった. 写真提供の条件は撮影された時期を結婚当時もしくは結婚前後に撮影された写真及び結婚から 5 年以上経過後に撮影されたものとした. また, 顔がはっきりと認識できるもの, 微笑んでいる表情もしくはそれに近い状態, 正面もしくはそれに近い状態とした.

収集した写真は髪の頂点から顎までを正方形にトリミングした後に Windows のアプリケーション（フォト）のフィルター加工（マーキュリー）で色味を統一し, 背景を黒で塗りつぶした. 髪に装飾品をつけている場合は, 黒く塗りつぶした. 実際に編集した顔写真の例を以下の図 1 に示す.

図 1 実際に使用した画像例



2.2 手順

実験には木更津工業高等専門学校の学生計 60 名が参加した（年齢：18~22 歳）. 実験参加者には任意参加の実験であること,強制ではないことを伝え,匿名での回答になるため,回答した時点で実験への参加に同意したものとみなす旨説明した. 60 名中, 28 名は結婚当初の類似性の評価を行い, 32 名は時間経過後の評価を行った. 実験参加者はスライドに表示された写真を全員同時に見て, 4 枚の女性の写真のうち, 男性の顔写真に最も似ていると感じる画像を回答してもらった.

また,実験に使用した各シート内の顔画像セットに対して,顔認識アルゴリズムを用いて類似性を評価した. VGGFace2 モデルを使用し, SE-ResNet-50 アーキテクチャを通じて変換された特徴ベクトルのコサイン類似度を計算し,それに基づいてランク付けを行った.

3. 結果

3.1 同類婚的傾向の有無

結婚当初及び時間経過後の類似性評価実験, 及びコサイン類似度によるランク付けで得られたランクを点数に変換した. 最も似ていると判断された場合は4, 最も似ていないと判断された場合は1となる. 類似性評価実験の点数の分布を図2, コサイン類似度による点数の分布を図3に示す. 結婚当初と時間経過後の類似性の差異を調べるために, 各顔写真の平均点数を用いて Wilcoxonの符号順位和検定を行ったところ, いずれにおいても有意な差は認められず（類似性評価実験：N=20, V=149, p=0.105, コサイン類似度:N=20, V=55, p=0.526）, 時間が経過するにつれて夫婦の顔が似ていく傾向は認められなかった.

結婚当初もしくは時間経過後の評価の点数がランダムな場合よりも大きいかどうかを調べるために Wilcoxon の順位和検定を行ったところ, 類似性評価実験においては結婚当初, 時間経過後のどちらにおいても有意な差が認められ, 夫婦の顔は似ているという同類婚の傾向が認められた（N=20, 結婚当初：V=0, p<0.0001, 時間経過後：V=0, p<0.0001）. 一方, コサイン類似度においては結婚当初, 時間経過後のどちらにおいても有意な差は認められなかった（N=20, 結婚当初：V=78, p=0.340, 時間経過後:V=105, p=1.000）.

図 2 類似性評価実験による夫婦の類似性（箱ひげ図）

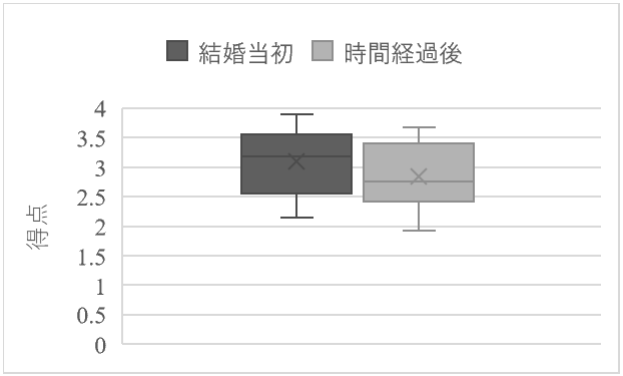
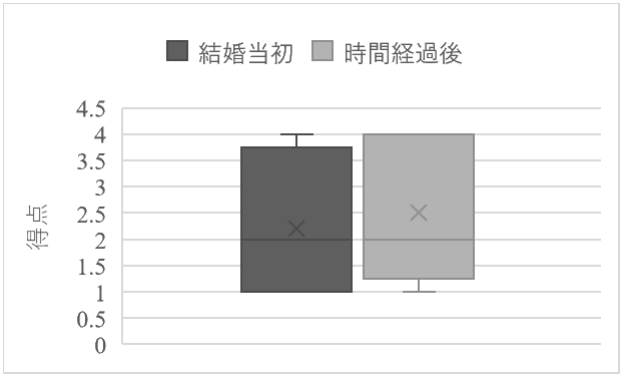


図 3 コサイン類似度による夫婦の類似性（箱ひげ図）



4. 考察

本研究では日本人の異性愛者夫婦の顔の類似度の変化を調べた．その結果, Tea-makorn& Kosinski（2020）と同様, アジア人種においても時間が経過するにつれて夫婦の顔がより似ていくという傾向は見られないという結果が得られた．本研究の結果より, Tea-makorn& Kosinski（2020）が示した傾向は集団を超えて見られる普遍的な傾向である可能性が示唆された．一方で，結婚当初及び時間経過後の夫婦の類似性においては，類似性評価の方法によって結果に差異が見られた．類似性評価実験においては結婚当初及び時間経過後ともに夫婦の顔はランダムな場合よりも似ているという結果が出た一方で，顔認識アルゴリズムを用いたコサイン類似度による評価においては夫婦の顔は似ているという傾向は観察されなかった．人の主観による評価と，コンピュータによる機械的な評価に差異がある可能性が示唆された.

実験参加者による主観的な類似性判断において，夫婦の顔の類似性が認められた一方で顔認識アルゴリズムにおいては類似性が認められなかった理由として，いくつか考えられる. まず, 顔画像の質の問題である．夫婦間の画像の差異をなくすために先行研究に従って画像処理をしたものの，画像の質感の夫婦間の差異が残ってしまっている可能性がある．顔自体の類似性ではなく，画像の質感に判断が影響を受けた可能性が考えられる．そのほかに考えられる理由として，人が顔を似ていると判断する基準とコンピュータによる判断の基準が異なる可能性である．人が類似性を判断する際に，顔全体を均等に用いるのではなく，ある一部分の比重を重くする等の特徴がある場合，顔認識アルゴリズムによる類似性判断と差異が生じる可能性がある．今後，人による判断と機械による判断の差異についてはさらに詳細に検討する必要性があると思われる．

Tea-makorn& Kosinski（2020）では 517 組の夫婦の写真及び 153 名の実験参加者によって実験が行われたことに対して, 本研究では 20 組の夫婦の写真及び 80 名の実験参加者と少なかったことから, 各々の数を増やした場合に実験結果が変化する可能性がある．また, 夫婦の写真の表情及びメガネの有無を統一することができなかったことが, 正確な類似性の判断を妨げた可能性がある．そして, 実験参加者が比較的若い年齢層であったことが, 特に時間経過後の類似性判断に影響を与えた可能性がある．更に，今回の実験では実験参加者数の問題から，夫の顔写真に対して妻の顔写真を評価させるという一方向のみの手続きしか行えなかったが，今後さらに多くの実験参加者を確保し，妻の顔写真に対して夫の顔写真を評価させるという調査も追加していく必要があると考えられる．これらを考慮した実験を行うことで, さらに信頼性の高い結果を示すことが期待できる.

文献

[1] Hinsz, V. B. (1989). Facial resemblance in engaged and married-couples. Journal of Social and Personal Relationships, 6, 223-229.

[2] Bereczkei, T., Gyuris, P., & Weisfeld, G. E. (2004). Sexual imprinting in human mate choice. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 271(1544), 1129–1134.

[3] Nojo, S., Tamura, S. & Ihara, Y. (2012). Human homogamy in facial characteristics: Does a sexual-imprinting-like mechanism play a role? Human Nature, 23, 323-340.

[4] DeBruine, L. M. (2002). Facial resemblance enhances trust. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 269, 1307-1312.

[5] DeBruine, L. M. (2004). Facial resemblance increases the attractiveness of same-sex faces more than other-sex faces. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 271, 2085-2090.

[6] Zajonc, R. B., Adelmann, P. K., Murphy, S. T. & Niedenthal, P. M. Convergence in the physical appearance of spouses. Motiv. Emot.11, 335–346 (1987).

[7] Tea-makorn, P.P., Kosinski, M. Spouses' faces are similar but do not become more similar with time. Sci Rep 10, 17001 (2020). https://doi.org/10.1038/s41598-020-73971-8

友人同士での顔の類似はあるのだろうか
Are there facial similarities between friends?

草間 肇†, 能城 沙織†
Hajime Kusama, Saori Nojo

†木更津工業高等専門学校
National Institute of Technology, Kisarazu College
sdj24b01@inc.kisarazu.ac.jp

概要

内面的な類似性が友人関係に影響を与えるということが先行研究より示されている一方で,外見の類似性が友人関係に与える影響についてはまだ検証されていない。本研究では,片方の友人の写真とコントロールの写真 3 枚を並べたものをもう片方の友人の写真に似ている順に順位を付けてもらう形式でアンケート調査を用いて外見の類似性が友人関係に与える影響を検証した。その結果,友人同士での顔の類似は存在するという事が確認された。

キーワード：類似性,友人関係,顔

1. 背景

コミュニティ内での友人関係を定義するものの 一つに類似性が挙げられる（中田,2012)。互いに似た趣味や感性を持つことは友人を作ることにおいて重要であると言える。中田（2013）では,ドイツ人の若者と日本人の若者に対して友人の定義を調べるため,「友達関係とはあなたにとって何を意味しますか？」というアンケートを行った。表 1 は日本のティーンエイジャーの学生が回答したものを因子分析したものである。

また,ドイツ人の結果は第一因子「信頼」,第二因子「類似性」,第三因子「日常的な接触」の三点を特に重視する傾向を示した。日本人も,第一因子「類似性」,第二因子「信頼」,第三因子「日常的な接触」となり,両国とも友人関係に類似性を重要視することがわかっている。

表 1 友達に何を重視するか(中田, 2013 より)

	1	2	3
定期的に（よく）会う	.399	.345	.913
定期的に（よく）連絡	.404	.489	.859
相手を信用できる	.368	.884	.439
互いに正直にいる	.467	.899	.401
同じ考え（意見）を持つ	.874	.461	.470
同じ関心・趣味を持つ	.799	.593	.498
どんな時でも協力する	.773	.728	.560
同じユーモアを持つ	.844	.508	.315
多くの活動を一緒に行う	.640	.600	.710
互いに信頼できる	.442	.892	.433
どんなことも相談できる	.598	.797	.320
互いに秘密がない	.874	.367	.466
必要な時にお金を貸せる	.559	.265	.657
嫌になることがない	.717	.271	.480
以心伝心	.745	.423	.394
多くの時間一緒に過ごす	.551	.459	.745

ここでの類似性は「同じ関心・趣味を持つ」,「同じ考え（意見）を持つ」等の意味である。一方で外見の類似性が友人関係に与える影響については調べられていない。恋人,夫婦同士の外見が類似している傾向が見られることは既に示されている(Breczkei et al.2002,2004, Nojo et al,2012)。しかし外見的な類似性が友人関係に与える効果についての研究はまだ行われておらず,顔の類似性が友人関係に与える影響は明らかになっていない。

そこで本研究では友人間における顔の類似性の有無を検証し,顔の類似性と友人関係の関連を明らかにすることを目指す。

2. 研究概要

2.1 実験参加者

木更津工業高等専門学校専攻科の学生 52 名(男 性 48 名,女性 4 名,平均年齢=21.1 歳,標準偏差 =0.703)へ対しアンケートを行った。

2.2 刺激画像

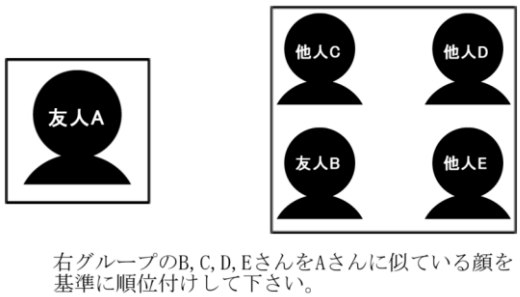
木更津工業高等専門学校の文化祭のゲスト及び 木更津工業高等専門学校の本科生から顔写真を提 供してもらった。写真は笑顔の表情で正面から撮 影し,自然な笑顔をしてもらうため,ティーンエイジャーの友人同士で写真を撮る際に取りやすいポーズを個人的に調べたものを指定し,取ってもらった。笑顔で撮る理由は 友人による笑顔表出の促進効果は親密な関係性にある他者によって生起されるとされているためである(井上悟,2020)。友人 15 組 30 名(男性 7 組 14 名, 平均年齢

=19.0 歳,標準偏差=1.604,女性 8 組 16 名, 平均年齢=17.0 歳,標準偏差=1.323),コントロール 45 名(男性 21 名平均年齢=17.7 歳,標準偏差=1.609,女性 24 名平均年齢=17.8 歳,標準偏差=1.344）の顔画像を使用した。

友人の写真提供者には写真提供と同時にアン ケートに回答してもらった。これは一緒に写真提供したパートナーに対して表 1 の全項目の程度を 1（全く当てはまらない）～7（非常に当てはまる） の数値で表してもらうものである。友人の定義（ここでは前述のアンケートにて全てあてはまらないと回答した人を除いた二人組とした）を満たした二人組（それぞれ友人 A,友人 B とする）の顔写真を実験に使用した。

各アンケート項目のうち,「同じ考え（意見）を持つ」,「互いに秘密を持っていない」,「同じユーモアを持つ」,「同じ関心・趣味を持つ」等の選択肢は第一因子「類似性」への影響度が高い。「互いに正直にいる」,「互いに信頼できる（依存できる）」,「互いに正直にいる」,「どんなことについても相談できる」等の選択肢は第二因子「信頼」への影響度が高い。「定期的に（よく）会う」,「定期的に（よく）連絡がある」,「多くの時間を一緒に過ごす」,「多くの活動を一緒に行う」等の選択肢は第三因子 「日常的な接触」への影響度が高い（表 1)。収集した写真を用いて,図 1 のようなシートを 15 枚作成した。

図 1 実際に行うアンケートの構図



2.3 手法

類似性の調査は夫婦や恋人同士の顔の類似性を 検証した Breczkei et al.(2002.2004),Nojo et al.(2012) に倣った手法を用いた。実験参加者に 2.2 で作成 したシートに対して,右側(1,2,3,4)の顔を A の顔に似ている順に順位付けしてもらった。 アンケートの収集は Microsoft Forms を用いて行い,15 枚のシートが出てくる順番はランダムとした。また,シートの中の 5 人のうちに知っている人がいた場合は分かるように追加の質問を設け,知っていた場合対象の回答者の対象へのシートへの回答は無効とした。

2.4 分析方法

アンケートの回答の友人 B の 4 人中の順位を,2.5 と比較して有意な差が見られるかをウィルコクソンの順位和検定により調べた。

また,それぞれの友人の組に対して類似性,信頼,日常的な接触それぞれが顔の類似性に与える影響を,2 人の各因子のアンケート結果の合計（類 似性 98 点満点,信頼 56 点満点、日常的接触 70 点 満点）を説明変数として階層ベイズモデルを用い た解析により調べた。モデル式は以下である。

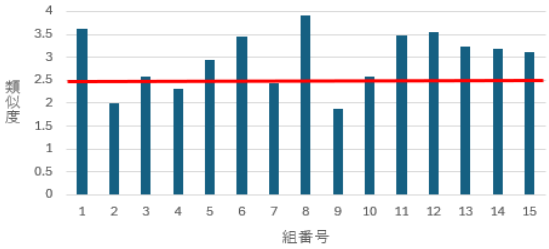
$$y_i=\beta_0+\beta_1 Trust_{i1}+\beta_2 Similarity_{i2}+\beta_3 Contact_{i3}+q_i+r_i$$

ここで,y は判定された類似性判断の得点,Trust は信頼,Similarity は類似性、Contact は日常的な接触とし,参加者によるランダム効果と刺激によるランダム効果をそれぞれ q,r とした。

3. 結果

友人間に顔の類似性が見られるのかをウィルコクソンの順位和検定によって調べたところ,2.5 より有意に大きい事が認められた（図 2, N=15, Z=2.802,p=0.005)。これは、友人同士で顔の類似性が存在することを意味している。

図 2 各組の類似度の平均点数



また,それぞれの友人の組に対してアンケートの結果をもとに「類似性,信頼,日常的な接触」それぞれが顔の類似性に与える影響について階層ベイズモデルを用いた解析を行った結果,全ての項目において有意な主効果は見られなかった（表 2)。

表 2 階層ベイズモデルの解析結果

係数	Estimate	l-95%	u-95%
β_0	3.25	1.33	5.04
β_1	0.05	-0.06	0.14
β_2	-0.04	-0.10	0.02
β_3	0.01	-0.06	0.08

4. 考察と今後の展望

友人同士での顔の類似の有無をウィルコクソンの順位和検定を用いて解析した結果,友人同士で顔の類似が存在するという結果が得られた。これは人々が社会的に結びつく際に,顔の類似性を無意識に考慮している可能性を示唆している。また,友人同士で同じような行動を取る,例えば同じような趣味を持つことで生活リズムが似てくる,等のために後天的に顔が類似してくる可能性も考えられる。しかし、夫婦間の顔については,後天的に似てくることは否定する結果が出ているため,友人同士についても改めて検証する必要がある(Tea-makorn & Michal Kosinski,2020)

また、階層ベイズモデルを用いた解析から,友人関係のあり方は友人間の顔の類似に影響を与えない,或いはここにない要因が影響を与えている可能性がある。具体的には,この解析では各因子毎の合計点数の高さで因子が与える影響を測っているため、他の手法を用いて、因子毎のつながりを結果に反映させることで結果が異なる可能性がある。また写真提供者がアンケートを十分に正しく回答できなかった等の可能性が考えられる。

本研究ではサンプルサイズが少ないことにより結果が不正確な可能性がある。それによって性差や年齢差を考慮に入れていなかったが,写真提供者の性別や年齢の違いによって結果に差が生じた可能性がある。 今後さらにサンプルサイズを増やすことで検証していく必要がある。

刺激画像の表情に関して,笑顔という条件での撮影だったが満面の笑みを浮かべる人や微笑んでいる人など,人によってかなり笑顔に差があったことや,撮影場所が文化祭のゲストの写真と後ほど追加で撮影した写真で統一できなかったこと,同学校内で刺激写真の収集と実験を行ったこと,友人として扱う範囲の違い等で実験結果に影響を与えた可能性がある。これらを考慮した実験を行うことで,さらに信頼性の高い結果を示すことが期待できる。

文献

［1］中田 知生, “ティーンエイジャーの友達関係の日 比較”, 北星学園大学社会福祉学部北 西論集第 50 号 pp. 1-11, 2013 専学会学会誌, Vol. 5, pp. 72-73, 2004.

［2］中田 知生, “ティーンエイジャーにとって「友達」とは”, 北星学園大学社会福祉学部北西 論集大 49 号 pp. 55-68, 2012

［3］Bereczkei,T., Gyuris, P.,&Weisfeld, G.E (2004). Sexual imprinting in human mate choice. Proceedings of the Royal Society B:Biological Sciences, 271(1544), 1129-1134

［4］Bereczkei,T., Gyuris, P.,Koves,P., &Brenath,L.(2002). Homogramy,genetic similarity,and imprinting:parental influence on mate choice preferences.Personality and Individual Differences, 33(5), 677-690.

［5］Nojo,S.,Tamura,S & Ihara,Y.(2012).Human homogamy in facial characteristics: Dose a sexual-imprinting-like mechanism play a role? Human Nature, 23, 323-340.

［6］井上 悟, 秋山 学, 山本 恭子, 水野 邦夫, “二者の関係性が表情表出に及ぼす影響 -友人・ 恋愛関係の比較-”, 帝塚山大学心理化学論集 第 3 号 pp. 29-36, 2020

［7］梅本 信章, “大学入学直後の友人関係と不安に関する一研究”, 盛岡大学紀要 pp. 183 189, 1996

［8］Bürkner, P.-C. (2017). brms: An R package for Bayesian multilevel models using Stan. Journal of Statistical Software, 80(1), 1-28. https://doi.org/10.18637/jss. v080.i01

［9］Bürkner, P.-C. (2018). Advanced Bayesian multilevel modeling with the R package brms. R Journal, 10(1), 395-411. https://doi.org/10.32614/RJ-2018-017

［10］Tea-makorn & Michal Kosinski (2020). Spouses' faces are similar but do not become more similar with time , SCIENTIFIC REPORTS 17001

書字障害者の書字のエラー特徴の分析に向けて

本名 貴喜[†]，日髙 昇平[†]
Takaki Honna, Shohei Hidaka

[†]北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
shhidaka@jaist.ac.jp

概要

先天的に書字機能に困難を抱える書字障害者は日本国内で最低でも 6%は存在すると想定されている．しかし障害の発生要因や診断基準などは不明確であり症状の明確な定義もなされていない. 本研究では漢字「要素」と「構造」ごとの想起を対象に書字障害者の漢字想起のエラー特徴の抽出を行い一群の書字障害の症状の定義の構築を目指す.
キーワード : 学習障害, 発達障害, 文字, 読み書き, 想起

1. 背景

知的能力に問題がないにもかかわらず先天的に学習能力に困難を抱える障害を学習障害と呼び，特に書字機能に困難を抱えるものは書字障害と呼ばれている．書字障害の発症率は言語文化圏によって異なるが日本語において (Uno et al 2009) の調査では，書字困難者はひらがな 1.6%，カタカナ 3.8%，漢字 6.1%の割合で存在すると報告されている．学習障害を含む神経発達症は日常生活に困難を与えることが多く，学校教育において不登校や引きこもりといった二次障害を併発しやすく包括的な支援の必要性が指摘されている(岩田ら 2015)．そのため，書字障害の発生メカニズムを明らかにする必要がある．

書字障害の症例として，ペン等の筆記具を用いた場合に字が書けない，あるいは書けた字が読みにくい（文字の大きさが不整、字のまとまりがない)，誤字脱字が多い、漢字の形がくずれる，漢字の一部を間違ってしまう, 句読点が脱落する, などがあげられる(横山,2016)．しかし，明確な診断基準はなく，現状では知的能力に問題がないことを確認し書き取りテストや成育・教育歴の確認などから診断されることが多い.

知モデルの観点からはトライアングルモデルや二重経路モデルなどの読みの認知モデルを利用した説明が行われている(河野 2019)が実証的な研究は著者の知る限り見当たらない.

書字障害の研究における第一の課題は書字障害の明確な診断基準な存在しないこと, 書字障害者の書字の特徴が明確に定義されていないことにある．そのため症状と想定される要因の関係性の解明を行うことが難しく計算機上で書字の認知モデルのシミュレーションを行ったとしても出力されたデータが書字障害者の書字を再現しているのかなどの問題が発生することが想定される. また，それ以外にも特徴の定義がなされていないためメカニズム解明や支援方法の研究でも個々の事例の説明にとどまってしまうことが多い.

2. 目的

研究の目的は書字障害の書字の認知メカニズムの解明に向けて書字障害者の書字エラーのパターンを収集・分析し書字障害者にみられる特徴を抽出して書字障害者の一群にみられる症状の定義を作成することである.

日本語はひらがな, カタカナ, 漢字の三種類の文字を使用する言語であるがこのうち最も症状の多い漢字を対象として実験を行い書字障害者の漢字想起・書字の特徴を抽出する.

書字障害者の漢字想起において岩田ら(2020)の研究に着目する. この研究では漢字を想起する際に部首などの文字の「要素」とそれらが組み合わさる「構造」が別々に想起されワーキングメモリーにて処理されて出力されるという先行研究をもとに書字障害の中学生一名を対象に実験を行っている. その結果,「構造」ではなく「要素」に誤りが見られた事,「要素」の共有が多い漢字ほどエラーの発生頻度が高いことからワーキングメモリーに問題を抱えていると推測している. この「要素」と「構造」ごとの想起と処理は書字障害者の書字エラー特徴の分析において重要なマーカーとなると考えられる.

本研究では書字障害者の書字エラーの特徴を「要素」と「構造」の観点から分析を行い特徴を抽出し一群の書字障害の症状の定義の構築を目指す.

3. 方法

本研究での対象となる書字障害者は漢字学習期間による習得の差を考慮し高校生以上の年代を対象とし, 使用する漢字は小学校学習指導要領を中心に常用漢字の中から抜粋する.

まず漢字の構造を要素に分解する. 例えば,「海」なら「さんずい」と「毎」という 2 種類の要素に分解しそれらが左右に配置される「構造」であるという風に分解する. 先行研究では部首とそれ以外を「要素」とし「構造」は 2 種類だったが本研究ではそれ以上に複雑に分解する.「桜」なら「木」「ツ」「女」の 3 要素となり左に木偏, 右側は上に「ツ」下に「女」の上下構造とし, 3 つの「要素」が組み合わさった「構造」であると定義する. 漢字の「要素」と「構造」を分析したら「要素」と「構造」を共有する漢字ごとにグループ化し共有数による影響も考慮し実験に使用する漢字をセレクトする.

書き取り実験は紙にペンと使用し書字を行ってもらう. 文章の中の書きとってほしい漢字部分を空欄にした穴埋め形式で漢字書字を行ってもらう. 文章は漢字検定の過去問から出題する. 実験では制限時間を授けず書き直しは消さずに横に追加で記入できるようにする. また、実験時の書字運動の記録として手元を撮影する.

実験データをもとに「要素」と「構造」の観点から書字障害者の書字のエラーパターンを抽出し定義を構築する.

本大会では書字障害当事者である筆者(本名)の実験データを含め、そこから得られた特徴の発表行う.

4. 意義

書字障害者の書字エラーの定義を構築することは認知メカニズムの解明を目指すに

おいて想定される要因との関係性を考慮するにあたり必須となる. また, 診断においても一定のマーカーとしての機能するほか特徴がわかれば支援教育においても症状から逆算して支援方法を考案することにもつながるであろう.

謝辞

本研究は科研費基盤研究 B(一般) JP23H0369, 挑戦的研究(萌芽) JP22K19790, JST さきがけ JPMJPR20C9 の助成を受けて行われた

文献

岩田みちる,橋本竜作,柳生一自,室橋春光(2020). 漢字に特異的な書字障害における正書法ワーキングメモリー障害の検討 構造と要素の分析から. LD 研究,29,2.145-153.

岩田みちる,柳生一自,横山里美,室橋春光(2015). 二次障害を呈した読み困難児に対する包括的支援の重要性. 子ども発達臨床研究, 7, 57-62

河野俊寛(2019). 書字の認知理論と運動理論― 書字に関する大学院生・研究者向け教科書のための研究ノート ―. 金沢星稜大学人間科学研究. 13 (1), 59-63

Uno,Akira.Wydell,Taeko,N. Haruhara,Noriko.Kaneko,Masato.Shinya,Naoko(2009).Relationship between reading/writing skills and cognitive abilities among Japanese primary-school children: normal readers versus poor readers (dyslexics). Reading and writing, 22 (7), 755-789

横山浩之 学習障害 脳科学辞典 DOI：10.14931/bsd. 6672(2016)

試行回数を考慮した不確実性下での意思決定モデルの検討
Experimental investigation of decision-making models under uncertainty, considering the number of trials.

石倉 圭悟 †, 横須賀 天臣 †, 中村 紘子 †‡, 高橋 達二 †
Keigo Ishikura, Takaomi Yokosuka, Hiroko Nakamura, Tatsuji Takahashi
†東京電機大学, ‡日本学術振興会
Tokyo Denki University, Japan Society for the Promotion of Science
tatsujit@mail.dendai.ac.jp

概要

本研究では同期待値で試行回数が異なる選択肢の選好を問う二者択一課題において, 試行回数が人間の選択に与える影響について検討した. 本研究の参加者はスロットマシンの期待値が小さい時は試行回数が少ない選択肢を, 大きい時は試行回数の多い選択肢を選好した. また, 実験結果から RS モデル, Q 学習モデル, IBL モデルのパラメータ推定し, モデルの予測と実験結果の比較を行った. その結果, Q 学習モデルの予測が最も良い結果を示した.

キーワード：ギャンブル，二者択一課題，モデル比較，強化学習

1. 序論

人間の意思決定研究では, 主に記述形式の課題と経験形式の課題という 2 つのアプローチが用いられてきた. 記述形式の課題とは, 選択肢が引き起こす結果やその結果が起こる確率が明示的に記述された課題である. 記述形式の課題により, 人々が損失を回避しようとする傾向（損失回避）や, 小さな確率を過大評価し, 大きな確率を過小評価する傾向（確率加重関数）が示された.

経験形式の課題は, 選択肢の結果や確率が明示的に提示されない. 代わりに, 意思決定者は選択肢を繰り返し試行することで, その特性を学習する. 具体的には, コンピュータ画面上の複数ボタンから選択し, 結果をサンプリングしていく. この過程から, 各選択肢の結果分布を経験的に理解し, 最終的な意思決定を行う. 経験形式の課題は現実世界の多くの意思決定状況により近いと考えられており, 記述形式と経験形式での意思決定のギャップが示されている (Hertwig & Erev, 2009) . 例えば, 記述形式では稀少事象の影響が過大評価される傾向があるのに対し, 経験形式では過小評価される傾向が見られる.

従来の意思決定研究では, 主に期待値の異なる選択肢間の比較が行われてきた. そのため, 期待値は同じでも試行回数が異なる選択肢（例：10 回中 1 回当たったスロット, 100 回中 10 回当ったスロット）間でどちらが好まれるかについては, 十分な検討がなされていない. 横須賀ら（横須賀・石倉・中村他, 2023）は, こうした期待値が同じで試行回数が異なる選択肢では, 期待値が正の場合は試行回数が多い選択肢, 期待値が負の場合は試行回数が少ない選択肢が選ばれやすいことを示した. この結果は RS (Risk-sensitive Satisficing)（高橋・甲野・浦上, 2016）と呼ばれるモデルの予測を支持するものであった. しかし, こうした課題において記述と経験のギャップが生じるかも明らかではない.

本研究では記述と経験の両方の性質を持つ課題を用いて, 試行回数が人間の意思決定に与える影響を検証するとともに, 記述と経験のギャップが生じるか, どのようなモデルが試行回数の異なる選択肢間の選好をよく予想できるかを検討する. 課題では, 表 1 のようにスロット A と B の結果が逐次的に提示され, 参加者にどちらのスロットが良いかを選択するよう求める. この課題は, どのような選択がされたかが逐次的に提示されるという経験形式の課題と, 結果が明示されるという記述形式の課題の双方の特徴を持っているといえる.

表 1　二者択一課題の提示例

順番	選択	スロット A	スロット B
1	B		アタリ ＋ 1 万円
2	B		ハズレー 1 万円
3	A	ハズレー 1 万円	
4	・	・・・・・	・・・・・

2. 意思決定モデル

本研究では, RS (Riskk-sensitive Satisficing) モデル, Q 学習モデル, IBL (Instance-based learning) モデル (Lejarraga & Dutt & Gonzalez, 2012) の 3 つの意思決定モデルを用いて実験結果のシミュレーションを行った.

2.1 Risk-sensitive Satisficing (RS) モデル

RS モデルは Simon が提唱した満足化の原理 (Simon, 1956) に基づいており, 選択肢が目標とされる希求基準を満たすか否かにより, 探索を行うか活用を行うかを決定する逐次的意思決定モデルである.

RS 価値関数は期待値 E_i と希求水準 $\aleph$ の差である δ_i と, その係数である信頼度によって表現される. δ_i は式 (1) で与える.

$$\delta_i = E_i - \aleph \tag{1}$$

RS 価値関数は式 (2) で与える.

$$\mathrm{RS}_i = \frac{n_i}{N}\delta_i = \frac{n_i}{N}(E_i - \aleph) \tag{2}$$

ここで n_i は行動 a_i を選択した回数であり, N は総試行回数である. タイムステップ t での選択肢 i の期待値である期待値 $E_{i,t}$ は以下の式 (3) で計算することができる.

$$E_{i,t} = E_{i,t-1} + \frac{r_t - E_{i,t-1}}{t} \tag{3}$$

r_t はタイムステップ t で得た報酬である.

RS モデルは式 (2) で計算した RS_i 値が最大の選択肢 i を選択する.

RS モデルに基づく予測： RS モデルは, 満足状態と非満足状態で異なる振る舞いを示す.

- 満足状態（少なくとも 1 つの選択肢 i の δ_i が正）: RS 値が最も大きい選択肢の期待値が他の選択肢より小さくなるまで選択を続ける. 期待値が等しい選択肢間では, 試行回数が多い選択肢を選択する（リスク回避）.
- 非満足状態（すべての選択肢 i の δ_i が負）: 基準値 $\aleph$ を超える期待値を持つ選択肢を発見するまで探索を続ける. 期待値が等しい選択肢間では, 試行回数が少ない選択肢を選択する（リスク志向）.

2.2 Q 学習モデル

Q 学習モデルは古典的条件づけのモデルである Rescorla-Wagner モデルを拡張した強化学習モデルである. 今回のシミュレーションでは状態遷移を考えないため以下の式 (4) で更新される Q 値を用いて意思決定を行う.

$$\mathrm{Q_{t+1}(a_t)} = \mathrm{Q_t(a_t)} + \alpha(r_t - \mathrm{Q_t(a_t)}) \tag{4}$$

r_t はタイムステップ t で得た報酬である. 式 (4) の α は学習率であり, 新しい経験から Q 値をどの程度更新するかを決定するパラメータである. 本研究では二者択一課題を用いるので選択肢を A, B とすると行動選択確率は以下の式 (5) に従って計算される.

$$P(a_t = A) = \frac{\exp(\beta \cdot Q_t(A))}{\exp(\beta \cdot Q_t(A)) + \exp(\beta \cdot Q_t(B))} \tag{5}$$

式 (5) の β は選択確率に影響を与えるパラメータである.

Q 学習モデルに基づく予測： Q 学習モデルでは学習率に基づいて更新された Q 値を用いて次の行動を選択する. 本実験で用いる課題の期待値は選択肢間で等しいため Q 値はほぼ同じ値として計算される. そのため, β が大きいほど高い Q 値を持つ選択肢を β が小さいほどランダムに選択を行う.

2.3 Instance-based learning (IBL) モデル

二つのギャンブルの内どちらを好むかといった, 経験形式の二者択一問題に対して一般的に用いられる意思決定アルゴリズムとして IBL モデルが提案されている.

IBL モデルは各選択肢における V 値を式 (6) を用いて計算し最も大きい選択肢を選択する. V 値はその選択肢が取りうる n 個全ての結果について, それぞれ結果の大きさである x_i とその結果が起きる確率 p_i の積の合計として計算される.

$$V_j = \sum_{i=1}^{n} p_i x_i \tag{6}$$

繰り返しの意思決定課題におけるタイムステップが t である時の結果が起きる確率 $p_{i,t}$ は式 (7) で定義される.

$$p_{i,t} = \frac{e^{A_{i,t}/\tau}}{\sum_j e^{A_{j,t}/\tau}} \tag{7}$$

$A_{i,t}$ はタイムステップ t での選択肢の i 番目の結果の確率の重みづけに使われる変数である. $A_{i,t}$ はその出来事をどれだけ活性化させるかの変数である.

$$A_{i,t} = \sigma \ln\left(\frac{1-\gamma_{i,t}}{\gamma_{i,t}}\right) + \ln\left(\sum_{t_p \in \{1,\ldots,t-1\}} (t - t_p)^{-d}\right) \tag{8}$$

式 (7) における $\tau = \sigma$・2 でありランダムノイズである. σ は自由なノイズパラメータである. 式 (8) における γ は 0 から 1 までの一様分布からサンプリングされた値であり, d は自由減衰パラメータである. t_p は結果 x_i が起きた一連のタイムステップである. 式 (7) では人間が記憶から思い出す時の不確実性を表現しており, 式 (8) では記憶の活性化が経験の頻度と親近性に影響を受けていることを表現している. また, IBL モデルは最初のタイムステップでは default_utility (U_d) と呼ばれる事前に設定される V 値を持つ. この U_d は各選択肢の期待値よりも大きい値を持つハイパーパラメータであり, 探索を促す効果を持つ.

IBL モデルに基づく予測：繰り返しの二者択一問題に対して IBL モデルは選択肢が取りうる結果と, そ

の結果が起きる確率の積の合計が最も大きいものを選択する．選択肢の期待値が同じである時, その選択時に結果が起きた回数が多くタイムステップが現在に近いほど, 計算される結果が想起される確率値が大きくなり, その選択肢が選ばれやすくなる.

3. 実験

3.1 参加者

実験は Web 上で実施し, クラウドソーシングサービス (CrowdWorks: https ://crowdworks.jp/) を用いて, 実験参加者を 300 名募集した．回答に不備のあるデータを除外し，244 名 (女性 103 名，男性 141 名，未回答 0 名，平均年齢 42.8 歳，標準偏差 9.45) を分析に使用した.

3.2 手続き

課題は Qualtrics (https://www.qualtrics.com) を用いて提示し, はじめにインフォームドコンセントを行い, 実験参加者に同意を得た．続いて, 二者択一課題の練習課題 1 問を行った後, 本課題 9 問を行った．最後に, 参加者が課題に注意を向けていたかを確認するために Instructional Manipulation Check (Oppenheimer & Meyvis & Davidenko, 2009) を行なった.

3.3 実験材料

二者択一課題は, 表 1 で示すような経験形式と記述形式の両方の性質を持つような意思決定課題であり, 課題では期待値が同じスロットマシン A と B の 2 台について, A を 8 回プレイした結果と B を 24 回プレイした結果の, 合計 32 試行をランダムな順序で提示した．スロットマシンは「アタリ」が出た場合は 1 万円を獲得し，「ハズレ」が出た場合は 1 万円を損失するとした．その後, 参加者には 1 回だけプレイするとしたら, A と B のどちらを選択するかを尋ねた．スロットマシンの当たり確率は 0 から 1 まで 0.125 刻みで 9 段階を設けており, 期待値は - 1 万円から 1 万円まで 2500 円刻みで 9 段階とした．それぞれの確率（期待値）ごとに二者択一課題を作成し, 9 種類の課題をランダムな順で参加者に提示し, 回答を求めた.

4. 結果

4.1 行動データ

二者択一課題において, 試行回数の多いリスク回避的選択 (24 回試行) がされた割合を図 1 に示す.

二者択一課題の選択について, ベイジアン・ロジスティック回帰を行った．従属変数は選んだ選択肢とし, 基準カテゴリをリスク志向的選択肢とした．独立変数はスロットの結果（アタリ，ハズレ）, 結果の表示回数

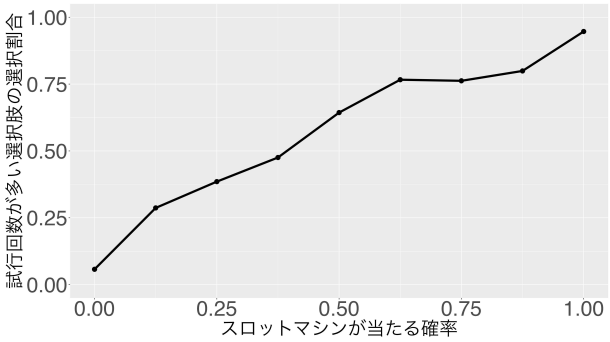


図 1 二者択一課題におけるスロットマシンの当たり確率とリスク回避的選択 (24 回試行) の選択割合

（結果が表示される個数が 11 個以上の場合は High , 結果が表示される個数が 5 個以下の場合は Low, それ以外の個数は Mid）, 提示順序（提示順序の前半 16 試行に含まれる場合は 1st, 後半 16 試行に含まれる場合 2nd）, 表の提示位置（表の左側を Left, 右側を Right）とし, 基準カテゴリは Lose, High, 1st , Left とした．また, 参加者を変量効果とした.

分析では R の brmspackage (Bürkner,2018) の無情報事前分布をもとに, 4 つのチェーンを 4000 回反復し, 最初の 2000 回はウォームアップ期間とみなして破棄した．すべての変数の $\hat{R} \leq 1.0$ となり, 分析が収束したといえる．カテゴリカル回帰分析の結果, 95% 信用区間 (credible interval) に 0 を含まなかった変数を表 2 に示す．結果と結果の表示回数の交互作用について下位検定を行った．その結果, 全ての条件の組み合わせの結果は有意であり, 表示された勝ちの回数が多い場合はリスク回避的, 少ない場合はリスク志向的な選択が増えることが示された.

表 2 回帰分析の推定値, 推定誤差, および 95% 信用区間

変数	推定値	推定誤差	95% 信用区間
Win	4.30	0.35	3.63 – 5.01
Low	2.55	0.22	2.13 – 2.99
Mid	1.51	0.26	1.02 – 2.02
Win:Low	-5.10	0.36	-5.81 – -4.42
Win:Mid	-2.09	0.42	-2.91 – -1.31

4.2 モデルのシミュレーション

RS モデル, Q 学習モデル, IBL モデルによるシミュレーションを, 以下の手順で行った：実験で参加者に提示した履歴を元に各モデルで学習を行い, 参加者と同様の提示された履歴の後にモデルがどちらの選択肢を選択するかシミュレーションを行った．各モデルでシュミレーションに用いたパラメータは, 9 課題において参加者とモデル間の試行回数が多い選択肢を選んだ割合の最小二乗誤差を目的

関数として, 目的関数を最小化するように Optuna (https://optuna.readthedocs.io) を用いてハイパーパラメータを探索した. 探索に用いた trial 数は 300 として設定した. Optuna によって求めた, ハイパーパラメータの推定値を表 3 に示す.

表 3　各モデルのパラメータの推定値

モデル	パラメータ 1	パラメータ 2	パラメータ 3
RS	ℵ:0.1624		
IBL	U_d:1.011	σ:0.9644	d:0.6444
Q 学習	α:0.01377	β:339.7	

表 3 のハイパーパラメータ設定時の最小二乗誤差は RS：1.028, IBL：0.6382, Q 学習：0.1413 であった. 図 2 に表 3 のパラメータを用いてシミュレーションをした結果を示す.

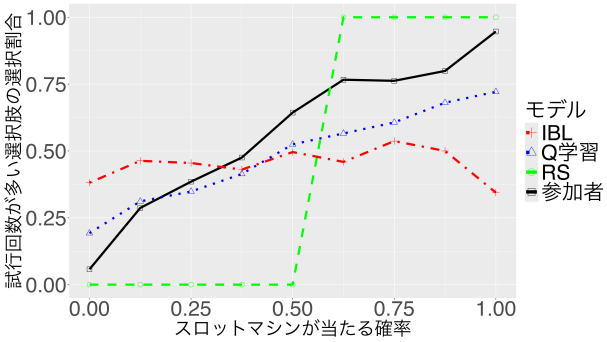


図 2　探索したハイパーパラメータを用いたシミュレーション結果

5.　考察

記述形式での先行研究と同様に, スロットマシンの期待値が高くなるにつれ試行回数が多いリスク回避的な選択が増えることが示された. これらの結果は RS モデルに基づく予測と一致していた. 本研究では, 逐次的な試行の結果を提示していたが, 最終的には全ての結果が明示的に示されていることから, 記述形式の課題と同様の結果となったと考えられる.

モデルのシミュレーション結果から, RS モデルのパラメータである希求水準 ℵ の値が 0.1624 であり, 参加者はスロットマシンの当たり確率として平均して 0.1624 を期待していたことが示唆された. また, 実験結果とモデルの予測の最小二乗誤差は Q 学習モデル, IBL モデル, RS モデルの順番に大きかった. 図 2 を見ると Q 学習モデルが最もよく参加者の傾向を捉えていることがわかる. また, 推定したパラメータ β の値が 339.7 と大きな値になっていることから, Q 値が最も高い行動を高い確率で選んでいることがわかる. IBL モデルは図 2 から全ての選択においてどちらの選択肢もほぼ同じ割合で選択していることがわかる. そのため, スロットマシンの期待値に応じて選好を変化させる傾向は IBL モデルにおいて捉えられていない. 従ってモデルを改善するためには, 試行回数を考慮する必要があることが考えられる. RS モデルはスロットマシンが当たる確率 0.5 と 0.625 間で試行回数が少ない選択肢から試行回数が多い選択肢に選択を切り替えていることがわかる. しかし, RS モデルは決定論的であるため他のモデルと比較して実験結果とモデルの予測の最小二乗誤差は最も大きくなった. これらのことから, RS モデルは参加者全体の意思決定の予測に応用するためには, 満足状態と非満足状態に確率的に選択をする必要があることが示唆された.

6.　結論

本研究では試行回数が人間の選択に与える影響について検討した. 参加者はスロットマシンの期待値が小さい時は試行回数が少ない選択肢を, 大きい時は試行回数の多い選択肢を選好した. 今回の表形式の課題では最終的に全ての結果が明示的に示されていることから記述形式に近い結果となったと考えられる. そのため, 今後試行回数と課題形式についての関係を明らかにするためには, 表の履歴が残らない課題において調査をする必要があると考えられる.

また, 実験結果から RS モデル, Q 学習モデル, IBL モデルのパラメータを推定し, それぞれのモデルの予測と実験結果の比較をした. その結果, 参加者全体の意思決定傾向の予測においては Q 学習モデルの予測が最も良く, RS モデルで参加者全体の意思決定傾向の予測を行うためにはモデルの改善が必要であることが示唆された.

文献

Ralph Hertwig, Ido Erev. (2009), The description–experience gap in risky choice,Trends in Cognitive Sciences,Volume 13, Issue 12,2009,Pages 517-523,ISSN 1364-6613

高橋達二, 甲野佑, & 浦上大輔. (2016). 認知的満足化 限定合理性の強化学習における効用. 人工知能学会論文誌, 31(6), AI30-M_1.

横須賀天臣, 石倉圭悟, 中村紘子, 高橋達二, (2023), 不確実性下の意思決定におけるリスク態度と認知的満足か. 2023 年度日本認知科学会第 40 回大会. P1-064A

Lejarraga, T., Dutt, V., & Gonzalez, C. (2012). Instance-based learning: a general model of repeated binary choice. Journal of Behavioral Decision Making, 25(2), 143–153.

Simon, H. A. (1956). Rational choice and the structure of the environment. Psychological review, 63(2), 129.

Bürkner, P.-C. (2018) Advanced Bayesian Multilevel Modeling with the R Package brms, The R Journal, Vol. 10, No. 1, pp. 395–411

Daniel M. Oppenheimer and Tom Meyvis and Nicolas Davidenko, (2009), Instructional manipulation checks: Detecting satisficing to increase statistical power, Journal of Experimental Social Psychology, 45(4), Pages 867-872, 0022-1031

イラスト制作過程の一人称記述の熟達についての一考察
A Study of Expertise in First-Person Writing in the Illustration Creation Process

佐々木 亮太†，元木 環†
SASAKI Ryota, MOTOKI Tamaki
†公立はこだて未来大学
Future University HAKODATE
g2124019@fun.ac.jp

概要
佐々木は，自身のイラスト制作過程を対象に起こった知覚や思考，行為を一人称で捉え記述し，これを分析，考察することで自身が創作の過程で働かせている技術以外の知に迫るという研究を行っている．本発表では，佐々木が研究のために始めた一人称記述について，やってみたことで，開始した当初には誰に（どこに）向かって何を書くべきか理解できなかった状態を認識できるようになった事例をあげ，初学者が一人称記述を行う際に理解できなかったことの一端を示す．

キーワード：一人称記述，制作ノート

1. はじめに

現在佐々木は，自身のイラスト制作過程を対象に起こった知覚や思考，行為の変遷を一人称で捉え記述を行い，これを分析，考察することで創作の過程で自身が働かせている技術以外の知を明らかにすることを目的とした研究を行っている．本発表は，その研究のなかで用いている一人称で記述する制作ノートについての考察である．

佐々木は幼少期から現在に至るまでイラストを制作している．インターネット上で他者の一次創作や二次創作に触れる機会を多く持つ中で，自身もそのような制作を行うようになった．現在の佐々木のイラスト制作志向として，イラストを人に見せる意欲は薄く，制作物を自身で見て満足できるような作品を制作することにモチベーションを感じていることがあげられる．このような制作志向も伴い，現在の制作で重視していることは，頭の中でイメージした感情や感想が，実際に描いたイラストに充分込められ再構築できているかである．一般的なイラスト制作の技法習得コンテンツや，専門学校のカリキュラムでは，イラストを描く手順や画材，道具の扱い方に言及するが（ヒューマンアカデミー，2023）．魅力的なイラストの制作には，制作前の構想や，表現のための具体的な試行錯誤等，制作者がいかにして視点や意識を持ち制作行為と結びつけているのかが必要であり，イラスト制作者の発想がいつどのように起こっているのか，自分を対象として研究をはじめることにした．

本発表では，佐々木がこの研究のために始めた一人称記述について，やってみたことで，開始した当初には誰に（どこに）向かって何を書くべきか理解できなかった状態を認識できるようになった事例をあげ，初学者が一人称記述を行う際に理解できなかったことの一端を示す．

2. 一人称記述に至るまでの流れ

最初に，佐々木の卒業研究と一人称記述がどのように開始されたのかについて説明する（図 1）．

2023 年 4 月から研究室に配属された佐々木は，興味のある事柄やその事柄と自分の関係を記述した．4 月 25 日のゼミで，指導教員である元木に記述や自身のクロッキー帳を見せたことをきっかけに，自身がイラスト制作をするときにどう思っているのかについての記述をしてみることを提案された．そして，2023 年 4 月 26 日から，これまでと同様にイラスト制作を行なった際，どのように制作を行なったのか，記述をし始めた．最初の記述は短く，イラストを描くプロセスそのものに着目した記述が書かれていた．

5 月 9 日のゼミで，その直前に記述した制作ノートの内容を共有したとき，元木に記述について質問をされると記述に含まれていない状況の説明や感情に関する発話が現れ，「今の言葉を記述するべきじゃないか」という指摘を何度も受けた．記述のときに短く端的な文にまとめようとしてしまうことで抜け落ちる部分が多くあることに気がついた．この時期の記述には，「作文的になっちゃう」という悩みの言葉が書かれており，その言葉に対し，ゼミのメンバーが卒業研究として行っていた記述を見たり，元木の助言から，より自由に話し言葉的に書いてもいいのだ，ということを意識し始めた．

5 月 16 日から，諏訪・伊藤（2006）や諏訪（2016, 2022）による身体知研究の文献，からだメタ認知手法を用いた研究に関する文献を読み始め，記述の一つの方法と

して，からだメタ認知手法で記述される内容を意識して記述を始めたが，イラスト制作の研究のための記述として，身体知が含まれるのかという悩みを抱えていた.

3. 制作と記述

記述は, 1 回の制作（ある連続した制作時間を終える）ごとに制作前, 最中, 制作後のそれぞれに感じたことや考えたこと，行ったことや思考を記述するフォーマットを自身で作成し，制作毎に付与したタイトルと制作途中および完成イラストの画像を添付して，制作ノートを作成した. 制作ノートの記述のタイミングは, イラスト制作後にまとめて行っていた.

5 月 26 日には，元木に「ほかにも制作に関する思考や行為が起きた場合は，どうしたら良いか」と質問し，それ以降, イラスト制作をしていない時にも, 何か制作のことについて思索やイラスト制作以外でも行動があった場合には，事後速やかに思い起こして記述することとした.

これらの制作ノートについて定期的にデータセッションを行った. データセッションでは, 佐々木から元木やその他ゼミの学生に向けて記述を見せながら説明をはじめ，続いて元木や他のゼミ生から佐々木に記述で書かれている言葉の意味やその時に行なった行為，時間軸などを尋ねることで，制作時になぜこのような行為が起こったのか，あるいは知覚や思考と行為の意図や相関を探り，分析と考察を進めた.

卒業研究を卒業論文にまとめるにあたり，2023 年 4 月 21 日から 2023 年 12 月 21 日に行った 53 篇の記述（制作ノート）から, 特に着目できる制作ノートを 2 つ選択した. ひとつは 2023 年 5 月 8 日の制作における記述である.

しかし 12 月 12 日の他研究室との合同ゼミにおいて，説明する機会があり, そこには, 日常的に創作をする人がいた. そこで 5 月 8 日の制作ノートについて，「このキャラクターのこういうところが好きだからなどの記述が無い」というコメントを受けた. このコメントから他の記述を思い起こし, 他の制作では「好き」で制作が始まったものもあるような体感はあったが，この制作においては「好き」などの感情で制作が始まっているという感覚が無いことに気がついた. そのような部分に対し, 佐々木自身が分析, 考察したい思考や行為が記憶されている場合でも記述にないことに気づいた.

合同ゼミ後のゼミにおいて，元木と相談し，改めて 5 月 8 日の制作前の思考について，記述を追加で行うことにし，2023 年 12 月 21 日に記述をおこなった.

4. 記述データの比較

ここでは，同じ 5 月 8 日の制作について，佐々木が記述に慣れていなかった同日の記述と，記述やデータセッションの経験が増えたあとの 12 月 21 日の記述について比較する.

230508be_SRNM-1（制作前の思考，5 月 8 日記述）

白波らむねは Valorant というゲームをよくプレイしており，そのゲームでは配信者側が見られると不利になってしまう情報を隠すために様々な画像でゲーム画面の一部を隠すということをしている. 白波らむねは 5 月時点で自身を 2 頭身化したようなキャラクターの画像を用いており，新衣装 Ver のそのような絵を描いてみたいと思ったことから描き始めた.

ぶいすぽっ！所属、白波らむねというインターネット上で活動している VTuber. そのキャラクターに新たに衣装が追加された（5 月 2 日）.

近頃このキャラクターを含めた，よくゲームをしているグループ（通称：部活）の配信をよく視聴している. (中略)

（部活 : ゲームのランクマッチは, 自分のスコアによってランクのポイントが増減するものが多く，憂鬱さからときに義務的に行われることがある. その様子と，毎日のように決まった時間，決まったメンバーで集まるという特殊なメンバーの集まり方からそう言われている. 多分.）

これは，5 月 8 日制作について当日記述した制作ノートのうち，制作前の思考について記述された制作ノートである. この記述では, ほぼキャラクターとそのキャラクターの周辺情報について，それを知らない元木に対して説明をするような内容で占められていた.

以下はその 12 月 21 日の追記から抜粋した記述の一部である.

230508be_SRNM-1_add（制作前の思考，12 月 21 日記述）

研究をすすめる過程で，イラストを描く人としてもうちょっとアクティブに行きたいよな，と思っていたから心のなかでまた SNS にあげてみようかなと思っていた. SNS にあげるなら誰かインターネットの活動者のファンアートを描きたいなと思っていた. SNS でイ

ラストをあげるひとで，そういうファンアートを描いてるのをよく見ていたし，ちょっと憧れがあった．
（後略）

追記した記述では，佐々木の形容しがたい感情の記述が，形容のしにくさを感じていることを含めて記述されており，5 月 8 日の制作の前に，継続的に考えていたことについても記述されている．

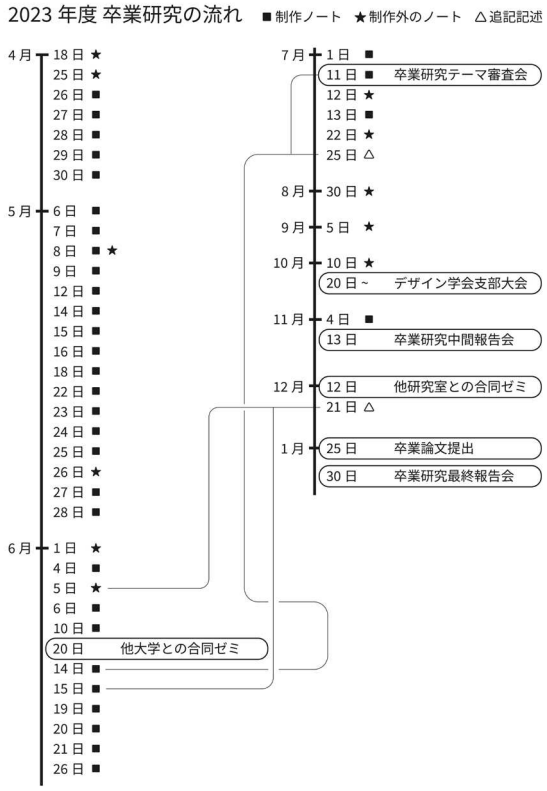
5. 考察

「制作前の思考」という自分で決めたフォーマットの中で記述を進めていたが，12 月の記述では 5 月の記述よりも「制作前」が捉える時間範囲や思考の範囲が広くなる変化があった. 5 月は描く直前に考えていた内容である一方，12 月の記述では，制作する以前から何度か考えていたような，当時の自分のイラストへの向き合い方についての記述が見られる. また, 佐々木自身はよく理解しているイラストの対象にしたキャラクターや VTuber について, 括弧などを利用して付随する語句の説明をしている記述が大半であり，ゼミで元木や他のゼミ生に説明をするような意識が働いていたといえる. 5 月 8 日以降の制作ノートの作成の際には，元木に「自分で見てわかるように書けばよい」と言われたことに加え，描いていないときに起こった思考の記述についても記述すべきタイミングを自分の中で拡張していっており，自分自身のことを一人称的に書いているつもりが，研究室で共有することや誰かを意識して書いてしまっていたことに気がつき始めたといえる.

佐々木が行った一人称記述は，記述やその分野への理解が進んでいない期間から記述されたものであった. そして, その期間から書かれた記述と内容の変化は, 記述の継続によるテクニック的な上達もあったと予想されるが, 大学の卒業研究に向けて, 佐々木が関わるセッションの場にも変化が生じており，その中で佐々木にも変化が生じていたと推測される. 5 月のセッションから 12 月のセッションの間に，周囲で関わる人の研究も深まり，メンバー内でも話の誘発が起こる部分やその内容も変化していった. その中で, 佐々木が自分の中にある思考や気づきに対してどこを表層化し，自分の中でどう噛み砕く必要があるのか，言語化する必要があるのかに気づきが起こっていくことで，記述の変化が起こったのだと考察する.

今回の例では, 初学者が一人称記述を行う際に, 他の研究で用いられている一人称記述の文体や記述内容を真似するだけでは，本質的な一人称記述ができなかった．一人称であるからこそ無意識的に隠れていることに気づかない部分に気づくためには，一人称記述をする中での本人の気づきや意識の変化，また変化を促す，その変化を言えるようになる場や関係があったといえる.

図 1 佐々木の卒業研究の流れと記述



文献

総合学園ヒューマンアカデミー (2023). 総合学園ヒューマンアカデミーマンガ・イラストカレッジ(全日制 2024 年 4 月生向けパンフレット).

諏訪 正樹, ・伊東 大輔 (2006). 身体スキル獲得プロセスにおける身体部位への意識の変遷, 人工知能学会全国大会論文集, 2006, JSAI06 巻, 第 20 回 (2006), セッション ID 2D1-6, p. 129. doihttps://doi.org/10.11517/pjsai.JSAI06.0.129.0

諏訪 正樹 (2016). 「こつ」と「スランプ」の研究 : 身体知の認知科学 講談社

諏訪 正樹 (2022). 一人称研究の実践と理論 - 「ひとが生きるリアリティ」に迫るために 近代科学社

身体の表示位置が身体表象に与える影響の分析 ～前腕表象の伸長・移動の検討～

Analysis of the Effect of Displayed Position of Body Parts on Body Representation –Arm Extension or Arm Shift

大西 麻佑奈[1]，江波戸 傑[1]，松室 美紀[2]，柴田 史久[1]，木村 朝子[1]
Mayuna Onishi, Takeru Ebato, Miki Matsumuro, Fumihisa Shibata, Asako Kimura
[1]立命館大学大学院情報理工学研究科， [2]Department of Communication, Cornell University
onishi@rm2c.ise.ritsumei.ac.jp（大西）

概要
身体の表示位置や大きさを変更させることで，身体表象が変化することが知られている．本研究では，右腕を実際の位置よりも身体に対して前方に表示した状態で課題を行い，身体表象を変更させた．二種類のテストにより，身体表象の変化が腕の伸長ではなく，腕の前方への移動であることが示された．また，他方向への変化を行った先行研究と比較することで，身体に対しての変化方向により変化に差異があるのかを検討した．その結果，右腕は前後方向より左右方向の身体の表示位置の影響を受けやすいことを確認した．
キーワード：身体表象，proprioceptive recalibration，人工現実感，multimodality

1. はじめに

1.1. 身体表象

人間は脳内に自身の身体がどのようなものであるかという知識やイメージを保持している．これにより，我々は目を閉じていても自身の手足の位置や，姿勢，身体の大きさや見た目を知るとこが可能である．このような身体に関する全般的な知識やイメージは身体表象と呼ばれ，本研究では，特に腕や脚などの身体部位やその位置関係について着目した．

身体表象は視覚や固有受容性感覚などの様々な知覚器官からの情報を統合することで形成され，日常の経験や記憶によって維持，更新されている [1]．ラバーハンドイリュージョンなどの先行研究の結果から，視覚や触覚から得られる情報に基づき，身体表象を変更可能であることが確認されている [2, 3]．さらに，人間は身体表象に含まれている情報に基づいて行動の決定を行う [4]．そのため，身体表象が変化したとき人間の行動にも影響が出る．

1.2. 本研究の目的

Kilteni ら [5] は，腕の身体表象を奥行き方向に再構築できることを示した．彼女らの実験では，仮想身体の肩から先をゴムのように伸ばして表示することにより，腕の伸長を錯覚させた．一方で，VR 空間では体幹から切り離された手（腕）を使って遠方の物体を操作する場合もある．このような場合，ユーザの身体表象はどのように変化するのであろうか．本研究では身体との接続部分を表示せずに，前腕の奥行き方向の表示位置を変化させることにより，参加者が手腕の伸長を感じるのか，手腕の移動を感じるのかを，2 種類のポストテストを行うことにより検討した．

また，松下ら [6] は，身体部位の一部の表示位置を左右方向に変更した際の両腕の身体表象の変化に着目し，トレーニングする部位によってその変化が生じる部位や方向が異なることを示した．彼女らの実験手法を踏襲することにより，表示位置の変化方向により生じる身体表象の変化を比較した．

2. 実験

実験は，視覚的に提示される身体の位置が操作された状態で課題を行うトレーニング，身体表象の変化を確認するポストテストからなる．

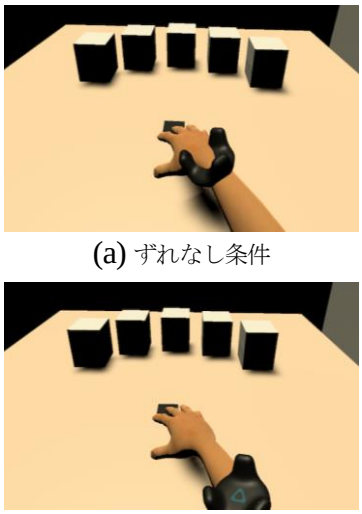
2.1 方法

2.1.1. 参加者

参加者は，平均年齢 21.67 歳の成人 25 名（男性 13 名，女性 12 名）であった．各参加者の利き手は右手 20 名，左手 5 名であった．矯正を含め，全実験参加者が正常視力を有した．なお，利き眼は北澤ら [7] や鈴木ら [8] の用いているローゼンバッハ法を用いて調査した．結果は，右眼 14 名，左眼 11 名であった．また，実験参加者の Head Mounted Display (HMD)の経験の有無を調査した結果，経験ありが 5 名，経験なしが 20 名であった．

2.1.2. 視覚刺激

図 1 に示すように，トレーニング中は右腕の仮想モデルを実際の位置に表示する条件（以下，ずれなし条



(a) ずれなし条件

(b) ずれあり条件

図 1 実験で使用した条件．前腕上に表示されている黒いトラッカーの位置が実際の手首の位置にあたる．トラッカーは実験中に表示されない．

件) と右腕を実際の位置から奥に 10cm ずれた位置に表示する条件（以下，ずれあり条件）の 2 条件のうちいずれかを提示した．仮想モデルが表示される位置は，Vive Tracker で取得した実験参加者の右腕・腰の位置を基準に決定した．

2.1.3. 手続き

実験と手順の説明後, 実験参加者は HMD を装着し，トレーニングを行った．トレーニング課題では，図 1 のように実験参加者の前に 5 つの仮想の白い立方体と初期位置を表す仮想の黒い四角点が配置されている．実験参加者が初期位置に右手を置くとトレーニング課題が開始され，5 つの白い立方体の内 1 つが赤く変化する．実験参加者は，赤く変化した箱に右手で触れ初期位置に戻すという動作を目の前に「Finish」という文字が現れるまで繰り返した．右手で箱に触れ初期位置に戻す動作を 1 回のトレーニングで 30 回繰り返した．トレーニング中に映し出される右腕の位置がずれていることがあることは，実験参加者には伝えなかった．

続いて，トレーニングによる前腕位置の知覚の移動を確認するポストテスト (以下, 移動テスト), または，腕の伸長の有無を確認するポストテスト (以下, 伸長テスト) のいずれかを，HMD を装着したまま目を閉じた状態で行った．

移動テストの流れを**図** 2 に示す．参加者は肘を曲げた状態で手のひらを下に向け，それぞれの手をボードの上に置いた．その後，実験者が一方の手をボードごと参加者から見て奥へと移動させた（以下，基準位置）．実験参加者は，もう片方の手を持ち上げた状態で移動させ，基準位置と同じ奥行き位置に置くことを求められた．移動開始位置は机の端とし，基準位置は，机の端から 250 mm, 300 mm, 35 0mm の 3 種類であった．参加者が移動させた手の中指の位置と，実験者が移動させた手の中指の位置のずれを測定し，奥側にずれた場合を正の値，手前側にずれた場合を負の値とした．その後，実験者の操作によって，実験参加者の腕を動かし，基本姿勢へ戻した．これを全基準位置を右手・左手に対して実施した．

伸長テストは，Tajadura-Jiménez ら [9] の実験を参考とした．手のひらを上に向けた状態で台の上に両腕を置いて行った．まず，実験者が左前腕上に二点の触覚刺激を提示した．左腕から刺激提示装置を離したのち，右前腕上に二点の触覚刺激を提示した．参加者は，実験者が左右の前腕に提示した 2 点のうち，右腕の 2 点の間隔が左腕の 2 点の間隔に比べて「長い」「同じ」「短い」のいずれかで回答した．実験者が提示する左腕の 2 点間隔の長さは常に 5cm であり，右腕の 2 点間隔の長さは 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm の 5 種類であった．「長い」を 1,「同じ」を 0,「短い」を-1 として記録した．全間隔を 2 回ずつ実施した．

トレーニング時のずれ条件やポストテストの順番は，参加者間でカウンターバランスが取られた．ポストテスト中の基準位置，2 点間隔，移動テストにおける対象手腕の順番はランダムに決定された．直前の条件の影響及び身体の違和感や疲労感をなくすために，条件間で 3 分の休憩を取り，開始前にキャリブレーションのために HMD なしで課題を行った．また，実験終了時には，ポストテストの際に両腕が同じ奥行きで合っていたかの自信度や腕の表示位置のずれに気が付いたか等のコメントを聴取した．

2.1.4. 指標

移動テストでは，各トレーニング後の各部位の基準位置からのずれの値の平均を指標とした．仮想のモデルの位置操作は身体に対して前後方向にのみであり，移動テストでは腕を持ち上げて真っ直ぐ伸ばすように指示したため，横方向の移動に関しては分析の対象としない．

トレーニングにより身体表象における手腕位置が奥へと移動した場合，実験参加者は実際の位置よりも手

図 2 移動テストの様子

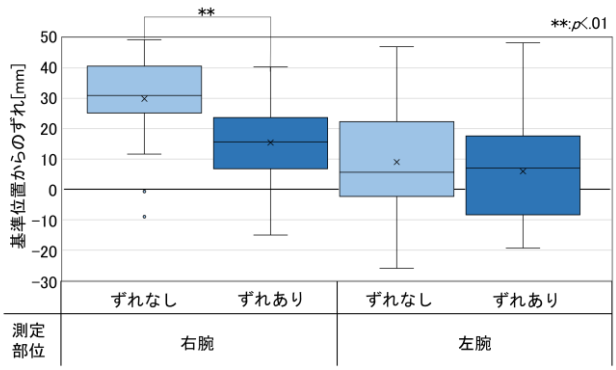


図 3 ずれ条件間での行動の変化量

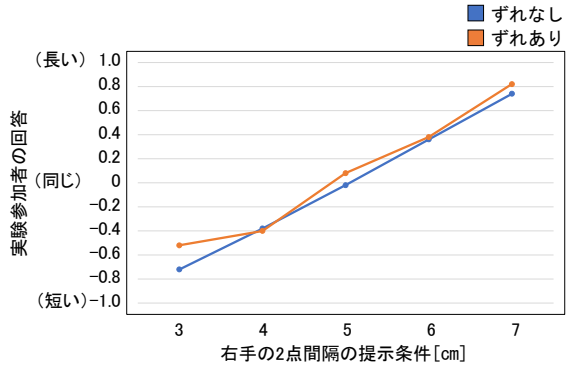


図 4 ずれ条件間での 2 点刺激への回答

腕が奥にあると見積もるため，実際には基準位置より手前に手を置く．そのため，ずれは負の方向となる．身体表象における手腕位置が手前へと移動した場合，その反対となる．本実験のトレーニングのずれあり条件では，実際の位置より奥にずらして表示しているため，ずれは負の方向となると予測される．

伸長テストでは，ずれ条件間でポストテストの 2 点距離ごとに回答の比較を行った．トレーニングによって身体表象における腕が伸長した場合，ずれあり条件において，伸長テストの回答で「長い」方の回答が多くなる．

2.2. 結果

トレーニング後の左右の腕における基準位置からのずれの結果を**図** 3 に，腕への 2 点刺激に対する回答の結果を**図** 4 に示す．Shapiro-Wilk 検定を行った結果，一部の条件において正規分布をしていないことを確認した（$p < .05$）．そのため，Wilcoxon の符号順位和検定を用いて，各条件間の差の比較を行った．

移動テストでは，右腕においてずれなし条件時よりずれあり条件の方が基準位置からのずれが負の方向に有意に大きくなることが確認された（$p < .01$）．左腕においては，条件間で有意な差は確認されなかった．伸長テストでは，いずれの 2 点間隔の条件においても，ずれ条件間で有意差がないことを確認した（$ps > .10$）．

3. 考察

本研究では，前腕の表示位置の変更が身体表象に与える影響を検討した．右前腕を実際の位置より奥にずれた位置に表示された状態でトレーニングを行わせた．その結果，表示位置をずらした右手の位置知覚のみがずらした方向と同じ方向に変化した．また，長さ知覚を測定するテストでは条件間に差がないことから，身体表象における腕の伸長はなく，腕の位置のみがずれていることが示唆された．

しかしながら，もし，右腕の身体表象が体幹に対して奥へと移動していたならば，その右腕を基準として動かした左腕では，反対方向へのずれが観測されるはずである．右腕のみで変化が観察されたという結果は，主に固有受容感覚，つまり，筋，腱などの動きと空間内での手の位置，移動量とのマッピングの変化であると考えられる．特に，左手での変化がなかったことから，脳から運動機器（手）への運動指令とのマッピングに関連している可能性が高い．

また，図 3 より，右腕の伸長テストの結果が大きく正の値をとっている．これはトレーニング中に右腕を斜めも含む前方へと伸ばしていたことが関係している

と考えられる. 繰り返し腕を伸ばすことにより, より腕を前方に動かすようになったためであろう.

次に，本実験の結果と松下ら [6] の実験結果の比較を行う. 右腕を 10cm ずらした映像を用いてトレーニングを行った場合，前後方向の身体表象は平均して 1.45cm，左右方向は 5.05cm 変化した．つまり，右腕は左右方向に対して前後方向よりも身体の表示位置の影響を受けた．腕の左右方向への変化は体幹への影響が小さいためであると考えられる. つまり, 右腕の位置が右に動いた場合．右半身が大きくなったと考えれば, 頭, 体幹への影響はない. 一方, 腕が伸長せずに前へと移動した場合, 腕の付け根との齟齬が生まれ, 体幹ごと移動しなければ説明がつかない.

ただし，松下らの実験ではポストテストの基準点に最も安定していると予想される身体の中心，へそを利用していた. 一方, 本研究ではトレーニング部位の対称となる左手が利用されている．変化方向の影響に関してはさらなる検討が必要である.

4. 結論

本研究では，身体部位の一部の表示位置の変更が身体表象に与える影響の大きさの比較及び身体表象の変化には腕の伸長の知覚が関わるのかについて検討した. 実際の位置より，右腕を身体に対して奥側に表示した状態でトレーニング課題を実施し, その後, 両腕の位置の知覚のテストを行い，松下ら [6] の実験と比較を行った．また，両腕への 2 点刺激に対する回答を行った. その結果, 右腕は左右方向に対して最も身体の表示位置の影響を受けやすいことを確認した. また, 身体表象の変化は腕がずれた感覚により起こることを確認した.

文献

[1] Carruthers, G., (2008) “Types of body representation and the sense of embodiment”, Consciousness and Cognition, Vol. 17, pp. 1302-1316.

[2] Botvinick, M., & Cohen, J., (1998) “Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see”, Nature, Vol. 391, No. 6669, p. 756.

[3] 江波戸 傑，松室 美紀，柴田 史久，木村 朝子，(2022) “身体の表示位置が身体表象に与える影響〜トレーニングとテストの類似性が低い場合の検討〜”，日本認知科学会，P1-47，pp.424-429.

[4] Warren, W. H., (1984) “Perceiving affordance: Visual guidance of stair climbing”, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, Vol. 10, No. 5, pp. 683-703.

[5] Kilteni, K., Normand, JM., Sanchez-Vives, MV., & Slater, M., (2012) “Extending body space in immersive virtual reality: a very long arm illusion.” PloS one, Vol. 7, No. 7, e40867.

[6] 松下彩夏，江波戸傑 ，小林晶，松室美紀，柴田史久，木村朝子, (2023) “身体の表示位置が身体表象に与える影響の分析〜四肢間での位置知覚の転移の検討〜”，日本認知科学会，O3-002，pp. 37 – 40.

[7] 北澤一樹, 勝山しおり, 新井美紀, 大瀧瑞穂, 長谷川拓実, 下田佳央莉, 外里冨佐江,（2015）“メンタルローテーション課題遂行時の眼球運動の特性と利き眼との関係-アイマークレコーダーを用いた検討-”, 北関東医学, Vol. 65, No. 3, pp. 221 - 227.

[8] 鈴木真，矢野澄男，(2014) “両眼眼球運動測定による奥行き距離検出”，映像情報メディア学会冬季大会, 11-18.

[9] Tajadura-Jiménez, A., Väljamäe, A., Toshima, I., Kimura, T., Tsakiris, M., & Kitagawa, N., (2012) “Action sounds recalibrate perceived tactile distance”, Current Biology, Vol 22, No.13, R516.

動的避難誘導における同調行動と危険回避行動の影響
Effects of Herd Behavior and Risk Avoidance Behavior in Dynamic Evacuation Guidance

鶴島　彰
Akira Tsurushima
セコム株式会社　IS 研究所
SECOM CO., LTD., Intelligent Systems Laboratory
a-tsurushima@secom.co.jp

概要

危険回避行動と同調行動が，火災時の建物内避難における動的避難誘導システムの性能に与える影響について，マルチエージェントシミュレーションを用いて評価する。先行研究において，同調行動が動的避難誘導に否定的に影響することは知られていたが，実際の火災避難においては，平均避難時間の延長と火災被害の分散の拡大という形で現れることが分かった．

.

キーワード：動的避難誘導, 同調行動, 危険回避行動, マルチエージェント・シミュレーション

1.　はじめに

現在，建物内から群衆を効率的かつ安全に避難させることを目的とした，動的避難誘導システムの研究が世界中で行われている．動的避難誘導システムは，避難環境の情報を収集するセンサーと，避難者に適切な避難方向を示す避難標識とからなり，避難標識は，センサーがもたらす情報に応じて避難方向を変化させて表示できるため，状況によって異なる避難経路を生成できるところが特徴である．通常建物内で使用されている静的な避難標識による避難誘導手法では，避難中に刻々と変化する避難環境に対処できず，場合によっては避難者を危険な場所に導いてしまうという問題に対する，これはひとつの解答である．

図 1 は，現在我々がマルチエージェント・シミュレーションを使って研究している動的避難誘導システムの画面である．図は建物の一フロアの平面図を示したものであり，周囲の空間 (薄茶色の部分) にいる 800 体のエージェントを，複雑な通路を通って中央にある二つの避難口に誘導している様子を示している．右上の黒い領域が動的に拡がっていく火災を示しており，その周囲の白い領域は火災により発生した煙を表している．通路上のコーナーと周囲の空間と通路を結ぶ扉（黄色い部分）には，避難標識 (緑の三角形) が設置されており避難方向を示しているが，状況に応じてこの避難標識 は誘導方向を変化させる．動的避難誘導システムは，エージェントをなるべく火災領域から遠ざけつつ，かつできるだけ短時間で避難を終了させるようにアルゴリズムにより制御されている．

避難中の人間行動についてこれまで多くの研究 [3] が行われてきたが，人間の避難行動は複雑で予想が難しく，これらの研究においても多くの対立する結果が発表されている [4]．また，エージェントと違い，現実の人間は避難標識に従うとは限らない．過去の記憶や他の避難者の行動による影響 (同調行動) などの，避難標識と矛盾する情報が与えられた場合，人間の避難者が避難標識に従う効果が低減されることが実験により示されている [1]．これ以外にも，避難中の他の避難者との同調行動が，避難結果に大きな影響を及ぼすことが多くの研究で示されてきた [5, 7]．しかし，避難行動に与える避難標識の効果の研究のほとんどは，静的な避難標識を対象として行われてきた．

一方，動的避難誘導システムの効果に関する研究は，人間を使った実験 [2] やバーチャル・リアリティを利用した実験 [9] により行われ，いずれも有効な効果が認められた．しかし，動的な避難標識に対する人間の反応という意味の研究はほとんど行われて来なかった．我々は先行研究 [10] において，バーチャル・リアリティを使った，31 人の被験者による実験を行い，避難中の動的避難標識に対する人間の反応について調査を行った．その結果，動的避難標識は避難誘導効果はあるが，他の避難者による対立した情報が与えられる条件では，その効果が著しく低下する事が分かった．特に，避難標識が指示方向を変える回数が増えるほど避難標識の効果の低減は激しくなり，避難中に三回方向が変わるとほぼチャンスレベルまで下がる事が分かった．

以上から，動的避難誘導システムの研究においても，必ず避難標識に従うエージェントを使ったシミュレー

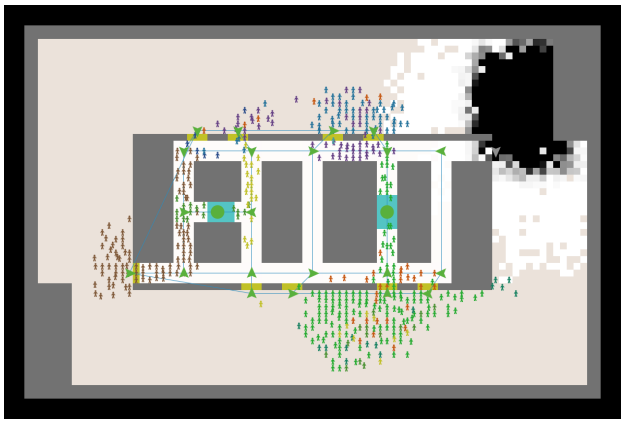


図 1　火災延焼時の動的避難誘導システム

ションのみでは十分でなく，エージェントに上記のような人間的要素を組み込んでの確認が必要である．本稿では，火災避難時に見られる代表的な人間行動である，同調行動と危険回避行動の二つをエージェントに組み込んで実験を行うことで，動的避難誘導システムに対する人間行動の影響について確認した．

2.　方法

避難誘導システムの評価基盤として，火災延焼モデル，避難エージェントモデル，動的避難誘導システムモデルからなる統合モデルを用意する．動的避難誘導システムモデルは本研究における評価対象であり，避難エージェントモデルはこのモデルの性能を表す評価関数である．これを基に，エージェントの避難時間 (指標 1) と，避難中にエージェントが暴露する火災被害の総量 (指標 2) の二つが評価値として計算される．動的避難誘導システムに組み込まれたアルゴリズムは，最適な避難誘導ができるよう，パラメータが調整されている [8].

基本的な避難エージェントモデルは以下の二種類の意思決定のみが組み込まれた単純なモデルであり，人間の避難行動とは大きく異なったものであった．

1. 視界内に避難標識が入った場合はその指示に従った選択をする
2. 選択肢間でランダム選択を行う

このような基本的な避難エージェントモデル（基本モデルとよぶ）に対し，新たに二つの意思決定ルールである危険回避行動と同調行動を導入する．

危険回避行動

危険回避行動は，エージェントがいる場所の火災危険度 (火災延焼モデルにより計算される実数) により確率的に起動する．このルールでは，現在のエージェントの可能な選択肢 (扉またはコーナー) それぞれに対して，エージェントが移動しようとした場合，直近で通らなければならないグリッドのうち最も火災危険度が小さいグリッドを有する選択肢が選ばれる．つまり，周囲で最も危険が少なそうな方向にある選択肢を選ぶという行動を模したものである．この行動を組み込むことにより指標 2 が向上することが期待される．

同調行動

同調行動は，避難中の意思決定が周囲の人々の行動に影響される状況を表したもので，この行動は避難意思決定モデル [6] により確率的に起動する．同調行動が起動した時，エージェントは周囲のエージェントの選択のうち，最大多数の選択を選ぶことになる．この行動が，避難に対してポジティブな変化をもたらすか，ネガティブな変化をもたらすかは自明ではない．

3.　実験

次の四つの避難エージェントモデルを作成し，それぞれについて 1000 回のシミュレーションを行った．

1. 基本モデル (基本モデル)
2. 基本モデルに同調行動を加えたモデル (同調モデル)
3. 基本モデルに危険回避行動を加えたモデル (回避モデル)
4. 基本モデルに同調行動と危険回避行動を加えたモデル (同調&回避モデル)

シミュレーション結果を図 2 に示す．

さらに，上記の 2 と 4 に関しては，同調行動の強さが最終的な結果に与える影響についても分析した．今回導入した避難意思決定モデル [1] は以下のようなものである．

$$P(X=0 \to X=1) = \frac{s^2}{s^2+\theta^2} \quad (1)$$

$$P(X=1 \to X=0) = \varepsilon \quad (2)$$

$X=0$ は同調行動を表し，$X=1$ は自律的な行動（今回の研究ではランダム選択）を表す．避難意思決定モデルは二つの行動の間の遷移確率を表現したものである．このモデルにおける ε は同調行動へ遷移する確率

[1] 真社会性生物の分業を表現した，生物学の反応閾値モデルをベースにしたモデル．エージェントに式 (1) と (2)，さらに乱数である θ が組み込まれている．時間とともに変化する環境刺激 s により，各エージェントは確率的に X の値を変化させ，その値により自律行動と同調行動が切り替わる．$0 \leq \epsilon \leq 1$ の値が大きいほど，同調行動を行う時間が長くなる．[6]

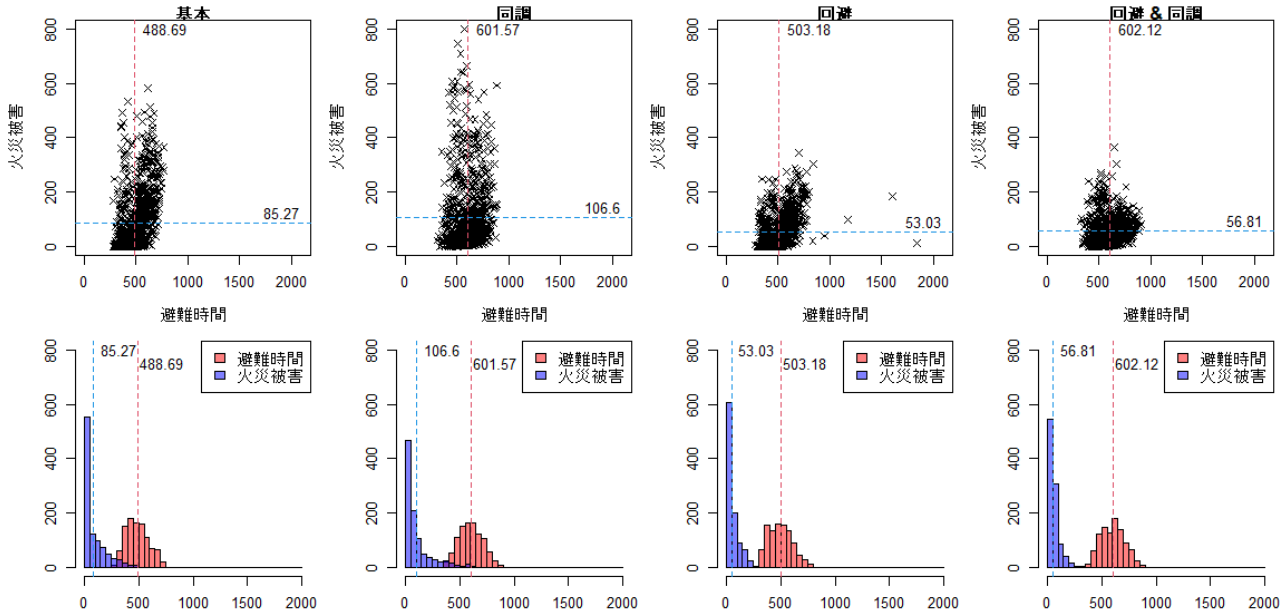


図 2　基本，同調，回避，回避&同調モデルのシミュレーション結果．上段に散布図，下段に対応するヒストグラム

を表しており，この値が 1 に近いほど同調行動の期間が長いことを意味する．上記 2 と 4 のモデルについては，ε を変化させたシミュレーションを別途行い，その結果を図 3 と図 4 に示した．

4.　実験結果と考察

図 2 に，上記 1〜4 の避難エージェントモデルを使ったシミュレーションの結果を示す．図の X 軸は避難時間を，Y 軸は火災による被害を表している．また赤と青の破線により両者の平均値を示す．また，下段にはそれぞれに対応するヒストグラムを示した．

基本モデルをみると，両者の分布の違いが分かる．避難時間については，平均値を中心に拡がった分布であるが，火災被害については 0 の場合がもっとも多い裾の重い分布である．これは火災被害に関しては，多くの場合被害は小さいが，小さい確率で非常に大きい被害が発生することを意味する．

同調モデルをみると，分布の特徴は基本モデルと同じだが，平均値は避難時間，火災被害ともに悪化しており，特に避難時間についてその度合いが大きく，火災被害関しては分散が大きくなっている．これは同調行動が避難誘導にネガティブな影響をあたえる事を示している．実験 [10] において，周囲のエージェントの行動が動的な避難誘導にネガティブな影響を与えた事と整合的である．同調行動の影響が避難時間の延長と火災被害の分散の拡大という形で現れることが分かった．

回避モデルでは，避難時間の平均は基本モデルと同程度だが，火災被害については大きく改善している．このモデルで特徴的なのは，火災被害について分散が縮小していることで，少ない確率で発生する甚大な被害が抑制された事が分かる．また，避難時間に関して少数の外れ値の存在が見られる．

回避&同調モデルについては，回避モデルと同様，火災被害は大きく抑えられ分散も小さくなっている．一方，避難時間については同調モデルと同程度に悪くなっている．

以上を整理すると，回避行動の導入は火災被害の平均と分散の縮小につながり，同調行動の導入は避難時間の延長に繋がる事が分かる．

図 3 は同調行動の強さと避難時間の関係を，図 4 は同調行動の強さと火災被害の関係を，ϵ の変化により示したものである．図の赤の実線は同調モデル，黒の実線は回避&同調モデルの結果を示している．どちらの図も，基本的には右上がりで，同調行動が強いほど避難時間も火災被害も大きくなることが示された．図 3 では，同調モデルと回避&同調モデルの結果はほぼ重なっており，避難時間については同調行動を導入した場合，回避行動の影響はほぼ無視できることが分かる．しかし，同調行動が避難時間に与える影響は強く，$\epsilon = 0.2$ のような小さい場合であっても，避難時間が大きく延びることが分かる．

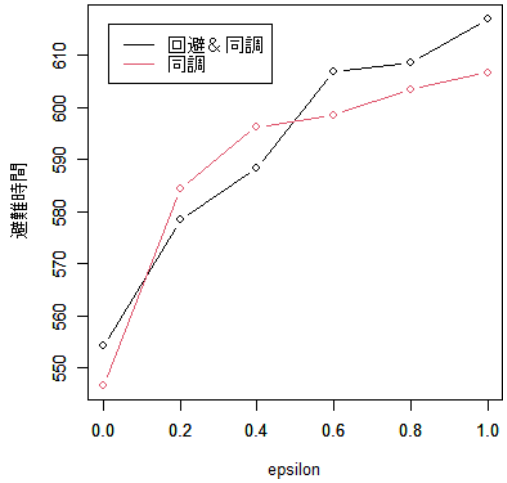


図 3　ϵ と避難時間の関係

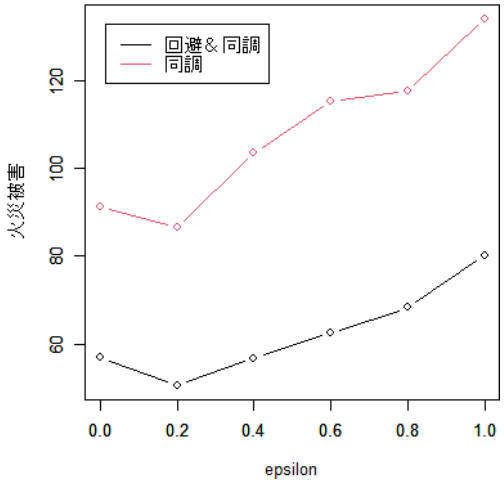


図 4　ϵ と火災被害の関係

一方，図 4 では，赤と黒の線の間隔が大きいことから，回避行動の有無が火災被害に大きい影響を与えていることが分かる．また，線が基本的に右上がりであることから，同調行動の強さが負の影響を与えることが分かる．間隔は大きいものの，ϵ に対する赤と黒の線の上昇の傾向はほとんど同じであるため，同調行動が火災被害に及ぼす影響に対して，回避行動による影響は大きくない思われる．

同調行動がこのような悪影響を与える理由は，基本モデルではエージェントの行動が独立なため，動的な標示変化に素早く反応できるのに対し，同調行動を入れたエージェントは避難標示が変化しても，他のエージェントの影響によりすぐには反応できないからだと考えられる．

5. 結論

シミュレーション実験の結果から，回避行動は火災被害を抑制し，同調行動は避難時間を延長する事が分かった．同調行動が，動的に変化する避難標識に人間が従う行動を邪魔することは以前の実験から知られていたが，これが避難時間の延長と火災被害の分散の拡大という形になって現れることが明らかになった．

文献

[1] Bode, N.W.F., Wagoum, A.U.K., Codling, E.A.: Human responses to multiple sources of directional information in virtual crowd evacuations. Journal of The Royal Society Interface **11**(91), 20130904 (2014)

[2] Galea, E., Xie, H., Deere, S., Cooney, D., Filippidis, L.: Evaluating the effectiveness of an improved active dynamic signage system using full scale evacuation trials. Fire Safety Journal **91** (04 2017). https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.022

[3] Haghani, M.: Empirical methods in pedestrian, crowd and evacuation dynamics: Part i. experimental methods and emerging topics. Safety Science **129**, 104743 (2020)

[4] Haghani, M.: Empirical methods in pedestrian, crowd and evacuation dynamics: Part ii. field methods and controversial topics. Safety Science **129**, 104760 (2020)

[5] Ji, Q., Xin, C., Tang, S., Huang, J.: Symmetry associated with symmetry break: revisiting ants and humans escaping from multiple-exit rooms. Physica A **492**(15), 941–947 (2018), `https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.11.024`

[6] Tsurushima, A.: Modeling herd behavior caused by evacuation decision making using response threshold. In: Davidsson, P., Verhagen, H. (eds.) Multi-Agent-Based Simulation XIX. MABS2018. LNAI 11463, pp. 138–152. Springer (2019)

[7] Tsurushima, A.: Reproducing symmetry breaking in exit choice under emergency evacuation situation using response threshold model. In: Proceedings of the 11th International Conference on Agents and Artificial Intelligence - Volume 1: ICAART,. pp. 31–41. INSTICC, SciTePress (2019). https://doi.org/10.5220/0007256000310041

[8] Tsurushima, A.: Integrated simulation approach for dynamic distributed evacuation guidance under fire spread and rare but catastrophic events. In: Proceedings of the 16th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART2024) (2024)

[9] Zhao, H., Schwabe, A., Schlfli, F., Thrash, T., Aguilar, L., Dubey, R., Karjalainen, J., Hlscher, C., Helbing, D., Schinazi, V.: Fire evacuation supported by centralized and decentralized virtual guidance systems. Safety Science **145** (2022). https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105451

[10] 鶴島彰, 宮野修平: 動的に変化する避難情報が避難者の意思決定にあたえる影響について. In: 2023 年度日本認知科学会第 40 回大会論文集 (2023)

大学生の散文理解における心の理論の下位技能（III）

:誤信念理解を抑制する後知恵に対処の必要性

○光田　基郎[1]
([1]私立大学　非常勤講師)

キーワード：誤信念理解課題, 後知恵対処,　処理資源

Second order false belief understanding and the curse of knowledge (III).
Links between visual hindsight bias and the curse of knowledge in college students

Motoo Mitsuda,
(Private University　part-time lecturer)

Key Words: false belief,　curse of knowledge,　story comprehension

目標と概略

１．学生に「欺かれた振りで報復」と「誤解」が主題の絵本各1件を画面で読み聞かせ, 2次的誤信念内容の理解技能を示す実験である。2.その技能として人を欺いて誤信念内容に従わせる意図の理解に必要な（a）真実と誤信念内容の対比及び真実の抑制,(b)父が息子達を欺いて「アメの壺に猛毒在中。触れるな」と命じたが,息子が欺かれた振りで「過失の責任を取る服毒自殺を偽装」での報復を描く絵本の文章構造と意味の理解に必要な文法, (c) 意味的な類推の理解とその下位技能となる真実と誤信念内容の対比（写像）と（d）上記の情報処理の作業台となる作業記憶の負荷,特に(e)下記の方法１に示す様に誤信念理解における後知恵に対処する際の情報処理負荷増加（光田, ‘24）を指摘した。

方法

１．課題は, 欺かれた振りでの報復の筋立ての理解の下位技能として2肢及び4肢選択（Figure1）のサリーアン型誤信念理解課題（Birch など,2007）が基本となる。Figure　1に示す様に姉がバイオリンを青色ケースに入れて退室後に妹が無断で（a）4個のケーズの何れかに移し替えて退室、(b)妹が紫色ケースに移して退室した情報無効条件又は（ｃ）赤色ケースに移してケースの位置も入れ替えて退室（情報追加の後知恵）条件の各々に学生を等数ずつ割り当て,姉が戻った時にどのケースからバイオリンを取り出そうとするか予想させ,各条件毎に(d)下記2の絵本毎の内容理解成績と(e)息子達が過失を装ってわざと茶器や掛軸を壊す意図は欺かれた振りで, 過失を反省した服毒自殺の偽装との理解程度の主観的な5段階評定値を求めて下記方法２の検査項との相関を求めた。

Figure1.4 肢選択誤信念課題（Birch 等 ‘14 改変）

２．上記以外に役者が人間に化けたタヌキを装って大蛇を欺いて自宅に大金を持参させる筋立ての絵本の理解と上記の「欺かれた振り」の理解との対比も試みた。

1.材料・参加者 : 上記の目標(1-b)のささめやゆき著「附子」(講談社) より父が息子達を欺いてアメの壺を猛毒在中と偽り,「開ければ毒の風が吹くから開けるな」と教えて外出中に息子2人は扇子で壺を煽いでは恐々接近して壺を開け,中身がアメと分かって2人で食べる。次にわざと大切な茶器や掛軸を壊して「兄弟で相撲を取って誤って茶器と掛軸を壊した。叱られるから壺の毒を飲んで死ぬ気だったが,中身がアメ」と言い訳する筋立て14画面（報復文）と,(b)「たぬき衛門（藤巻愛子著　子どものとも社）より,狸衛門という役者が大蛇に出会って人間に化けたタヌキと誤解された際にこの大蛇に「木の葉をお金に換えて怒られたので金が嫌い」と話した上にタバコの煙で大蛇を困らせたので、その報復の意図で大蛇が大金を彼の自宅に投入の筋立ての絵本読み聞かせ（誤解文）を電算録音・録画して大学1年生28名(M;20,F;8）にこの絵本2点を大画面で読み聞かせ,下記の検査項に選択反応させた。

2.検査項:(a)上記の絵本毎に内容の逐語・推理再認,(b)絵本と無関係の図形の類推,(ｃ)反応抑制：車の絵に触れる前に時計と花の絵を指さす課題など4件,(ｄ)文法理解（タクシーがトラックを牽く絵,ウサギがタヌキを押す絵などの選択2件及び,サルに押されて別のサルを押すヒツジの絵で示された文の入れ子構造の理解を求めた選択反応,(e)誤信念内容理解検査で対象の予期しない移動先を問う2肢選択のサリーとアン課題,(f)Figure1に示す様に後知恵効果を検討する意図で4肢選択のサリーアン型の誤信念検査）,(g)記憶検査として別の物語記憶検査（留守番中のエピソード3件の順序構成）と(h)息子達が意図的に茶器を壊したのは父に欺かれた振りでの報復と理解した程度の5段階評定値を求めた。

結果・考察の概略

上記の方法（１a）の何れかの容器群、(1b)無関連の紫容器への移動群と(1c)の後知恵群別に欺かれた振りでの報復文の推理再認と2肢選択サリーアン型誤信念理解課題の得点と相関係数値とを求めて共分散分析した結果,(1)2肢選択サリーアン課題の得点は何れか群>2肢選択課題での紫（無関連課題）群>後知恵群(F=3.499,5%)、となり、2肢選択サリーアン課題は後知恵に対処すべき条件下では処理負荷の増加を指摘し得た。（2）上記の基本的なサリーアン型2肢選択の誤信念理解課題と報復文の推理再認との相関は何れか群（r=0.748,）>無関連群(r=0.037)=後知恵群 r =　-0.296,F=3.476,5%)となる。以上、後知恵や無関連情報への対処による正反応抑止（Birch など’21）が求められ,心の理論の理解に必要な真実と意識内容の対比以外に,類推における対象や関係性の対比を用いた類似性と相違点の明確化（Birch など’.21、ｐ.21）も想定し得よう。

考 察と 結 論

光田（日心’24、日教心)と同様に本報告も後知恵対処を求めない何れか条件での高成績と小数の技能の寄与を指摘した。成人の誤信念理解においては真実と誤信念内容の対比過程での as if の視点での誤信念内容の承認と,類推を用いて個々の経験を一般的図式に取り込む柔軟性及び,選択的写像並びに二次的誤信念の理解における文法技能が情報処理負荷を規定する点に注目する必要性も必要で,従来の幼児の誤信念理解における後知恵効果対処以上に柔軟な実行機観の下での作業記憶研究と言語の諸機能の操作的定義とが求められよう。

文 献：光田基郎 2024. 大学生の散文理解における心の理論の下位技能.大経大論集 74 巻 6 号、141-148。

より良い代替案の探索とエフォートフル・コントロール

The relationship between the exploration of better alternatives and effortful control

二宮 由樹[†]，伊奈垣 伸一[†]，三輪 和久[†]
Ninomiya Yuki, Inagaki Shinichi，Kazuhisa Miwa
[†]名古屋大学
Nagoya University
ninomiya.yuki.t1@f.mail.nagoya-u.ac.jp

概要

本発表では，既知の解決策よりもより良い代替案の探索と注意を制御する能力であるエフォートフル・コントロールの関係を検討した実験の結果を報告する．実験の結果，不適切な行動を抑制する能力と適切な行動を開始する能力の両方が低い場合と高い場合において，どちらか片方のみが高い場合よりも，既知の解決策に関係ない情報を探索する傾向が示された．このことは注意制御能力の低い場合と高い場合の両方で，代替解法を探索しやすい可能性を示唆している．

キーワード：代替案の発見(finding of alternatives)，構えの効果(Einstellung effect)，エフォートフル・コントロール(Effortful control)，情報探索(information seeking)

1. はじめに

既知の解法にとらわれず，より良い代替案を見つける能力は，科学的発見や創造的活動における重要な能力である[1][2]. Luchins(1942)は，水がめ課題を用いて，代替案の発見の難しさを示した[3]. この課題の目的は，容量の異なる複数の水がめを利用して，ターゲットとなる水の量を汲むことである. 初めに，特定の解法のみで解決可能な試行を繰り返し行う．このフェイズを Set フェイズと呼び，学習される解法を訓練解法と呼ぶ. 次に，訓練解法に加え，より簡便な解法でも問題解決が可能な試行を行う．これを Critical フェイズと呼び，このより簡便な解法のことを代替解法という．このとき，一度訓練解法が獲得されると，代替解法が発見されにくいことが示されている．

代替解法の発見は，訓練解法の適用が失敗する状況と，成功する状況の 2 つの状況で生じる[4]．前者の失敗状況では解法の変更を余儀なくされるが，後者の成功状況では自発的な解法の変更が求められる．本論文では，後者の成功状況において，自発的により良いものを探すことによる発見を扱う．

成功状況での代替解法の発見には，訓練解法を獲得した後でも，その解決策に関係のない領域を探索し続けることが重要である[4][5]. 例えば，二宮ら(2023)では，より良い解決策を発見する参加者は，訓練解法で問題解決を行っている時から，訓練解法に関連のない領域(固着無関連領域)を探索し続けることが示されている．

なぜ，訓練解法を獲得した後でも，固着無関連領域の探索をし続けるのかについては 2 つの説明が考えられる．1 つ目が，注意散漫によって固着無関連領域の探索を行うという説明である．言い換えると，参加者は，訓練解法で課題を解き続けることに集中できないため，固着無関連領域の探索が増えるということである．実際，訓練解法の使用に認知負荷をかけると代替解法の発見が促されることが示されている[6].

2 つ目は，新しい解決策を探して能動的に固着無関連領域の探索に切り替えたという説明である．言い換えると，参加者は，訓練解法で問題を解き続けるという行動を抑制し，固着無関連領域の情報を得る意図をもって探索を切り替えたということである．先行研究では，代替解法の発見者は，固着無関連領域の情報を得ようとする探索が，訓練解法を使用している時から多いことが示されている[4].

これらの説明は，自身の注意を制御する能力が代替解法の発見に負の効果を持つ場合もあれば，正の効果を持つ場合もあることを意味している. つまり，前者の説明では，注意制御能力の低い参加者の方が，固着無関連領域の探索が多く，代替解法を発見しやすいと考えられる．一方で，後者の説明では，注意制御能力の高い参加者の方が，固着無関連領域の探索が多くなり，代替解法を発見しやすいと考えられる．

注意制御能力の指標として，エフォートフル・コントロールがある. エフォートフル・コントロールは注意の制御能力の個人差を測定するために開発された指標である[7]．具体的には，継続中の反応を抑制し，顕在化していない反応を開始したり，そのために注意を切り替える能力と定義される．このエフォートフル・コント

ロールは質問紙によって測定することができ，エフォートフル・コントロールの合計得点が高い参加者ほど，ストループ課題における干渉効果が小さいことが示されている[7].

一方で，これまでの研究では，エフォートフル・コントロールのような注意制御能力が固着無関連領域の探索にどのように寄与するかは明らかになっていない．そこで本研究では，代替解法の発見・探索とエフォートフル・コントロールの関係を検討する．

上記の 2 つの説明それぞれに対して以下の仮説が立つ．

仮説 1 : 注意制御能力の低い参加者が，固着無関連領域の探索を行い，代替解法の発見をしやすいだろう．

仮説 2 : 注意制御能力の高い参加者が，固着無関連領域の探索を行い，代替解法の発見をしやすいだろう．

2. 方法

2.1. 参加者

参加者はクラウドソーシングにて 136 名（女性 50 名，男性 86 名，M_{age} = 38.07， SD_{age} = 8.86）を募集した．実験はすべてオンライン上で実施された．実験の終了後，参加者は謝礼金 990 円を受け取った．

2.2. 課題

水がめ課題

課題は二宮(2023)の水がめ課題を改変した課題を使用した．この課題では，A〜E の 5 つの水瓶を使用し，ターゲットとなる水の量を計算することを求めた．このとき，より少ない回数で水を汲むことを求める教示は行わなかった．これは，複雑な手続きの使用を，失敗だと認識されることを避けるためである．

重要なのは，訓練解法を C−D−E とし，代替解法を C−A したことである．これにより，C・D・E の水がめを訓練解法に関連する情報，A・B の水がめを訓練解法に関連しない情報と区別することができる．つまり，A・B の水がめへの探索を調べることで，固着無関連領域に対する探索について議論することができる．

本課題では，それぞれの水がめはマウスでポインティングしないと水がめの数字は確認できないように設定されていた．これにより A・B の水がめに対するポインティング量を調べることで，固着無関連領域の探索量を計測した．

課題は，41 試行で構成されていた．訓練解法のみで解決可能な Set フェイズで 9 試行，訓練解法と代替解法の両方で解決可能な Critical フェイズを 30 試行行った．残る 2 試行は代替解法のみで解決可能な課題とし，C<D とすることでまじめに計算を行っているかのチェック項目として使用した．

エフォートフル・コントロール尺度

エフォートフル・コントロールの測定には，成人向けエフォートフル・コントロール尺度[7]を使用した．この尺度は，行動抑制の制御，行動始発の制御，注意の制御の 3 つの因子で構成されていた．行動抑制の制御とは，不適切な行動を抑制する能力であり，行動始発の制御とは，ある行動を回避したい時でもそれを遂行する能力，注意の制御は必要に応じて，集中したり注意を切り替えたりする能力と定義されている．

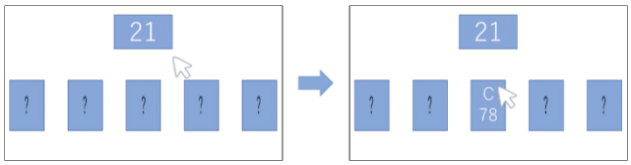


図 1 水がめ課題と探索の測定方法．水がめは左から，A，B，C，D，E とラベル付けした．この例では水がめの容量は A = 57，B = 23，D = 41，E = 16 となっていた．

2.3. 手続き

実験はオンライン上で行われた．最初に，水がめ課題を行った．具体的には，参加者は，最初に課題の内容の説明を受け，その後，練習課題を 3 試行行った．続いて，水がめ課題の本課題を行った．本課題終了後に，水がめ課題の経験を尋ねた．そして，水がめ課題終了後，成人向けエフォートフル・コントロール尺度（山形他, 2005）に回答した．

3. 結果

全参加者 136 名のうち，訓練解法を発見しなかった 4 名，水がめ課題を経験したことのある 1 名，チェック項目で訓練解法で回答した 2 名，解答に不備のある 1 名を除外した 128 名（女性 81 名，男性 47 名, M_{age} = 38.03, SD_{age} = 8.82）を分析の対象とした．

はじめに，固着無関連領域の探索と代替解法発見成績の関係を検討した．固着無関連領域の探索は，訓練終了時点での固着無関連領域の探索量として，Set フェイズの最後の試行における AB の水がめに対するポインティング時間を求めた．代替解法発見のパフォーマン

スは Critical フェイズで代替解法発見するまでにかかった試行数を算出した. このとき, 代替解法発見までの試行数を生存時間とし，最終試行まで未発見の場合はその時点で打ち切りとみなした. エフォートフル・コントロールに関しては，各因子得点を算出した．分析では，これらを標準化したものを使用した.

そして，これらのデータに対して生存時間分析を行った．具体的には，固着無関連領域の探索量を説明変数，発見までの試行数を被説明変数とする Cox 回帰分析を行った. 分析の結果, 固着無関連領域の探索量が発見成績を有意に正に予測した($HR = 1.415$, 95% CI [1.189, 1.685], $p < .001$).

つぎに, エフォートフル・コントロールが固着無関連領域の探索量を予測するかを検討した. 具体的には, エフォートフル・コントロールの各因子得点とその交互作用項を説明変数，固着無関連領域の探索量を被説明変数とした重回帰分析を実施した. その結果, 行動始発と行動抑制の間に有意な交互作用がみられた($\beta = 0.275$, $p = .020$). 他の変数に関しては有意な効果は見られなかった($p < .05$). 交互作用がみられた行動抑制と行動始発の関係を調べるため，行動抑制を調整変数とした単純傾斜をプロットした(図 2). 分析の結果，単純傾斜は有意ではなかったが，行動抑制が高い場合($\beta = -0.226$, $p = .150$)と低い場合($\beta = -0.325$, $p = .069$)で，行動始発の傾斜の方向が異なっていた.

最後に, エフォートフル・コントロールが代替解法発見成績を予測するかを検討した．発見成績を被説明変数, エフォートフル・コントロールの各因子得点を説明変数とした Cox 回帰分析を実施した．分析の結果，探索の場合と同様に，抑制制御と始発制御の間の有意な交互作用がみられた($HR = 1.494$, 95%CI [1.127, 1.980], $p = .005$). また, 他の変数に関しては有意な効果は見られなかった($p < .05$). 交互作用がみられた行動抑制と行動始発の関係を調べるため，行動抑制の中央値で参加者を分け, 行動抑制の高群低群それぞれに対して, 発見成績を被説明変数，行動始発の制御と注意の制御の残りの 2 因子を説明変数とする Cox 回帰分析を行った．その結果，行動抑制の高い群では行動始発の効果は見られなかったが($HR = 0.991$, 95%CI [0.468, 2.097], $p = .982$), 行動抑制の低い条件において，発見成績を行動始発の制御のみが負に予測した($HR = 0.348$, 95%CI [0.1723, 0.701], $p = .003$). これらの関係を可視化するために，行動抑制の高低と行動始発の高低で参加者を 4 分割し，それぞれに関する生存曲線をプロットした(図 3)

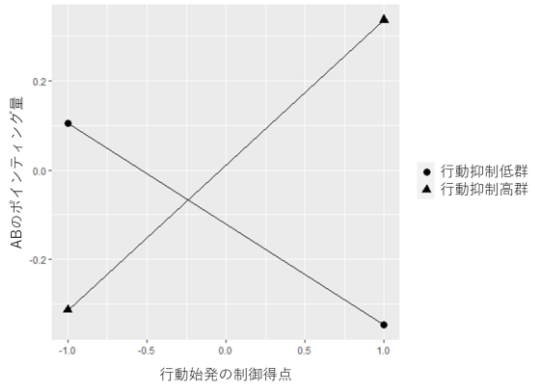


図 2　行動抑制を調整変数とした AB のポインティング量に対する行動始発の単純傾斜

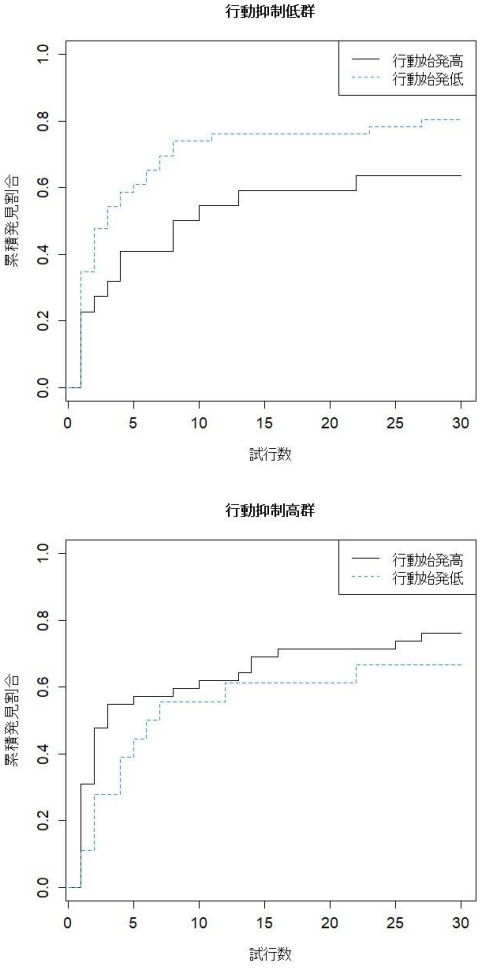


図 3　行動抑制と行動始発の高低ごとの生存曲線

4. 考察

本実験の目的は, エフォートフル・コントロールが固着無関連領域の探索や代替解法の発見をどのように予

測するのかを検討することであった. まず, 探索と発見の関係は，先行研究の結果[4][5]と一致し，固着無関連領域の探索量が多いほど代替解法はより早い試行で発見された. このことは, 代替解法の発見のためには，訓練解法で問題解決が可能であると繰り返し訓練されてもなお，無関係の情報を探索し続けることが重要であるという結果の頑健性を示唆している.

次に, エフォートフル・コントロールと探索との関連については，行動始発の制御と行動抑制の制御の間で交互作用がみられた. そして，固着無関連領域の探索は，プロットからどちらか片方だけの値が高い場合に比べ，行動抑制と行動始発の両方が高い場合と行動抑制と行動抑制の両方が低い場合に多いことが読み取れた. この結果は, 2 つの仮説の両方を支持する結果である. つまり, 注意制御能力の低い場合と高い場合の両方で固着無関連領域の探索の探索が多くなる可能性を示唆している. 言い換えると, 注意制御能力と固着無関連領域の探索量の間には，逆 U 字のような関係があると考えられる.

同様に, エフォートフル・コントロールと発見成績の間にも, 探索の場合と同様の交互作用がみられた. 具体的には，発見成績も行動抑制の制御と行動始発の制御の両方が低い場合と両方が高い場合，行動抑制のみが高い場合は同程度であり，行動始発のみが高い場合だけ低かった. このことは, 少なくとも行動始発のみが高い場合に比べると, 行動抑制と行動始発両方高い, もしくは両方低い場合に，代替解法が早く発見されることを示している. この結果は, 注意制御能力は高い場合と低い場合の両方で，代替解法の発見に恩恵を与える可能性を示唆している.

以上より本研究の結果は，注意制御能力が低い参加者と高い参加者の両方が，固着無関連領域の探索を多く探索し，代替解法を発見しやすい可能性を示唆している. ただし, 本研究の結果は交互作用の結果を解釈したのみであり，積極的に逆 U 字の関係を示す証拠を提示したわけではない点で注意が必要である. また, これらの関係は，エフォートフル・コントロール尺度のうち，2 つの下位因子からみられた限定的な結果であり，エフォートフル・コントロールの全体の得点における関係を示すものではない. 注意制御能力に関しては, ストループ課題などパーソナリティではなく行動パフォーマンスとして測定する方法も確立されている. 今後の検討では，これらの行動レベルのパフォーマンスとの関係を調べることで，より良い解決策の探索や発見がどのような能力に依拠しているのかを検討したい.

加えて，このような結果が示された原因の 1 つに，参加者の動機づけが関与している可能性がある. 今回の実験では，自発的な代替解法の発見を求めるために，課題の目的に関する教示を行っていなかった. 例えば，訓練解法で解き続けることに集中させるような課題状況では，注意制御能力が高い参加者は訓練解法に集中するため，注意制御能力が低いほど代替解法が発見しやすいと考えられる. 今後の検討では, このような課題に対する動機づけが, エフォートフル・コントロールと代替解法の探索・発見をどのように媒介するのかについてより深く検討したい.

文献

[1] Jansson, D. G., & Smith, S. M. (1991). Design fixation. *Design studies*, *12*(1), 3-11.

[2] Miwa, K. (2004). Collaborative discovery in a simple reasoning task. *Cognitive Systems Research*, *5*(1), 41-62.

[3] Luchins, A. S. (1942). Mechanization in problem solving: The effect of Einstellung. *Psychological Monographs*, *54*(6), 1-95.

[4] 二宮 由樹・岩田 知之・寺井 仁・三輪 和久 (in press) 成功状況におけるより良い代替解法の発見と意図的探索の関係 : マウストラッキングに基づく検討, 認知科学, 30(3), 217-231.

[5] Ninomiya, Y., Terai, H., & Miwa, K. (2022). Differences in the distribution of attention to trained procedure between finders and non-finders of the alternative better procedure. *Frontiers in Psychology*, 5089.

[6] Ninomiya, Y., Iwata, T., Terai, H. & Miwa, K. (2024). Effect of cognitive load and working memory capacity on the efficiency of discovering better alternatives: A survival analysis. Memory & Cognition, *52*(1), 115-131.

[7] 山形 伸二・高橋 雄介・繁桝 算男・大野 裕・木島 伸彦 (2005). 成人用エフォートフル・コントロール尺度日本語版の作成とその信頼性・妥当性の検討 パーソナリティ研究, *14*(1), 30-41.

「準」自然言語エージェントを用いた寄付行動の促進
Facilitating donation behavior using semi-natural language agent

関 一樹 †，大西 俊輝 †，呉 健朗 ‡，木下 峻一 †，福田 聡子 ‡，
奥岡 耕平 ‡，宮田 章裕 ‡，大澤 正彦 ‡
Kazuki Seki，Toshiki Onishi，Kenro Go，Shunichi Kinoshita，Satoko Fukuda，
Kohei Okuoka，Akihiro Miyata, and Masahiko Osawa

† 日本大学大学院総合基礎科学研究科，‡ 日本大学文理学部
† Graduate School of Integrated Basic Sciences， Nihon University，
‡ College of Humanities and Sciences，Nihon University
chka23011@g.nihon-u.ac.jp

概要

本研究の目的は，寄付の意思がない対象者に反感を抱かれにくい寄付行動促進エージェントの実現である．先行研究として著者らは，対話者が好意的な解釈の傾向がある「準」自然言語に着目し，「準」自然言語エージェントを提案している．本研究では，「準」自然言語エージェントの有用性を検証するため，実際の寄付行動を想定した実空間での実験を行った．検証の結果，仮説は支持されなかったが，「準」自然言語が持つ曖昧性により広告を注視する等の情報を補う行動を誘発した．

キーワード：寄付行動，エージェント，「準」自然言語

1. はじめに

近年，人々の寄付行動を促す方法として，ロボットや CG キャラクタなどのエージェントを用いた研究が行われている．田中他 (2009) は，エージェントが表示されるディスプレイを搭載した募金箱を用いて，寄付している人の手を検知して感謝を伝える等のインタラクションを行うことで，寄付行動を促進できる可能性を示した．

しかし，実際には全ての対象者が寄付意思を有しているとは限らない．ここで, 長津・相川 (2009) はユーザに対してある特定の行動を命令するシチュエーションのように，ユーザの行動の選択肢が制限される際に反発されることを示している．また，来住 (1974) は，ユーザ自身にとって不利益が大きい行動を促した場合，拒否反応を起こしやすいことを示している．つまり，ユーザの意思とは関係ない行動を促すと，反発される可能性が高い．そのため，寄付行動においても同様に，寄付の意思がない人を対象に寄付促進を行うと反感を抱かれる可能性が高いという問題がある．

そこで本研究では，寄付の意思がない人に寄付を促した場合に反感を抱かれる問題に対し，寄付の意思がある人には寄付行動を促進しつつ，寄付の意思がない人には不快感を抑制する寄付行動促進エージェントの実現を目指す．

先行研究として著者らは，「準」自然言語エージェントによる寄付行動促進を提案した（関他，2022）．「準」自然言語とは清丸他 (2017) によって提案された言語で，自然言語の単語をアクセントと音韻数を維持して「ド」と「ラ」の音で置き換えた音声を指す．準自然言語は，強い曖昧性によって，対話相手がエージェントの意図を都合よく解釈するという性質がある．そのため，対象者が寄付意思がある場合はエージェントの発話を寄付促進の意図として解釈し，寄付意思がない場合は寄付促進ではない意図として解釈されるエージェントデザインが実現できる可能性がある．クラウドソーシングを用いて，実験参加者にオンライン環境で「準」自然言語エージェントが寄付を促す動画を視聴してもらう実験を行い，結果として，「準」自然言語エージェントによる寄付意欲の向上や，不快感の抑制が実現できることを示した．

しかし, 先行研究の実験環境は実際の環境と異なり，オンライン環境における動画視聴であったことに加えて，寄付の意思を表明しても実際には金銭的な損失が生じないことから，実験参加者がシチュエーションに対して没入できず回答責任が軽くなってしまうという問題点があった．

そこで本研究では，実際の環境に近い設定で「準」自然言語エージェントによるインタラクションが寄付意思と不快感に与える影響を検証するために，実空間での実験を行う．また，実験参加者の寄付行動への没入感を高めるために，謝礼金の中から実際に寄付金を支払うように実験参加者に教示する．

表 1　アンケート項目

	インタラクション前質問
Q1	上記のポスターに対して寄付したいと思った度合いを回答して下さい． 1: 協力しない ～ 4: 協力する
Q2	上記の数値を回答した理由をお教えください．(自由記述)
Q3	上記のポスターの内容で寄付をお願いされた際に反感を抱きましたか． 1: 抱いた ～ 4: 抱かなかった
Q4	上記の数値を回答した理由をお教えください．(自由記述)
	インタラクション後質問
Q5	提示されていたテーマについて，寄付したいと思った度合いを回答して下さい． 1: 寄付したいと思わなかった ～ 4: 寄付したいと思った
Q6	上記の数値を回答した理由をお教えください．(自由記述)
Q7	提示されていたテーマについて，お願いされた際に反感を抱きましたか． 1: 抱いた ～ 4: 抱かなかった
Q8	上記の数値を回答した理由をお教えください．(自由記述)
Q9	提示していた広告はどのような内容について記載されていたか，できる限り詳しくお教えください． 自由記述式

2.　実験

2.1　実験目的

本実験の目的は，「準」自然言語エージェントの寄付意思の促進と不快感の抑制に与える影響を，実際の寄付行動に近い設定で調査することである．「準」自然言語エージェントによる寄付行動促進が及ぼす影響を検証するために，2 つの仮説を立てた．

仮説 1 寄付意思がない人に寄付を促した場合，「準」自然言語エージェントは自然言語エージェントとは異なり募金の意図を読み取られないため，反感を抱きにくい．

仮説 2 寄付意思がある人に寄付を促した場合，「準」自然言語エージェントは自然言語エージェントと同等の寄付促進効果がある．

上記 2 点の仮説を検証するため，自然言語を発話するエージェントと「準」自然言語を発話するエージェントを用いた参加者内実験を実施した．

2.2　実験条件

本実験は，エージェントが発話する言語条件として自然言語条件と「準」自然言語条件の 2 条件を設定した．また，広告条件として，仮説を検証するために「単一のテーマ内で寄付をしたいと感じる人と寄付をしたくないと感じる人の両方がそれぞれ極端に表出している」性質を持つ広告を予備実験を通じて設定した．各言語条件で同一広告の掲載によるバイアスを解消するために，広告条件を 2 条件設定することでカウンターバランスを取った．以上より言語条件 2 条件と広告条件 2 条件から構成される合計 4 条件の参加者内実験を設計した．

2.3　実験設定

言語条件設定について，自然言語を用いて寄付をお願いする場合に読み上げられる文章は，「こんにちは．

図 1　募金ポスター

図 2　実験ブース

もしよろしければ，ご支援をお願いします．」である．「準」自然言語を用いる場合は，自然言語で読み上げる文章を「ド」と「ラ」で変換したものを読み上げた．「準」自然言語への変換規則は下記の通りである．

(1)「ド」と「ラ」の音のみ発話可能

(2) 単語の文字数とアクセントは正しく発話

(3) 単語の一文字目を「ド」，その他は「ラ」を発話

また音声を作成するにあたり，自然言語条件，「準」自然言語の両条件での音声の特徴を統一するために同一人物が読み上げた音声を使用した．実験で使用するロボットには，川崎他 (2017) が準自然言語を発話するロボットとして提案しているロボットを用いた．

募金テーマ条件設定について，予備実験の結果，SDGs 内の目標から「飢餓をゼロに (テーマ 2)」「海の豊かさを守ろう (テーマ 14)」の 2 種類のテーマを選出した．選出した広告の内容を踏まえ，実験で掲載する募金ポスターを作成した (図 1)．募金ポスターの内容は，寄付をお願いする一文，予備調査で提示したテーマの文面，国際連合広報センターに掲載されている選定したテーマに準ずるロゴから構成される．

エージェントとのインタラクションを体験するブースとして，エージェント，募金箱，募金ポスターの 3 要素から構成されるブース (図 2) を作成した．ブース内でのインタラクションの長さは 15 秒程度に設定し，

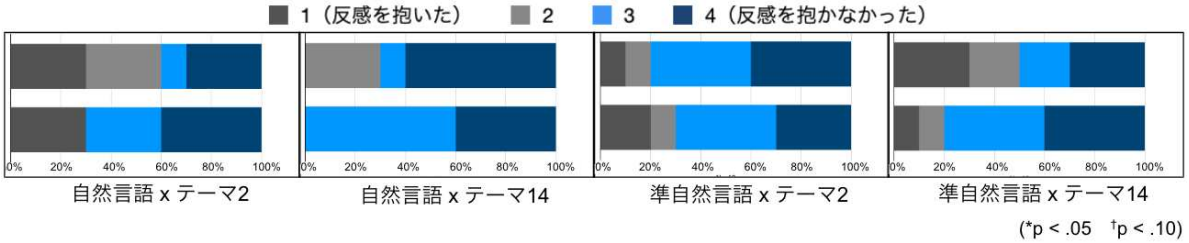


図 3　不快感 (Q3,Q7) に関する実験結果 (n=20, 上段: インタラクション前, 下段: インタラクション後)

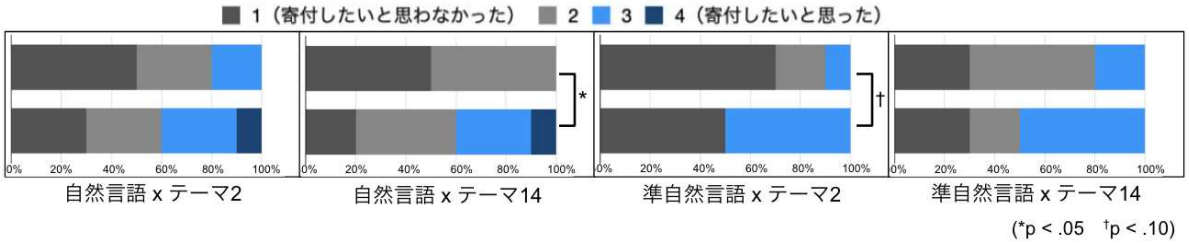


図 4　寄付意思 (Q1,Q5) に関する実験結果 (n=20, 上段: インタラクション前, 下段: インタラクション後)

この間エージェントは実験参加者に対して各言語条件に沿う内容でインタラクションを行う．

本実験で用いたアンケートについて，4 段階のリッカート尺度を用いたアンケートをインタラクション前後で実施した．インタラクション前後で回答するアンケート項目を表 1 に示す．また本実験では，インタラクション終了後に，謝礼金の中から実際に寄付をしてもらうように教示した．なお，実際には，実験中に寄付した金額に関わらず謝礼金は満額支払われた．

2.4　実験手順

各条件の実験は下記のステップに分けて行う

- Step 1：インタラクション前アンケート
  提示された広告テーマに対して寄付の協力度合いと不快感に関する項目に回答する．
- Step 2：事前教示
  エージェントに関する事前教示としてエージェントの外見と発話する音声の事前教示を行う．また，「コンビニのレジの横での募金」でのシチュエーションであることも併せて教示を行う．
- Step 3：インタラクション体験
  各実験条件に基づくエージェントによるインタラクションを行う．
- Step 4：寄付
  インタラクションを踏まえ，実験参加者に支給予定の謝礼金の中から実際に寄付を行ってもらう．
- Step 5：インタラクション後アンケート
  インタラクションを踏まえ寄付の協力度合いとインタラクションによる不快感に回答する．

上記手順を 1 人につき 2 条件分実施した．

2.5　実験参加者

本実験は弊学情報科学科に在籍する大学生 20 名 (男性 17 名 女性 3 名) を募集した．募集するにあたり，「準」自然言語や本実験で扱うエージェントを事前に知っていたかなどの募集条件は設けなかった．実験参加者には実験参加の報酬として 1000 円を支給した．

3.　実験結果

3.1　仮説 1 について

仮説 1 は，寄付意思がない人を対象に寄付を促す場合，「準」自然言語発話を行うエージェントは不快感を抑制するのかについて，不快感に関する項目（Q3, Q7）に着目し検証する．インタラクション前後での不快感の項目（Q3，Q7）と，インタラクション後の各言語条件における不快感の項目（Q7）の回答結果を図 3 図 5 に示す．不快感の推移（Q3，Q7）に関して各条件で Wilcoxon の符号付き順位和検定を有意水準 5% で実施したところ，全ての条件でインタラクション前後で有意差は認められなかった．また，インタラクション後の不快感（Q7）に関して，自然言語と「準」自然言語の言語間で Wilcoxon の順位和検定を有意水準 5% で実施したところ，言語条件間で有意差は認められなかった．そのため，仮説 1 は支持されなかった．

3.2　仮説 2 について

仮説 2 は，寄付意思がある人を対象に寄付を促す場合，「準」自然言語発話を行うエージェントは寄付を促すのかについて，寄付意思に関する項目（Q1，Q5）に着目し検証する．インタラクション前後での寄付意思の項目（Q1，Q5）と，インタラクション後の各言語条件における寄付意思の項目（Q5）の回答結果を図 4

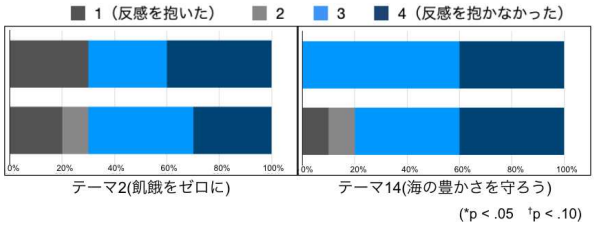


図 5　インタラクション後の不快感 (Q7) に関する実験結果 (上段: 自然言語 下段:「準」自然言語)

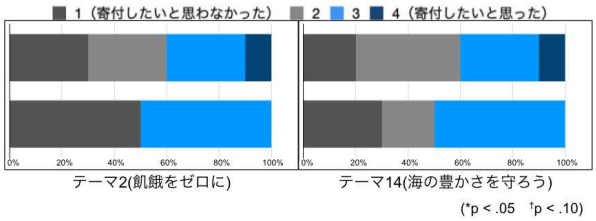


図 6　インタラクション後の不快感 (Q5) に関する実験結果 (上段: 自然言語 下段:「準」自然言語)

図 6 に示す．寄付意思の推移（Q1，Q5）に関して各条件で Wilcoxon の符号付き順位和検定を有意水準 5% で実施したところ，自然言語エージェントによる海の豊かさを守る内容 (テーマ 14) を呼びかけた条件で有意差が認められ，寄付意思は促進傾向であることが示された．また，インタラクション後の寄付意欲（Q5）に関して，自然言語と「準」自然言語間で Wilcoxon の順位和検定を有意水準 5% で実施したところ，言語条件間で有意差は認められなかった．そのため，仮説 2 は支持されなかった．

4.　考察

実験結果より，自然言語エージェントと「準」自然言語間で有意差は認められず，仮説 1，仮説 2 は支持されなかった．仮説が支持されなかった理由として，それぞれの言語が持つ特徴が作用したと考えられる．アンケートで回答した評価値の理由を問う項目 (Q2, Q4，Q6，Q8) について着目すると，言語間で回答内容が異なっていた．自然言語条件における評価値の理由を問う項目について集計したところ，エージェントが発話していた寄付内容に，何に対しての寄付なのかや寄付金の使用用途が含まれていなかった旨の回答が多い．そのため，自然言語条件ではエージェントが発話した内容を基準に判断していると考えられる．一方，「準」自然言語条件における評価値の理由を問う項目について集計したところ，そもそもエージェントの発話内容が理解できなかったため，側に掲載されている広告ポスターを見たが，何に対しての寄付なのかや寄付金の使用用途が不明である旨の回答が多い．そのため，「準」自然言語条件ではエージェントから発話された内容では情報が足りず，欠けている情報を補う行動として広告を注視する等の行動を誘発した可能性がある．そのため，各言語が持つ性質によってポスターや発話内容に注意が惹きつけられたが，募金テーマに関する内容を十分に伝えることが出来ず，募金テーマに対して不信感を抱かれたのが原因だと考えられる．このことから，ポスターの内容や発話内容を改善することで本研究の仮説が支持される可能性がある．

5.　まとめ

本研究では，寄付意思がない人に寄付を促した際に反感を持たれない，かつ，寄付行動の促進を両立させる寄付促進エージェントの実現を目的とした．先行研究での実験参加者の回答責任が軽いという問題を踏まえ，「準」自然言語エージェントによる寄付行動の促進と反感の回避を両立することが可能であるか検証する実験を実空間で実施した．実験の結果として，「準」自然言語エージェントによる寄付意思促進と不快感抑制の効果は認められず，言語条件間の差も見られなかった．一方で，「準」自然言語は近くに配置されている募金ポスターへの注視を引き起こしたことから，「準」自然言語は情報を補うための行動を引き起こしやすいと考えられる．

今後の展望として，「準」自然言語の欠けている情報を補う行動として，募金広告を注視する行動を視線計測などの手法を用いて，どの程度注視する行動を誘発するのかを計測する追実験を実施する予定である．加えて，寄付促進や不快感に起因しているエージェントが持つ他の要素を明らかにする予定である．

文献

川崎邦将・大澤正彦・今井倫太・長田茂美 (2017). 認知的制約付き擬人化キャラクターに着目したコミュニケーションロボットの設計と開発 人工知能学会第 6 回汎用人工知能研究

清丸 寛一・大澤 正彦・今井 倫太 (2017). 予測的認知を用いた非自然言語による言語的コミュニケーション 人工知能学会第三種研究会資料, 2017(AGI-006). https://doi.org/10.11517/jsaisigtwo.2017.AGI-006_03

関一樹・内村方哉・大西俊輝・呉健朗・宮田章裕・大澤正彦 (2022). 寄付行動を促進する非自然言語エージェントの基礎検討 ワークショップ 2022 (GN Workshop 2022) 論文集 (Vol. 2022, pp. 141-146).

田中 宏平・田中 聡・木下 浩平・南 靖彦・村尾 和哉・寺田 努・塚本 昌彦・西尾 章治郎 (2009). 寄付行為促進のための IT 募金箱の作成と実運用 情報処理学会研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), 2009–EC–13(4) 1–8.

長津 麻衣・相川 充 (2009). 順態度的メッセージにおけるポライトネスが態度変容に及ぼす効果 東京学芸大学紀要総合教育科学系, 60, 123–130.

来住 元朗 (1974). 広告メッセージの露出と消費者の態度変容 桃山学院大学経済経営論集, 15(4), 370–380.

SNS メッセージに用いる「絵文字」の個数が持つ効果
The influence of the number of emoticons used in SNS messages

石川　悟
Satoru Ishikawa

北星学園大学
Hokusei Gakuen University
ishi_s@hokusei.ac.jp

概要

SNS 上でのメッセージのやり取りにおいて，絵文字や顔文字を用いるルールは時代や年代によって大きく変化する. 本研究では, 絵文字を用いたメッセージ伝達において，絵文字の「個数」が持つ効果を検討した. 場面想定法を用い，「喜び」,「楽しさ（心地よさ)」,「怒り」,「哀しみ（悲しさ)」の 4 つの感情を伝える文章末に，それぞれの感情に対応する絵文字を 1 個，または 3 個付加した「発言」を提示し，その「発言」から受け取った発言者（送信者）の感情を評価させた. その結果，文章に絵文字を多く付加することによって送信者の感情がより強く伝わる，という促進効果は認められず，絵文字の個数が少ない 1 個のときにより強く感情が伝わる，と考えられる結果となった.

キーワード : 絵文字，感情評価，テキストコミュニケーション

1.　はじめに

SNS が主要なメッセージ伝達手段となるなか，メッセージのやり取りに用いられるルールも変化している. 「おじさん構文」や「おばさん構文」と呼ばれる絵文字を多用したメッセージに対する受容の傾向には，年代による違いがあることは度々報じられる. テキストコミュニケーションにおける顔文字や絵文字の利用では，顔文字を使うことで「喜び」の感情をより強く伝達する促進効果が報告される一方，「悲しみ」や「怒り」の感情では一貫した結果が得られていない（廣瀬・牛島・森, 2013）.

本研究では，絵文字を用いたメッセージ伝達において，絵文字の「個数」が持つ効果を検討した. 絵文字の個数の違いが，発言者（送信者）の感情の伝達とどのように関わるのか，場面想定法を用いた調査をおこなった. 調査では「喜び」,「楽しさ（心地よさ)」,「怒り」,「哀しみ（悲しさ)」の 4 つの感情を伝える文章末に，それぞれの感情に対応した iOS バージョン 17.0.3 の絵文字（図 1）を 1 個，または 3 個付加した「発言」を提示した. 参加者には，その「発言」が向けられた受信者としてその「発言」を読ませ，発言者（送信者）から受け取ったと感じられた感情の程度を評価させた.

図 1.　調査に用いられた絵文字

2.　方法

参加者　大学生 68 名が調査に参加した. それぞれの参加者は，文末の絵文字の個数の違い（1 個 : 34 名／3 個 : 34 名）のどちらかにランダムに割り当てられた.

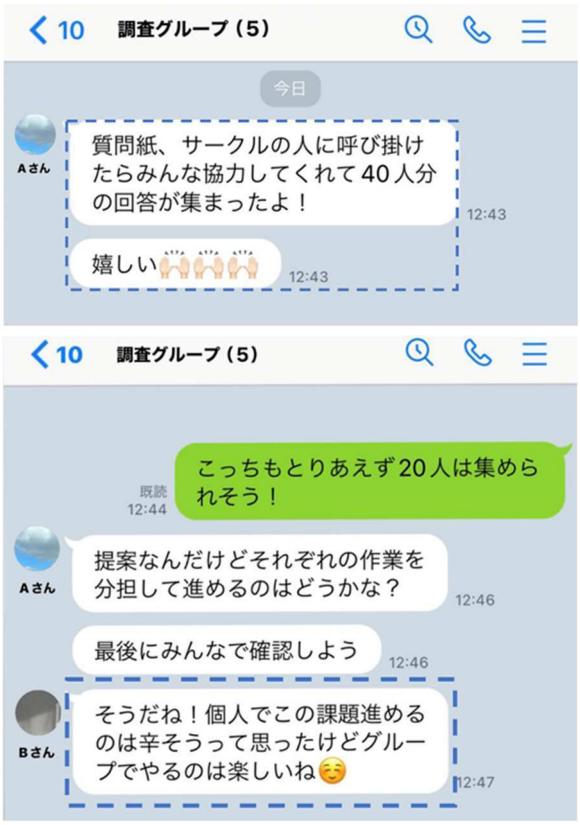
「絵文字混じり文」評価課題　「発言」から受け取った「発言者（送信者）の感情」の程度は，送信者と受信者の関係性によって異なると考えられる. 本研究では「知り合ったばかりのもの同士」がメッセージを交換するコミュニケーション場面を想定した.

コミュニケーション場面には，大学の授業で課された「環境問題に関するテーマをグループで一つ決め、それについて質問紙調査を実施し、結果の分析を行った後にクラス全体で発表する」というグループ課題に，「あなた」が初めて顔を合わせる他の 4 人のメンバーとともに取り組む状況を用意した. 教員から，課題の遂行のためにグループメンバー同士で「グループ LINE」を作り，課題に関するやり取りをするように指示された状況を想定した.

「発言」から受け取った「発言者（送信者）の感情」は，この「グループ LINE」上で行われた，と想定したやり取り「あなた」である参加者に提示し，その文章を読ませることで評価させた. メンバーAの「喜び」（図 3 上），メンバーBの「楽しさ（心地よさ)」（図 3 下），メンバーCの「怒り」（図 4 上），メンバーDの「哀しさ（悲しさ)」（図 4 下）のそれぞれの感情含む発言を示し，その発言に対して感じた感情を評価させた. 絵文字 3 個の条件では，同じ絵文字をもう 2 つ，文末に追記して示した.

図 2.　グループの各メンバーを示すプロフィール

図 3.　「喜び」（上）と「楽しさ（心地よさ）」（下）を示すメンバーの発言



感情評価質問　発言者（送信者）の「発言」から受けとった感情の評価語には，石川他 (2018) をもとに計 20 項目の形容詞を用意した．「喜び」の評価には，「喜んだ／楽しい／嬉しい／興奮した／驚愕した／歓喜した」の 6 形容詞を，「楽しさ（心地よさ）」の評価には，「満足した／安心した／落ち着いた／リラックスした」の 4 形容詞を，「怒り」の評価には「怒った／警戒した／イライラした／欲求不満である」の 4 形容詞を，「哀しさ（悲しさ）」の評価には，「悲しい／みじめな／憂鬱な／暗い／うんざりした／疲れた」の 6 形容詞を用いた．それぞれの評価は，8 件法（1：その感情要素を感じない～8：その感情要素を感じる）で回答させた．

手続き　本調査は全て Google Form 上で実施した．参加者に，調査場面となった状況を説明する文章を提示した後，グループ LINE 上での会話として想定したやり取りを示す画面を提示した．その後，点線で囲った部分（図 3&4 参照）の「発言」部分からどのような発言者（送信者）の感情を受けとったか，「発言」から受け取った「発言者（送信者）の感情」を「感情評価質問」として示した各形容詞に対して回答させた．なお，それぞれの「発言」に対して評価の対象とした形容詞は，評価させる「発言」との内容と一致するもののみだった．「喜び」，「楽しさ（心地よさ）」，「怒り」，「哀しさ（悲しさ）」の感情を含む発言の順に回答させた後，無事発表まで終えたメンバーたちのやり取り（図 5）を示した．

図 4.　「怒り」（上）と「哀しさ（悲しさ）」（下）を示すメンバーの発言

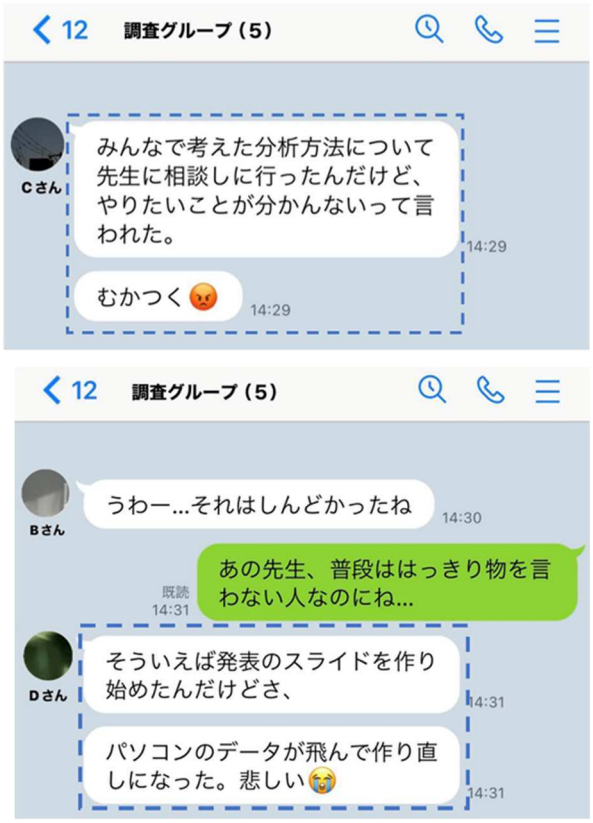
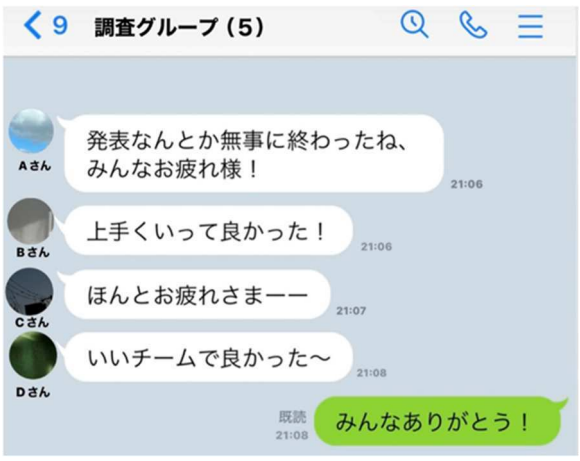


図 5.　終了時のメンバーのやり取り



3. 結果と考察

「絵文字１個」を用いた「発言」と「絵文字３個」の「発言」のそれぞれに対して，参加者が評価した「感情価：発言者（送信者）の感情の大きさ」の平均値を「喜怒哀楽」の４つの感情を評価させた形容詞ごとに求め，ｔ検定を実施した．全ての評価語に対する「感情価」の平均値，および検定結果は表１に示した．

「喜び」では，全ての形容詞で「絵文字１個」のときの平均値が「絵文字３個」よりも大きく，「喜んだ」と「嬉しい」では統計的に有意な差が見られた（「喜んだ：1個 7.5 (0.71)／3 個 6.9 (1.16)」：$t(66) = 2.65, p < .01, d = 0.644$，「嬉しい：1 個 7.7 (0.60)／3 個 6.9 (1.32)」：$t(66) = 3.08, p < .01, d = 0.746$）．

「楽しさ（心地よさ）」でも全ての形容詞で「絵文字１個」の平均値が「絵文字３個」よりも大きく，「落ち着いた」では統計的に有意な差が見られた（「1 個 6.6 (1.23)／3 個 5.9 (1.54)」：$t(63.5) = 2.16, p < .05, d = 0.523$）．

「怒り」では，「警戒した」と「欲求不満である」で「絵文字１個」の平均値が「絵文字３個」よりも大きかったのに対し，「怒った」と「イライラした」では「絵文字３個」の平均値が「絵文字１個」よりも大きくなった．しかし統計的に有意なものはなかった．

「哀しさ（悲しさ）」感情では，全ての形容詞で「絵文字１個」の平均値が「絵文字３個」よりも大きく，「疲れた」の評価語において統計的に有意な差が見られた（「1 個 6.8 (1.09)／3 個 5.9 (1.69)」：$t(66) = 2.56, p < .05, d = 0.622$）．

表１．各評価語の感情価の平均値（上段：絵文字１個／下段：絵文字３個）およびｔ検定結果

評価語	N	平均値(SD)	自由度	t 値(スチューデント/ウェルチ)	p	コーエンの d
【喜】喜んだ	34	7.47(0.71)	66.0	2.65	.01	0.644
	34	6.85(1.16)				
【喜】楽しい	34	6.26(1.29)	62.9	1.83	.07	0.443
	34	5.62(1.61)				
【喜】嬉しい	34	7.65(0.60)	66.0	3.08	< .001	0.746
	34	6.88(1.32)				
【喜】興奮した	34	5.91(1.53)	64.7	1.10	.27	0.268
	34	5.47(1.76)				
【喜】驚愕した	34	4.47(1.66)	65.0	1.10	.28	0.266
	34	4.00(1.87)				
【喜】歓喜した	34	7.03(1.14)	64.8	1.98	.05	0.479
	34	6.44(1.31)				
【楽】満足した	34	6.56(1.31)	66.0	0.28	.78	0.0675
	34	6.47(1.31)				
【楽】安心した	34	7.00(1.30)	64.7	1.64	.11	0.3976
	34	6.44(1.50)				
【楽】落ち着いた	34	6.59(1.26)	63.5	2.16	.03	0.5229
	34	5.85(1.54)				
【楽】リラックスした	34	6.50(1.24)	57.8	1.86	.07	0.4505
	34	5.79(1.84)				
【怒】怒った	34	6.32(1.79)	65.6	-0.70	.48	-0.1709
	34	6.62(1.65)				
【怒】警戒した	34	5.21(1.61)	64.6	1.11	.27	0.2702
	34	4.74(1.86)				
【怒】イライラした	34	7.00(1.54)	65.9	-0.08	.94	-0.0194
	34	7.03(1.49)				
【怒】欲求不満である	34	5.82(1.62)	65.8	0.22	.83	0.0529
	34	5.74(1.71)				
【哀】悲しい	34	7.35(0.98)	53.0	0.88	.38	0.213
	34	7.06(1.69)				
【哀】みじめな	34	6.09(1.55)	64.6	1.38	.17	0.334
	34	5.53(1.80)				
【哀】憂鬱な	34	7.21(0.95)	61.7	1.10	.28	0.267
	34	6.91(1.24)				
【哀】暗い	34	6.12(1.57)	64.0	1.40	.17	0.340
	34	5.53(1.88)				
【哀】うんざりした	34	6.56(1.42)	63.6	1.46	.15	0.354
	34	6.00(1.72)				
【哀】疲れた	34	6.82(1.09)	66.0	2.56	.01	0.622
	34	5.94(1.69)				

本研究の結果，文章に絵文字を多く付加することによって発言者（送信者）の感情がより強く伝わる，という促進効果は認められず，絵文字の個数が多いときよりも１個のときにより強く感情が伝わっている，と考えられる結果となった．特に，「喜び」の感情において，「嬉しい」「喜んだ」の２つの評価語で「絵文字１個」ときの評価が「絵文字３個」のときよりも非常に大きくなった．他の「楽しさ（心地よさ）」，「怒り」，「哀しさ（悲しさ）」でも，「感情価」の評価に用いた評価語の多くで「絵文字１個」のときの評価が「絵文字３個」のときの評価を上回った．

このことは，廣瀬・牛島・森(2013）が報告した顔文字を使うことで生じる感情の促進効果ではなく，竹原・佐藤(2003)が指摘した「絵文字を付加することによる真実性の欠如」が，どの感情を伝達する「発言」においても生じていたのではないか，と考えられる．このことに

は,「おじさん構文」「おばさん構文」として知られる絵文字をテキストメッセージ中に多用して「発言」する手法を, 参加者が「ネタ」として用い, 楽しんできたことが関わっているかもしれない. 誇張して表現すること, あるいは敢えて「絵文字」を多く使うことで深刻さを打ち消す, というルールに慣れ親しんだことが,「絵文字」が多く使用された「発言」を見たときの「感情価」において, 感情の促進効果よりも「真実性の欠如」を生んだのだと考えた.

今後, 絵文字の多寡ではなく有無による「発言」から受け取った「発言者 (送信者) の感情」の差異について, そして, 送信者側と受信者側の絵文字の用い方の違いについて検討を進める予定である. さらに, 社会的文脈におけるテキストメッセージにおける感情の表出と実際の表情表出の関連性について検討が必要だと思われる.

※本研究は, 北星学園大学文学部 4 年生山田鈴華さんの多大な貢献の元に行われた.

文献

廣瀬 信之・牛島 悠介・森 周司 (2014). 携帯電話メールによる感情の伝達に顔文字と絵文字が及ぼす影響. 感情心理学研究, *22(1)*, 20-27.

石川 葉子・水上 雅博・吉野 幸一郎・鈴木 優・中村 哲 (2018). 感情表現を用いた説得対話システム, 人工知能学論文誌, *33(1)*, 1-9.

竹原 卓真・佐藤 直樹 (2003). 顔文字の有無によるメッセージの印象の違いについて. 日本顔学会誌, *3*, 83-87.

カラヴァッジョ絵画鑑賞時の扁桃体の活動と機能的結合の特徴
Characteristics of amygdala activity and functional connectivity during viewing Caravaggio's paintings

小川 昭利[1]，小佐野 重利[2]，松田 哲也[3]，坂上 雅道[3]，亀田 達也[4]
Akitoshi Ogawa, Shigetoshi Osano, Tetsuya Matsuda, Masamichi Sakagami, Tatsuya Kameda
[1]順天堂大学，[2]東京大学，[3]玉川大学，[4]明治学院大学
Juntendo University, The University of Tokyo, Tamagawa University, Meiji Gakuin University
a-ogawa@juntendo.ac.jp

概要
イタリア・バロックの画家カラヴァッジョの絵画を鑑賞するとき，独特の情動的高揚が生じることを美術史家は指摘してきた．本研究はその神経基盤を，機能的磁気共鳴画像法を用いて調べた．情動に関連する扁桃体の活動は，カラヴァッジョの絵画を見たときの方が他の絵画を見たときよりも大きかった．一方で，扁桃体と他の活性化した領域との機能的結合は，カラヴァッジョの絵画を見たときの方が他の絵画を見たときよりも低かった．

キーワード:機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging), 機能的結合 (functional connectivity), 視線追跡 (eye tracking), 注意 (attention)

1. はじめに

イタリアのバロック画家カラヴァッジョ（1571-1610）は，明暗の激しいコントラストを用いるキアロスクーロ技法の革新を進めたことで知られている．この技法の明暗のコントラストに含まれる限られた情報が，カラヴァッジョの絵画に対する情動的な反応を高めている[1]．カラヴァッジョの絵画では，明暗コントラスト中に顔や身体の緊張や動きが描かれていることで，彼の追随者たちと比べて主観的な情動の高揚を呼び起こす[2]．しかし，このような美術史的な観察所見の他は，カラヴァッジョに関連する独特の情動体験の神経基盤は，ほとんど不明だった．そこで，本研究の視線追跡と機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) を組み合わせた実験では，カラヴァッジョの絵画を見たときの情動の神経相関とその特徴を調べた．

2. 方法

この fMRI 実験には，美術史の専門家 11 名（美術史専攻の学生，男性 3 名，女性 8 名，20～25 歳）と，美術史初心者 20 名（その他の専攻，男性 10 名，女性 10 名，18～22 歳）が参加した．カラヴァッジョの絵画 10 点，カラヴァッジョの追随者の絵画 10 点，モンドリアンの絵画 10 点を用意した．各試行において絵画を 25 秒間表示した．試行間には短い間だけ十字を表示した．美術史のシニア研究者 2 人が，各絵画について 3 つの関心領域（AOI）を定義した（図 1A）．fMRI 実験中，250Hz で動作する MR 対応アイトラッカー（EyeLink 1000）を用いて視線位置を記録した（図 1B）．

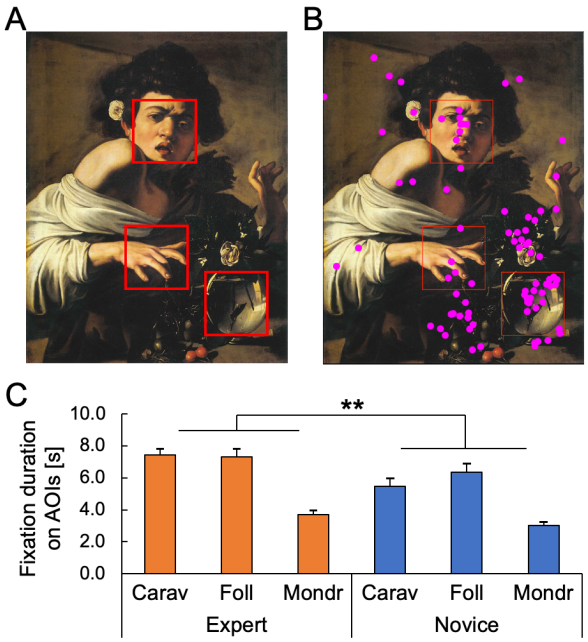


図 1 関心領域の定義と視線追跡の結果. A. “トカゲに噛まれた少年” (©Roberto Longhi Foundation Florence Italy / Bridgeman Images) に赤の四角で示した AOI の例. B. AOI は，実験前に 30 枚の絵画それぞれについて 3 つずつ定義された. **B.** 自由鑑賞時の専門家の固視記の例．点は鑑賞中の固視位置を示す．細線の四角は AOI を示す. C. 自由鑑賞における AOI の固視時間. 専門家は初心者よりも長い時間 AOI を見ていた．また，カラヴァッジョとフォロワーの AOI は，抽象絵画（モンドリアン）よりも長い時間見られていた．アスタリスクは統計的有意性を示す（**P < 0.01）.

MRI データは玉川大学の 3T MRI（Prisma Fit）にて取得した．脳活動を含む機能画像はマルチバンド法[3]を用いて，解像度は等方 3 mm で取得した．画像処理には SPM12 と FSL を用いた．機能画像は，動き補正，歪み補正，座標の標準化，空間平滑化（8mm），ハイパスフィルタリング（カットオフ=256 秒）を行った．一般線形モデルの解析では，絵画タイプ（カラヴァッジョ，追随者，モンドリアン）に対する 3 つの回帰子と，6 つの頭の動きの回帰子が設定された．ボクセルレベルとクラスターレベルの閾値を用いて有意な脳活動を調べた（ボクセルレベル P<0.001，クラスターレベル P<0.05（多重比較補正あり））．

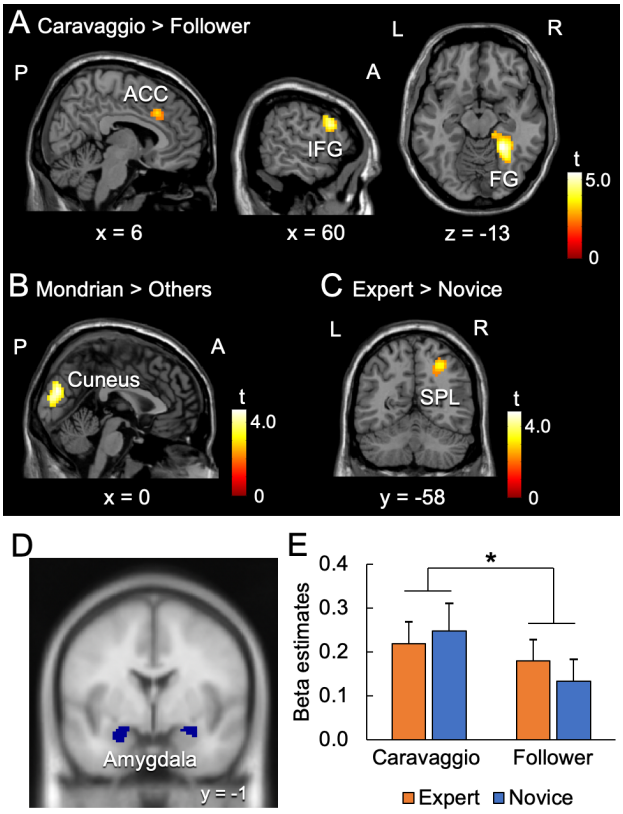


図 2 イメージングの結果．A. カラヴァッジョの絵画を見たときの脳の活性化．ACC，FG，IFG の活性化は，フォロワーの絵画と比較してカラヴァッジョの絵画で高かった．**B.** モンドリアン絵画を見たときの脳の活性化．**C.** 専門家と初心者の対比で観察された脳の活性化．**D.** 冠状断に示された扁桃体の関心領域（ROI）．**E.** 扁桃体の活性化．カラヴァッジョの絵画に対する活性は，専門家と初心者ともに追従者の絵画に対する活性よりも有意に高かった．アスタリスクは統計的有意性を示す（*P<0.05）．エラーバーは標準誤差を示す．ACC＝前帯状皮質，FG＝楔状回，IFG＝下前頭回，SPL＝上頭頂小葉．

3. 結果

視線追跡の結果，美術史の専門家は初心者よりも AOI を長く見ていた（$F(1,29) = 8.90$, $P = 0.0057$）（図 1C）．画像解析の結果，カラヴァッジョの絵画を見たときには，前帯状皮質，右楔状回，右下前頭回が，彼の追随者の絵画を見たときと比較して有意に活性化していた（図 2A，表 1）．先行研究[4]と一致して，モンドリアンの絵画では，カラヴァッジョとその追随者の絵画と比較して，初期視覚野が活性化した（図 2B，表 1）．カラヴァッジョの絵画を見たときの専門家と初心者の比較では，専門家は初心者に比べて，トップダウンの視覚的注意に関連する上頭頂小葉の活動が高かった（図 2C，表 1）．扁桃体は一般に情動に関与しているため，参加者がカラヴァッジョとその追随者の絵画を自由に鑑賞しているときの扁桃体の活動を，モンドリアンの絵画を鑑賞しているときの活動と比較した（図 2D）．専門家と初心者で扁桃体活動に有意差がなかったため，両者を合わせて解析を行ったところ，カラヴァッジョの絵画は追随者の絵画に比べて扁桃体をより活性化していた（$t(30) = 2.08$, $P = 0.046$）（図 2E）．さらに，扁桃体と他の活性化領域（前帯状皮質，右楔状回，右下前頭回）との機能的結合は，カラヴァッジョの絵画を見たときの方が，他の絵画を見たときよりも有意に低かった（図 3）．

4. 議論

専門家と初心者では絵画を認知的に異なった態度で見ていた一方で，カラヴァッジョの絵画を見ている間は，専門家も初心者も同様に扁桃体が活性化していた．さらに，扁桃体と他の活性化領域との間で活動の非同期が特異的に起こっていた．これらは，カラヴァッジョの絵画を見たときの独特な情動の喚起に関連しているかもしれない．

表 1　イメージング結果のまとめ

Contrast / Regions	MNI coordinates of the peak (mm) *x*	*y*	*z*	Voxels
Caravaggio > Follower				
R FG	27	−46	−13	179
R IFG	60	11	26	224
R ACC	6	23	35	200
Mondrian > Others				
Cuneus	0	−82	23	151
Expert > Novice				
R SPL	27	−58	50	115

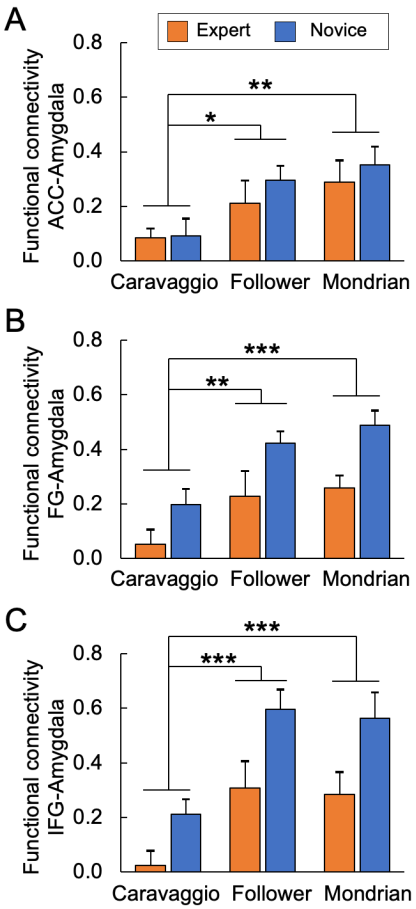


図 3　機能的結合解析の結果．A. 扁桃体と ACC の機能的結合．**B.** 扁桃体と FG との機能的結合．**C.** 扁桃体と IFG との機能的結合．すべての機能的結合において，カラヴァッジョの絵画は他の絵画よりも低かった．アスタリスクは統計的有意性を示す（*P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001）．エラーバーは標準誤差を示す．ACC = 前帯状皮質, FG = 紡錘状回, IFG = 下前頭回.

文献

[1] Osano, S. (2020). Caravaggio. Hokkaido Shimbun Press, Hokkaido.
[2] Szajnberg, N.M. (2013). Caravaggio Four Centuries Later. Journal of the American Psychoanalytic Association, 61, 311–332.
[3] Xu, J., Moeller, S., Auerbach, E.J., Strupp, J., Smith, S.M., Feinberg, D.A., Yacoub, E., Uğurbil, K. (2013). Evaluation of slice accelerations using multiband echo planar imaging at 3T. Neuroimage, 83, 991–1001.
[4] McKeefry, D.J., Zeki, S. (1997). The position and topography of the human colour centre as revealed by functional magnetic resonance imaging. Brain, 120, 2229–42.

新規的な派生形容詞に見る言語の使用基盤
Basis of language use in novel derivative adjectives

西内 沙恵
Sae Nishiuchi

北海道教育大学
Hokkaido University of Education
nishiuchi.sae@a.hokkyodai.ac.jp

概要

本研究では「キャパい」など 8 語の新規的な派生形容詞を題材に，形容詞の言語使用を可能にする文法知識の構造を，使用基盤モデルの枠組みから探究する．題材の語に対する既知の程度及び一項述語文・二重主語文・ソウダ文の容認性評定を，大学生を対象に調べた．調査の結果，既知語では二重主語文に，未知語，また既知語であっても感情形容詞に判別される語では一項述語文に容認性が高く評定されたことから，一項述語の文型からスキーマ拡張が生起していることを分析した．

キーワード：新規語，派生形容詞，使用基盤モデル

1. 背景と目的

本研究の目的は「キャパい」や「ラグい」といった新規的な派生形容詞を題材に，形容詞の言語使用を可能にする文法知識の構造について探究することである．形容詞の基本的な用法は一項述語だとされる（川端, 1976；川端, 1983a；川端, 1983b；八亀, 2008）が，ほかの用法とどのような関係をなしているのかは明らかにされていない．「キャパい」，「ラグい」はそれぞれ「キャパシティー」〈容量〉，「ラグ」〈時間的なずれがあること〉という名詞の語頭 2 拍に形容詞の活用接尾辞「い」が結合することで形容詞に派生した語だと考えられる．語義を山括弧に示している．閉じたクラスである形容詞（上原, 2002）の新規語を題材とすることで，文法的な知識が導出される過程の観察と記述を試みる．

2. 先行研究

認知言語学では生得的・自律的な文法が仮定されず，語彙と同様に記号ユニットとしての文法が扱われる．使用基盤モデルでは言語共同体において使用から規則が創出されることが想定されている（Langacker, 2000）．新しい事例の使用には，既存の規則に当てはまる場合と，既存の規則に合致せず逸脱する場合とがあるとされる．既存の規則に合致しない事例は頻繁に出現することで，既存の事例から抽出されるスキーマからの拡張事例として取り込まれ，定着が進むという．スキーマとは事例間の共通性を指す．逸脱した事例の出現によって拡張が起こることで，上位のスキーマが既存のスキーマと共存し，適宜必要な次元のスキーマが活性化されるという．本研究では新規的な派生形容詞を対象とした調査から，複層的な内部構造を成す形容詞の文法的な知識の構造を明らかにすることを目指す．

3. 調査

3.1 調査の対象

新規的な派生形容詞には名詞由来の語が多く見られるが，多様な新規語を分析の対象とするために，名詞以外の品詞から派生を果たした語も含めた 8 語を調査の対象とした（表 1）．名詞から派生したと考えられる語として，「キャパい」，「ラグい」，「レモい」，「クズい」を選出した．それぞれ英語からの借用名詞「キャパシティー」〈容量〉，「ラグ」〈時間的なずれがあること〉，「レモン」〈長楕円形で熟すと淡黄色になる，酸味のある果肉を持つ果実．その果実をつける木〉，また日本語名詞「クズ」〈切り離され無用なもの．また役に立たない人物〉から成ると考えられ，語頭から 2 拍を語幹に「い」が結合し形成されている．名詞以外の品詞から派生した語として，日本語オノマトペ副詞「バブバブ」から派生した「バブい」，英語の借用接辞から派生した「メタい」，英語形容詞 *emotional* から派生した「エモい」，動詞 *chill out* から派生した「チルい」を選出した．

表 1　調査対象の語

対象語	派生元の語	派生元の語の品詞
キャパい	キャパシティー	英語由来の借用名詞
ラグい	ラグ	英語由来の借用名詞
レモい	レモン	英語由来の借用名詞
クズい	クズ	日本語名詞
バブい	バブバブ	日本語副詞
メタい	メタ	英語由来の借用接辞
エモい	emotional	英語形容詞
チルい	chill out	英語動詞

なおX（旧 Twitter）の検索から連用形「[形容詞-語幹]くなる」，過去形，仮定形などの活用形に不足が見られることから，厳密には形容詞認定が待たれる語（北原, 2010）である．この点において本研究で観察しようとする用法定着の過程が観察できる可能性がある．

3.2 調査の方法

調査では対象とする語の新規性の度合いと，一項述語・二重主語文・ソウダ文に対する容認性評定を調べ，形容詞の使用基盤の複層的な内部構造を検討する．二重主語構文は「X は Y が Z」という文において，「X は」がガ格名詞句であるものと定義される．なお「X」と「Y」のガ格がハ以外の係助詞，副助詞に置き換えられるものも含まれる．尾上（2004）は事態に対する認識のし方に応じて，一つの文に二つの主語を取る現象を第一種二重主語文と第二種二重主語文に分類している．第一種二重主語文は「私は故郷がなつかしい」のように事態認識の中核項目と事態認識における着目点とが一致しない文だとしている．事態認識の基盤としての着目点主語が特別に求められ，それとは別の中核項目として第二主語が生起しているという．第二種二重主語文は「X は Y が Z」においてX の一部ないし一面である Y のあり方を語ることで X 自身のあり方を語る意味構造を持つ文だとされる．第二種二重主語文において X と Y の間には「X の Y」といえるような関係が成り立ち，全体と部分の関係を典型に，個体と所有物の関係など幅広く表される．表 2 のように X と「Y が Z」が主述関係をなす文を典型に，X と Z が直接的に主述関係を結び，Z の焦点として Y が意識される文などに広がりを見せる．本研究で刺激文として提示する二重主語文に対しては第一種二重主語文もしくは第二種二重主語文による解釈における容認性を評定していただくこととなる．

表 2　第二種二重主語構文の分類
（尾上・木村・西村, 1998 を参考に作成）

X-Z が主述関係	X･Y は全体・部分	X-YZ が主述関係	「X は Y」で通じる	
○	△	○	×	この壺は色が青い.
△	○	○	×	あの子は目がかわいい.
×	○	○	×	象は鼻が長い.
×	○	○	○	相撲は立会いがおもしろい.
×	△	△	○	辞書は新しいのが良い.

また形容詞は文法的な振る舞いの異なりから属性形容詞と感情形容詞のタイプに分類される．形容詞タイプを区分する基準に，西尾（1972）による属性形容詞に当てはまらず感情, 感覚形容詞に当てはまる項目 IV「あなた／あの人は〜そうだ. 感情（覚）の表れた様子」（西尾, 1972, pp.22-23）を援用する．なお「[形容詞-語幹]そうだ」は，心の様子を表す内部ソウダだけでなく，〈[形容詞] ように見える〉という外側の様子を表す外部ソウダの解釈も可能である．村上（2017）の手法に則り，内部ソウダであることを「([形容詞] と感じているように見える)」のように，文の解釈を刺激文に括弧書きで示し，「感じている」が入った解釈の容認性が高い場合に感情形容詞に判別する．

調査の手続きは次の通りである．2024 年 4 月に H 大学に所属する学生 30 名を対象に，個人のパソコンで Google form にアクセスし，分析対象の 8 語を知っているか，意味がわかると思うかをそれぞれ 7 段階で回答していただいた．また派生元の名詞の知識が活用されているかを確認するために，どのような意味だと思うか，自由記述で回答を求めた．その後 Google form から外部リンクにより PCIbex farm にアクセスし，図 1 のような画面から最大値 6 から最小値 0 で容認性を評定していただいた．刺激文は形容詞 8 語×名詞句 3 種×第一主語のみの一項述語文と第二主語も加えた二重主語

図 1　調査画面の一部

このゲームは解説がメタい。

文が日本語として不自然だと感じる場合は「0」を，日本語として自然だと感じる場合は「6」を，中間の場合は引っかかりの程度に応じて「1」〜「5」を選択してください。

日本語として不自然だ 0 1 2 3 4 5 6 日本語として自然だ

数字をクリックしてください。

文の 2 条件を適用した 48 文（表 3）（1ab）及び形容詞 8 語×ソウダ文解釈の 2 条件を適用した 16 文（1cd）をあわせた 64 文である．

(1) a. この仕事はキャパい．
b. この仕事は覚えることがキャパい．
c. 太郎はキャパそうだ．（太郎がキャパいように見える．）
d. 太郎はキャパそうだ．（太郎がキャパいと感じているように見える．）

参加者は 2 グループに分けられ，(2) のような 3 文の練習の後，刺激文がラテン方格法で分配され，1 回の回答に 32 文が割り当てられている．容認性評定の押し間違いをなくすために，回答ごとにスペースキーを押すことで次の文に進む手順を取り，調査画面が連続しない形で文を提示した．容認性評定平均を括弧で示す．

(2) a. この敵は雑魚い．（5.10）
b. この香水はギャルい．（2.53）
c. 先生は英語がペラい．（2.30）

3.3 調査の結果

調査の結果，対象の語が既知かを確認するアンケートは 30 名分が，容認性評定はラテン法格で分配されたグループごとに 11 名分と 19 名分が得られた．既知の程度と一項述語文・二重主語文に対する 7 段階の評定結果を図 2 のようにまとめる．ソウダ文解釈に対する容認性評定は表 4 に示す．

表 3　刺激文の組み合わせ

対象語	第一主語	第二主語
キャパい	この仕事	覚えること
	この人	作業量
	このゲーム	データ
ラグい	このゲーム	通信
	この人	話
	この仕事	進行
レモい	このジュース	風味
	このお酒	果汁
	この料理	香り
クズい	この人	性格
	このゲーム	ストーリー
	この仕事	やり方
バブい	この人	顔
	この写真	色味
	この人	髪型
メタい	このゲーム	解説
	この人	発言
	この仕事	視点
エモい	この写真	色味
	このゲーム	ストーリー
	この人	話
チルい	このジュース	風味
	このゲーム	ストーリー
	この写真	雰囲気

図 2　既知の程度と容認性評定の平均値

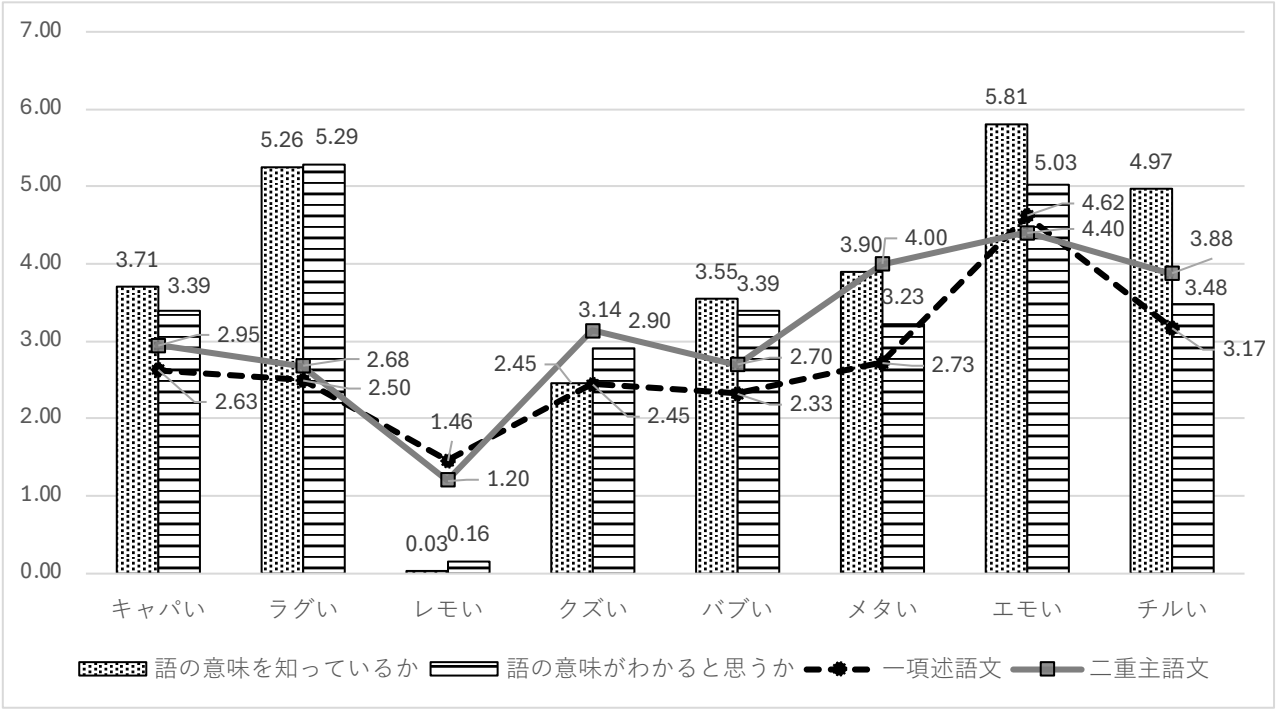


表4　ソウダ文解釈に対する容認性評定の平均値

対象語	外部ソウダ解釈		内部ソウダ解釈	
	M	*SD*	*M*	*SD*
キャパい	1.89	2.34	2.55	2.35
ラグい	1.09	1.93	1.21	1.76
レモい	0.09	0.29	0.11	0.31
クズい	4.37	2.16	2.27	2.56
バブい	1.82	2.17	2.58	2.11
メタい	1.16	1.66	1.27	1.42
エモい	1.27	1.60	2.32	2.13
チルい	2.79	1.99	1.64	2.01

「クズい」と「チルい」で外部ソウダ解釈が内部ソウダ解釈より 1 ポイント以上高く評定された.「クズい」と「チルい」以外では内部ソウダ解釈が外部ソウダ解釈より高く評定されたが, 1 ポイント以上差があったのは「エモい」のみであった.

4.　分析

本節では調査した派生形容詞の新規性の度合いと, 一項述語文と二重主語文に対する容認性評定の関係から, 形容詞の使用基盤となるスキーマ拡張について検討する. 調査の結果から, 未知語の形容詞に対しては二重主語文より一項述語の容認性が高く評定された.「レモい」の語義の自由記述では 30 名中 17 名が「レモン」に関連付ける記述を行っていた一方,「エモい」と関連付ける記述も 2 名分あったほか,「恥ずかしさを含んだ感情のことを指すと思う.」という感情に結び付ける回答が得られた. 容認性評定から未知語においては一項述語の文法的な知識が活性化していることが見て取れる. また既知語であっても「エモい」のように内部ソウダ解釈が外部ソウダ解釈より高く評定され感情形容詞に判別される語において, 一項述語文が二重主語文より容認性が高く評定された可能性がある. 使用基盤モデルを観点に取ると, 2 拍の語幹に「い」が結合する形容詞の新規事例に対して既存の規則を適合するにあたり, 一項述語文が二重主語文に比べて適合されやすく, 一項述語文から二重主語文へとスキーマ拡張が起こると考えられる. また二重主語文へのスキーマ拡張の起こりやすさには形容詞タイプが関係している可能性が「エモい」から見て取れた.

以上より, 形容詞のプロトタイプ的な用法が一項述語であるという記述研究を裏付ける結果が得られた. また新規語の定着にともない, 二重主語文の用法が獲得される過程が観察された.

5.　考察

本研究では「キャパい」などの新規的な派生形容詞を題材に, 形容詞の文法知識の構造について, 使用基盤モデルの枠組みから分析した. 対象の語に対する既知の程度, 一項述語文・二重主語文・ソウダ文の容認性について大学生 30 名から評定を得た. 既知語では二重主語文で, 未知語, また既知語であっても感情形容詞に判別される語では一項述語文で容認性が高く評定された結果から, 一項述語文からスキーマ拡張が起きていることを分析した. 本研究で実施した調査では調査協力者の新規語に対する知識が想定より豊富であり, 既知の程度が高かった. 既知の程度と一項述語文に対する容認性の関係を確認するために, 今後, 存在しない語を用いた調査を実施したい. またガ格以外の格助詞を題材にデータを拡充することも今後の課題である.

文献

川端 善明 (1976). 用言　宮地 裕・北原 保雄・渡辺 実・ 山口 佳紀・川端 善明・市川 孝・ 尾崎 知光・古田 東朔・奥津 敬一郎 (著)　岩波講座: 日本語6 文法I (pp. 169-217). 岩波書店

川端 善明 (1983a). 日本語文法提要 2 : 文の基本構造　日本語学, 2(2), 103-107.

川端 善明 (1983b). 日本語文法提要 3 : 文の構造と種類ー形容詞文ー　日本語学, 2(5), 128-134.

北原 保雄 (2010). 日本語の形容詞　大修館書店.

Langacker, R. (2000). A dynamic usage-based model. In M. Barlow & S. Kemmer (Eds.), Usage-based models of language (pp.1-63). CSLI Publications.

村上 佳恵 (2017). 感情形容詞の用法 : 現代日本後における使用実態　笠間書院

西尾 寅弥 (1972). 国立国語研究所報告 44 形容詞の意味・用法の記述的研究　秀英出版

尾上 圭介 (2004). 主語と述語をめぐる文法」尾上 圭介 (編) 朝倉日本語講座 6　文法 II (新装版) (pp.1-57). 朝倉書店.

尾上 圭介・木村 英樹・西村 義樹 (1998). 二重主語とその周辺　言語, 11, 90-108.

上原 聡 (2002). 日本語における語彙カテゴリー化について : 形容詞と形容動詞の差について　大堀 寿夫 (編)　認知言語学 II : カテゴリー化 (pp.81-103).　東京大学出版会

八亀 裕美 (2008). 日本語形容詞の記述的研究 : 類型論的視点から　明治書院

スピーカーの外見の違いは 新奇音によるタスク遂行への妨害効果を変える
The effect of speaker appearance on distracting a visual task caused by novel sounds

土橋 一斗 †，中島 亮一 ‡，大澤 正彦 †
Kazuto Dobashi, Ryoichi Nakashima, Masahiko Osawa

† 日本大学，‡ 京都大学
Nihon University, Kyoto University
chka24009@g.nihon-u.ac.jp

概要

聴覚刺激が毎試行出力されている環境下で視覚刺激を判別するタスクにおいて，稀に新奇音が出力されると視覚刺激への反応が遅延する．本研究では音の出力元の外見を変えることにより，新奇音によるタスク遂行への妨害効果が異なるかを調査した．数字の偶奇判断タスクにおいて，ロボットの外見をしたスピーカーの場合では新奇音による妨害効果が引き起こされなかった．このことから，スピーカーの外見により音への印象が変化し，妨害効果の緩和が引き起こされたと考えられる．

キーワード：視覚タスク， 新奇音， スピーカーの外見， 妨害効果， IES (Inverse Efficiency Score)

1. 背景

電話の受信音が鳴るオフィス，話し声や BGM が聞こえてくるカフェなど，音が存在する環境下で作業を行う場面は日常の中で多く存在する．このような日常の中で聞こえてくる音は，人間が行っている作業やタスクのパフォーマンスにどう影響を与えているのか．

ある視覚タスクの遂行中に，そのタスクに関連のない聴覚刺激（音）を提示すると，そのタスクのパフォーマンスが変わる．視覚刺激とほぼ同時に呈示された聴覚刺激は，無音時と比べて視覚タスクのパフォーマンスを促進させる (Hackley & Valle-Inclán, 1999)．逆に，聴覚刺激が人間の注意をひきつけ，一時的に視覚タスクのパフォーマンスを低下させる場合もある．聴覚刺激が毎試行出力されている環境下で，モニターに呈示される視覚刺激を判別するタスクにおいて，稀に新奇音が出力されると反応時間が長くなる (Escera, Corral, & Yago, 2002; SanMiguel, Linden, & Escera, 2010)．本研究では聴覚刺激よるタスクへの妨害効果について注目する．

Dominguez-Borrás, Garcia-Garcia, and Escera (2008) は，聴覚刺激が毎試行出力される状況で，モニターに出力された 2 枚の画像が，同じ画像か異なる画像かを判断するタスクを用いて, 新奇音が出力された際のタスクへの妨害効果を調べた．使用された画像は中立な印象のもの，否定的な印象を想起させるものであった．結果，新奇音によるタスクへの妨害効果は，中立な印象の画像が呈示された際と比べて，否定的な印象を想起させる画像が呈示された際に顕著であった．否定的な印象を参加者に与えることで新奇音による妨害効果が強化されたと考えられる．では新奇音自体の印象が異なると，新奇音によるタスクへの影響に変化が生じるのだろうか．

小松・山田 (2008) は，音に対するユーザーの解釈が，音の発生源の外見によって変わるかを検討した．具体的には，ポジティブまたはネガティブと評価された人工音をそれぞれ 4 種類用意し，それらを外見の異なる出力元から出力させた際の印象を調べた．音の出力元の外見は，ノート PC，MindStorms（ブロック型のロボット），AIBO（犬型のロボット）であった．その結果，ノート PC の外見条件ではポジティブな音はポジティブに，ネガティブな音はネガティブだと評価された．一方で，2 種類のロボットの外見条件ではポジティブと設定された人工音も，ネガティブと推定されやすくなった．これは，ロボットの外見から予期できないような音が出力されると，エラーが生じたと認識されることが原因だと考えられている．

先行研究 (Escera et al., 2002; Dominguez-Borrás et al., 2008; SanMiguel et al., 2010) では，音をヘッドホンから出力し，新奇音によるタスクへの妨害効果を調べていた．本研究では，参加者が視認できるスピーカーを用いて，スピーカーの外見を変えることで音の印象を変える．それにより新奇音によるタスクへの妨害効果が音の印象により変化するかを調べる．本研究は，定常的に音が出力される中で稀に新奇な音が出力される環境下での視覚タスク遂行において，(1) 音の出力元がヘッドホンではなくスピーカーでも，新

奇音によるタスクへの妨害は起こるのか，(2) 音の出力元の外見で新奇音によるタスクへの妨害効果が異なるのかを調査する．定常的に出力されている標準音出力時と新奇音出力時のタスクパフォーマンスを比較し，新奇音出力時のパフォーマンスが標準音出力時よりも低かった場合に新奇音による妨害効果が引き起こされたとする．

2. 実験 1

2.1 実験手続き

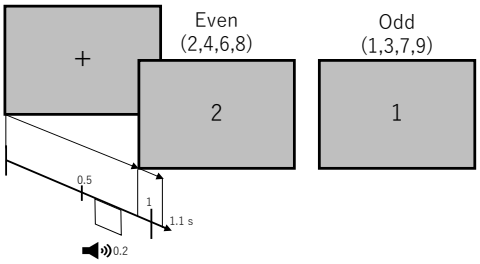


図 1 刺激提示順序

先行研究 (SanMiguel et al., 2010; Escera et al., 2002) を参考にタスクを設計した．視覚刺激として 1 桁の数 (1,2,3,4,6,7,8,9) をモニターに呈示し，実験参加者はその呈示された数が偶数か奇数かを判断した．1 試行の刺激提示順序を図 1 に示す．各試行では，スピーカーから聴覚刺激が 200ms 間出力され，その 100ms 後に視覚刺激が 200ms 呈示された．参加者はテンキーの 4 キー，6 キーをそれぞれ右手の人差し指，中指で押して反応した（刺激とキーの対応関係はカウンターバランスした）．視覚刺激呈示後 800ms までの反応を受け付けた．実験中，全試行の 80% の割合で 600Hz（標準音），20% の割合で 700Hz（新奇音），それぞれ約 75db のビープ音を出力した．実験は 3 つのブロック（各ブロック 80 試行．各ブロックの初めの 4 試行は標準音を出力した）行った．ブロック間に 1 分間以上の休憩を挟んだ．その後任意のタイミングで次のブロックを開始することができた．実験前には，ビープ音の出力がない練習の試行が 10 回行われ，参加者は正答率が 70% を超えるまで練習を繰り返した．

実験では，一般的な丸型のスピーカー（Creative 製の PebbleV3）とロボット型のスピーカー（川崎・大澤・今井・長田 (2017) が開発したロボット）を使用した．それぞれの外見を Normal 条件，Robot 条件とする（図 2）．参加者にはビープ音がスピーカーから出力されると教示することで，音の出力元を認識させた．ただし，スピーカーの種類による音質の違いを出さないために，実際に音が出力されるスピーカーを各外見条件のスピーカーの後ろに配置し，参加者から見えないようにパーテーションで隠した．

Normal 条件　　Robot 条件

図 2 スピーカーの外見

正常な視力または矯正視力とスピーカーからの音を聞くのに十分な聴力をもち，利き手が右である 38 名（18 ~ 29 歳．うち女性 19 名）が参加した．実験参加者はスピーカーの外見条件にランダムに割り当てられた．本試行の正答率が 70% 以下だった男性 1 名，実験環境の不備で女性 1 名のデータを無効とし，Normal 条件に 18 名（うち女性 10 名），Robot 条件に 18 名（うち女性 8 名）のデータを分析対象とした．

2.2 分析方法

反応時間 (本研究では，単位は ms を用いる) を正答率で割ることで算出される Inverse Efficiency Score(Bruyer & Brysbaert, 2011) の分析を行う（以降 IES とする）．IES の値が大きいほどパフォーマンスが低い．これにより，速さと正確さのトレードオフが生じていたとしても，それを考慮しパフォーマンスを比較できる．

スピーカーの外見（Normal，Robot）を参加者間要因，出力音の種類（標準音，新奇音）を参加者内要因とする 2 要因混合計画の分散分析を行う．先行研究にならい，新奇音が出力された試行の次の試行は標準音を出力し，その試行のデータは分析から除外した．

2.3 結果と考察

分散分析の結果，IES についてスピーカーの外見と音の種類で交互作用が認められた ($F(1, 34) = 5.393, p = 0.026$)．Normal 条件では，新奇音時の IES が標準音時よりも増加した (ただし有意傾向．標準音：549, 新奇音：565, $p = 0.067$). また，Robot 条件では，音の種類の単純主効果が有意でなかった (標準音：544, 新奇音：533, $p = 0.200$).

実験 1 では Normal 条件で，先行研究と同様の傾向，つまり新奇音によるタスクへの妨害効果の傾向が確認された (Escera et al., 2002)．一方，Robot 条件では新奇音による妨害効果は確認されなかった．

本研究で使用したロボットの外見について，福田らは印象評価アンケートを実施している (福田他, 2019). そのアンケート項目の 1 つ「電子音を出せそう」において，高い評定値であった．その他の項目「頭を撫でたい」,「抱きしめたい」といったアトラクティブ要因においても同様に高い評定値だった．このことから，本研究で用いたロボットは，電子音が出力されても違和感を与えず，かつロボットとしてポジティブな印象を感じさせる外見だと考えられる．ロボットとしてのポジティブな外見，外見と出力された音声との一貫性があったことが妨害効果の緩和した可能性が考えられる．この点に関しては，総合考察でさらに議論する．

本研究ではタスクパフォーマンスの指標として IES を用いた．しかし，その内訳を見てみると，反応時間について，スピーカーの外見条件とビープ音の種類の主効果，交互作用が認められなかった (Fs< 1, ps> 0.400)．SanMiguel et al. (2010) では新奇な音により反応時間が長くなると報告されている．これは，各参加者のベースとなる反応時間が先行研究と本研究で異なっていたからかもしれない．SanMiguel et al. (2010) の実験の平均反応時間（標準音：405~420ms 程度 新奇音：415~430ms 程度）よりも，本実験の平均反応時間（標準音：491~495ms 程度 新奇音：490~500ms 程度）が長かった. つまり 800ms という制限時間のために，実験 1 では新奇音による妨害が生じたとしても反応時間が長くなりにくかった可能性がある．そこで実験 2 では，平均反応時間がより短くなるであろう，難易度の低いタスクを用いる．具体的には，画面に円か正方形を表示し，その図形自体の判断タスクを行う．実験 1 の偶数奇数判断では表示された数字がどちらのカテゴリに当てはまるかを考えて反応する必要があるのに対し，実験 2 では図形そのものに対して反応すればよい．そのため，実験 2 の難易度は実験 1 よりも低いと想定される．

3. 実験 2

3.1 方法

実験 2 は，以下の点を除いて実験 1 と同じであった．タスク内容をモニターに呈示された図形（円，四角）に対し，呈示された図形がどちらであるかを判断した．また，実験 1 では 3 ブロックで実験を構成していたが，実験 2 では 4 ブロックで構成した．

実験 1 に参加していない 37 名（18 ~ 29 歳．うち女性 12 名）が参加した．全員が，正常な視力または矯正視力とスピーカーからの音を聞くのに十分な聴力をもち，利き手が右であった．参加者はスピーカーの外見の各条件にランダムで割り当てられた．実験環境の不備で男性 1 名のデータが無効となり，Normal 条件に 18 名（うち女性 6 名），Robot 条件に 18 名（うち女性 6 名）のデータを分析対象とした．

3.2 結果と考察

分散分析の結果，IES について外見条件と音の種類で主効果，交互作用が認められられなかった (*Normal* 条件標準音 : 391, 新奇音 : 389; *Robot* 条件標準音 : 380, 新奇音 : 384, Fs< 1.13, ps> 0.29).

実験 2 の平均反応時間は Normal 条件における標準音試行では 366ms，新奇音試行では 368ms，Robot 条件における標準音試行では 362ms，新奇音試行時では 364ms となり，実験 1 よりも短いことが確認できた．しかし，実験 2 では Normal 条件，Robot 条件どちらにおいても新奇音による妨害効果は確認されなかった．このタスクは難易度が低すぎたために，外見条件に関わらず，そもそも新奇音による妨害効果は起きなかった可能性が考えられる．逆に言えば，新奇音によるタスクへの妨害効果が生じるためには，単純なタスクであるといってもある程度の難易度が必要なのかもしれない．

4. 総合考察

本研究では，定常的に音が出力される中で稀に新奇な音が出力される環境下での視覚タスク遂行において，音を出力するスピーカーの外見で，新奇な音によるタスクへの妨害効果に違いがあるかを調査した．その結果，偶奇判断のようなある程度の難易度のタスクの場合，スピーカーの外見がロボットであることで新奇音によるタスクへの妨害効果が緩和される可能性が示唆された．これはロボットの外見によりスピーカーが擬人化され，出力音に意図を感じたことにより生じたと考えられる．すなわち，聴覚刺激による視覚タスクへの影響は，その聴覚刺激の出力元が何であるかという認識によって変わりうると考えられる．

人工物の外見や振る舞いによって，人工物が人間や生物と同じように扱われることがある (Reeves & Nass, 2001)．その際，ロボットのような人工物に対する感情や知性があるという認識を促し，その認識により人間とロボットのインタラクション向上につながる (Jeon, 2021)．感情や知性があると認識される，いわば「心を持つ」といた人間的特徴が帰属されやすくなることで，共同行動タスクのパフォーマンスが向上すると報告されている (Wiese, Metta, & Wykowska, 2017). ロボットの存在によるタスクへの効果について，作業中に他者が近くにいることで行っている作業のパ

フォーマンスが向上する社会的促進が考えられる (磯崎, 1979). 打谷・西崎 (2021) は，スピーカーに内蔵された AI が自律的に判断して音を出すと教示することで，そのスピーカーにエージェント性を持たせた．その結果，スピーカーに対して人間と同様に社会的存在として認識され，共同サイモン効果が生起されると報告している．本実験においても，スピーカーが社会的存在と認識されることにより，新奇音におけるタスクへの妨害効果を緩和させたのではないか．しかし，Robot 条件時の標準音出力時のタスクパフォーマンスは，Normal 条件時と比べて差異はなかった．社会的促進が引き起こされた場合，全体的にタスクパフォーマンスの促進が生じると考えられる．そのため，本研究の結果は社会的促進だけでは説明できない．

人間は一般に，他の人間や動物などに近い外見のエージェントに対し，擬人化する傾向がある (山田, 2007)．エージェントが擬人化されることにより，ユーザはエージェントに生物性（animacy) を感じ，エージェントに対し心的状態（例えば，意図）の推定を行うようになる (Heider & Simmel, 1944)．このことから，本研究における robot 条件では，スピーカーに心があると想定されることにより，発せられた音自体が単なる設計された音ではなく，何らかの意図のある音と認識されたのかもしれない．定常的に出力される標準音の中で稀に新奇音が出力された際，参加者はスピーカーが自身に対して「次集中して」,「がんばれ」など，何らかの意図を持った合図を出したと捉えたのかもしれない．その結果，新奇音出力時の試行では妨害効果と促進効果の両方が働き，タスクパフォーマンスへの影響が見られなくなった可能性が考えられる．

本研究は，定常的に音が出力される中で稀に新奇な音が出力される環境下での認知負荷の低すぎないシンプルな視覚タスク遂行において，新奇音による妨害効果が引き起こされる．それに対し，音を出力するスピーカーの外見により新奇音への印象が変化することで，新奇音による妨害効果が変わることを示唆した．認知負荷の低すぎないシンプルな視覚タスク遂行において，新奇音による妨害効果が引き起こされるが，スピーカーにエージェント性を与えること（スピーカーの使用者にそのように感じさせること）により妨害効果を解決させるかもしれない．

文　献

Bruyer, R., & Brysbaert, M. (2011). Combining speed and accuracy in cognitive psychology: Is the inverse efficiency score (IES) a better dependent variable than the mean reaction time (RT) and the percentage of errors (PE)?. *Psychologica Belgica*, *51*, 5–13.

Dominguez-Borrás, J., Garcia-Garcia, M., & Escera, C. (2008). Negative emotional context enhances auditory novelty processing. *Neuroreport*, *19* (4), 503–507.

Escera, C., Corral, M.-J., & Yago, E. (2002). An electrophysiological and behavioral investigation of involuntary attention towards auditory frequency, duration and intensity changes. *Cognitive Brain Research*, *14*, 325–332.

福田 聡子・澤田 志織・川崎 邦将・奥岡 耕平・大澤 正彦・長田 茂美・今井 倫太 (2019). 適応ギャップ理論を拡張したインタラクションデザインの提案　HAI シンポジウム.

Hackley, S. A., & Valle-Inclán, F. (1999). Accessory stimulus effects on response selection: Does arousal speed decision making?. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11* (3), 321–329.

Heider, F., & Simmel, M. (1944). An Experimental Study of Apparent Behavior. *The American Journal of Psychology*, *57* (2), 243–259.

磯崎 三喜年 (1979). 社会的促進を規定する要因の実験的研究　*THE JAPANESE JOURNAL OF EXPERIMENTAL SOCIAL PSYCHOLOGY*, *19*, 49–60.

Jeon, M. (2021). Turning HART into HEART: Human Emotional AI/Robot Teaming. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, Vol. 65, pp. 1044–1048.

川崎 邦将・大澤 正彦・今井 倫太・長田 茂美 (2017). 認知的制約付き擬人化キャラクターに着目したコミュニケーションロボットの設計と開発　第 6 回汎用人工知能研究会.

小松 孝徳・山田 誠二 (2008). エージェントの外見の違いがユーザの態度解釈に与える影響 – 外見の異なるエージェントからの同一人工音の提示実験　知能と情報 (日本知能情報ファジー学会誌), *20* (4), 500–512.

Reeves, B., & Nass, C. I. (2001). 人はなぜコンピュータを人間として扱うか「メディアの等式」の心理学　翔泳社.

SanMiguel, I., Linden, D., & Escera, C. (2010). Attention capture by novel sounds: Distraction versus facilitation. *European Journal of Cognitive Psychology*, *22*, 481–515.

打谷 拓巳・西崎 友規子 (2021). AI スピーカーの主体性に関する認識が信頼度変化に及ぼす影響　情報処理学会関西支部支部大会公演論文集.

Wiese, E., Metta, G., & Wykowska, A. (2017). Robots as Intentional Agents: Using Neuro scientific Methods to Make Robots Appear More Social. *Frontiers in Psychology*, *8*.

山田 誠二 (2007). 人間とロボットの＜間＞をデザインする　東京電気大学出版局.

動詞の屈折形の産出における形態的一般化 ―第二言語としての日本語のスルで終わる動詞について― Morphological generalization in producing verb inflectional forms —About verbs with *suru* ending in Japanese as second language—

中野 陽子[†]，吉井 雄樹[‡]，常 笑[‡]
Yoko Nakano, Yuki Yoshii, Sho Jo
[†]関西学院大学，[‡]関西学院大学大学院，[‡]西安電子科技大学
Kwansei Gakuin University, Graduate School of Kwansei Gakuin University, Xidian University
y-k.nakano@kwansei.ac.jp, gzm01569@kwansei.ac.jp, xiaoaojiao@163.com

概要

形態的一般化のメカニズムとして，主に規則演算型と連想記憶型が提唱されている．後者は類似性の影響を受けやすい．本研究は，日本語の Group III のサ行変格活用動詞（～する）と Group I の動詞のうち，基本形がサ変動詞との類似度が異なる実在動詞と新造動詞を刺激として，その意向形の誘発産出課題を、日本語母語話者と学習者に実施した．その結果，母語話者にも学習者にも類似性の効果は見られず，規則演算型メカニズムの適用が示唆された．

キーワード：形態的一般化，日本語，動詞，意向形，サ行変格動詞

1. はじめに

1.1 産出における形態的一般化のメカニズム

ひとは，与えられたデータの中から規則や制約やパターンを見つけて一般化し，新規の言語データに適用する能力を持っている．動詞の屈折形の産出のような形態素に関するレベルでも一般化（形態的一般化）をする能力が観察されている(Pinker, 1999)．そのメカニズムとして規則演算型と連想記憶型が提唱されている．規則演算型メカニズムは，屈折形は動詞への規則の適応によって産出されるとする(Hale, 2001)．例えば，英語の新造動詞 ploamph の過去形 ploamphed は規則を適用して形成される．一方、連想記憶型メカニズムは，既存の動詞の頻度や新造動詞の類似性に基づく類推によって産出されるとする(Rumelhart et al., 1986)．英語の新造動詞 spling の過去分詞 splung は既存の英語の動詞と過去分詞の ring-rung や sing-sung から類推して形成され，頻度の高い既存語はより生産性が高いとされる(Bybee, 1995)．二つのメカニズムの大きな違いは，規則演算型メカニズムは類似性の影響を受け難いが，連想記憶型メカニズムは類似性の影響を受けやすい点にある．また規則演算型と連想記憶型メカニズムの両方が機能しているとする二重メカニズムモデルも提唱されている．Pinker (1999)は，規則動詞には規則演算型メカニズムによってデフォルト規則（「-ed を付加せよ」）が適用されて活用形が産出され，不規則動詞には連想記憶型メカニズムが適用されるとする．屈折形の産出のメカニズムの先行研究では，wug テスト(Berko, 1958)または産出誘発課題と呼ばれる課題が多く使われてきた．この課題では，実験参加者に数文からなるテキストを提示し，たとえば，その中に基本形と空欄を埋め込んでおき，文脈に合うように空欄を補充してもらうことによって，自然に活用形の産出が促されるようになっている．

類似性の効果の有無によって，形態的一般化に働いているメカニズムが分かるため，先行研究の中には，既存の動詞と類似した新造語を作成し，その活用形に類似性の効果が認められるかを調べているものがある．Michon & Nakipoğlu (2020)は，膠着語であるトルコ語で既存の動詞への類似性が３段階で異なる新造語を作成し、産出誘発課題を用いて，超越形（aorist）の産出を調べた．その結果，類似性の効果は弱く，最も規則的なパターンを示す動詞とその超越形に強い選好を示したため，規則演算型メカニズムが働いているとしている．Uygun, et al. (2023)もトルコ語の超越形の産出について産出誘発課題を用いてトルコ語母語話者と継承言語話者について調べたところ，トルコ語母語話者について同様の結果となっている．

1.2 日本語の動詞に関する研究

日本語の動詞は Group I, Group II, Group III に分類され，Group I が一番大きく，Group II が二番目に大きい Fushimi (2005)．Group III には「する」と「くる」が属する．二重メカニズムモデルのデフォルト規則は最も大きなグループの規則であるので，日本語の動詞にデフォルト規則があるのなら，Group I の規則がデフォル

トと考えることができる．一方，Group III は数種類ある活用形が産出される際，語幹の母音の音韻変化等に規則性を見出しにくく，不規則動詞に分類されるが，名詞に付加され軽動詞として機能するため，非常に生産性が高い (野村, 1999).「する」で終わる動詞は Group I にも Group III にもある（基本形－意向形：Group I 刷る―刷ろう，Group III 勉強する―勉強しよう）．語末の二拍が「する」，または類似した動詞の活用にはどちらの活用パターンが適用されるのか，英語の規則動詞と不規則動詞の過去形の産出に基づいて研究されてきた形態的一般化のメカニズムが，そのまま日本語の規則動詞である Group I と不規則動詞である Group III の動詞に適用できるかどうかは分からない.

産出誘発課題を用いた母語としての日本語に関する先行研究の結果は分かれており，結果の違いの原因は，刺激語の数や産出を求める活用形の種類と数，課題の違いなど，複数あると考えられる．Vance (1991) と Klafehn(2003)では，刺激語は hoku, homu, muru, paku の４つのみであり，複数の活用形について，それぞれ４つの選択肢を示し，実験参加者に選んでもらっている．Batchelder & Ohta (2000)は基本形の新造動詞で語幹が２拍で *o* または *i* で終わり，そのあと「る」または「する」が付く語の基本形と，そのほかに否定形または過去形を聴覚提示し，その否定形または過去形で刺激になかった方の形を産出する課題であった．上記３つの研究のいずれも，誤答率が高かったことから，高い誤答率は記憶にない新造語の活用形を産出したためとし，連想記憶型メカニズムを支持する．Fishimi (2002)は Group I の実在動詞と新造動詞を Group II の動詞への類似度で分類した．類似度が高くなると，Group II の活用形が増えたため連想規則型メカニズムが支持されるとしている．ただし全体の Group I と Group II の活用形の産出率は 75%と 5%であり，圧倒的に Group I の活用形が多く全体の産出率からは規則演算型メカニズムが適用された可能性が推測できる.

Oseki et al. (2019)は子音語幹動詞の基本形から過去形の産出と過去形から基本形への産出の双方向を調べ，規則演算型メカニズムに基づくアプリによる機械学習 (Albright & Hayes, 2003)の結果との相関を調べた．過去形→基本形は機械学習の出力と強い相関があったが基本形→過去形での相関は弱かった．このような結果は，基本形→過去形の方が，過去形→基本形よりも音韻変化が複雑であるため，処理の負荷が大きいことの反映であることが考えられる．一方, Nakano (in press)は Group III のサ行変格動詞への類似度が異なる Group I の子音語幹動詞とその新造動詞を刺激として類似性を変えた実在動詞と新造動詞を刺激として，意向形産出誘発課題を日本語母語話者を参加者として実施したところ，類似性の効果が見られず，Group I の動詞の意向形が多く産出され，規則演算型メカニズムが支持された.

日本語学習者について，Group III のサ行変格動詞への類似度が異なる Group I の子音語幹動詞とその新造動詞を刺激として，誘発産出課題を実施した研究はまだない. そこで本研究では，どのようなメカニズムが第二言語としての日本における形態的一般化に寄与するのかについて調べた.

2. 実験

2.1 参加者

参加者は，日本語母語話者 40 名（平均年齢 41.65 歳, M 22 名, F 18 名）と中国語が母語の日本語学習者 23 名（平均年齢 26.5 歳, M 16 名, F 8 名）であった．日本語母語話者のデータは比較のため Nakano (in press)のものを使用した.

2.2 刺激

連想記憶型メカニズムで新造語の屈折形が産出されるなら，既知語との類似性に対応することが予測されるが，規則演算型メカニズムは類似性に関係なく一定の形が産出されることが予測される．そこで，刺激として（表 1）Group I の動詞で Group III のサ行変格動詞「～する」との類似度が音素数の上で異なる新造動詞 80 語を作成した．動詞の種類は基本的に辞書形の最後の二拍の音素構造（$C_1V_1C_2V_2$：C は子音，V は母音）で見分けることができるが，Group I の動詞で Group III の「～する」/suru/の 4 つの音素のそれぞれと，同じ位置で 1 個から 4 個までの被り（下線部）があり，（1 個：書く /kaku/，２個：割く /saku/，３個：去る/saru/，4 個：刷る /suru/），類似度が異なる語がある．また Group I の実在動詞で類似度が異なる，高頻度と低頻度の実在語 108 語も刺激語とした．刺激語は 2 文で構成されたテキスト（図１）に埋め込まれ，インターネット上で動作するプログラムを通して提示された．１文目には刺激語の辞書形が提示された．２文目に下線部があり，刺激語の意向形をひらがなで入力するよう求められた.

表１　「～する」との類似度が異なる Group Ⅰの実在動詞と新造動詞の例

語尾二拍が「～する」と被る音素数	実在動詞		新造動詞
	基本形	意向形 (平仮名)	基本形
1	書く *kaku*	かこう	くおす *kuosu*
	割く *saku*	さこう	うそく *usoku*
2	剥く *muku*	むこう	ぎぬむ *ginumu*
	狩る *karu*	かろう	せとる *setoru*
	去る *saru*	さろう	おむる *omuru*
3	漉く *suku*	すこう	すそる *susoru*
	繰る *kuru*	くろう	いすぶ *isubu*
4	刷る *suru*	すろう	うする *usuru*

注, ローマ字の下線部は「する *suru*」の 4 つの音素と同じ位置で被る音素を示す.

お酒を「こやる」ことができます。
朝はコーヒーを____と思っています。

図１　テキストの例

2.3　結果の予測

もし日本語の動詞の活用形産出に，連想記憶型メカニズムが働いているならば，基本形が Group III のサ行変格動詞の語尾二拍「～する」への類似度が上がるにしたがって，つまり，語尾二拍が「～する」と被る音素数が多くなるにしたがって，Group III の活用の適用を示す「～よう」の語尾が増えると予測される．一方，規則演算型メカニズムが働いているならば，語尾二拍が「～する」と被る音素数に表される類似度の変化によって「～よう」の産出率は変わらず，日本語の動詞の中で最も数が多い Group I の意向形の語尾を持った「～(お)う」が多く産出されると予測される.

3.　結果と考察

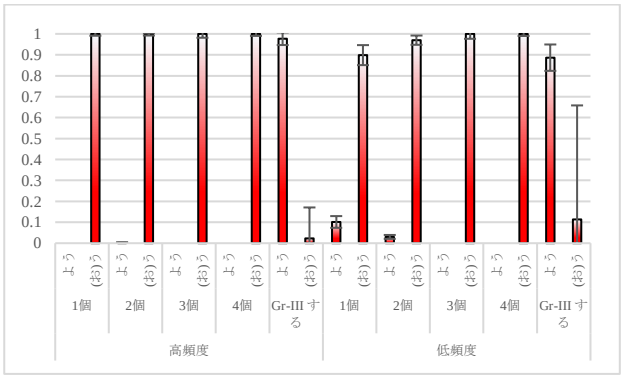
産出された語は「よう」(例，たべよう)，または「(お) う 」(例，かこう)，そのほかの語尾を持つ 3 種類に分けられた．そのほかの語尾は全体の 1%未満であったため，「よう」と「(お)う」の語尾を持つ回答のみを分析対象とした．平均の産出率を図２～図４に示す.

一般化線型ロジスティック回帰モデルによって分析を行った．実在語の固定要因は，話者（母語話者群と学習者群）と音素の被り数（１個～４個）と頻度（高頻度・低頻度）で，新造語は，話者（母語話者群と学習者群）と音素の被り数（１個～４個）であった．ランダム要因は参加者と刺激で，ランダム切片とランダム傾きを含むモデルで収束したもののうち，最大のものを選んだ．下位分析は最小二乗法を実施した.

その結果，実在語は主効果の話者と音素の被り数が有意であったが，頻度や交互作用は有意ではなかった．下位分析は，音素の被り数が１個と２個の時，母語話者の方が学習者より多く「よう」で終わる語を産出した．学習者群では，音素の被り数が４個のとき，有意に多く「よう」で終わる語が音素の被り数が３個のときよりも多く産出された.

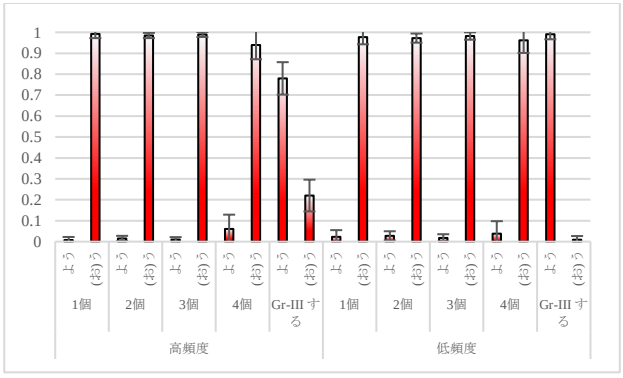
新造語は，主効果の話者と，話者と音素の被り数の交互作用が有意であった．話者や音素の被り数に関係なく，Group I の意向形を示す「(お)う」で終わる語が Group III の意向形を示す「よう」で終わる語より多く産出された．下位分析は，音素の被り数が 4 個の時，音素の被り数が 1 個から３個までに比べて，Group III の意向形の語尾を持つ語が有意に多く産出されたが，1 個から３個の条件間に有意な差は見られなかった．また，母語話者群も学習者群も「(お)う」で終わり Group I の意向形の語尾を持つ語を，「よう」で終わる Group III の意向形の語尾を持つ語よりも有意に多く産出した．さらに，音素の被り数が４個のとき，学習者群の方が母語話者群よりも多く「よう」で終わる Group III の意向形の語尾を産出した.

音素の被り数に表される類似性の効果は，日本語母語話者でも日本語学習者でも見られなかったこと，また，新造動詞の語尾が「する」である場合のみ，「よう」の語尾を持った意向形がほかの条件よりも有意に多く産出され（図４）, Group III の活用パターンが適用されたことが示されたが，そのほかの条件では「(お)う」の語尾を持った意向形が「よう」の語尾を持った意向形よりも有意に多く産出され，天井効果を示していることから，Group I の活用規則がデフォルトとして意向形産出に適用されたと推測される．このような結果は，日本語学習者にも規則演算型メカニズムが働いている可能性を示唆している.



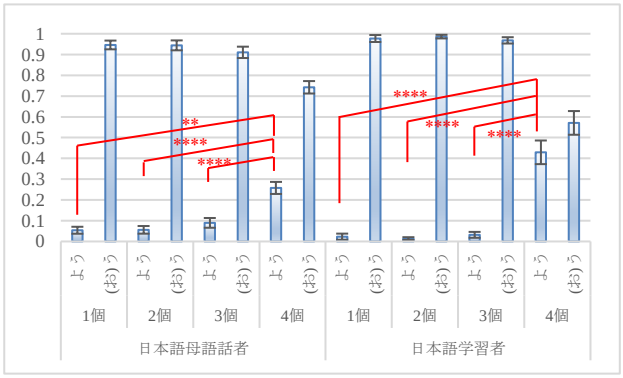
エラーバーは95%信頼区間を示す.

図２　被り音素数による日本語母語話者の実在動詞の意向形産出率



エラーバーは95%信頼区間を示す.

図３　被り音素数による日本語学習者の実在動詞の意向形産出率



エラーバーは95%信頼区間を示す. **: p<0.05, ****: p<0.001

図４　被り音素数による日本語母語話者と学習者の新造動詞の意向形産出率

4.　おわりに

上記の結果では類似性の効果はみられなかった．このような結果は規則演算型メカニズムが母語にも学習対象言語にも適用される可能性を示唆している．

5.　謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K00492（代表：中野陽子）の助成を受けたものです.

文献

Albright, A. & Hayes, B. (2003) Rules vs. analogy in English past tenses: A computational/ experimental study. *Cognition* 90(2), 119-161.

Batchelder, E. O., & Ohta, A. (2000) Rule vs. rote in Japanese verb inflection. *LACUS Forum XXVI*, 55-66. https://archive.org/details/lacus26-new/page/n55/mode/2up

Berko, J. (1958) The Child's Learning of English Morphology, *Word* 14(2-3), 150-177, DOI: 10.1080/00437956.1958.11659661

Bybee, J. L. (1995) Regular morphology and the lexicon. *Language and cognitive processes* 10(5), 425-455.

Fushimi, T. (2002) *Doshikatsuyo ni okeru katsuyogata ikkansei no koka [The effect of consistency of verb conjugation patterns]*. The 5th Ninchi Shinkeigaku Kenkyūkai, Nagoya University, Japan. http://cnps.umin.jp/pastcnp/PDFs2002/Fushimi.pdf

Fushimi, T. (2005) Go no bunpō to sono shōgai-nijōsisutemukasetsu to tan'itsu sisutemu kasetu no tairitsu [Lexical grammar and its impairment—the dual system model v.s., the single system model]. In ed. Sasanuma, Sumiko, *Gengo komyunikēshon shōgai no atarasii siten to kainyū riron* [A new perspective and theory on impaired language communication]. *Koji no kino kenkyu* [*Higher Brain Function Research*], *12* (2). Igakushoin, Tokyo. pp. 157-182.

Hale, J. (2001) "A probabilistic earley parser as a psycholinguistic model", Proceedings of the Second Meeting of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics on Language and Technology, pp. 1-8. DOI: https://doi.org/10.3115/1073336.1073357

Klafehn, T. (2003) *Emergent properties of Japanese verbal inflection*. (No. 4350) [Doctoral dissertation, University of Hawai'i at Manoa.] http://hdl.handle.net/10125/6864

Michon, E. & Nakipoğlu, M. (2020) Rule-based vs. similarity-based generalization: An experimental study on the Turkish Aorist. *Mediterranean Morphology Meetings* 12, 54-63.

Nakano, Y. (in press). Similarity effect in morphological generalization—through the volitional form elicited-production task of Japanese verbs with *suru* ending. Journal of Japanese Linguistics.

野村雅昭(1999) 森田良行教授古稀記念論文集刊行会（編） 日本語研究と日本語教育　pp.1-23　明治書院

Oseki, Y., Sudo, Y., Sakai, H. & Marantz, A. (2019) Inverting and Modeling Morphological Inflection, Proceedings of the 16th Workshop on Computational Research in Phonetics, Phonology, and Morphology (SIGMORPHON), 170-177.

Pinker, S. (1999) Words and rules: The ingredients of language. Basic Books.

Rumelhart, D. E., McClelland, J. E. & PDP Research Group. (1986) *Parallel distributed processing*, *Volume 1: Explorations in the microstructure of cognition: Foundations*. The MIT Press. DOI: https://doi.org/10.7551/mitpress/5236.001.0001

Uygun, S., Schwarz, L. & Clahsen, H. (2023) Morphological generalization in heritage speakers: The Turkish aorist. *Second Language Research* 39(2). 519-538.

Vance, T. J. (1991) A new experimental study of Japanese verb morphology. *Journal of Japanese Linguistics* 13. 145-166.

Zehr, J., & Schwarz, F. (2018) PennController for Internet Based Experiments (IBEX). https://doi.org/10.17605/OSF.IO/MD832

オンラインコミュニケーションにおけるアバターの表情の差異が、課題遂行に与える影響

The Impact of Avatar Expression Variability on Task Performance in Online Communication

斉藤　有利奈[†]，新垣 紀子[‡]
Yurina Saito, Noriko Shingaki
[†]成城大学大学院修了，[‡]成城大学
Graduated from the Graduate School of Innovation and Social Studies, Seijo University[†], Seijo University

概要

オンラインコミュニケーションにおける対話の活性化と遠隔共同作業のパフォーマンス向上を目的とし、ビデオ通話ツールを用いた新しいコミュニケーション方法を検討した。特に、ポジティブな感情が思考に与える影響に着目し、対話者の表情を笑顔に変形させることで創造性や発話量が向上するかを調査した。実験には大学生 14 名を対象とし、人型 3D アバターを使用して対話実験を実施した。その結果、アバターの表情操作により肯定的感情が高まり、対話課題の成果がわずかに向上することが示唆された。

キーワード：アバター，　表情，　オンラインコミュニケーション

1.　はじめに

オンラインコミュニケーションは、インターネットを媒介とするコミュニケーションのことで、その中でもビデオ通話ツールによるコミュニケーションは、数年の間に急速に広く社会に受け入れられ、身近な存在にもなった。その一方で、対面での話し合いと比べて活性化しにくいという問題点が指摘されている。そのため本研究では、2 名での対話場面において、ビデオ通話ツールを利用したコミュニケーションの新しいあり方を検討することで、オンライン対話を活性化させ、遠隔の共同作業のパフォーマンスを向上させることができるかを検討する。

ポジティブな感情には、思考にさまざまな影響を与えることが示唆されている。ポジティブな感情は、思考の精緻化を促し、複数の認知的視点をとることを可能にする効果があることや、ポジティブな感情により、認知的柔軟性が高められ、豊かな認知的文脈が構成され、無関連に見える刺激間の関連性に気づき、柔軟で受容的な思考が促進されること、などが示唆されている(Isen, Daubman, & Nowicki, 1987)。

一方で、オンライン対話時の相手や自身の表情を笑顔に変形して見せることが、ペアでの創造性や発話量を向上させる可能性が示されている（櫻井・中里, 2015; 山田・由井薗, 2020)。

対話相手だけでなく本人自身の表情を変形してフィードバックを与えることにより、ポジティブ感情が高められることも示唆されている。Yoshida ら,(2013)は、対話する２者間において、自身も気づかない程度に表情を変化させることよる擬似表情を本人にフィードバックすることにより、人の感情に影響を与える可能性があることを示した。すなわち、ポジティブな擬似表情を人にフィードバックすることができれば、人にポジティブな感情を生起させ、認知的柔軟性や創造性を高めることができる可能性がある。

そこで本研究では、以下の仮説を検証する。

１、オンライン対話の際に、参加者本人から見える自身の表情を、実際の表情よりも笑顔に変形すれば、ポジティブ感情が高まる。

２、参加者本人から見える自身の表情を、実際の表情よりも笑顔に変形すれば、対話における課題の成果が高まる。

2.　方法

本研究では、人型 3D アバターを用いて対話実験をおこなった。

実験参加者：大学生 14 名であった。参加者を、口角を上げる変形操作をしたアバターを使用させる実験条件と、口角を上げる変形操作をしていないアバターを使用させる統制条件の 2 群にランダムに分け、1 人ずつ実験を実施した。

実験環境：参加者は、自分のアバターと対話相手

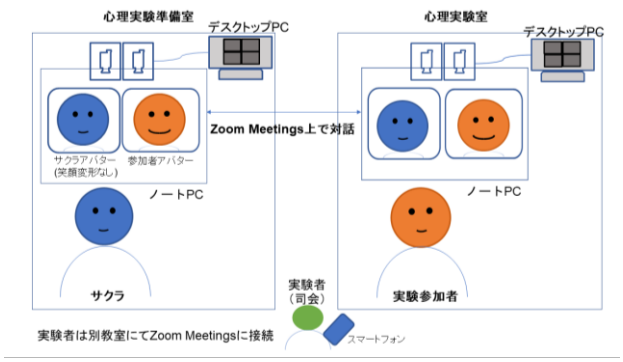


図１　実験状況

のアバターが表示されている Zoom の画面を通して、別室にいる相手と課題を行なった。参加者の対話相手として、実験協力者（サクラ）1 名を選定し、すべての実験回でその人物がサクラを担当した。参加者への会話内容による刺激ができるだけ同じになるように、サクラには、事前に用意した同じ内容を毎回話すようにあらかじめ指示をした。また、サクラのアバターには、実験条件、統制条件どちらの参加者と対話する場合でも、口角を上げる操作をしていないアバターを用いた。

実験課題：参加者 1 人ずつとサクラを、ビデオ通話ツール上でアバターを通して対話させ、課題に 2 人で取り組んでもらった。参加者の感情状態を測定するため、実験の前後で、「一般感情尺度」（小川・門地ら, 2000）に回答させた。

実験課題は、共通点探し課題（互いの所属や趣味、価値観などの共通点について、質問し合ってできるだけ多くの共通点を見つける）と 2 種類の新用途提案課題（Unusual Uses Test（Guilford, 1967））を用いた。

新用途提案課題では、日常で使うモノの、通常とは異なる使い方を制限時間内にできるだけ多く挙げるという課題であり、「拡散的思考」の流暢性と柔軟性を測定した。思考の流暢性とは、アイディアの思いつきやすさのことで、Guilford（1967）に従い、アイディアの個数によって測定した。思考の柔軟性とは、アイディアの種類の多さのことで、Guilford（1967）と岩崎（1971）の分析方法を採用し、アイディアのカテゴリー数により測定した。

実験においては、どちらかが一方的に話し続けてしまうことを防ぐために、どちらかが発言に行き詰まるまではアイディアを 1 つずつ交互に出し合うよう指示した。サクラには、事前に用意したアイディアを毎回同じように発言するように指示した。

感情状態の測定：対話前後での感情状態の変化を測るために、小川・門地ら（2000）の「一般感情尺度」を用いて感情状態についてのアンケートを作成し、対話課題の前後に参加者に回答させた。「一般感情尺度」は、PANAS（Watson, Clark, & Tellegen, 1988）や多面的感情状態尺度（寺崎・岸本ら, 1992）などの尺度をもとに開発された、特定の感情ではなくより全体的な感情状態を測定する感情尺度である。肯定的感情を測定する PA 尺度 、否定的感情を測定する NA 尺度、安静状態を測定する CA 尺度からなり、その下位尺度それぞれに 8 項目が設定されている。本研究では，PA 尺度に着目する.

手続き：参加者 1 名ずつ実験室に来てもらい、自身のアバターとして実験に使用するアバターを、事前に用意した 5 種類の中から選ばせた。一般感情尺度に基づいて作成した感情状態についての事前アンケートの後，Zoom の会議室でアバターを用いて対話させた．実験参加者とサクラ（参加者とは知人ではない）にそれぞれ自己紹介をさせ、その後 2 分間でアイスブレイク時間を設けた後，5 分間で共通点探し課題を実施した. その後新用途提案課題の説明をし、練習課題の後，「ほうき」「靴下」の２つのテーマに対して主な用途以外の用途をそれぞれ 5 分間で話し合わせた。テーマの順序は、実験参加者事にカウンターバランスをとった.

最後に、実験参加者に感情状態についての事後アンケートと、アバターの印象などに関するアンケートに回答してもらった。アンケートの終了後、参加者とサクラを対面させ、感想共有と実験の目的・仮説の説明を行い、実験を終了した。

3.　結果

アバターの印象について

実験刺激である実験刺激であるアバターの口角の変形に対して、両群の参加者の主観評価に差があったかどうかを確認するために、アバターの印象について終了後に尋ねた．「自身のアバターの顔の印象は、どうでしたか？」という質問項目に対し、「暗かった」（1 点）から「明るかった」（5 点）と「自身のアバターの顔の印象は、どうでしたか？」という質問項目に対し、「暗かった」（1 点）から「明るかった」（5 点）の合計点により，印象評価を行った結果を

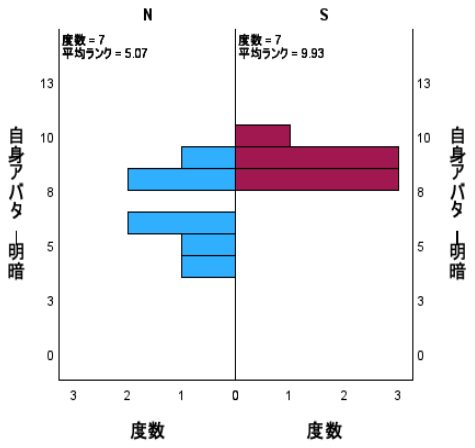


図１　自身のアバターの印象（N：統制群，S：実験群）

図１に示す．Mann-Whitney の U 検定により分析した。その結果、2 群の間に有意差は見られた（統制条件，M =6.57，SD = 1.68，*Mean Rank* ＝ 5.07；実験条件，M = 8.71，SD = 0.70，*Mean Rank* ＝9.93，p = .024）。ただし、平均順位は実験条件のほうが高く、小さな効果量がみられた（r = .28）。

対話前後での感情状態変化について

PA 尺度の各項目平均点の変化量について分析した結果、2 群の間に有意差は見られなかった（統制条件，M = 0.16，SD = 0.26，*Mean Rank* ＝ 6.57；実験条件，M = 0.36，SD = 0.45，*Mean Rank* ＝ 8.43，p = .456）。ただし、平均順位は実験条件のほうが高く、小さな効果量がみられた（r = .23）。

各課題における発話量について

両群の各課題における対話の活性化度合いを測るために、各課題での参加者とサクラのペアでの発話量と、サクラの発話を除外した参加者のみの発話量を求めた。分析には、各課題での発話をすべてひらがなにしたときの文字数を使用した。

共通点課題における、サクラの発話を除外した参加者のみの発話量について、Mann-Whitney の U 検定により分析した。2 群の間に有意差は見られなかった（統制条件，M = 697.71，SD = 214.75，*Mean Rank* ＝ 7.57；実験条件，M = 663.00，SD = 216.29，*Mean Rank* ＝ 7.43，p = 1.000，r = -.02）。

新用途提案課題における、サクラの発話を除外した参加者のみの発話量について、Mann-Whitney の U 検定により分析した。その結果、2 群の間に有意差は見られなかった（統制条件，M = 1099.00，SD = 340.72，*Mean Rank* ＝ 8.43；実験条件，M = 958.57，SD = 303.27，*Mean Rank* ＝ 6.57，p = .456）。ただし、平均順位は統制条件のほうが高く、小さな効果量がみられた（r = -.22）。

各課題における成果物の個数について

共通点課題で挙げられた参加者とサクラの共通点の個数、新用途提案課題で参加者が挙げたアイディアの個数およびカテゴリー数をそれぞれ求めた。カテゴリーの分類は、実験者がおこなった。

共通点課題で挙げられた参加者とサクラの共通点の個数について、Mann-Whitney の U 検定により分析した。2 群の間に有意差は見られなかった（統制条件，M = 8.00，SD = 3.02，*Mean Rank* ＝ 6.57；実験条件，M = 10.14，SD = 3.36，*Mean Rank* ＝ 8.43，p = .456，r = .22）。平均順位は実験条件のほうが高かった。

次に、新用途提案課題で参加者が挙げたアイディアの個数について、2 群の間に有意差は見られなかった（統制条件，M = 11.14，SD = 1.12，*Mean Rank* ＝ 6.29；実験条件，M = 11.14，SD = 3.09，*Mean Rank* ＝ 8.71，p = .318，r = .30）。新用途提案課題で参加者が挙げたアイディアのカテゴリー数については、2 群の間に有意差は見られなかった（統制条件，M = 10.00，SD = 1.31，*Mean Rank* ＝ 7.86；実験条件，M = 9.14，SD = 2.42，*Mean Rank* ＝ 7.14，p = .805，r = -.09）。

4.　考察

本実験における実験刺激は、本人から見える自身のアバターの表情を、実際の表情よりも笑顔に変形するつまりアバターの口角を上げるという操作により、アバターの表情は、実験参加者から見て笑顔であると感じられた．このことから、今回作成したアバターは、印象の明るさや、笑顔に見えることへの両群の主観的評価に、一定程度の差をもたらしていた可能性があるといえる。ただし、参加者がどちらのアバターをよく見ていたかについての結果では、実験条件群のほうが、自身のアバターよりも相手のアバターを見ていることが多かった可能性が示されている。そのため、実験条件群は自身のアバターによる刺激をあまり受けていなかった可能性がある。実験群の肯定的感情が高まった原因が、実験時の自身の顔が笑顔であるように感じたためであるのか、

自身のアバターが親しみやすく感じたためであるのかは、本実験の結果からはわからないため、今後の研究で明らかにする必要がある。

「参加者本人から見える自身の表情を、実際の表情よりも笑顔に変形すれば、対話が活性化する。」という仮説について、各課題における発話量の結果から、自身に見せる表情を実際の表情よりも笑顔に変形しても、対話の活性化にはつながるとはいえないことが明らかになった。新用途提案課題で統制条件群のほうが発話量が多くなった。原因は、参加者個々人の発話傾向（岩男, 1995）の差であると考える。発話傾向とは、個人がどの程度発話しがちかという行動傾向のことである。各参加者の、アバターを使用しないときの発話傾向については、本実験では測定できなかったため、今後の研究での課題である。「参加者本人から見える自身の表情を、実際の表情よりも笑顔に変形すれば、対話課題の成果が高くなる。」について、各課題における成果物の個数の結果から、自身が見る表情を実際の表情よりも笑顔に変形すれば、対話課題の成果がわずかに上がる可能性があることが示された。ただし、参加者個別の結果を見ると、発話量は多いが成果物は少ない、反対に、発話量は少ないが成果物は多いというケースが、特に共通点探し課題において複数みられた。共通点探し課題は、発話量が多くなることによって成果物の個数が増えるということを意図して実験課題に取り入れたものであったが、そのようにならなかった理由は、会話内容を分析したところ、共通点の個数が少ない結果になったペアは、１つ１つの共通点項目に対して時間をかけて話を深掘りしていたためであったと考えられる。反対に、共通点の個数が多かったペアは、サクラとの共通点を見つけられそうな質問を、参加者が必死で考えていたという印象を受けた。そのた

め、実験条件群のほうが、共通点の個数がわずかに多く挙げられたという結果から、アバターの笑顔変形が、肯定的感情を高め、共通点が見つかるような質問案の思いつきやすさにつながった可能性がうかがわれる。新用途提案課題は、オンライン対話場面での拡散的思考の流暢性と柔軟性を測るために実施した課題であった。そのため、実験条件群のほうがアイディアの個数がわずかに多くなったという結果から、自身が見る表情を実際の表情よりも笑顔に変形することにより、肯定的感情が高まり、対話場面でのアイディアの思いつきやすさが向上する可能性が示された。アイディアの種類の多さについては、笑顔変形をおこなっても増加するとはいえないことがわかった。ただし、両群でのアイディア数の差は、個々人がもともと持つ思考の流暢性によって生じたものである可能性も考えられる。新用途提案課題に、参加者１人ずつで取り組ませたときのアイディア数も明らかにする必要があったが、本実験では測定できなかったため、今後の研究で明らかにする必要がある。また、参加者個別の結果を見ると、実験前後で肯定的感情に変化がなかった参加者や、肯定的感情が減少した参加者でも、成果物の個数が多くなったケースが両方の課題においてみられた。本研究では実験参加者数が少なかったため、実験結果に個人の特性による影響が大きく出てしまっているため、今後さらに実験を重ねて検討していく必要がある。

5. 謝辞

本研究の成果の一部は JSPS 科研費 JP 23K11747 の助成を受けました.

文献

[1] Isen, A. M., Daubman, K. A., & Nowicki, G. P. (1987). Positive affect facilitates creative problem solving. Journal of Personality and Social Psychology, 52(6), 1122–1131. https://doi.org/10.1037/0022-3514.52.6.1122

[2] 櫻井翔・中里直人・吉田成朗・鳴海拓志・谷川智洋・廣瀬通孝 (2015). 表情変形フィードバックによる遠隔協調作業における創造力向上支援. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 20 (4), 323-332.

[3] 山田涼介・由井薗隆也 (2020). 遠隔会議を活性化するためのアバター表情演出に関する提案. 情報処理学会研究報告 (Web). 2020-DCC-24, 36, 1-6.

[4] Yoshida, S., Sakurai, S., Narumi, T., Tanikawa,T., & Hirose, M. (2013). Manipulation of an emotional experience by real-time deformed facial feedback. *Proceedings of the 4th Augmented Human International Conference*, 35–42.

[5] Guilford, J. P. (1967). The nature of human intelligence. New York: McGraw-Hill.

[6] 小川時洋・門地里絵・菊谷麻美・鈴木直人(2000)一般感情尺度の作成, 心理学研究, 71(3),241-246..

[7] 岩崎純子 (1971). 児童における拡散的思考と知能の関係. 教育心理学研究, 19, 121–125.

[8] Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. Journal of Personality and Social Psychology, 54, 1063-1070.

[9] 岩男征樹 (1995). 発話傾向についての自己報告に基づく個人の分類. 教育心理学研究, 43, 220–227.

月経前症候群における ストレス回復時のコルチゾール変化と認知機能との関連
Relevance between cortisol changes and cognitive function during stress recovery in premenstrual syndrome

鈴木 友美子†, 齋藤 菜月†, 大平 英樹†
Yumiko Suzuki, Natsuki Saito, Hideki Ohira

†名古屋大学大学院情報学研究科
Nagoya University Graduate School of Informatics
suzuki.yumiko.e8@s.mail.nagoya-u.ac.jp

Abstract

月経前症候群（以下、PMS）は、月経前特異的に、イライラ、抑うつといった精神諸症状や、特定の身体症状を有し、日常生活に影響が及ぶ状態を指す。発症率は全女性の 30 % から 70 % と広範囲に及ぶ。

PMS の増悪因子の１つはストレスであり、PMS を有する女性において、ストレスに対するコルチゾール反応性の減弱が、先行研究で示唆された。このことから、PMS を有する女性は、ストレス時において、内分泌ホルモンの放出と制御に、異常が生じている可能性がある。

一方、コルチゾール反応性は、認知機能と関連している。本研究では、PMS を有する女性と PMS でない女性を比較し、ストレスが及ぼす認知機能への影響をコルチゾールの反応性とともに検証した。

PMS の症状の重さを得点化した PMS スコアを目的変数に、唾液中コルチゾール濃度および認知課題スコアを予測変数にして、階層的重回帰分析を行った。結果、認知課題スコアは、PMS スコアの有意な予測因子であることが示された。この結果は、認知課題のパフォーマンスが PMS 症状に関連していることを示唆するものである。一方、交互作用も示され、回復期のコルチゾールレベルの上昇および認知機能の低下が PMS スコアの増加に寄与する可能性があった。このことから、認知機能ならびにストレス回復期のコルチゾールの反応は、PMS の状態を予測する指標となり得る。

Keywords — Cognitive function, Premenstrual syndrome, Stress, cortisol

1. はじめに

月経前症候群（PMS）は、月経前 1〜2 週間の黄体期に、日常生活に影響が及ぶほどの身体的および精神的な症状をさし、この症状は、月経が始まると軽減または消失する。そのため、PMS の最も特徴的な点は、症状の現れ方と月経周期との関係である。PMS の症状は非常に多様で、身体的な症状には、腹痛や腹部膨満感や乳房の痛みや張り、疲労感などがある。一方、精神的症状においては、イライラや抑うつ、情緒不安定感、不安などがある。発症率は全女性の約 30%から 70%とされ、これには、軽度から重度までの症状が含まれる[1]。しかし、PMS の診断は主観的な症状の評価に依存しているため、診断率が低くなる傾向がある。また、女性が症状について医療機関に相談しないことも多く、これが診断の遅れや不足に繋がっている[2]。

PMS はエストラジオールやプロゲステロンといった性ホルモンの変動により誘発されるが、今以ってその作用機序は不明である。それは、PMS の症状は、性ホルモンの変動によって誘発されることへの合意はあるものの、PMS を有する女性と PMS でない女性を比較しても、性ホルモンの血中濃度に差はなく、器質的な異常もないためである[1]。そのため、PMS の明らかな異常所見を見出すことは難しい[3]。むしろ、これら性ホルモンが正常な範囲で変動する濃度に対して、過敏に反応していると考えられる[1]。

性ホルモンは、神経伝達に作用し、認知機能に影響する[4]。情動的な認知処理や選択的注意機能、作業記憶において、PMS を有する女性と PMS でない女性を比較した結果、両者の課題の成績に、違いが示唆された[5][6][7]。しかし、月経サイクルを厳密に捉えることは難しく、捉えたとしてもその認知的な違いはわずかである [6]。特に、月経を誘発する性ホルモンが複数あることも、この問題をより複雑にしており、いまだ一定した結論に至っていない[8]。そのため、本研究では、PMS の症状が発症する月経前に、PMS と PMS でない女性を比較し、認知機能を検証することが必要であると考えた。

ここで、性ホルモンはコルチゾールと相補的な関係にある。コルチゾールは、ストレス時に、視床下部-下垂体-副腎系（以下、HPA 軸）を通し、分泌され、性ホルモンは、視床下部-下垂体-性腺系（以下、HPG 軸）により調整される。このため、コルチゾールは HPG 軸の活動を抑制する可能性があり、性ホルモンは、HPA 軸の感受性を変化させ、ストレスに対する

応答を調節することが示唆されている[9][10]。
近年、先行研究では、ストレスが PMS の増悪因子の１つであると考えられており、PMS を有する女性において、ストレスに対するコルチゾール反応性の減弱が、先行研究で示唆された[11]。このことから、PMS を有する女性は、ストレスに対する神経内分泌系の HPA 軸における機能障害が考えられる。

ここで、コルチゾール反応性は、認知機能と関連している。急性ストレスによるコルチゾールの上昇は、注意力と集中力の向上や、ワーキングメモリの強化をもたらすことが示唆されているが、過度のコルチゾールの上昇は認知機能の低下が示された[12][13]。

これらのことか、PMS 発症の特異的な時期に、ストレスを誘導することで、PMS によって起こる変化を、より顕著に観察し得ると考えた。言い換えると、神経内分泌系をストレスにより変化させ、ストレスが PMS を有する女性の認知機能をどのように悪化させるかを明らかにすることを目的とした。この方略が、本研究の最も稀有な点である。本研究では、PMS の生理的メカニズムが起こす認知機能への影響を理解するために、ストレスが及ぼす神経内分泌系への影響と認知機能の変化を解析した。

2. 方法

＊本発表は、一連の研究における、PMS を有する女性の認知機能ならびにストレス応答に関連した結果の発表となる。

参加者：参加者：18 歳から 34 歳までの女性(PMS 該当参加者 20 人、PMS 非該当参加者 69 人)

リクルート方法：参加希望者に、PMS の認知と自覚ならびに排卵、月経周期に関するアンケートを行った。低用量ピル(LEP)、向精神薬を使用していない女性を実験対象とした。

PMS のスクリーニング:The Premenstrual Symptoms. Screening tool 日本語版(以下、PMS スコア)を用い、PMS を判定した。PMS スコアは、PMS の不快症状を得点化し、重み付けしたものである[8]。

実験中の感情変化のアンケート：The Positive and Negative Affect schedule 日本語版(以下 PANAS)、主観的ストレススコア(Visual Analogue Scale で回答)を用い、実験中における主観的感情の変化を測定した[9]。

実験パラダイム：黄体後期に該当する女性に、ストレスを誘導し、その前後とストレス誘導 60 分後に、実験課題と唾液の採取ならびにアンケート(後者２つはストレス 25 分後も実施)を行った(図 1)。黄体後期は、尿中の黄体形成ホルモン(LH)の LH サージを捉え推定し、実験後の月経開始日より確定した。

図 1. 実験の手続き

実験課題：情動ストループ課題、３バック課題

情動ストループ課題

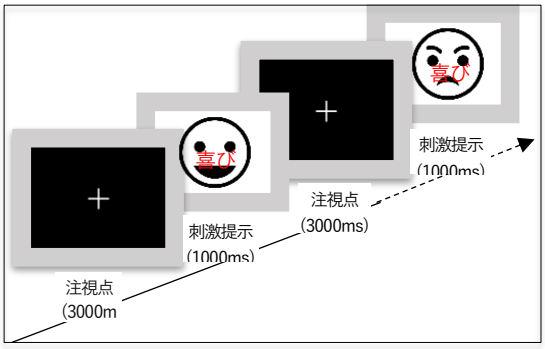


図 2. 情動ストループ課題：
書かれた文字を無視して、顔が示す表情を判断する。

３バック課題

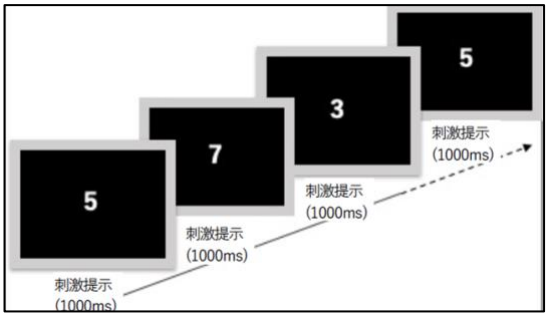


図 3. 3 バック課題
連続呈示される刺激列の最後から 3 個前を想起
画面に表示された数字が 3 つ前に表示された数字と同じかどうかを判断

唾液中コルチゾール：実験参加者の唾液を採取し、唾液中のコルチゾール濃度を計測した。

名古屋大学の倫理審査で承認された手続きに基づいて実験の概要を説明し、参加者から実験参加の同意書の記入を得た上で、実験を実施した。実験後には、デフリーディングを行なった。

3. 結果

実験中のネガティブ感情と主観的ストレスの変化

PANAS におけるネガティブ感情と主観的ストレススコアは、ストレス誘導により有意に上昇し、PMS 群の方が高かった（ネガティブ感情(F(1, 86)= 8.797, p= .004, partial η^2= .093)，主観的ストレス(F(1, 84)= 18.725, p= .000, partial η^2= .182))。このことから、実験におけるストレス誘導は行われたと考える。

認知課題

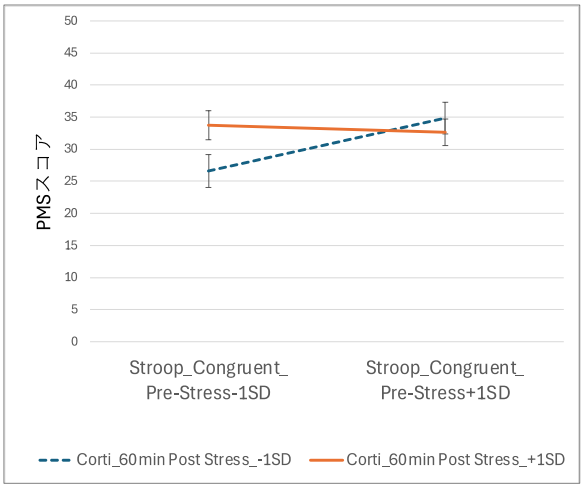
PMS 群と not PMS 群において、情動ストループ課題の反応時間ならびに 3 バック課題の成績において、有意な差はなかった(情動ストループ課題(一致条件(F(1, 81)= 0.093, p= .761, partial η^2= .001)，不一致条件(F(1, 81)= 0.262, p=.610, partial η^2=.003) 3 バック課題正解回答数(F(1, 82)= 0.329, p= .568, partial η^2= .004))不正解回答数(F(1, 82)= 0.019, p= .890, partial η^2= .000))。

唾液中コルチゾール変化

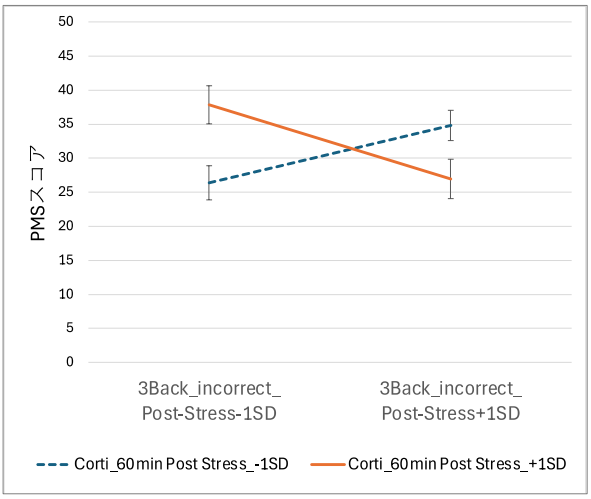
PMS 群と not PMS 群において、唾液中コルチゾール変化において、有意な差はなかった(F(1, 83)= 0.503, p=.480, partial η^2= .006)。

認知課題と唾液中コルチゾール変化における PMS スコアとの関連

ストレス前の情動ストループ課題の反応時間と**ストレス 60 分後の唾液中コルチゾール濃度**、その交互作用を説明変数、PMS スコアを目的変数として階層的重回帰分析を行った。交互作用のみが有意となったため(R^2= .073, b= -0.262, SE= 0.119, β = -.260, t(76)= -2.199 , p= .031)、単純傾斜の検定を行ったところ、コルチゾール濃度の低い群では、情動ストループ課題の反応時間の短さは PMS スコアの低さと関連していた(b=0.057 ,SE=.388,t(76)= 2.178 ,p=.033)。一方、コルチゾール濃度の高い群では、その関連は見られなかった。



ストレス直後の 3 バック課題の不正解回答数と**ストレス 60 分後の唾液中コルチゾール濃度**、その交互作用を説明変数、PMS スコアを目的変数として階層的重回帰分析を行った。交互作用のみが有意となったため(R^2= .106, b= -6.166, SE= 2.122, β = -.328 ,t(76)= -2.905, p= .005)、単純傾斜の検定を行ったところ、コルチゾール濃度の低い群では、3 バック課題の不正解回答数が少ないと PMS スコアが低い傾向があり(b=0.667 ,SE=.389,t(77)= 2.415 ,p=.018)、コルチゾール濃度の高い群では、3 バック課題の不正解回答数が少ないと PMS スコアが高くなる傾向が見られた(b= -0.863, SE= -.503, t(77)= -2.323, p= .023)。



4. 考察

PMS のスクリーニングは、イライラや抑うつなどの主症状の重さと日常生活への影響度によって判定する。そのため、PMS の症状は重篤でも、日常生活に影響しない、あるいは、我慢できる場合は、スクリーニングでは PMS に該当しない。このことが、PMS の判定をより難しくしてきた。本研究では、PMS のスクリーニングで算出した得点を PMS スコアとし、回帰分析に用いた。ストレス前の情動ストループ課題の反応時間とストレス 60 分後の唾液中コルチゾール濃度の間に交互作用見られ、コルチゾール濃度の低い群では、情動ストループ課題の反応時間が長いと PMS スコアも高かった。同様に。3 バック課題においても、ストレス 60 分後の唾液中コルチゾール濃度間で交互作用が見られた。コルチゾール濃度の低い群では、3 バック課題の不正解回答数が多いと、PMS スコアも高かった。ストレス 60 分後とは、コルチゾール応答が、ストレス前の状態に回復しつつある段階である。この時期のコルチゾール濃度と認知機能の関係を検討することで、ストレスの回復過程で

PMS 特有の現象が起こっていると考えられる。
ストレスはすぐに気づく影響と時間をかけて受ける影響があり、後者は自覚的ではないストレスの負荷に関連する。よって、ストレス回復期の認知機能ならびにコルチゾールの反応は、PMS の状態を予測する指標となり得る。

Limitation

PMS を有する女性が少なく、PMS 群が notPMS 群の 1/3 の人数での実験となった。一般に PMS は就業や育児などがきっかけで増加する傾向にある。実験対象者が大学生中心であったため、PMS の該当者が少ない結果となった。

本実験は、午前 10 時から午後 1 時の間に行われており、この実験時間がコルチゾール濃度の評価を難しくした。女性のみの条件で、実験の拘束時間の長さとリクルーティングの難しさから、妥当な時間(12 時以降の実験)での実施が難しく、コルチゾールの日内変動の影響を大きく受ける結果となった。

5. 参考文献

[1]Yonkers, K. A., O'brien, S., & Eriksson, E. (2008). Seminar Premenstrual syndrome. In www.thelancet.com (Vol. 371).

[2]del Mar Fernández, M., Regueira-Méndez, C., & Takkouche, B. (2019). Psychological factors and premenstrual syndrome: A Spanish case-control study. PLoS ONE, 14(3).

[3]RUBINOW, D. R., & SCHMIDT, P. J. (1995). The Neuroendocrinology of Menstrual Cycle Mood Disorders. Annals of the New York Academy of Sciences, 771(1), 648–659.

[4]McCormick, C. M., & Teillon, S. M. (2001). Menstrual cycle variation in spatial ability: Relation to salivary cortisol levels. Hormones and Behavior, 39(1), 29–38.

[5]Eggert, L., Kleinstäuber, M., Hiller, W., & Witthöft, M. (2017). Emotional interference and attentional processing in premenstrual syndrome. Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, 54, 77–87.

[6]Slyepchenko, A., Lokuge, S., Nicholls, B., Steiner, M., Hall, G. B. C., Soares, C. N., & Frey, B. N. (2017). Subtle persistent working memory and selective attention deficits in women with premenstrual syndrome. Psychiatry Research, 249, 354–362.

[7]Sundström-Poromaa, I. (2018). The Menstrual Cycle Influences Emotion but Has Limited Effect on Cognitive Function. In Vitamins and Hormones (Vol. 107, pp. 349–376). Academic Press Inc.

[8]Sundström-Poromaa, I. (2018). The Menstrual Cycle Influences Emotion but Has Limited Effect on Cognitive Function. In Vitamins and Hormones (Vol.107, pp. 349–376). Academic Press Inc.

[9]Slyepchenko, A., Lokuge, S., Nicholls, B., Steiner, M., Hall, G. B. C., Soares, C. N., & Frey, B. N. (2017). Subtle persistent working memory and selective attention deficits in women with premenstrual syndrome. Psychiatry Research, 249, 354–362.

[10]Phumsatitpong, C., Wagenmaker, E. R., & Moenter, S. M. (2021). Neuroendocrine interactions of the stress and reproductive axes. In Frontiers in Neuroendocrinology (Vol. 63). Academic Press Inc.

[11]Huang, Y., Zhou, R., Wu, M., Wang, Q., & Zhao, Y. (2015). Premenstrual syndrome is associated with blunted cortisol reactivity to the TSST. Stress, 18(2), 160–168.

[12]Feng, Y. X., Kiguchi, M., Ung, W. C., Dass, S. C., Fadzil, A., Hani, M., Boon Tang, T., Tatt, E., & Ho, W. (2021). Working Memory Performance under a Negative Affect Is More Susceptible to Higher Cognitive Workloads with Different Neural Haemodynamic Correlates.

[13]Luers, P., Schloeffel, M., & Prüssner, J. C. (2020). Working Memory Performance under Stress: Do Women Profit from Cortisol Release, whereas Men Don't? A Study on Healthy Older Adults. Experimental Psychology, 67(2), 132–139.

[14] Steiner, M., Macdougall, M., & Brown, E. (2003). The premenstrual symptoms screening tool (PSST) for clinicians. Archives of Women's Mental Health, 6(3), 203–209.

[15]Watson,D.,Clark,L.A.,&Tellegen,A.(1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. Journal of Personality and Social Psychology, 54(6), 1063–1070.

半導体プロセスエンジニアの暗黙知に関するインタビュー調査と探索的分析

Interview survey and exploratory analysis of tacit knowledge in semiconductor process engineers

池原 優斗†，岡谷 基弘‡，宮原 克典†
Yuto Ikehara, Motohiro Okaya, Katsunori Miyahara
†北海道大学，‡東京エレクトロン株式会社
Hokkaido University, Tokyo Electron Ltd.
ikehara.yuto.p0@elms.hokudai.ac.jp

概要

半導体プロセスエンジニアにおける暗黙知、および、その習得・継承のプロセスの解明を目的とした予備的インタビュー調査について報告する。哲学や文化人類学の理論に基づいて、半導体プロセスエンジニアの暗黙知に関する仮説を「ドレイファスのモデルにおける規則としての物理的知識」、「モノが学習のための行為を形作る」、「様々な要素の影響を受けて形成されるモデル」という三つの論点に分けて提案する。

キーワード:暗黙知、技能習得、技能継承、エンジニア、ドレイファス、アクターネットワーク理論、正統的周辺参加

1. はじめに

本発表では、半導体プロセスエンジニアにおける暗黙知、および、その習得・継承のプロセスを明らかにすることを目的とした予備的インタビュー調査に関する報告をおこなう。ここでいう半導体プロセスエンジニア（以下、「プロセスエンジニア」と表記）とは、半導体製造装置の仕様検討からプロセス条件設定までを担当する技術者である。プロセスエンジニアは、長年業務に携わるなかでさまざまな「暗黙知」（Polanyi, 2009 高橋訳 2003）を習得すると考えられる。この暗黙知の具体的な性格や習得プロセスが把握できれば、プロセスエンジニアの育成や業務効率化に大いに役立つと思われるが、これまでプロセスエンジニアの暗黙知の性格は十分に解明されていない。

本研究では、プロセスエンジニアの暗黙知を解明するための最初のステップとして探索的なインタビュー調査を行い、哲学や文化人類学における理論に基づいてインタビュー内容が暗黙知および暗黙知の継承に関してどのようなことを示しているかを分析した。本発表では、調査と分析の内容を「ドレイファスのモデルにおける規則としての物理的知識」(3.1)、「モノが学習のための行為を形作る」(3.2)、「様々な要素の影響を受けて形成されるモデル」(3.3) という三つの論点に分けて紹介する。

なお、本研究は、北海道大学人間知・脳・AI 研究教育センター（CHAIN）と東京エレクトロン（TEL）による共同研究の一環として実施されたものである。

2. 調査対象と方法

本発表におけるデータは、CHAIN と TEL による共同研究において、TEL のプロセスエンジニアに対して、予備的なインタビュー調査を行った際に得られた。インタビュー調査は、一人のエンジニアに対して行う個別調査を 5 回（2024 年 1 月 17 日、1 月 19 日、1 月 24 日、1 月 25 日、1 月 26 日）実施し、3 名のエンジニアに対して調査をおこなう多人数インタビューを 1 回（2024 年 1 月 23 日）実施した。インタビューは、すべて事前に質問項目を定めない「非構造化インタビュー」の形式で実施した。ただし、本調査はあくまでも予備的なものであり、デプスインタビュー等の特定の方法論を採用して行ったものではない。

3. 結果と考察

本研究では、今後実施予定の本格的な調査に向けて着目すべき論点を洗い出すために、哲学や文化人類学の理論に基づいて予備的なインタビューから得られたデータの解釈を試みた。以下では、「ドレイファスのモデルにおける規則としての物理的知識」(3.1)、「モノが学習のための行為を形作る」(3.2)、「様々な要素の影響を受けて形成されるモデル」(3.3) という三つの論点に分けて、その内容を報告する。

3.1. ドレイファスのモデルにおける規則としての物理的知識

第一に、本実験のインタビューデータでは、プロセスエンジニアの暗黙知の習得プロセスがドレイファスら（Dreyfus & Dreyfus, 1986 椋田訳 1987）の熟練技能獲得 5 段階モデルと合致した性格をもつことが示唆された。ドレイファスらによると、ある技能を学び始めたばかりのビギナーは、まず全体的な文脈から切り離された分析的な事実と抽象的な規則を学ぶ。それに対して、熟練者や達人の域に達した者は、全体的な状況を直観的に理解し、必ずしも抽象的な規則に頼ることなく、具体的な個別的な状況に臨機応変に対応することができる。

本インタビューでは、経験の浅いエンジニアと経験豊富なエンジニアにおける物理的知識の位置づけが、ドレイファスらのモデルにおけるビギナーとエキスパートの違いに対応した性格をもつことが示唆された。

半導体の製造で利用される技術については一定の物理学的な説明があり、経験の浅いエンジニアは、この物理的知識に基づいて基本的な技術を身につけていく。

経験の浅いエンジニアは次のように語っている。

> どっちかっていうと、この形状を意識しながら作っていると言うよりは、なんか現象をその理解しようとしてその評価進めてる感じなので、先輩にこれなんでこんな形状なったんですかねっていう話をしてて、こういう現象なんじゃないみたいな話を言って（エンジニア A）

また、経験が浅いエンジニアに対して、経験豊富なエンジニアが助言をする際には物理現象の説明が意識されていることがインタビューでは述べられていた。

> その実際に何が起きてるかってのはちょっとじゃあ一緒に考えようかっていう感じで、まあ今話に出ましたけど、まあ、その現象どういうことかっていうのは、ちょっと話すようにしています。（中略）まあ、うん、本当に物理的に何が起きてるかっていうのを、あのそういうところで話すようにして心がけてます（エンジニア B）

しかし、実際の半導体の製造では様々な変数が複雑に関係するため、物理的知識のみで結果を完全に説明することはできない。よって、エキスパートレベルのエンジニアは物理的知識を絶対的なものとして扱わず、経験に基づいた暗黙知を用いて、最終的に作り出される形状を意識しながら半導体製造装置の操作を行う。

経験豊富なエンジニアは、半導体の製造時に起こる現象が理論によって全てを説明できないことを踏まえて、経験が浅いエンジニアに説明している。

> 僕の場合は、あの事実と理論をあのうちゃんと別々に考えて説明することかなと思ってます。（中略）正直、あの 100%説明することできないんですよね。プラズマっていうすごい複雑なものを扱っている以上、それを完璧に解釈することできなくて、まあある程度見当を付けるぐらいしかできないんで。（中略）理論一辺倒でこうやったらこうなるはずだっていう気持ちで結果を見ちゃうと誤った解釈をしてしまったりとか、偏った場所しか見なくなったりとかしてしまうので、そうではなくて、まあ素直に結果ここは良くなってるけど、ここは悪くなっているよねみたいな（エンジニア C）

これらの事例は、プロセスエンジニアにおける技能習得プロセスがドレイファスらの熟練技能獲得モデルに合致したものである可能性を示唆する。

3.2. モノが学習のための行為を形作る

第二に、本実験のインタビューデータでは、プロセスエンジニアにおける暗黙知は、モノによって形作られた学習のための行為によって継承される面があることが示唆された。「モノが行為を形作る」という考え方は「アクターネットワーク理論」（Latour, 2005 伊藤訳 2019; Callon & Law, 1997 林訳 1999）において打ち出されている。日常的にも学術的にも、行為を形成する「エージェンシー（主体性）」は、個人に属すものと考えることが多い。しかし、アクターネットワーク理論は、エージェンシーを人間と非人間からなるネットワークの効果として捉える。その際、ネットワークをまとめあげ、行為を形作るエージェンシーを発揮するのは人間（個人）である場合もあれば、非人間である場合もある。

本インタビューにおいては、エキスパートのプロセスエンジニアが、新人に対して実験の方法を教える際

は、一緒に実験の計画を立て、実験を実施し、データの解析を行うということが語られた。その際、エキスパートは、新人と共に行動し、常にそばに居るようにする。このように新人がベテランと共に行動することは「正統的周辺参加」(Lave & Wenger, 1991 佐伯訳 1993) の観点から学習に有益であると考えられる。

しかし、エキスパートが新人と共に行動する理由は、たんに学習効果が高いからではなく、新人が一人で行動をした場合に危険が伴う可能性があるためであると語られた。

> 一緒に実験の計画を立てて、一緒にその実験をやって、一緒にその出てきたデータを解析してみたいな感じですね。(中略) やっぱり危険がともなったりとかもするんで、それに初めてやる人に 1 人でやらせるってことはないですね (エンジニア C)

半導体製造装置には、通常の操作では装置が破損することのないように「ガード」がかけられている。しかし、実験の中にはあえて通常の操作の範囲外で行われるものや、通常の操作の範囲を決めるためのものがあるため、危険を伴う作業が発生する。ここにおける危険とは、プラズマの異常放電による設備の焼損や有毒ガスの漏出などのことである。そのため、どこまでが安全でどこからが危険であるかを判断できるベテランが、新人の現場作業を確認して教え込む必要があるというのである。

要するに、プロセスエンジニアの暗黙知は、新人とベテランが共に行動をすることで継承されているが、その共同行為は新人だけで作業を行うことには危険が伴うという事情によって形作られている。学習の上でモノのエージェンシーが、教える者と学習者の共同行為を形作る点、および、それが作業に危険が伴うというネガティブな特性によって生起するという点は、プロセスエンジニアにおける暗黙知の継承に一般的にみられる特徴なのかもしれない。

3.3. 様々な要素の影響を受けて形成されるモデル

第三に、本インタビューデータでは、半導体の製造プロセスの「モデル」の構築プロセスが社会的なコンテキストから大きく影響を受けていることが示唆された。ここでいうモデルとは、半導体製造設備において、どのような操作により、処理後の微細構造がどのように変化するかについてのイメージや物理的記述のことを言う。半導体製造の過程に関する「モデル」は、なぜ特定の設定で製造をすると特定の形状になるのかを考察し、説明するために構築される。しかし、モデルは必ずしも実証的なデータのみに基づいて構築されるわけではなく、インタビューでは、他者に向けての説明の実践がモデルに与える影響が語られた。たとえば、半導体製造におけるプラズマの挙動は直接に計測できるものではないため、モデルには必ず直接に実証されない仮説的内容が含まれる。プロセスエンジニアは、他者に向けての説明や合意形成を行うとき、この仮説的内容を伝承や通例などで補完することによって直観的に分かりやすいモデルを構築するのだという。

インタビューでは、次のように複数のモデルが考えられる場合が存在することが語られた。

> 人によって言うことが違うようなモデルもあったりしますし (中略) みんな、このモデルだって言ってるけど、それって本当に正しいのかっていう、正しさを誰も、裏付けるデータを誰も持っていないみたいなモデルもあったりして諸説ある場合はありますね (エンジニア D)

こうした場合、モデルの構築では、実験結果を説明できるかどうか、また追加の分析や測定によって検証されていくこととなることが説明されている。

> やっぱりいろんな実験結果を 1 番あの説明できるモデルが多分正しかろうっていうのが、まあ 1 つあるかなっていうことと、あとはわからないことに対しては、その別なんか分析をしてみたりとか、ほかの測定を通して、その確からしさを検証していくっていう手順があるかなと思いますね (エンジニア D)

しかし、次のように社会的影響を受ける場合もあることも述べられた。

> なんか直感的に (中略) 受け入れやすいようなモデルがなんか生き残ったりする時がありますね。やっぱなんかこう説明しやすさだったりとかね。(エンジニア D)

またインタビューでは、直観的な理解しやすさを重視したモデルは、エンジニアの思考を誤った思い込みへと誘導するリスクについても報告された。

> 説得するっていう意味では、まあ、決して悪いことではないと思いますけど、まあ、その正しく実験を進めるっていう目的についていえば、まあ、あの、何でしょうか、そのエンジニアの先入観を与えてしまったりとか、あの、まあ、その間違った思い込みをするっていうのは、その実験を進める上では、まあ、悪いことかなという認識です（エンジニア D）

このような誤った思い込みは結果的に大きな手戻りを生じさせる恐れがあるため、モデルの取り扱いには細心の注意を払う必要があるという。つまり、モデルは実験や他者への説明といった実践で自覚的に活用される一方で、その形成の過程における様々な要素からの影響のためにプロセスエンジニアの業務に意図せぬ形で望ましくない効果を生み出す恐れもあるということである。熟練したプロセスエンジニアは、このような両義的な性格を理解したうえでモデルを使いこなす術も、暗黙知として経験的に習得しているのだと考えられる。

4. おわりに

本発表では、半導体プロセスエンジニアに対して行ったインタビュー調査の内容を報告した。インタビューは予備的なものであったが、プロセスエンジニアの暗黙知、及び、その習得プロセスに関して、いくつかの洞察がえられた。第一に、プロセスエンジニアは、経験の浅いうちは分析的事実に関する抽象的な物理的知識に基づいて作業を行うが、熟練するにつれて全体的な状況に対応するための具体的な知識（ノウハウ）を利用するようになることが示唆された。第二に、プロセスエンジニアの暗黙知の継承においては、作業に危険が伴うからこそ生じるような初心者とベテランのあいだの共同行為（すなわち、モノによって形作られる行為）が重要な貢献をなしている可能性が示唆された。第三に、半導体製造におけるモデル構築が実証的データと社会的コンテキストの両方に影響を受けたプロセスであり、熟練したプロセスエンジニアの暗黙知にはこのようなモデルの両義性に対する理解が含まれることが示唆された。

以上は、あくまでも少数のインタビューに基づいた探索的な結果である。今後の研究では、この結果をふまえてインタビューの実施方法を洗練し、ここでえられた洞察の一般的な妥当性の検証が求められる。

文献

Callon, M., & Law, J. (1997). After the individual in society: Lessons on collectivity from science, technology and society. *Canadian Journal of Sociology/Cahiers canadiens de sociologie, 22*(2), 165-182.
（林隆之（訳）(1999). 個と社会を超えて―集団性についての科学技術社会論からの視座 岡田猛・田村均・戸田山和久・三輪和久（編著） 科学を考える―人工知能からカルチュラル・スタディーズまで 14 の視点 (pp. 238-257) 北大路書房）

Dreyfus, H., & Dreyfus, S. E. (1986). *Mind over machine*. Simon and Schuster.
（椋田直子（訳）(1987). 純粋人工知能批判 : コンピュータは思考を獲得できるか アスキー）

Latour, B. (2005). *Reassembling the social: an introduction to actor-network-theory*. Oxford University Press.
（伊藤嘉高（訳）(2019). 社会的なものを組み直す : アクターネットワーク理論入門 法政大学出版局）

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press.
（佐伯胖（訳）(1993). 状況に埋め込まれた学習 : 正統的周辺参加 産業図書）

Polanyi, M. (2009) *The Tacit Dimension.* University of Chicago Press. (Original published 1966)（高橋勇夫（訳）(2003). 暗黙知の次元 筑摩書房）

What Makes the Impression of the Shapes Decided? Experimental Study on Japanese Comic Ideophones with a Scene of Touching the Object.

Maki Miyamoto †, Shohei Hidaka †

†Japan Advanced Institute of Science and Technology
mymt.makiron@jaist.ac.jp

Abstract

Decorated characters in comic, which we call "comic ideophone" (or "描き文字" in Japanese) describe a sound, a state, an inner feeling of the object etc. in comic. In this research, we will experimentally investigate the effects of comic ideophones for viewers of the picture including the comic ideophone. We focused on comic ideophones which describe shape, texture and hardness of the object and will create some comic ideophones which have a different shape of the contour and a word sound. In the experiment, we will examine 5 different conditions to find out factors which can be correlated to the impression of ideophones.

Keywords: Comic/Manga, Ideophone, Comic Ideophone, Tactile

1. Introduction

We see decorated characters everywhere in daily. Especially in Japan, we find various types of decorated texts in comic/manga, which we call "comic ideophone" (or "描き文字" in Japanese literature). Comic ideophones are drawn as a part of picture in comic and play an important role in conveying some sense to the readers.

One may consider comic ideophones can be studied by analyzing the fonts in comics. The choice of fonts would be related to comic ideophone, but we believe in that not all effects of comic ideophone can be characterized with the fonts. We believe few studies have pointed out that comic ideophone is affected by the combination of phonetic and visual aspects of words, while the choice of fonts is often arbitrary from each of the words (rather it is chosen for passage-level text). A technical book which explains how to draw and use comic ideophones for comic artists has not been published for long time, however, it was finally published in Japan in 2023 (Tokyo Design Academy, 2023). This book describes the empirical effects of comic ideophones, what impression the readers may have, but it does not explain most of reasons why they can convey such impressions to the readers.

In this research, we aim to identify features of comic ideophones, which are correlated to participants' impressions of the shapes of objects.

2. Method

We focus on the shapes of the objects and their texture by creating the pictures which describe scenes of touching the objects with the various shapes. The most significant feature of comic ideophones is the multi-modal characteristic which have a feature of the word and a feature of the decoration. This is why, we think that each feature should be considered in the experiment.

The experiment will consist of the following five parts:

- The participant looks either at a comic ideophone or a non-decorated text one at a time, then evaluates his or her impressions of each ideophones.
- The participant looks at a picture without any comic ideophone only one at a time, then evaluates his or her impressions of the picture.
- The participant listens to sounds of a word one at a trial, then evaluates his or her impressions of the sound.
- The participant looks at a picture without any comic ideophone and listens to sounds of a word one at a time, then evaluates his or her impressions of the picture with a ideophone sound.
- The participant looks at a picture including a comic ideophone one at a time, then evaluates his or her impressions of the picture with the ideophone.

We expect that analysis of the results of this experiment will reveal the combinatorial effects among the sound, the text decoration, the picture, the pictures with the sound and pictures with the ideophone by comparison of these five experimental conditions.

Stimuli

Base Picture The picture describes that someone is touching a physical object. Comic ideophones are mainly drawn in many cases that the object is passively moved or the object itself actively moves (there is an exception like "Silence"). The object has 4 different shape patterns (Figure 2). These

shapes are inspired by the Bouba-Kiki experiment (Ramachandran & Hubbard, 2001) which contrast forms (bubble/spiky) were used as stimuli. We consider three different colors of the objects. We use black, white and gray as the color of objects because it has been known that human's impressions are changed by its color. (Payne, 1958)

Figure 2: Pictures which show that someone is touching a physical object.

Comic Ideophone In this research, we will choose and create contours of ideophones which are created just by editing its original lines and can make a pair of contours which have contrast forms each other. The colors of comic ideophones include white, black and gray because of the same reason for object colors.

Word for comic ideophone We chose Japanese ideophones which have a repeating style because it is the most typical form of Japanese ideophones (Tamori, 1998), and we chose ideophones which describe a shape, texture or hardness to investigate the relationship between a visible perception (i.e., shape) and invisible (but tactual) perception (i.e., hardness). Texture is seemed to be some visible perception, which may also convey some information on invisible (but tactual) perception. The participant cannot touch the object in the picture in real so he or she must predict tactual feature of objects through textural patterns. The words will be chosen by a survey.

Sounds of ideophones Non-decorated characters still have a visible form. A sound which has no visible form was also needed to investigate essential effects of the word. This sound will be created by a synthetic voice (male/female). We use the same word list when we created comic ideophones to record sounds.

Pictures with an ideophone Each visual stimulus is created by combining a basic picture and a comic ideophone. The comic ideophone is located on the top-left side of the hand and is tilted diagonally, because most comic ideophones are located near the object and along the direction of the expressed movement of the object in many cases. Our pictures show that the hand is supposed to move from the top right to the bottom left repeatedly. This is why, we think the best location of the ideophone is on the left side of the hand diagonally. (Figure 3)

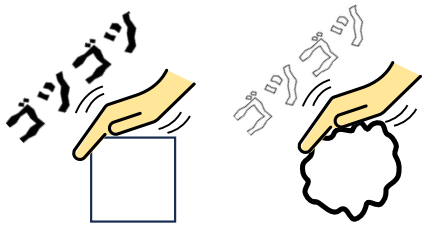


Figure 3: Examples of combined pictures.

Evaluation scale

Evaluation of impressions will be made using a scale, which are mainly to measure impressions of shapes, textures, hardness, from each stimulus. Participants will be asked to evaluate the impression by the scale which has a pair of adjectives which have an opposite meaning each other, in both edges. The pair of adjectives will be chosen by a prior survey.

Procedure

First, the participants will be asked to look at the picture, to listen to the sound, or to do both at the same time. And they will be asked to evaluate their impressions of the pictures or the sounds with the evaluation scale.

5. Acknowledgements

This work is supported by JSPS KAKENHI JP 20H04994, JP23H0369, JST PRESTO JPMJPR20C9, Japan.

References

Payne, J. M. (1958) Apparent weight as a function of color, American Journal of Psychology 71, 725-730.

Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2001). Synaesthesia--a window into perception, thought and language., Journal of consciousness studies 8(12), 3-34.

Tamori, I. (1998). Nihongo Onomatope: Tayō na Oto to Yōtai no Hyōgen [Japanese Onomatopoeia: Various Sounds and Expressions of Manners], The Journal of the Acoustical Society of Japan 54(3), 215-222

Tokyo Design Academy. (2023). Manga no Puro ga zenryoku de

oshieru ”kakimoji” no kihon [The Basics of “Kakimoji”: Professionals of Manga Teach with their Full Skills], Nihonbungeisha.

視覚呈示された日本語漢字単語処理におけるふりがなの影響 —中上級日本語学習者を対象とした視線追跡による検討— The influence of furigana on the processing of visually presented Japanese kanji words: An eye-tracking study of intermediate and advanced Japanese language learners

川島　大輔
Daisuke Kawashima

文教大学大学院
Graduated school of Bunkyo University
c1g23001@bunkyo.ac.jp

概要

本研究は，第二言語としての日本語学習者を対象としたものである．日本語学習者が日本語漢字単語を視覚的に認知処理する際に，ふりがなが漢字の認知過程に与える影響を検討した．主な要因はふりがなの有無，ふりがなの位置（上下），ふりがなの表記の種類（ひらがな，カタカナ）であった．その結果，ふりがなを要因とする主効果が認められず，日本語漢字単語の処理にふりがなは影響がないことが明らかになった．

キーワード：単語認知，ふりがな，視線追跡，心内辞書，二重アクセスモデル

1. 問題と目的

第二言語（second language，以下 L2）としての日本語の学習において，困難さがよく指摘されるのが表記の習得である．日本語は表音文字であるひらがな，カタカナと，表意文字である漢字を併用する必要があり，他の言語と比較しても表記方法が複雑だと言える．中でも，日本語漢字は数が多く，音読みと訓読みのほか，重箱読みや湯桶読み，熟字訓などの例外的な読み方が多いこともあり，読みの習得は難しい．漢字学習において，読み方を示すために添えられているのがふりがなである．視覚的に漢字を認知する際，ふりがなが付随しているならばふりがなが漢字の認知処理に影響を与える可能性が考えられる．ふりがなが漢字の認知処理に与える影響を検討することは，L2 日本語学習者の単語認知処理の一端を明らかにするためにも，重要な観点であると言えるだろう．

日本語教育分野におけるふりがなの先行研究としては，ふりがなの重要性を指摘したリー（2004）が挙げられる．リー（2004）は日本語漢字の習得におけるふりがなの効果を検討するため，日本語漢字の既有知識がない英語母語の学生に，漢字の読み方か英語で意味を答えるかのいずれかを解答させる漢字テストを実施した．その結果，学習時にふりがながあることで全体の7.4%の読み方を覚えることができたと述べている．川島（2024）は視覚的に呈示された日本語漢字単語の認知にふりがなが与える影響を検討するため，ふりがなの有無，位置（上か下か），表記の種類（ひらがなかカタカナか）を要因として，語彙判断課題（lexical decision task）をおこなった．その結果，学習者の第一言語（first language，以下 L1）や習熟度に加えて，ふりがなの有無が日本語漢字単語認知に影響を与える可能性を指摘した．

また，近年 L2 日本語の単語認知の様相を把握する手段として，視線追跡を用いた研究がおこなわれている．応用言語学領域や第二言語習得研究領域での視線追跡の利用について，Conklin & Pellicer-Sánchez（2016）は二次的な作業が不要であることから，より自然なプロセスを測定，分析することができ，眼球運動の示す動きによって多くの情報が得られることが利点であると述べている．日本語教育分野において視線追跡を利用した研究としては，柳本・徐（2021）が挙げられる．柳本・徐（2021）は中国人日本語学習者が日本語文を読む際に単語の属性がどのように影響するかを，視線追跡を用いて検討した．その結果，文脈の活性化による単語の処理速度の向上と，単語の属性が文全体の処理に影響を及ぼすことが示唆され，L2 日本語における視線追跡研究の可能性が示されている．このように，ふりがなの重要性や視線追跡の利点に着目した研究は見られるが，ふりがなを付した日本語漢字単語の認知処理に着目した研究は管見の限り見当たらない．そこで，本研究は日本語漢字単語に対する日本語学習者の単語認知処理において，ふりがながどのように影響を与えるの

かを, 視線追跡を用いて検討する.

なお, 結果の検討に際しては門田 (1998) の提唱する「二重アクセスモデル (dual access model)」を援用することとする. 単語認知処理過程は, 心内辞書に貯蔵されている語彙項目へのアクセスをおこなって単語を索出すると仮定される. また, 本研究は日本語漢字単語を視覚的に呈示する. 以上のことから, 結果の検討には視覚呈示語の処理を前提とした単語認知処理方略のモデルである二重アクセスモデルが適当であると考える. 二重アクセスモデルの概略図を図 1 に示す.

二重アクセスモデルは視覚呈示された単語に対して形態表象から意味表象へのアクセスに至るまでの経路を検討したモデルである. 二重アクセスモデルは, 視覚呈示された単語を形態的に分析した後, 音韻表象を媒介して意味表象へのアクセスをおこなう経路（音韻媒介ルート, phonological mediation route）, 形態表象から直接的に意味表象へのアクセスをおこなう経路（直接アクセスルート, direct route）, どちらの経路も併有する（二重アクセスルート, dual access route）という 3 つの経路を仮定している. 日本語学習者の L1 は表音文字言語と表意文字言語に大別することができ, L1 が表音文字言語であれば音韻媒介ルートによる認知処理になじみがあり, L1 が表意文字言語であれば直接アクセスルートによる認知処理になじみがあると考えられる. この点からも, L1 の影響を考慮するべき本研究の検討の枠組みに合致していると言えるであろう.

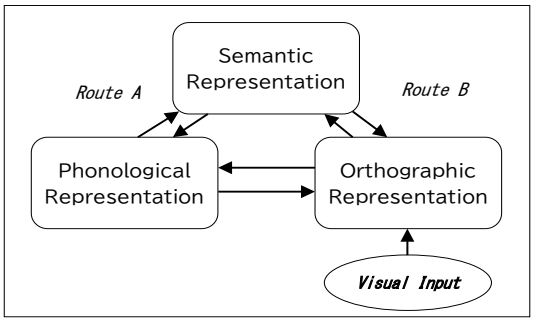


図 1　二重アクセスモデル（門田, 1998）

2.　研究課題と仮説

本研究では, ふりがなに関係する要因として「ふりがなの有無」に加え, 「ふりがなの位置（ふりがなが日本語漢字単語の上にあるか, 下にあるか)」, 「ふりがなの表記の種類（ひらがなか, カタカナか)」の 3 つの要因を用いる. ふりがなの位置については一般的に漢字の上に位置するものが大半であるが, 日本語教育分野で用いられる教科書には, ふりがなが漢字の下に振られている場合もある. ふりがなの表記についても一般的にひらがなが用いられるが, 生活場面ではふりがなの記入がカタカナで求められる場合もある. したがって, 以上の 3 点をふりがなに関係する要因として設定する.

さらに, 二重アクセスモデルを援用して考察する場合, 日本語学習者の L1 が表音文字言語か, 表意文字言語かも単語認知処理に影響を与える要因であると考えられる. したがって, 日本語学習者を L1 によって漢字圏学習者と非漢字圏学習者に分類することとする.なお, 学習者の習熟度については TTBJ（Tsukuba Test-Battery of Japanese, 筑波日本語テスト集）の SPOT（Simple Performance-Oriented Test）90 のスコアを用いて測定した.

以上のことから, 本研究ではふりがなと学習者の L1 を要因とし, L2 日本語学習者が視覚呈示された日本語漢字単語の処理を行う際にふりがながどのように影響するかを検討する.

本研究の仮説は以下のとおりである.

【仮説 1】ふりがなの有無について, 漢字圏学習者は直接アクセスルートによる処理になじみがあるため, ふりがなを見ることが少ないであろう. 非漢字圏学習者は音韻媒介ルートによる処理になじみがあるため, ふりがなを見ることが多いであろう.

【仮説 2】ふりがなの位置について, 漢字圏学習者は直接アクセスルートによって処理すると考えられる. 日本語の教材を確認したところ, ふりがなは漢字の上に振られていることが多いことから, ふりがなが下にある場合はふりがなを見ることが少ないであろう. 非漢字圏学習者は音韻媒介ルートによって処理すると考えられるため, ふりがなが上にあっても下にあってもふりがなを見ることが多いであろう.

【仮説 3】ふりがなの表記について, 漢字圏学習者は直接アクセスルートによってふりがなを見ることが少ないと考えられる. さらに日本語の教材を確認したところ, ふりがなにはひらがなが使用されている場合が多いことから, カタカナ表記のふりがなを見ることが少ないであろう. 非漢字圏学習者は音韻媒介ルートによる処理をおこなうため, ふりがなの表記がひらがなであってもカタカナであっても見てしまう可能性があり, 漢字圏学習者と比較すればふりがなを見ることが多いであろう.

3. 調査方法

【実験参加者】実験参加者は漢字圏学習者 8 名，非漢字圏学習者 10 名であった．実験参加者は母語条件（漢字圏か非漢字圏か）によって分けられた．L1 による習熟度の違いをなくすため，SPOT90 のスコアによって最終的に漢字圏学習者 8 名，非漢字圏学習者 8 名の合計 16 名のデータを分析した．なお，事前に t 検定をおこない，漢字圏学習者群と非漢字圏学習者群の SPOT90 のスコアに有意差がないことを確認した（$t(14)=1.23, p=.11$）．SPOT90 のスコアから，本調査の参加者は中上級レベルであると判定した．実験参加者の属性を表 1 に示す．

表 1　参加者の属性
（　）内は標準偏差を示す

	漢字圏	非漢字圏
平均年齢	22.3(1.6)	22.8(3.2)
平均学習歴	4 年 5 ヵ月	5 年 1 ヵ月
平均滞日歴	2 年 4 ヵ月	1 年 5 ヵ月
SPOT90 スコア平均	78.25 (5.2)	74.12 (7.2)

【実験課題】実験には語彙判断課題が用いられた．語彙判断課題は心内辞書の語彙項目にアクセスする手続きを仮定した課題である．

【実験材料】『日本語能力試験出題基準　改訂版』（国際交流基金・日本国際交流支援協会, 2002）および初級レベルの日本語教科書 6 冊から漢字単語 3,559 語を抽出し，統制をおこなった．統制基準は ①語長効果（word – length effect）を避けるため，拍数を 2〜5 拍語とする．②邱（2003）に基づき，漢字圏学習者の漢字に対する影響を避けるため，非同根語とする．③L1 の影響を避けるため，中国語のコーパスである BCC コーパスを用いてターゲット語およびフィラーが中国語に存在しない，あるいは著しく使用実態が少ない語であることを確認する．④なじみ深さの影響を避けるため，天野・近藤・笠原（2008）に基づき親密度（familiarity）が 5.0 以上の単語とする（親密度の最高値は 7.0 である）．以上の操作を経た計 60 語をターゲット語とした．また，ターゲット語と同数のフィラー60 個を作成し，使用した．

【使用機材】刺激の呈示にはノートパソコン（Panasonic Let’s note CF-SR）を用いた．反応および視線の測定には Tobii Pro Fusion 250 を用いた．サンプリングレートは 250Hz であった．測定した視線の分析には Tobii Pro Lab ver. 1.241 を用いた．統計的処理には IBM SPSS Ver. 25 を用い，分析・考察した．

【手続き】実験は個別におこなわれた．実験の試行前にキャリブレーションをおこない，正確に視線が計測されていることを確認した．語彙判断課題の実施中にアイトラッカー（eye tracker）によって視線を追跡しながら反応時間を測定した．その後，SPOT90 による習熟度チェックをおこなった．

【分析方法】視線データは呈示された日本語漢字単語とふりがなに対して AOI（Area Of Interest）の範囲を設定し，AOI 内を注視した時間と注視した回数を出力し，分散分析をおこなった．分析対象としたのはターゲット語のみで，フィラーは分析の対象としなかった．なお，ターゲット語であっても語彙判断課題で誤答であった場合には除外した．誤答による除外率は 4.2%であった．また，陳（2022）に基づき，注視時間については 0.133s 未満のものを除外した．

4. 結果

ふりがなおよび日本語漢字の注視時間，注視回数について 2（母語条件）×2（ふりがな要因）の 2 要因分散分析をおこなった．以下が，主効果が認められた結果である．ふりがなの位置については，漢字の注視回数において母語条件の主効果が有意であり，非漢字圏群より漢字圏群のほうが注視回数が少なかった（$F(1, 48)=14.402, p<.001, \eta^2=.231$）．また，ふりがなの表記については，漢字の注視時間において母語条件の主効果が有意であり，非漢字圏群より漢字圏群のほうが注視時間が短かった（$F(1, 60)=21.903, p<.001, \eta^2=.267$）．よって，今回の研究においてはふりがなの各要因の主効果が認められず，仮説 1, 2, 3 はいずれも支持されなかった．

5. 考察

分散分析の結果，注視時間と注視回数において，母語条件による主効果が認められた．注視時間や回数の多さは処理への負担をあらわしており（Conklin & Pellicer-Sánchez, 2016:454），母語条件によって注視時間や注視回数が異なるということは，単語認知のためにかかる負担が母語条件によって異なっている可能性が示唆されたと言える．また，今回の調査ではふりがな

を要因とした主効果が認められなかった. ふりがなが単語認知処理に影響を与える要因とはならなかったのは, 習熟度によるものではないかと考える.

篠塚・窪田（2012）は日本人大学生 97 名を対象として漢字四字熟語を異なる表記形態（ひらがな, カタカナ, 漢字）を呈示する意味理解課題をおこない, 二重アクセスモデルとワーキングメモリ（working memory）理論により考察した。その結果, ひらがなとカタカナは音韻媒介ルートによる音声符号化がなされ、漢字は音韻符号化がなされない直接アクセスルートによる意味理解がおこなわれているのではないかと述べた. 日本語母語話者が音韻媒介ルート, 直接アクセスルートを併有しているのであれば, 日本語の処理に慣れた習熟度が高い学習者も日本人に近い処理をおこなっていると考えられる. また, 川島（2024）において, 日本語学習者の習熟度が向上するとともに, 日本語の処理に慣れ, L1 による差がなく単語認知をおこなうことができる可能性が示唆されている. 今回の実験は中上級レベルの学習者を対象としたため, 単語の認知処理に大きな差が出なかったと考えられる. また, 単語に付随するふりがなについても, 中上級レベルでは L1 によるなじみのある処理があったとしても, L2 日本語漢字単語の認知処理に影響はなかったと考えられる. 本調査の対象となった中上級レベルの学習者による単語の認知処理が, 日本語母語話者の単語認知処理に近いものであると考えるならば, 習熟度の向上によって音韻媒介ルートと直接アクセスルートを併有する二重アクセスがなされていることが示唆されているのではないだろうか.

6. まとめと今後の課題

中上級レベルの学習者において, 日本語漢字単語の認知処理にふりがなは影響しない可能性があることが示唆された. 今後は初級レベルの学習者についても実験をおこなうことで, 習熟度によって単語の認知処理が異なるのか, また, ふりがながどのように影響するのかを検討していきたい.

7. 謝辞

本調査は筑波大学日本語・日本事情遠隔教育拠点のTTBJ（筑波日本語テスト集）を使用しました。

参照文献

[1] 天野成昭・近藤公久・笠原要, （2008）“NTT データベースシリーズ 日本語の語彙特性 第 9 巻 単語親密度”
[2] 門田修平, （1998）“視覚提示された英単語ペアの関係判断：正答率・反応時間による検討”, 外国語・外国文化研究, Vol. 11, pp. 205-220.
[3] 川島大輔, （2024）“視覚呈示された日本語漢字単語処理におけるふりがなの影響―日本語学習者を対象とした二重アクセスモデルによる実験的検討―”, 言語文化研究科紀要, Vol. 10, pp. 25-52.
[4] 邱學瑾, （2003）“台湾人日本語学習者における日本語漢字熟語の処理過程:日・中 2 言語間の同根語と非同根語の比較”, 広島大学大学院教育学研究科紀要第二部文化開発領域, Vol. 51, pp. 357-365.
[5] 国際交流基金・日本国際交流支援協会, （2002）“日本語能力試験出題基準 改訂版”
[6] 篠塚勝正・窪田三喜夫, （2012）“日本語文字形態（漢字、ひらがな、カタカナ）による認知言語処理の差”, 成城文藝, Vol. 221, pp. 84-98.
[7] 陳上元, （2022）“中国人日本語学習者の名詞修飾構造の読解アプローチ―アイトラッキングを用いた解析―”, 言語習得と日本語教育, Vol. 2, pp. 61-83.
[8] 柳本大地・徐婕, （2021）“中国人学習者が日本語文を読む際の眼球運動―漢字単語に着目して―”, 中国語話者のための日本語教育, Vol. 12, pp. 32-47.
[9] リー・カーワン, （2003）“日本語初級学習者の漢字習得における振り仮名の効用について”, 下関市立大学論集. Vol. 46, No. 3, pp. 21-26.
[10] Conklin, K., & Pellicer-Sánchez, A., (2016) “Using eye-tracking in applied linguistics and second language research”, Language Research, Vol. 32, No. 3, pp. 453-467.

固着的な思考を変容させる対話ロボットの発話方略の検討
An Examination of Speech Strategies for Social Robots to Transform Fixated Thinking

西村茉鈴†，大道麻由‡，高橋英之‡，吉村優子*，菊池英明†
Marin Nishimura，Mayu Omichi，Hideyuki Takahashi，Yuko Yoshimura，Hideyuki Kikuchi
†早稲田大学，‡大阪大学，*金沢大学
Waseda University，Osaka University，Kanazawa University
marin.nishimura@ruri.waseda.jp

概要
われわれは日常生活の中で固定観念に縛られることにより，新しい観点から物事を思考できないという経験をすることがある. そこで本研究では, 人間が持つ思考の偏りや固着から抜け出す支援を行うことを目的として，大規模言語モデルを用いた対話ロボットのシステム開発を行った. 具体的には, 対話ロボットがユーザの悩みを聞いた上で, 4 種類の発話方略に従って回答を生成するシステムである．どの発話方略がユーザの思考の固着を改善するかについて検討を行う.

キーワード: 対話ロボット, 思考の固着, 大規模言語モデル

1. はじめに

われわれは日常生活において固定観念に縛られるために新しい観点から思考できないことを経験することがある[1]．これは思考の固着と呼ばれる．特に，特定の悩み事がある場合，思考の固着にとらわれることで，思考が極端に偏ったり，固着した思考から抜け出せなくなるという問題が生じる．このような固着的な思考が繰り返されることによって，われわれのウェルビーイングは大きく低下する.

具体的には，自分が持っている考えが絶対であるという意識を持つことで, 視野が狭くなり, 柔軟な思考が出来なくなる. その結果, 実際にはより良い機会を得る可能性が存在するのにも関わらず，そのような機会を逃すことに繋がる.

このような思考の固着を改善させる取り組みは，これまで人間のカウンセラーが主に行ってきた．しかし，人間のカウンセラー相手だと委縮してしまったり，相談を躊躇してしまうことが報告されている．このような問題を解決するため，近年ロボットカウンセラーの可能性に注目が集まっている．例えば先行研究において，ネガティブな自己に関する話題に関して人間相手よりもロボット相手に話をすることを好む傾向にあることが報告されている[2]．特に近年，大規模言語モデルの発展により，対話ロボットが人間の考え方を柔軟に変える発言を行うことが容易になり，人間の発話に応じて，ロボットに様々な発話を柔軟にさせることが可能になってきた. 一方, どのような発話方略に従ってロボットに発話させると，人間の固着的思考が緩和するのかについてはまだ殆ど分かっていない.

そこで本研究では，人間が持つ思考の偏りや固着から抜け出す支援を行うことを目的とし，大規模言語モデルを用いた対話ロボットのシステム開発を行う．特にロボットに用いる大規模言語モデルのプロンプトを探索的に検証することで，ユーザの思考の固着を改善するロボットの発話方略を設計することを目指す.

2. ユーザの悩みに対する対話ロボットの発話方略

大規模言語モデルを用いて自由に対話可能なコミュニケーションロボットが，ユーザの悩んでいることを尋ねた上で，下記の 4 種類の方略に従って返答を生成する. これらの方略は, プロンプトによってロボットの発話に反映させた.

方略 A：ユーザから聞いた悩みを肯定的な思考に変換した回答を生成する
方略 B：ユーザから聞いた悩みとは別の楽しい回答を生成する
方略 C：ユーザから聞いた悩みに共感した回答を生成する
方略 D：ユーザから聞いた悩みの具体的な解決策を回答として生成する.

下記は,「自分の将来の進路がみえなくて不安で辛い」という悩みに対して，OpenAI 社が提供する大規模言語モデルである GPT-4turbo を用いて生成した各方略の回

答例（表１）である．

表１　「自分の将来の進路がみえなくて不安で辛い」という質問に対する回答例

	回答例
方略A	将来の進路が見えないと感じるのは，無限の可能性がある証拠ですね．新しいチャンスを探る絶好の機会かもしれませんよ
方略B	進路に迷ったら，一旦息抜きはどうですか？お気に入りの映画を観るなど，リラックスする時間も大切ですよ！
方略C	将来のことは誰でも不安になるものです．あなたが感じているその気持ちは，とても自然なことです
方略D	将来に不安を感じる時は，キャリアカウンセリングを受けてみるのも一つの方法です．プロのアドバイスが役立つかもしれませんね

3.　対話ロボットの発話の流れ

ユーザの返答に応じて行う対話ロボットの発話の流れについて，図 1 のフロー図を参考に，システム開発を行った．ロボットはユーザの名前を尋ねた後，簡単な自己紹介を行い，その後にユーザの悩みを尋ねる，という形で会話を行った．ユーザの悩みについては，人間とユーザの発話が 3 往復するまで繰り返させた．

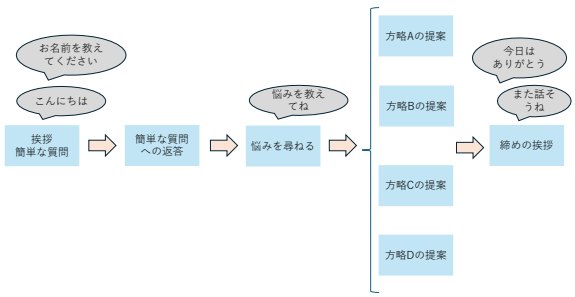


図１　対話ロボットのシステムのフロー図

4.　対面での人間とロボットの会話調査

20 代男女一名ずつが調査参加者として，4 つの対話方略それぞれで返答を返すロボットと会話を行った（図 2）．それぞれの参加者は，方略の数である 4 回，ロボットと会話を行ったが，毎回同じ悩みをロボットに話すように教示された．

会話風景はビデオで撮影して，参加者とロボットの会話ログを取得した．また 4 回の会話後に参加者に簡単なインタビューを行い，どの方略の回答が一番良かったのかを選択式で尋ねた．結果として，男性の参加者は，方略 C（共感）が最も良い回答であったと報告し，女性の参加者は方略 D（解決策）を最も良い回答であったと報告した．

図２　ロボット対話調査の様子

5.　オンラインアンケート調査

対面調査の参加者とロボットの会話ログにもとづき，ロボットの会話方略の印象について回答するオンラインアンケート調査を実施した．具体的には，悩みとそれに対する発話方略 A から D を提示し，どの発話方略が「適切なアドバイスか」，「解決に導くアドバイスか」，「優しいアドバイスか」という設問それぞれに対して，強制選択法で参加者に回答をしてもらった．

22 名の成人男女参加者がオンラインアンケート調査に参加した．2 名分の悩みと回答の結果を合わせて，それぞれの方略がどのような印象を与えるのかを割合によって示した（図 3）．

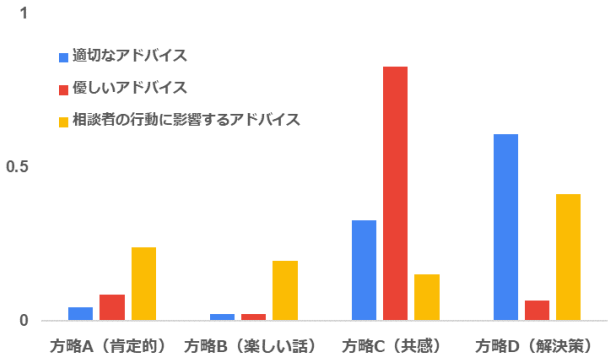


図３．三つの設問それぞれに該当する方略の割合

結果として，「適切なアドバイス」と判断される傾向が強いのは方略 D（解決策）であったのに対して，「優しいアドバイス」と判断される傾向が強かったのは方略 C（共感）であった．一方，他の二つの設問では殆ど選択されなかった方略 A や方略 B も，「相談者の行動

に影響するアドバイス」とは評価される傾向がみられた. これはユーザの行動を変容する (固着思考を緩和する) ためには, 必ずしも共感や具体的な解決策の提示が必要ないことを示唆するデータである.

6. まとめ

本研究では人間が持つ思考の偏りや固着から抜け出す支援を行うことを目的として，大規模言語モデルを用いた対話ロボットのシステム開発を行った．具体的には，対話ロボットがユーザの悩みを聞いた上で，4 種類の発話方略に従って回答を生成するというシステムである.

適切な発話方略を評価するために，実際のユーザとロボットの方略ごとの会話ログに対する印象をオンラインアンケートで調査したところ，方略ごとの回答に応じて，異なる印象を感じさせることが分かった.

ただしロボットのどのようなアドバイスが良いのかについては, 大きな個人差があることが想定される. 今後は, ユーザの性格傾向と，ロボットのアドバイスに好む発話方略の間の関係について調査を進めていきたいと考えている.

7. 参考文献

[1] 今井敏専, (2010). 思考の固着とその克服について K467 日本教育心理学会第 52 回総会発表論文集.

[2] 高橋英之，石黒浩, (2018). ロボットを用いた自己の外部投影による行動変容のモデル化, 2018 年度人工知能学会全国大会(第 32 回).

感情表出系感動詞「えっ」と「ええ」の情報処理過程の比較
Comparison of information processing process of emotional expressive interjection *e* and *ee*

森 大河[†‡]，伝 康晴[†]，Kristiina Jokinen[‡]
Taiga Mori, Yasuharu Den, Kristiina Jokinen
[†]千葉大学，[‡]産業技術総合研究所
Chiba University, AIST
forestbigriver_0412@chiba-u.jp

概要
In this study, we quantitatively analyzed discourse functions of the emotional expressive interjections *e* and *ee*, which indicate surprise and unexpectedness, using a large corpus of everyday Japanese conversation. As a result, only *e* can function as a question by itself and is likely to be followed by a question, while *ee* is mostly used as feedback and is easily used alone. From these results, we proposed an information processing model, in which *e* only indicates a contradiction between received information and existing knowledge, while *ee* also indicates that the information is successfully incorporated into existing knowledge.

キーワード：相槌，驚き，感動詞，情報処理

1. はじめに

日本語の日常会話では，聞き手は応答表現として多様な感動詞や慣用表現を用いる．これらの機能や用法の中には共通する部分と固有の部分があり，日本語学習者や対話システムにとって，これらを文脈や自身の知識状態によって適切に使い分けることが課題となる．

Den et al. (2011) は気づきや驚きを表出する感動詞を感情表出系感動詞と呼んでいる．驚きや意外性を伝達する「えっ」と「ええ」はともにこの感情表出系感動詞に分類されるが，両者はしばしば同じ感動詞のバリエーションとして扱われ（田窪, 1994; Hayashi, 2009），ひとまとめにされることが多い．そのため，両者の違いに注目して行われた研究は管見の限りない．

そこで本研究では，日常会話の大規模なコーパスを用いて，「えっ」と「ええ」を談話行為の観点から定量的に分析し，両者の情報処理過程の違いを考察する．

2. 分析対象

データには『日本語日常会話コーパス』（小磯ほか, 2023）を用いた．このコーパスには 862 人の異なる話者による 200 時間に及ぶ日常の多様な場面と多様な話者による会話が収録されており，「えっ」と「ええ」が実際の会話でどのように用いられているかを分析するのに適している．このコーパスでは 200 時間のうち 20 時間分のデータをコアデータとして，談話行為タグが付与されている．そのため本研究ではこのコアデータを対象として分析を行った．以降，「コーパス」はこのコアデータを指す．

分析に先立ち，形態論情報と生起位置の観点から分析対象を絞り込んだ．まず，語彙素のレベルでは，コーパスには「え」から始まる感動詞が「えー」「えーと」「えいしょ」「ええ」「えっ」「えへへ」の 6 種類見られた．このうち本研究の対象となりうるものは「えっ」「ええ」「えー」の 3 種類であるが，「えー」は品詞が「感動詞-フィラー」となっているため分析対象から除外し，語彙素が「えっ」と「ええ」のものに限定した．

次に，転記のレベルでは，語彙素「えっ」の転記は「え」「えっ」の 2 種類，語彙素「ええ」の転記は「ええ」「えー」「ええー」の 3 種類が見られた．しかし，実際の会話を見ると転記が「ええ」となっているものは受容・承認を示す応答系感動詞としての用法であると考えられたため，分析対象から除外した．

最後に生起位置の観点から，「えっ」と「ええ」の生起する位置は大きく分けて単独，発話冒頭，発話中の 3 種類に分けられた．このうち単独と発話冒頭は直前の発話や出来事に対する反応と考えられるが，発話中は他者の発話や過去の自分の心情の引用であり，話し手のリアルタイムの情報処理を反映しているとは言えない．『日本語日常会話コーパス』では単独と発話冒頭の感動詞は独立した長い発話単位（LUU）（Japanese Discourse Research Initiative, 2017）として分割されている．そこで，分析対象を単独で LUU を構成している「えっ」または「ええ」に限定した．

上記の手続きをまとめると，本研究における「えっ」と「ええ」の定義は表 1 のようになる．この手続きの結果，「えっ」が 573 件，「ええ」が 273 件得られた．

表 1 「えっ」と「ええ」の定義

語彙素	えっ	ええ
転記	え/えっ	えー/ええー
生起位置	単独/発話冒頭	単独/発話冒頭

3. 方法

「えっ」と「ええ」の談話機能を比較するため，両者に付与された談話行為タグ（Iseki et al., 2019; 国立国語研究所, 2022）の集計を行った.『日本語日常会話コーパス』ではLUUに対して2つのレベルで談話行為を付与しており，レベル1は全てのLUUに付与され，レベル2は該当する場合のみ付与されている．レベル1のタグは基本的な談話行為機能の分類であり，大きく分けてタスク（T_○○），社会的付き合い管理（S_○○），フィードバック（FB_○○），その他（O_○○）に分かれる．レベル2のタグは談話の展開や会話の調整に関わる分類であり，順番管理，修復，談話構造化，回収，準備，メタ発話情報に大別される.

さらに，「えっ」や「ええ」は同一話者による発話が後続することがあるため，「えっ」または「ええ」の発話者が200ミリ秒以内に次の発話を産出した場合に次の発話の談話行為タグについても集計を行った.

4. 結果

4.1. 当該発話の談話行為

表2と表3に「えっ」と「ええ」の各談話行為タグの生起数を示す．括弧内の数字は「えっ」と「ええ」それぞれの全体に対する当該タグの割合を示しており，太字は「えっ」と「ええ」を比較して割合がかなり大きい場合を示している.

まずレベル1の談話行為タグに注目すると，どちらもFB_Positiveが80%以上を占めている. このことから，どちらも他者へのフェードバックが主な機能であることがわかる．次に，T_Questionは「えっ」の12%を占めているが，「ええ」では1事例も見られなかった．このことから,「ええ」は質問になりにくいことがわかる.

次にレベル2の談話行為タグに注目すると，「えっ」はTurnTakeが半数以上を占めていることから,「えっ」は聞き手が次の順番を獲得する際に使用されやすいことがわかる．一方，「ええ」は「タグなし」がほとんどを占めており，談話の展開や会話の調整にはあまり寄与しないことがわかる．次に，RepairInitiationが付与されているのは「えっ」のみである．つまり，「えっ」は聞き取りや理解の問題が生じたことを伝達する機能があるが,「ええ」にはそのような機能はないことがわかる.

表 2 「えっ」と「ええ」の談話行為（レベル 1）

	えっ	ええ
FB_Positive	475 (83%)	**251 (92%)**
T_Question	**67 (12%)**	0 (0%)
T_SelfSpeech	16 (3%)	12 (4%)
O_Undet	11 (2%)	5 (2%)
O_NV	2 (0.3%)	3 (1%)
T_Inform	2 (0.3%)	1 (0.4%)
T_A-AttentionGetting	0 (0%)	1 (0.4%)

表 3 「えっ」と「ええ」の談話行為（レベル 2）

	えっ	ええ
TurnTake	**378 (66%)**	16 (6%)
タグなし	124 (22%)	**238 (87%)**
RepairInitiation	**62 (11%)**	0 (0%)
A-Opening	9 (2%)	5 (2%)
TurnKeep	0 (0%)	9 (3%)
Closing	0 (0%)	2 (0.7%)
A-Confirmation	0 (0%)	1 (0.4%)
Confirmation	0 (0%)	1 (0.4%)
TurnRetraction	0 (0%)	1 (0.4%)

4.2. 次の発話の談話行為

表4と表5に「えっ」と「ええ」の次の発話の各談話行為タグの生起数を示す．ただし，「単独」は次の発話がなく「えっ」と「ええ」が単独で使われた場合を指す.

まずレベル1の談話行為に注目すると，「単独」の割合は「ええ」が「えっ」の2倍以上多いいことから，「ええ」は単独で使用されやすいことがわかる．これは，表3で「えっ」のTurnTakeの割合が少ないことと一貫している．次に，T_Questionの割合は「えっ」が「ええ」の3倍以上とかなり多い（T_CheckQuestionにもこの傾向が見られる）．つまり，「えっ」の後には質問が後続しやすいことがわかる.

次にレベル2の談話行為タグについては,「タグなし」と「単独」の割合を除いて大きな違いが見られない.

表 4 「えっ」と「ええ」の次の発話の談話行為（レベル 1）

	えっ	ええ
単独	151 (26%)	**150 (55%)**
T_Inform	134 (23%)	54 (20%)
T_Question	**143 (25%)**	18 (7%)
FB_Positive	19 (3%)	17 (6%)
T_Request	31 (5%)	5 (2%)
T_CheckQuestion	**31 (5%)**	1 (0.4%)
T_Answer	27 (5%)	2 (0.7%)
O_NV	5 (0.9%)	10 (4%)
FB_Repetition	11 (2%)	3 (1%)
O_Undet	8 (1%)	2 (0.7%)
T_A-Request	4 (0.7%)	3 (1%)
FB_Lexical	0 (0%)	6 (2%)
T_SelfSpeech	4 (0.7%)	1 (0.4%)
T_Offer	3 (0.5%)	0 (0%)
T_A-Offer	1 (0.2%)	1 (0.4%)
T_AttentionGetting	1 (0.2%)	0 (0%)

表 5 「えっ」と「ええ」の次の発話の談話行為（レベル 2）

	えっ	ええ
タグなし	**293 (51%)**	86 (32%)
単独	151 (26%)	**150 (55%)**
Confirmation	47 (8%)	16 (6%)
TurnRetraction	17 (3%)	6 (2%)
RepairInitiation	18 (3%)	1 (0.4%)
Opening	15 (3%)	3 (1%)
TurnKeep	11 (2%)	4 (1%)
TurnTake	8 (1%)	4 (1%)
A-Opening	4 (0.7%)	2 (0.7%)
A-Confirmation	4 (0.7%)	0 (0%)
Joking	3 (0.5%)	0 (0%)
Repair	1 (0.2%)	1 (0.4%)
Pre	1 (0.2%)	0 (0%)

5. 考察

分析で得られた結果を情報処理過程の観点から考察する. 感動詞と情報処理過程について, 談話管理理論では感動詞を心的情報処理の音声的表出としてとらえ, これまで多くの研究がなされている. 本研究ではその中でも冨樫 (2001) の理論に基づいて考察を行う. 冨樫 (2001) は情報処理に関する心的領域を「バッファ」と「データベース」に分け感動詞の機能を分類している. これによれば, 情報処理は主に一次的な処理であるバッファへの書き込みと二次的な処理であるデータベースへの書き込みに分けられる. バッファへの書き込みの際に既存知識があれば比較が行われ,「あっ」はバッファにない新奇な情報を受け取ったこと,「おっ」はバッファにある情報と一致率の高い情報を受け取ったことを示し,「えっ」はバッファにある既存知識と一致率が低い情報を受け取ったことを示す. この理論を参考に, 本研究ではある情報を受け取ったときの受け手の情報処理を「既存知識との比較」と「既存知識への組み込み」の 2 つに段階に分けて考える.

「えっ」と「ええ」の談話機能タグを比較した結果,「えっ」は質問や修復開始になりうることや質問が後続しやすい一方,「ええ」はほとんどがフィードバックであることや単独で使用されやすいことがわかった. 森山 (1989) や田窪 (1994) では「えっ」と「ええ」はともに問い返し系の感動詞に分類されている. しかし, 本研究の結果からは「ええ」には問い返しとしての機能はないことがわかる.

次に, 田窪 (1994) は促音のついた「はっ」「えっ」のような感動詞は, 情報の作業バッファへの入力には成功したものの, データベースへのリンクができなかったことを示す標識としている. 確かに, それ自体が質問となったり質問が後続したりしやすいということは,「えっ」の産出者はただ驚いているというよりも, 受け取った情報と既存知識との不一致が大きいために一種のトラブルを抱えており, それを解決するために相手にさらなる情報を求めていると考えられる. しかし,「えっ」が常にそのようなトラブルを示すならば, 質問や修復が主とした機能であるはずであるが, 本研究の結果から「えっ」の大部分はフィードバックとして機能していた. つまり, このようなトラブルを示すことは「えっ」の本質的な機能ではない. トラブルがある場合もそうでない場合も使えるということは,「えっ」の本質的な機能は, 受け取った情報と既存知識との一致が低いということだけを示すことだと考えられる.

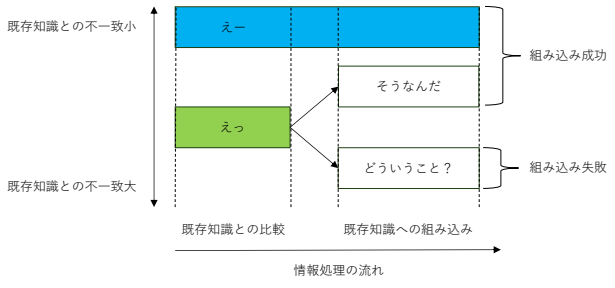
一方,「ええ」はフィードバックとして単独で完結していた. この結果から,「ええ」の本質的な機能は, 受け取った情報と既存知識の一致が低いものの, そのことによるトラブルが生じていない, つまり, 情報を自身

の知識に正常に組み込めたことを示すことだと考えられる. また, 本研究の結果と同様に Hayashi (2009)も「えっ」と異なり「ええ」は聞き取りや理解のトラブルを表示しないという分析をしている.

以上の考察を踏まえ, 図 1 に「えっ」と「ええ」の情報処理過程を示す. まず, 受け取った情報と既存知識の一致率が低い場合, 受け手の心内に驚きが生まれ, 「えっ」または「ええ」が使用される. このとき, 既存の知識との不一致が大きい場合は修復開始としての「えっ」が使われ, 質問が後続したりする. 既存の知識との不一致が小さい場合は「ええ」やフィードバックとしての「えっ」を使用し, 意外ではあるものの許容可能な程度の意外性であり, 既存知識に問題なく組み込まれたことまでを示す. このとき, 修復開始としての「えっ」とフィードバックとしての「えっ」がどのように会話相手に識別されているかは本研究の結果からはまだ明らかではない. 一つの可能性は, 例えば「えっ そうなんだ」のように「えっ」+「理解や受容を示す表現」を使うと, 意外性を示しつつも問題なく受け取ることができたことを示すことができるというものだ.

以上をまとめると, 「えっ」と「ええ」の共通点はどちらも受け取った情報と既存知識を比較した結果両者の一致率が低いことを示す点であり, 相違点は「えっ」は不一致があることだけを示すのに対し, 「ええ」は不一致がありつつも情報を既存知識に組み込むことができたことまでを示す点である.

図 1 「えっ」と「ええ」の情報処理過程



6. おわりに

本研究では, 日常会話の大規模なコーパスを用いて, 「えっ」と「ええ」を談話行為の観点から定量的に分析し, 両者の情報処理過程の違いを考察した. 今後の展望として, 韻律情報や身体動作などのマルチモーダルな情報が「えっ」の機能の識別にどのように関与しているかを分析する. 次に, 「ええ」が使われる場合と「えっ」+「理解や受容を示す表現」が使われる場合とで受け手の知識や情報処理に差異があるのかどうかを明らかにする. さらに, この結果をどのように日本語教育や対話システム研究に活かしていくかについても議論を行う.

謝辞

この成果は, 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業(JPNP20006) の結果得られたものです.

文献

Den, Y., Yoshida, N., Takanashi, K., & Koiso, H. (2011). Annotation of Japanese response tokens and preliminary analysis on their distribution in three-party conversations. In *Proceedings of the 14th Conference of the Oriental COCOSDA (O-COCOSDA 2011)*, pp. 168-173.

Hayashi, M. (2009). Marking a 'noticing of departure'in talk: *Eh*-prefaced turns in Japanese conversation. *Journal of Pragmatics*, *41*(10), 2100-2129.

Iseki, Y., Kadota, K., & Den, Y. (2019). Characteristics of everyday conversation derived from the analysis of dialog act annotation. In *Proceedings of the 22nd Conference of the Oriental COCOSDA (O-COCOSDA 2019)*, pp. 08_1-6.

Japanese Discourse Research Initiative. (2017). 発話単位ラベリングマニュアル version 2.1. http://www.jdri.org/resources/manuals/uu-doc-2.1.pdf

小磯花絵, 天谷晴香, 居關友里子, 臼田泰如, 柏野和佳子, 川端良子, 田中弥生, 伝康晴, 西川賢哉, 渡邊友香. (2023). 『日本語日常会話コーパス』 設計と構築. 国立国語研究所論集, *24*, 153-168.

国立国語研究所. (2022). 談話行為情報 ユーザーズマニュアル. 日本語日常会話コーパス | 大規模日常会話コーパスに基づく話し言葉の多角的研究. https://www2.ninjal.ac.jp/conversation/cejc/annotation.html

森山卓郎. (1989). 応答と談話管理システム. 阪大日本語研究, *1*, 63-88.

田窪行則. (2005). 感動詞の言語学的位置づけ. 月刊言語, *34* (11), 14-21.

田窪行則. (1994). 音声対話の言語学的モデル：談話管理標識としての感動詞の分析. 情報処理学会研究報告, 1994-SLP-001, 15-22.

田窪行則, 金水敏. (1997). 応答詞・感動詞の談話的機能, 音声文法研究会(編), 文法と音声 (pp. 257-279). くろしお出版.

冨樫純一. (2001). 情報の獲得を示す談話標識について. 筑波日本語研究, *6*, 19-41.

シンボリック表現と身体性を融合する認知モデルベースロボットの社会実装へ向けた評価の試み

An Attempt to Evaluate the Social Implementation of Cognitive Model-Based Robots for the Fusion of Symbol and Embodiment

西川 純平 †，森田 純哉 †
Jumpei Nishikawa, Junya Morita
† 静岡大学
Shizuoka University
nishikawa.jumpei.16@shizuoka.ac.jp

概要

人間は複数の表現を相補的に処理しコミュニケーションを行う．人間と機械の円滑な対話のためには，機械が状況に応じてこれらの媒体を変換する仕組みを持つことが重要になる．本研究では，記号的表現と身体的表現を接続する仕組みをもつ認知モデルベースロボットが，実世界の社会の人々の活動に及ぼす影響について検討する．ロボットの印象を調査するフィールド実験において，ロボットの発話する単語とジェスチャが同期しているとき，いくつかの項目が高得点となった．

キーワード：シンボリック表現，身体性，認知モデリング，ACT-R

1. はじめに

人間のコミュニケーションは記号的なあるいは数量的な表現に媒介される．記号的とは，言語やアイコンといった離散的な表現であり，数量的表現とは，音声や動作といった物理量に対応する．これらふたつの媒体は，人間内部においては異なるシステムにより相補的に処理される (Tversky, 2019)．人間と機械の円滑な対話のためには，機械も状況に応じてふたつの媒体を変換する仕組みを持つことが重要になる．このことを踏まえて，著者らは記号的な表現と数量的（身体的）表現を接続する方法を検討してきた (Nishikawa et al., 2023)．本研究では，記号的表現と身体的表現を接続する仕組みをもつ認知モデルベースロボットが，実世界の社会の人々の活動に及ぼす影響について検討する．本稿では，この目的のために実施したフィールド実験について報告する．この実験を通してロボットの言語と身体が同期していると違和感なく受け入れられるという可能性を検討する．

2. 記号表現と身体表現を接続する認知モデル

図 1 は記号と数量（身体）の接続を表現したモデル (Nishikawa et al., 2023) の概観である．このモデルは簡単な対話の例としてしりとりを実施する．記号と身体性の関連は，しりとり中に登場する単語について，その「大きさ」 (Sasaki et al., 2024) とロボットのジェスチャが相互に影響し合うこととして表現される．

図中の点線の領域が，認知アーキテクチャ ACT-R (Anderson, 2007) を利用した記号処理システムである． 脳部位に対応づけられるそれぞれのモジュールを，プロダクションモジュールが制御する．このモジュール構造のなかでは「チャンク」と呼ばれる記号的表現を単位として処理がおこなわれる．しりとりにおける聞き取った単語をもとに自分の回答を選択する処理が，単語や音に関するチャンクを単位として実行される．

単語選択の処理は身体としてのロボットに接続され，発話とジェスチャが影響しあう．このモデルにおける記号から数量への変換は，ロボットが名詞の「大きさのイメージ」に基づくジェスチャーをとることに対応する（図 1 中の橙矢印)．「大きさのイメージ」は，単語分散表現から取り出される人間が単語に対して持つ一般的な大きさのイメージである [4]．数量から記号への影響は，直前のジェスチャーの大きさがモデルの次の単語選択に影響するというかたちで表現される (図 1 中の緑矢印)．.

3. フィールド実験

この認知モデルを組み入れたロボットが，実社会の人々の活動に及ぼす影響を検討するフィールド実験を実施した．この実験では，前述のモデルが 2 体のロボットに実装される． 2 体のロボットは，2024 年 2 月 3 日（土）10:00–16:45 にかけて，科学博物館（日本科学未来館）のハブスペースに展示された（図 2)．

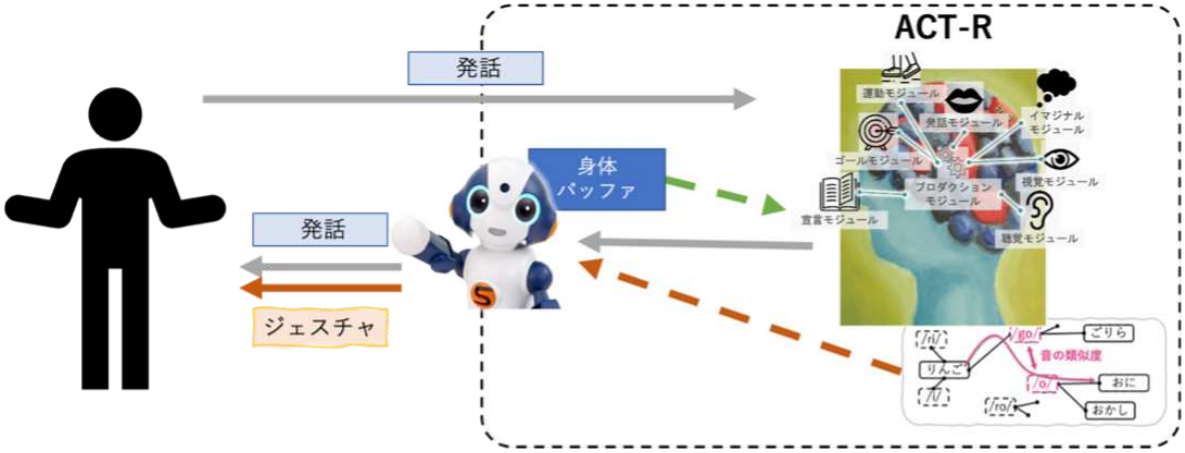


図 1　提案モデルの概観．先行研究 (Nishikawa et al., 2023) の図を著者が和訳．記号的表現と身体が，単語選択からジェスチャへの影響（橙矢印）とジェスチャから単語選択への影響（緑矢印）として接続される．

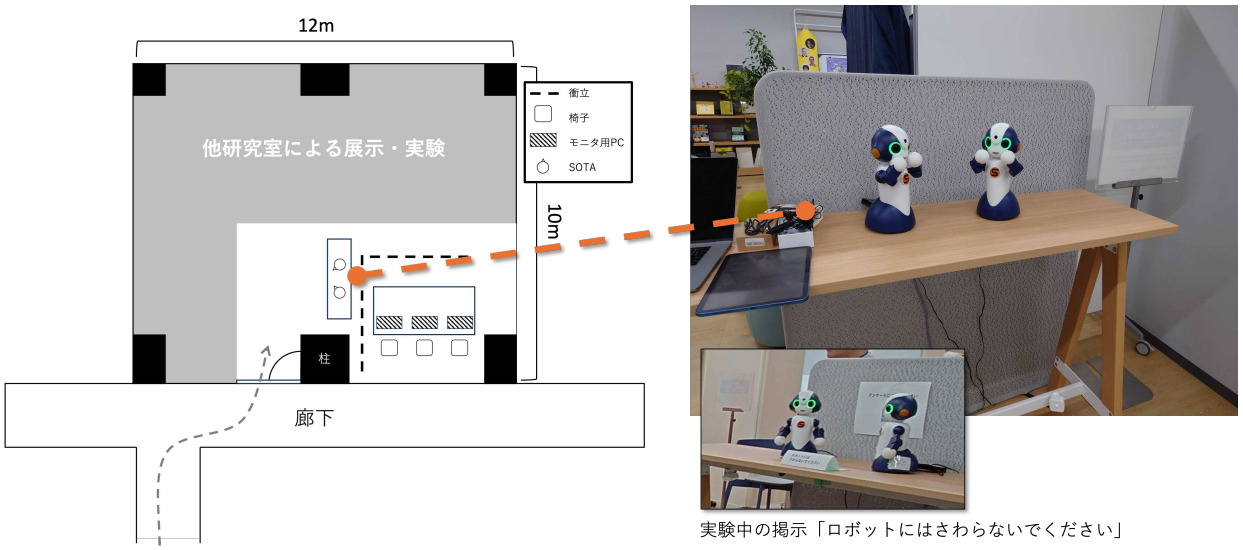


図 2　展示の様子．ロボットの配置と動作中の写真．

来場者は 2 体のロボットが交互に単語を発話し，ジェスチャーをとる（しりとりを行う）様子を観察した．

今回の展示では，設計されたモデルの効果を確かめるため，前述した仕組みに基づいてロボットがジェスチャーをする同期条件に加えて，二つの条件を用意した．

- 同期条件：ロボットは単語を発話する際に，その単語の「大きさ」に基づいてジェスチャする．
- 非同期条件：ロボットは単語を発話する際に．ランダムな大きさのジェスチャする．
- 不動条件 ：ロボットは単語を発話する際に，ジェスチャをしない（常に一定の姿勢を保つ）．

展示時間中には 3 条件が繰り返し示された．ある条件のしりとりが終了する（しりとりが 20 回続く）と，20 秒程度のインターバルののち，次の条件のしりとりが開始された．また，展示会場には，人感センサ，カメラ，IC レコーダが設置され，来場者のロボットに対する反応が記録された．また，ロボットの展示に興味を示した来場者に対して，アンケートへの回答を依頼した．アンケートには，来場者の属性に関する設問，観察した条件を区別するための設問，ロボットへの主観的な印象を評価する Godspeed 質問紙の設問が含まれた．このような条件のもとで，ロボットの言語と身体が同期していると違和感なく受け入れられるという可能性を検討する．つまり，Godspeed 質問紙の尺度において同期条件は他の条件よりも高く評価されるかどうかをたしかめる．

3.1　結果と考察

図 3 は得られたアンケート結果から，来場者が自身の観察したしりとりの試行から受けた印象を Godspeed 質問紙に基づいて評価した結果を取り出したものである (n = 8，同期=3，非同期=3，不動＝ 2)．3 色のバーは，それぞれの来場者が観察した認知モデルとロボットの動作を対応付けた各条件を示す．図の

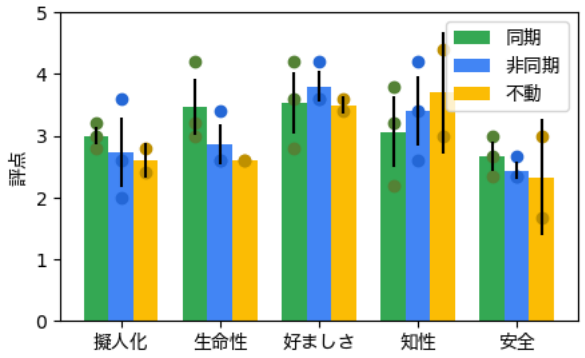


図 3　アンケート結果．Godspeed の下位項目ごとに整理．エラーバーは SE．各点は参加者．

横軸には Godspeed 質問紙の下位項目が並び，縦軸はそれぞれの評点を示す．図より，生命性の項目において，ロボットの身体が動作する 2 条件（同期・非同期）の評価が不動条件よりも高く，擬人化の項目でも同期条件が不動条件よりもやや高いことが観察される．これらは，ロボットの身体が動作すること，単語の意味と同期していることの効果を示す可能性がある．

4.　まとめと今後

本稿では，記号的表現と身体的表現を接続する仕組みをもつ認知モデルベースロボットが，実世界の社会の人々の活動に及ぼす影響について検討することを目的として実施したフィールド実験について述べた．しりとり中の単語とジェスチャーの関係を変化させた 3 条件の実験の結果として，ロボットの発話する単語とジェスチャが同期した条件においてロボットの印象評価でいくつかの項目が高得点となった．これは単語の意味とロボットの身体動作が同期していることの効果を示唆する．

今後，滞在時間など他の記録されたデータを分析し，認知モデルベースのロボットを社会実装する効果に関するさらなる知見を得る．

文　献

Anderson, J. R. (2007). *How can the human mind occur in the physical universe?*: Oxford University Press.

Nishikawa, J., Sasaki, K., Morita, J., Meneses, A., Sakai, K., & Yoshikawa, Y. (2023). “Embodied communication model in ACT-R based robot,” in *Proceedings of ICCM 2023, 21th International Conference on Cognitive Modelling*, URL: https://mathpsych.org/presentation/1167.

Sasaki, K., Nishikawa, J., & Morita, J. (2024). “Evaluation of co-speech gestures grounded in word-distributed representation,” *Frontiers in Robotics and AI*, 11, DOI: 10.3389/frobt.2024.1362463.

Tversky, B. (2019). *Mind in motion: How action shapes thought*, Paris: Hachette UK.

VR 環境の複雑さが歩行に及ぼす影響：人混み通過実験での予備的検討

Pilot study on the effect of virtual environment complexity on gait dynamics: An experiment on passing through a virtual crowd

児玉 謙太郎[1]，桜井 良太[2]，友野 貴之[3]，佐藤 和之[4]，樋口 貴広[1]

Kentaro Kodama, Ryota Sakurai, Takayuki Tomono, Kazuyuki Sato, Takahiro Higuchi

[1]東京都立大学，[2]東京都健康長寿医療センター研究所，[3]札幌学院大学，[4]Friedrich Schiller University Jena

[1]Tokyo Metropolitan University, [2]Tokyo Metropolitan Institute for Geriatrics and Gerontology, [3]Sapporo Gakuin University, [4]Friedrich Schiller University Jena

kodama_k@tmu.ac.jp

概要

本研究は，環境の複雑さが歩行に及ぼす影響を検討するため，VR 内で人混みを再現し実験を行った．参加者は，ヘッドマウントディスプレイを装着した状態でトレッドミル上を歩くよう求められ，アバターが少ない単純条件，多い複雑条件が比較された．歩行のステップ間隔データのフラクタル性（スケーリング指数α）を評価した結果，複雑条件でαが有意に低く，歩行時の身体自由度が高くなったと解釈され，VR 内の人混みの量が歩行の複雑さや自由度に影響する可能性が示された．

キーワード：歩行リズム (gait dynamics)，人混み (crowd)，複雑性 (complexity)，フラクタル (fractality)

1. はじめに

呼吸や心拍，そして歩行などヒトの生理・行動レベルの時系列データには周期的なリズムがみられる．これら生体リズムの評価や背景メカニズムについては，様々な理論的，実験的な検討がなされてきたが，近年，複雑系科学や非線形力学（カオス・フラクタル理論）の知見を背景に，複雑性喪失仮説（Loss of Complexity hypothesis：LoC 仮説）と呼ばれる考え方が提唱されている [1]. LoC 仮説によると，生体リズムには適度な“複雑性”や“揺らぎ”が存在すること，しかし，加齢や疾患に伴って複雑性が低下・喪失すること，そして，その複雑性はフラクタルやエントロピーといった観点から定量的に評価できること，が示唆されている (e.g., [2]).

一般に，時系列データに対するフラクタル解析では，変動の量と時系列の時間スケール（窓長）の関係を両軸にとった両対数グラフの傾きであるスケーリング指数αによって，その時系列の時間変動のパターンを定量化する．具体的には，α が $0 < \alpha < 0.5$ のとき反持続性相関（過去に起きた変動とは逆方向の変動が未来で起こる可能性が高い）を示し，$0.5 < \alpha < 1$ のとき持続性相関（過去に起きた変動と同じ方向の変動が未来で起こる可能性が高い）を示す．また，$\alpha = 0.5$ のときホワイトノイズ（ランダムノイズ），$\alpha = 1$ のときピンクノイズ（$1/f$ ゆらぎ，いわゆるフラクタル），$\alpha = 1.5$ のときブラウンノイズとなる [3].

例えば，歩行の研究においては，若年健常者の歩行リズムには長期相関と呼ばれる性質（フラクタル性・持続性相関）が見られるが，高齢者やパーキンソン病患者の歩行リズムはフラクタル性が見られずホワイトノイズに近いランダムな性質を持つことが知られている (e.g.,[4]).

また，歩行のリズムには，聴覚刺激や視覚刺激が影響することも知られている．例えば，一定のリズムを刻むメトロノームと $1/f$ のゆらぎをもつメトロノームを聴かせて歩行させた場合では，歩行リズムが前者ではホワイトノイズ，後者ではピンクノイズ ($1/f$) になることが知られている [5]. さらに，視覚的メトロノームについても同様の結果が報告されている [6].

一方で，日常的な生活環境は，メトロノームのような周期的な知覚情報だけでなく，人混みや雑踏など，より複雑な情報にも溢れている．そのような複雑な環境においても，ヒトは視覚情報などをうまく利用し，予測的，適応的に歩きながら移動している [7].

以上の背景を踏まえ，本研究では，より日常的で複雑な環境を想定し，「人混みの中を歩く」という場面に着目した．しかし，実際の人混みの中で実験を行うことは，コスト面や安全面，そして要因の統制という意味でも現実的ではない．そこで，本研究では，仮想現実（VR）で人混みを再現し，安全かつ実験的統制がとれた状況で実験を行った．

2. 方法

実験参加者

若年健常者 6 名（男女 3 名ずつ，平均 22.3±6.0 歳）．参加者には同意のもと実験に参加してもらった．

実験装置

トレッドミル（AFJ2019A，ALINCO），ヘッドマウントディスプレイ（HMD : Oculus Quest 2，Meta），加速度センサ（TSND151，ATR-Promotions : サンプリング周波数 100Hz で腰部と左右の足首に装着）が用いられた．VR 環境および実験刺激は Unity（2021.3.5f1）で開発・設計された．

実験刺激

統制条件として，①アバターなし（No avatar）条件（HMD を装着し VR 内で前方を見ながら歩行する条件），実験条件として，②単純（Simple）条件（VR 内で 10 秒間に 5 体程度のアバターと擦れ違う条件），③複雑（Complex）条件（VR 内で 10 秒間に 15 体程度のアバターと擦れ違う条件）を設けた（図 1）．統制条件①では VR 内で街並みのみが表現され，実験条件②・③ではアバターが正面から擦れ違うように設計された．アバターは，参加者の左右に 2 列ずつ計 4 列に配置され（参加者から左右に約 1m ずつ離れた位置であり，アバター同士の隙間は参加者の肩幅の 2.6 倍に設定された），一定の速度（時速 4 ㎞）で参加者と反対方向に直進するよう設定された．また，参加者の歩行速度に合わせ VR 環境の背景が前進するように光学的流動が設計された．ただし，アバターは直進するため，参加者は VR 内でアバターとは衝突をしない設定となっている．

図 1 VR 環境の視覚的な複雑さ
（上：単純条件，下：複雑条件）

実験課題

参加者は，トレッドミル上で歩行を行い，各自の適切な歩行速度を求めた．その後，トレッドミル上での歩行自体に慣れてもらった後，①アバターなし条件，②単純条件，③複雑条件において，トレッドミル上での歩行が求められた．

手続き

参加者は，はじめに①アバターなし条件を行い，②単純条件・③複雑条件は参加者ごとにカウンターバランスをとった．参加者は，いずれの条件もなるべく前方を向いて歩くよう教示され，各条件では 5〜6 分間（解析に必要なデータ数の 550 歩程度）の歩行を行うよう求められた．尚，条件間で 5〜6 分間の休憩を入れた．

データ分析

本研究では，腰部の加速度センサで取得したデータの左右方向（ML 方向）の時系列データからステップを検出し，歩行の変動の量を変動係数（Coefficient of Variation : CV）を，歩行ダイナミクスにおける複雑性についてはフラクタル性を定量化するスケーリング指数（Scaling Exponent α）を求めた．具体的には，Detrended Fluctuation Analysis（DFA）[8]という非線形時系列解析手法（フラクタル解析の一種）を適用した．これらの分析では DFA の適用において必要とされるデータ数（512 点） [9] を分析対象とし，歩行の開始と終了の前後のデータを除き，ステップ間隔 512 点を対象とした．

3. 結果

歩行ステップの変動の量（CV）

図 2 では，歩行ステップ間隔の変動の量を評価するため，変動係数（CV）を求め，条件ごとの平均を参加者ごとに灰色の点でプロットして，それらの平均を黒い点でプロットして示している（エラーバーを標準偏差（SD）で示している）．

各条件の変動係数（CV）は，アバターなし条件では平均 0.039（SD=0.013），単純条件では平均 0.037（SD=0.008），複雑条件では平均 0.033（SD=0.006）であった．分散分析の結果，主効果，および，交互作用は認められなかった（$F(2, 10) = 1.26, p = 0.32, \eta_p = 0.20$）．

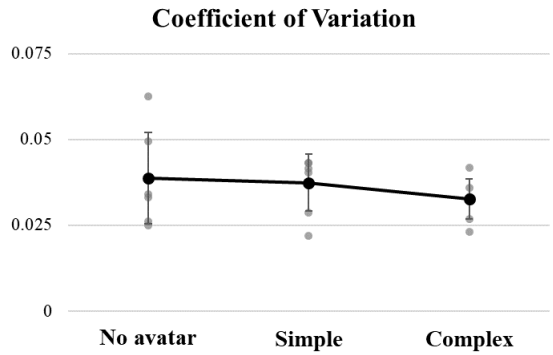


図 2　ステップ間隔の変動係数
（No avatar：アバターなし条件，
Simple：単純条件，Complex：複雑条件）

歩行ステップの変動の質（フラクタル性）

図 3 では，歩行ステップ間隔の変動の質を評価するため, DFA スケーリング指数αを求め, 条件ごとの平均を参加者ごとに灰色の点でプロットして，それらの平均を黒い点でプロットして示している（エラーバーを標準偏差（SD）で示している）.

各条件の DFA スケーリング指数αは，アバターなし条件では平均 0.89（SD=0.20），単純条件では平均 0.87（SD=0.16），複雑条件では平均 0.81（SD=0.15）. 分散分析の結果, 主効果, および, 交互作用が認められ（$F(2, 10) = 5.21, p = 0.028, \eta_p = 0.51$），下位検定（Holm 法）の結果，複雑条件が単純条件よりも有意に低いことが示された（$t(5) = 4.63$，$p = 0.01$, $\eta_p = 0.20$）.

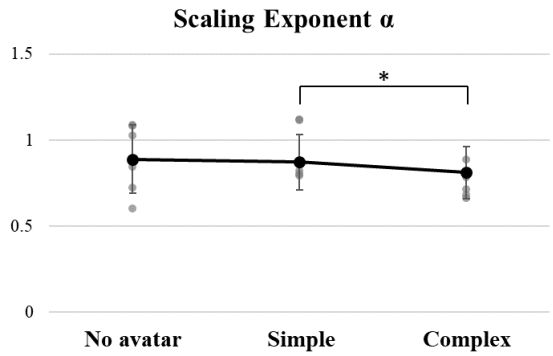


図 3　ステップ間隔の DFA スケーリング指数α
（No avatar：アバターなし条件，
Simple：単純条件，Complex：複雑条件）

4.　考察

VR 環境の視覚的な複雑さが歩行のダイナミクスに及ぼす影響を調べるため，本研究では予備的な検討として，VR 環境で人混みを再現し，統制条件（アバターなし条件）と，単純条件（人混みが少ない条件），複雑条件（人混みが多い条件）の 3 条件を比較した（図 1）. その際，歩行のダイナミクスは歩行ステップの間隔の変動の量と質という観点から評価し，比較した.

その結果，変動量という意味で歩行ステップの変動係数（CV）を 3 条件で比較したところ，統計的に有意な差は認められなかったものの，複雑条件でやや変動が少ない傾向が示された（図 2）.

また, 変動の質という意味で歩行ステップのリズム・時間構造を DFA で定量的に評価したところ，複雑条件の方が単純条件よりも有意に DFA スケーリング指数αが小さな値を示した（図 3）.

これらの結果について，LoC 仮説に基づく複雑性の観点から考察すると，今回の実験で設定した VR 環境における人混みの複雑さは，歩行リズムのフラクタル性を低下させ，よりランダムな変動へと変える傾向があることが示唆される結果となった. その意味では，VR 環境が複雑になれば歩行のリズムも複雑になるといった単純な影響関係は見られなかった.

他方, 人混みが多い複雑条件で歩行の変動量が（統計的に有意ではないものの）やや減少し, 変動に質としてランダム性が増加するという結果は，長距離ランナーの走行リズムの特徴として報告されている結果 [10] と一致する点は注目に値する. すなわち, トレッドミル上で走行する課題を長距離ランナーと非ランナーの初級者で検討し，そのステップ間隔を DFA で解析した先行研究では, 長距離ランナー群の方が CV, および, DFA スケーリング指数αが低くなることが示され, 熟達したランナーは，走行パターンの時空間的な組織化における自由度を失うことなく走行時の変動性を抑えることができる，と解釈されている [10]. この解釈を本研究の結果にあてはめるならば，視覚的に複雑な人混みが多い条件では，アバターとの接触を回避するよう参加者は歩行の変動の量を抑えながら身体の自由度をある程度解放させ，柔軟に歩行できる“構え”の状態を保持していたと考察される. つまり，αが 0.5 に近い状態では, 膨大な自由度をもつ身体システムが, 自由度を結合させ規則的なリズムで歩いているというよりも，一定の自由度を保ちながらランダム性を有した状態である

と解釈される．これらの可能性については，今後，さらなるデータを取得し，多角的に検討していきたい．

また，今回の予備的な実験では検討できていないが，人混みを通過することに対する様々な個人差（得意／苦手，パーソナルスペース，自己身体感覚など）の影響も今後の検討課題としたい．その他，視覚的な複雑さとして「アバターの数」以外の要因として，アバターの「歩行速度」「移動方向」「アバター間の隙間の幅」などの変数も歩行に影響する要因として考えられる．今後，どのような変数を操作すると歩行にどのような影響が出るのかを実験的に明らかにしたい．

本研究を発展させることによって，VR 環境内のいかなる視覚情報が，参加者の歩行のダイナミクス（複雑さなど）に影響を及ぼすのかが明らかになれば，実際には危険を伴うような人混みなどの環境を VR 内で再現し，効果的なトレーニング方法が提案できる可能性がある．そのような知見が蓄積すれば，高齢者や運動障害者の歩行のリハビリテーションなどに応用できる可能性があり，VR トレーニング・システムの開発と，その社会的・臨床的な応用が期待される．

謝辞

本研究は，2023 年度・三井住友海上福祉財団・研究助成（高齢者福祉分野），JSPS 科研費 23K24740 の助成を受けたものです．ここに感謝の意を表します．

文献

[1] Lipsitz, L. A., & Goldberger, A. L. (1992). Loss of'complexity' and aging: potential applications of fractals and chaos theory to senescence. *Jama*, 267(13), 1806-1809.

[2] Manor, B., & Lipsitz, L. A. (2013). Physiologic complexity and aging: Implications for physical function and rehabilitation. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 45, 287-293.

[3] 児玉謙太郎，清水大地,安田和弘. (2021). 非線形時系列解析による動作の質の評価と表現: 医療・スポーツ分野への応用. *バイオメカニズム学会誌*, 45(4), 227-238.

[4] Hausdorff, J. M. (2009). Gait dynamics in Parkinson's disease: common and distinct behavior among stride length, gait variability, and fractal-like scaling. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 19(2).

[5] Marmelat, V., Duncan, A., Meltz, S., Meidinger, R. L., & Hellman, A. M. (2020). Fractal auditory stimulation has greater benefit for people with Parkinson's disease showing more random gait pattern. *Gait & posture*, 80, 234-239.

[6] Rhea, C. K., Kiefer, A. W., Wittstein, M. W., Leonard, K. B., MacPherson, R. P., Wright, W. G., & Haran, F. J. (2014). Fractal gait patterns are retained after entrainment to a fractal stimulus. *PLoS One*, 9(9), e106755.

[7] Higuchi, T. (2013). Visuomotor control of human adaptive locomotion: understanding the anticipatory nature. *Frontiers in psychology*, 4, 277.

[8] Peng, C. K., Havlin, S., Stanley, H. E., & Goldberger, A. L. (1995). Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. *Chaos: an interdisciplinary journal of nonlinear science*, 5(1), 82-87.

[9] Delignieres, D., Ramdani, S., Lemoine, L., Torre, K., Fortes, M., & Ninot, G. (2006). Fractal analyses for 'short'time series: a re-assessment of classical methods. *Journal of mathematical psychology*, 50(6), 525-544.

[10] Nakayama, Y., Kudo, K., & Ohtsuki, T. (2010). Variability and fluctuation in running gait cycle of trained runners and non-runners. *Gait & posture*, 31(3), 331-335.

情動知能の特徴をレジリエンスや批判的思考との関係性から探る
A study of emotional intelligence in comparison to resilience and critical thinking

中村 太戯留[†‡]
Tagiru Nakamura
武蔵野大学{[†]データサイエンス学部, [‡]教養教育リサーチセンター}
{[†]Faculty of Data Science, [‡]Research Center for Liberal Education}, Musashino University
tagiru_n@musashino-u.ac.jp

概要

情動知能は，情動の性質を理解して賢く活用する力のことで, 非認知能力の下位概念であるが, 他の下位概念との関係は必ずしも明らかではない. そこで, 情動知能, レジリエンス, そして批判的思考の各尺度を用いて検討した. 情動知能の因子は，レジリエンスや批判的思考の因子と相関があり，それぞれクラスターを形成しており，そして 4 つの成分に整理することができた. すなわち, 情動知能を高める手掛かりとして, これらの因子を活用できる可能性が示唆された.

キーワード : 情動知能，レジリエンス，批判的思考，非認知能力，ユーモア，学びの羅針盤

1. はじめに

情動知能は，情動を賢く活用する力のことである(Mlodinow, 2022; 小塩, 2021). 情動は，特定の出来事により生じる比較的強い感情反応のことで，社会生活において役立つ場合もあれば，逆に悪影響を及ぼす場合もある. 例えば, 怒りなどのネガティブな情動には, 他の人に過ちを気づかせたり，行動を変えさせたりする機能があり, 喜びなどのポジティブな情動にも, その人の思考や行動の多様性をもたらす機能があることが報告されている(小塩, 2021). このような情動の性質を理解し，それを賢く活用する力が情動知能であると考えられている(Mlodinow, 2022).

この情動知能は，レジリエンスや批判的思考などとともに, 非認知能力の下位概念と位置づけられる(小塩, 2021). 非認知能力は学力以外の強みのことであり，2030 年以降においても私たちが活躍するために欠かせない基礎力のひとつ(社会情動的スキル)であると, 経済協力開発機構の「学びの羅針盤」では認識されている. ただ，非認知能力の下位概念の相互の関係性については必ずしも明らかになっていない. また, 情動知能を高める方法についても同様である. そこで, 本稿ではこれらの関係性, 具体的には, 情動知能の特性をレジリエンスや批判的思考との関係性から探ることを試みる.

2. 方法

実験参加者は 188 名の大学生で，Google Form を用いて回答してもらった.

情動知能を測定する尺度では，「自己の情動評価」，「他者の情動評価」，「情動の利用」，そして「情動の調節」という 4 つの因子が提案されている(豊田&山本, 2011). 各因子は 4 項目から構成されており，情動知能を測定する尺度は合計で 16 項目から構成されていた. 各項目に対しては「非常にあてはまる(7)」と「全くあてはまらない(1)」を両端とするの 7 件法で測定した.

レジリエンスは，逆境をしなやかに生き延びる力のことである(平野, 2010; 小塩, 2021). 例えば，大震災に見舞われて住む場所を失ったり，コロナ禍で職業を失ったりしても，しなやかに立て直していくことが必要となる. レジリエンスを測定する尺度では,「楽観性」，「統制力」,「社交性」,「行動力」,「問題解決思考」,「自己理解」, そして「他者心理の理解」という 7 つの因子が提案されている(平野, 2010). 各因子は 3 項目から構成されており，レジリエンスを測定する尺度は合計で 21 項目から構成されていた. 各項目に対しては「はい(5)」と「いいえ(1)」を両端とする 5 件法で測定した.

批判的思考は，情報を適切に読み解き活用する思考力のことである(平山&楠見, 2004; 小塩, 2021). なお，批判的思考は非難と混同されがちであるが，人の欠点や過失などを取り上げて責める思考ではなく，基準に基づく客観的で偏りのない思考のことである. 批判的思考に関する態度を測定する尺度では,「論理的思考への自覚」,「探究心」,「客観性」, そして「証拠の重視」という 4 つの因子が提案されている(平山&楠見, 2004; 藤木&沖林, 2010). 前の 3 因子は 5 項目，後 1 因子は 3 項目から構成されており，批判的思考に関する態度を測定する尺度は合計で 18 項目から構成されていた. 各項目に対しては「あてはまる(5)」と「あてはまらない(1)」を両端とする 5 件法で測定した.

図１　情動知能等の各因子の平均値と標準誤差

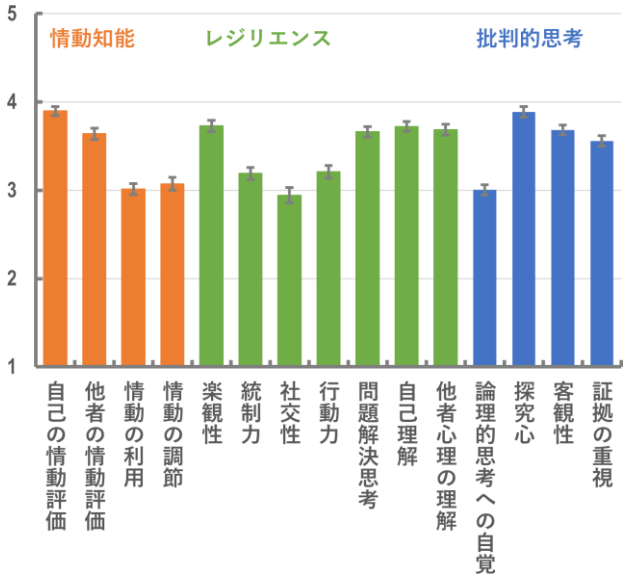
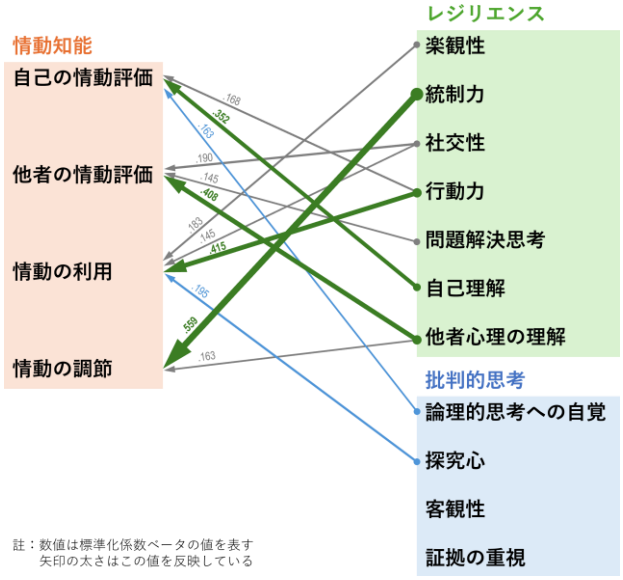


図２　情動知能の特性を回帰分析から探る



3.　結果

情動知能の測定の 4 因子の平均値は 3.41 (標準誤差: 0.044)，レジリエンスの測定の 7 因子の平均値は 3.45 (0.043)，そして批判的思考に関する態度の測定の 4 因子の平均値は 3.53 (0.039)であった．なお，情動知能は 7 件法で測定しているため，5 件法で測定しているレジリエンスや批判的思考に関する態度の尺度と比較するために，5 件法に換算して平均値や標準誤差を算出していることを付記する．

情動知能の 4 因子の平均値(図 1 左)には有意差が認められた($F(1, 187)=6005.167$, $p < 0.001$)．下位検定を実施したところ，「自己の情動評価」が最も高く，「他者の情動評価」がそれよりもやや低く，「情動の利用」と「情動の調節」がさらに低くなっていた(Bonferroni の多重比較，$p < 0.001$; 低い 2 因子間は有意差なし)．

レジリエンスの 7 因子の平均値(図 1 中央)には有意差が認められた($F(1, 187)=6355.421$, $p < 0.001$)．下位検定を実施したところ，「楽観性」「問題解決思考」「自己理解」「他者心理の理解」が高く，「統制力」「社交性」「行動力」が低くなっていた(Bonferroni の多重比較，$p < 0.001$; 高い 4 因子間，低い 3 因子間は有意差なし)．

批判的思考に関する態度の 4 因子の平均値(図 1 右)には有意差が認められた($F(1, 187)=8134.938$, $p < 0.001$)．下位検定を実施したところ，「探求心」が最も高く，「客観性」と「証拠の重視」がそれよりもやや低く，「論理的思考への自覚」がさらに低くなっていた(Bonferroni の多重比較, $p < 0.001$; 中間の 2 因子間は有意差なし)．

情動知能の「自己の情動評価」を目的変数とし，レジリエンスの 7 因子および批判的思考に関する態度の 4 因子を説明変数としたステップワイズ法による回帰分析を実施したところ 3 つの有意な係数が確認された(図 2; $F(3, 184)=18.486$, $p < 0.001$; $R^2=0.219$)．具体的には，レジリエンスの「自己理解」(標準化係数ベータ: 0.352; 相関係数: 0.405)と「行動力」(0.168; 0.256)，批判的思考の「論理的思考への自覚」(0.163; 0.282)であった．

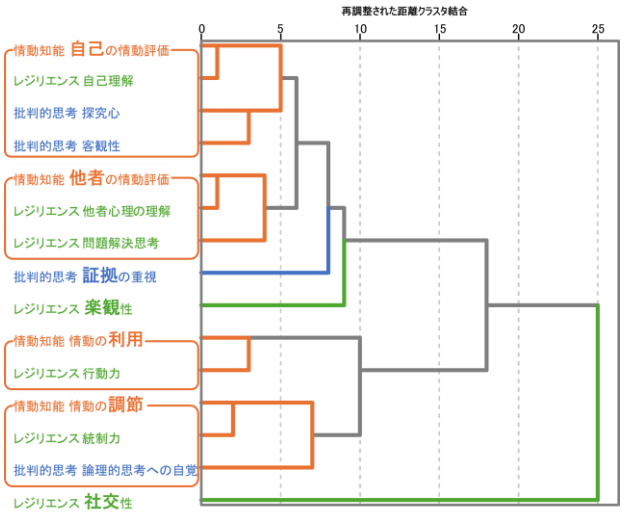
情動知能の「他者の情動評価」を目的変数とし，同様の回帰分析を実施したところ 3 つの有意な係数が確認された(図 2; $F(3, 184)=35.985$, $p < 0.001$; $R^2=0.359$)．具体的には，レジリエンスの「他者心理の理解」(0.408; 0.564)，「社交性」(0.190; 0.432)，そして「問題解決思考」(0.145; 0.398)であった．

情動知能の「情動の利用」を目的変数とし，同様の回帰分析を実施したところ 4 つの有意な係数が確認された(図 2; $F(4, 183)=36.919$, $p < 0.001$; $R^2=0.434$)．具体的には，レジリエンスの「行動力」(0.415; 0.567)，「社交性」(0.145; 0.404)，「楽観性」(0.183; 0.392)，そして批判的思考の「探求心」(0.195; 0.415)であった．

情動知能の「情動の調節」を目的変数とし，同様の回帰分析を実施したところ 2 つの有意な係数が確認された(図 2; $F(2, 185)=66.369$, $p < 0.001$; $R^2=0.411$)．具体的には，レジリエンスの「統制力」(0.559; 0.629)と「他者心理の理解」(0.163; 0.405)であった．

なお，図 2 では，因子同士の関係性について，有意な標準化係数ベータの値を矢印の太さで可視化していることを付記する．

図３　情動知能の特性をクラスター分析から探る



情動知能の 4 因子，レジリエンスの 7 因子，そして批判的思考に関する態度の 4 因子を合わせた合計 15 因子に対してクラスター分析を実施した．大きなクラスターとして，情動知能の「自己の情動評価」や「他者の情動評価」を含むクラスター(図３上)と，情動知能の「情動の利用」や「情動の調節」を含むクラスター(図３下)の 2 つが見つかった．これらの大きな 2 つのクラスターと並んで，レジリエンスの「社交性」が位置していた．

前者の大きなクラスター(図３上)のうち，情動知能の「自己の情動評価」を含むサブクラスターには，レジリエンスの「自己理解」，批判的思考の「探求心」と「客観性」が含まれていた．一方，情動知能の「他者の情動評価」を含むサブクラスターには，レジリエンスの「他者心理の理解」と「問題解決思考」が含まれていた．これらのサブクラスターと並んで，批判的思考の「証拠の重視」や，レジリエンスの「楽観性」が位置していた．

それに対して，後者の大きなクラスター(図３下)のうち，情動知能の「情動の利用」を含むサブクラスターには，レジリエンスの「行動力」が含まれていた．一方，情動知能の「情動の調節」を含むサブクラスターには，レジリエンスの「統制力」や，批判的思考の「論理的思考への自覚」が含まれていた．

情動知能の 4 因子，レジリエンスの 7 因子，そして批判的思考に関する態度の 4 因子を合わせた合計 15 因子に対して主成分分析を実施したところ，４つの有意な成分が見つかった．その 4 成分に対して，Kaiser の正規化を伴うバリマックス法による回転を実施したところ，成分 1 の説明された分散は 16.6%，成分 2 は 14.8%，成分 3 は 13.3%，そして成分 4 は 13.2%であった．

図４　情動知能の特性を主成分分析から探る：
成分１と成分２の散布図

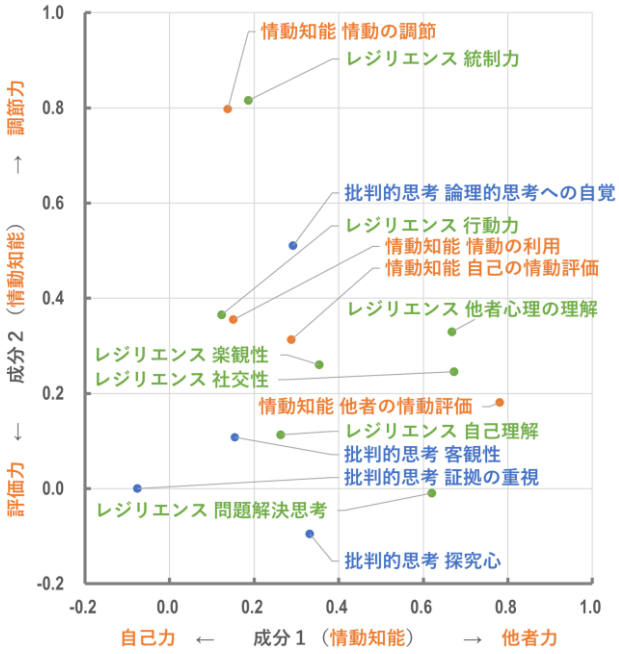
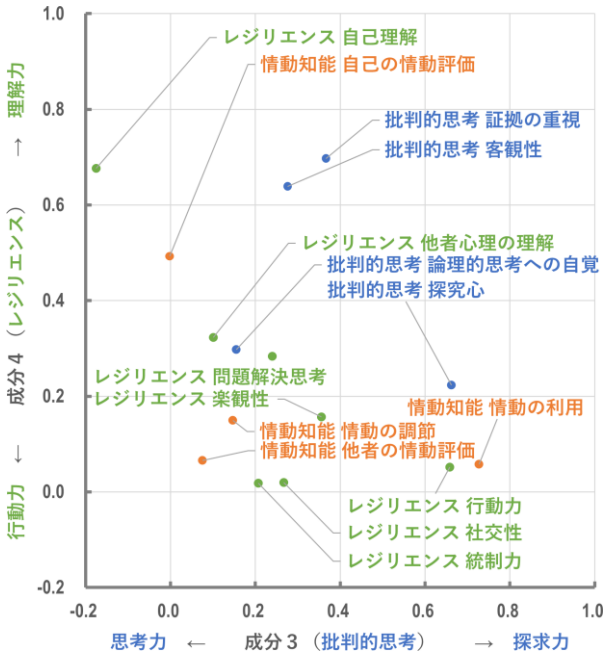


図５　情動知能の特性を主成分分析から探る：
成分３と成分４の散布図



各成分の特徴を探るために，主成分分析の結果として得られた15因子の成分行列について，成分１を横軸，成分２を縦軸とした散布図として可視化した(図４)．成分１については，情動知能の「他者の情動評価」とレジリエンスの「他者心理の理解」の 2 因子が大きめの値，逆に情動知能の「自己の情動評価」とレジリエンスの「自己理解」の 2 因子が小さめの値になっていること

に注目して，「他者力」と「自己力」を対比する成分であると解釈した．一方，成分２については，情動知能の「情動の調節」とレジリエンスの「統制力」の 2 因子が大きめの値，逆に情動知能の「他者の情動評価」や「自己の情動評価」とレジリエンスの「他者心理の理解」や「自己理解」の 4 因子が小さめの値になっていることに注目して，「調節力」と「評価力」を対比する成分であると解釈した．すなわち，成分１と成分２は，情動知能の因子に注目して解釈した．

同様にして，成分３を横軸，成分４を縦軸とした散布図として可視化した(図５)．成分３については，批判的思考の「探求心」とレジリエンスの「行動力」の２因子が大きめの値，逆に批判的思考の「論理的思考への自覚」とレジリエンスの「問題解決思考」の 2 因子が小さめの値になっていることに注目して，「探求力」と「思考力」を対比する成分であると解釈した．成分４については，レジリエンスの「自己理解」と批判的思考の「証拠の重視」の 2 因子が大きめの値，逆にレジリエンスの「行動力」や「社交性」や「統制力」と批判的思考の「探求心」の 4 因子が小さめの値になっていることに注目して，「理解力」と「行動力」を対比する成分であると解釈した．すなわち，成分３は批判的思考の因子に，成分４はレジリエンスの因子に注目して解釈した．

4. おわりに

情動知能の因子のうち「情動の利用」と「情動の調節」が低い結果となっていた(図１)．この２つは，成分１の「自己力」と成分４の「行動力」が関与するという共通点が見られた(図４・図５)．一方，「情動の利用」は成分２の「評価力」と成分３の「探求力」が関与するのに対して，「情動の調節」は成分２の「調節力」と成分３の「思考力」が関与するという相違点が見られた(図４・図５)．本稿では，これらを高める方法について，測定で利用した尺度の項目を手掛かりとして検討を試みる．

情動知能の「情動の利用」を高めるためには，「私は，いつも自分の目標を立て，それを達成するために全力を尽くす」，「私は，いつも自分が有能な人間であると自分に言い聞かせている」，「私は，自分でやる気を高めようとする人間である」，そして「私は，いつも自分を励まして，全力で尽くせるようにしている」といった項目の実践を心がけることが対策として考えられる．また，レジリエンスの「行動力」の因子と関係性が強いことを考慮すると(図２・図３)，「自分は粘り強い人間だと思う」，「決めたことを最後までやりとおすことができる」，そして「努力することを大事にする方だ」と思えるように心がけることも対策として考えられる．併せて，「楽観性」や「社交性」の項目も手掛かりとなりうる(図２)．さらに，「楽観性」を育むためには，ユーモアを心がけることも手掛かりとなりうる(橋元, 2023; 中村, 2021)．

一方，「情動の調節」を高めるためには，「私は，自分の感情の高まりをおさえられるので，難しい課題であってもそれらをうまく処理できている」，「私は，自分の気持ちをコントロールするのがとても得意である」，「私は，腹が立ったときでもすぐに落ち着きを取り戻すことができる」，そして「私は，自分の気持ちをうまくコントロールできている」といった項目の実践を心がけることが対策として考えられる．また，レジリエンスの「統制力」の因子と関係性が強いことを考慮すると(図２・図３)，「つらいことでも我慢できる方だ」，「嫌なことがあっても，自分の感情をコントロールできる」，そして「自分は体力がある方だ」と思えるように心がけることも対策として考えられる．併せて，「他者心理の理解」の項目も手掛かりとなりうる．批判的思考の「論理的思考への自覚」も手掛かりとなりうる(図３)．

謝辞　本研究は，JSPS 科研費 JP20K13034 の助成を受けた．ここに感謝の意を表する．

文献

藤木 大介・沖林 洋平 (2010). 批判的思考態度を構成する要素間の関係 梅光学院大学論集, *43*, 1-7.

橋元 慶男 (2023). 笑いの効用 : 人生をおもしろく健康にするユーモアつきあい術 22 世紀アート

平野 真理 (2010). レジリエンスの資質的要因・獲得的要因の分類の試み：二次元レジリエンス要因尺度(BRS)の作成 パーソナリティ研究, *19*(2), 94-106.

平山 るみ・楠見 孝 (2004). 批判的思考態度が結論導出プロセスに及ぼす影響：証拠評価と結論生成課題を用いての検討 教育心理学研究, *52*(2), 186-198.

小塩 真司 (2021). 非認知能力 : 概念・測定と教育の可能性 北大路書房

Mlodinow, L. (2022). Emotional : How feelings shape our thinking. Knopf Doubleday Publishing Group.（ムロディナウ, L. 水谷 淳(訳) (2023). 「感情」は最強の武器である :「情動知能」という生存戦略 東洋経済新報社）

中村 太戯留 (2021). ユーモア理解の〈見いだし〉理論 語用論研究, *23*, 34-50.

豊田 弘司・山本 晃輔 (2011). 日本版 WLEIS (Wong and Law Emotional Intelligence Scale)の作成 奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要, *20*, 7-12.

問題解決課題における動作の機能に関する予備的検討 −プランニングの構成要素に基づく分類と評定の試み−

A preliminary study on the role of gestures during the problem-solving task: Categorization and coding based on planning components

別府 さおり[1]，石原 章子[2]，奥畑 志帆[3]，井上 知洋[4]，大柳 俊夫[5]，岡崎 慎治[6]
Saori Beppu, Akiko Ishihara, Shiho Okuhata, Tomohiro Inoue, Toshio Ohyanagi, Shinji Okazaki

[1]東京成徳大学，[2]筑波大学大学院，[3]佛教大学，[4]香港中文大学，[5]札幌医科大学，[6]筑波大学
Tokyo Seitoku University, Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, Bukkyo University, The Chinese University of Hong Kong, Sapporo Medical University, University of Tsukuba
s-beppu@tsu.ac.jp

概要

問題解決課題（Crack-the-Code）を用いた実験を行い，プランニングの構成要素に基づく発話カテゴリーを用いて課題遂行中の自発的な動作の機能の特定と分類を試みた. 動作は情報の特定や整理, 探索空間の制限や評価といった機能を持ち，問題解決の一助となっていることが推察された．解答の正誤との関連は明確には見出されなかった.

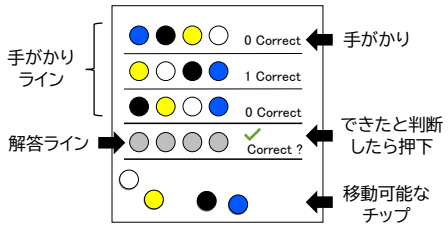
キーワード : プランニング，Crack-the-Code，自発的な動作，言語的指標，カテゴリー表

1. 問題と目的

PASS（プランニング，注意，同時処理，継次処理）理論においてプランニングは，目標となる行動を生み出すために, 内的, 外的情報を統合し，自分の行動や思考を調整していくプロセスである(Das et al., 1994). プランニングの中でも問題解決に相当し，複数の解決方法のある課題において特に重要になる action planning を評価する課題として, Crack-the-Code（以下 CTC）が用いられてきた(Das & Georgiou, 2016).

CTC は，Mastermind というゲームを改変し開発された課題であり(Das & Heemsbergen, 1983)，より高次のプランニングを評価する課題として用いられてきた(e.g. Parrila et al., 1996). CTC では，画面上に提示された手がかりラインの全ての情報を統合し，色のついたチップの正しい配列を見つけることが求められる（図 1）.

図 1 Crack-the-Code の例（item4）



CTC の特徴として，解決のための段階や方法が複数あること，プランニングの４つの構成要素である表象（representation），予測（anticipation），実行（execution），調整（regulation）が継続して用いられることが挙げられる(Parrila et al., 1996). Papadopoulos et al.(2001)によると，表象は, 課題の空間的, 因果的構造に関する内的表象を生み出すこと(Scholnick & Friedman, 1987)である課題の明確化, 利用可能な方略または解決策を見つけるために生み出す様々な方略に関連する探索の方法，望んでいる最終的な状態についての理解に関連するゴールの表象の３つの下位概念を含む. 予測は, 実行する前にプランあるいは部分的なプランの結果を予測する能力に関連しており，表象により構築されたプランの潜在的な試行も含まれうる. 実行はその環境におけるプランの適用である. 調整は, プランによる行動のモニタリングとコントロール，そしてプランと，実行済あるいは実行中のプランの適切さの評価を含んでいる(Parrila, 1996). 評価は解決方法の正しさ，進捗状況，そして最終的にはプランそのものの適切性を査定することに関連している(Papadopoulos et al., 2001). CTC における表象は，問題の初期状態である配列と条件を理解した上で最終的なゴールの配列の状態を設定すること, 予測はチップを動かした結果を予測すること, 実行は，実際にチップを動かすこと，調整の中の評価は，動かしたチップや解答などについての実行中あるいは実行したプランを評価することである(別府，2006).

別府他(2024)の実験では，フィードバック有りの CTC を用い, 遂行成績と発話および方略の報告から, 事前のプランで全ての情報を統合しゴールを設定することが難しい問題において，チップの移動を開始してからもモニタリングやコントロールを随時行いつつ課題の明確化を行っていることが示され，プランニングは非一次元的で構成要素が繰り返されるとする知見(Das & Misra, 2015)を支持した. また, 協力者は解答ラインの下の空きスペースでチップを並べ替える行動「仮置き」(tentative arrangement)や消去法など複数の方略を意図的に用い，問題構成に応じて方略を切り替えており，古い知識を新しい問題と関

連づける, 代替となる方略を探す, 変化する問題に柔軟に対応するといった創造性の関与が確認された．プランニングや創造性の評価においては問題解決のプロセスに着目することが重要であり，多様な指標を総合したより詳細な検討が求められる(別府他，2024).

ところで，筆者らはこの実験において，協力者が CTC 遂行中に自発的に動作を行っていることを発見した.

問題解決場面や創造性を評価する課題における動作に関する研究のなかでも，協力者が課題遂行中に自発的に行う動作の機能について，佐々木・渡辺(1983)は，漢字の構成要素組合せ課題の遂行中に出現する自発的な空書行動が認知過程の円滑な進行を援助する役割を担っていることを示している．Yokochi & Okada (2005)は，水墨画の制作過程で出現した空中で筆を描く動きが，実際に紙に描く前のポジショニング, リハーサル, イメージ生成の機能があることを示唆した．Chu & Kita(2008）は，心的回転課題時のジェスチャーは問題解決に使われる心的表象の単なる反映にとどまらず，問題解決において積極的な因果的役割を果たすことを示唆した.

以上のことから，自発的な動作は問題解決や創造的な活動を促進する機能を持つと考えられる.

また，プランニング，注意，同時処理，継次処理の４つの認知機能を評価する心理検査である DN-CAS 認知評価システムのプランニングの下位検査では，被検査者が使用した方略の報告および観察結果を評価点の解釈に生かすことが定められている(Naglieri & Das, 1997 前川他訳 2007). 方略には，指を使うなど動作に関するものも含まれており, 課題遂行中の動作の評価は, プランニングのより多角的で正確な評価に寄与すると考えられる.

これらのことから，CTC 遂行中に協力者が自発的に行う動作の機能を明らかにすることで問題解決過程をより詳細に検討できると考えた．そこで本研究では，CTC 遂行中の動作の機能を検討すること，カテゴリー表を試作し評定を試みることを目的とした.

なお，本稿は別府他(2024)の続報に当たるものであり，協力者，課題と手続きは同一である．また，結果の一部を同論文より引用している.

2. 方法

・協力者：大学生 13 名（平均年齢 20 歳 6 ヶ月，CA18:2-25:11, m=4, f=9）であった.

・課題と手続き：クロスプラットフォーム対応の総合開発環境 Xojo で作成された CTC を用いた．練習問題を用いて教示を行った後，チップは何回でも移動可能であること, 制限時間, 解答中のフィードバックについて説明を行った．本研究では 3〜5 個のチップと 2〜5 行の手がかりラインを用いた問題のうち, 4 つのブロックから各 2 題, 計 8 題を実施した（表 1）. ブロック 1 〜 3 までは 180 秒, ブロック 4 では 300 秒の制限時間を設定した．所要時間およびチップの移動過程, 解答の正誤, フィードバックをコンピュータ上で記録した．Facilitator である実験者がコンピュータ画面に，Codebreaker である協力者がコンピュータに接続されたサブモニタ画面に向かい，協力者はタッチペンを用いてチップを操作し，実験者は操作のモニタリングおよび Good または Query のフィードバックを行った. 協力者には, 考えたことを話しながら課題を行うよう教示し, 実施中はビデオ撮影を行った. 動作についての教示は行わなかった．課題終了後,「どのようなやり方で行ったか」を尋ねた.

・倫理的配慮：研究参加は自由意志であり中断や撤回が不利益にならないこと, 適宜休憩できること, プライバシー保護について協力者に書面および口頭にて説明し同意書により承諾を得た．本研究は筆頭著者所属の研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号 21-5, 22-8）.

・分析方法：予備観察としてビデオ映像を概観し，特に多様な動作が生じていた item4 を分析対象とした．動きの中心となるフェーズであるストローク（細馬，2019）のうち，タッチペンで実際にチップを動かす動作を除いた，タッチペンや手指を動かして手がかりなどを指す動作を分析対象とした．Vrew ver.1.17.4 と QuickTime Player を用い，時系列に沿って書き起こされたチップの移動と発話のトランスクリプト上にストロークを書き起こし加えた．各ストロークの機能の検討には，別府他（2024）が作成した CTC 遂行時の発話カテゴリーを用いた. これは, プランニングの構成要素に基づく 8 カテゴリー（課題の明確化，移動の決定，予測，評価，多方面にわたる発言，無関係，フィードバックへの反応, 移動開始後の課題の明確化）・15 下位カテゴリーから構成される．このうち移動の決定は実際のチップの移動に伴うため除外した．また，チップの移動と発話に加え，最初の潜時などのタイミング,「仮置き」や解答ラインへのチップの配置などを問題解決過程上の文脈として参照した．まず発話と共起した

表 1　Crack-the-Code の問題構成

ブロック	問題	移動可能なチップ数	手がかりライン数	手がかり	制限時間（秒）
1	item1, 2	3	2	0 Correct / 1 Correct	180
2	item4, 5	4	3	1 Correct / 2 Correct	180
3	item7, 8	4	4	0 Correct×2 / 1 Correct / 2 Correct	180
4	item10, 11	5	5	0 Correct×2 / 1 Correct×2 / 3 Correct	300

ストロークの機能を特定し，その上で発話と共起しないストロークの機能を推定した．ビデオ映像と機能の分類，機能の適切さを何度も相互に確認しながら検討し，カテゴリー表（試作版）を作成した．全ストロークについて試作版に基づく評定を行った．１つのストロークに２つ以上の機能があると判断されたものは，次元の考え方(細馬, 2019)を適用し，２つ以上の評定を付したため，ストローク数の合計と評定数の合計は一致しない．ストロークの機能数と解答の正誤との関連を検討した．

3. 結果

1. item4 の遂行成績と問題の特徴

別府他(2024)より，item4 の正答率は 61.5%であり，誤答は全て時間オーバーであった．各指標の平均と SD は，最初の潜時は 37.1±45.2 秒，遂行時間は 82.8±50.7 秒，評価時間は 2.0±4.4 秒，チップの移動回数は 13.6±8.6 回であった．item4 はブロック 1 から問題構成が大きく変化し，移動可能なチップ数と手がかりライン数が増える．そのため，最初の潜時で問題の初期状態の理解や最終的なゴールの配列の状態を設定することが困難になり，チップの移動を開始してからも情報の整理や統合，解決方略の生成，試行錯誤，プランを試行し結果を予測することも繰り返し要求される場合がある．

2. 動作の機能の検討とカテゴリー表（試作版）作成

「課題の明確化［表象］」には既存の情報全般と特定，情報の結びつけ，除外による探索空間の制限，移動の試み，「予測［予測］」には予測と「仮置き」での評価，「評価［調整の中の評価］」にはチップ配置後の評価が該当すると分類された（表 2）．いずれにも非該当または特定できないものは不明とした．

3. 試作版を用いた評定結果および解答の正誤との関連

13 名の合計ストローク数は 564，平均 43.4(*SD* ＝ 35.8，範囲 0〜125）であった．評定の結果，495 ストロークが課題の明確化［表象］，4 ストロークが予測［予測］，74 ストロークが評価［調整の中の評価］，9 ストロークが不明に該当した．

正答者 8 名の課題の明確化［表象］に該当したストローク数の平均は 29.4(*SD*＝40.3)，予測［予測］は 0.4(*SD*＝1.1)，評価［調整の中の評価］は 5.8(*SD*＝10.4)，誤答者 5 名の課題の明確化［表象］に該当したストローク数の平均は 52.0(*SD*＝28.5)，予測［予測］は 0.2(*SD*＝0.5)，評価［調整の中の評価］は 5.6(*SD*＝7.4)であった．

4. 考察

カテゴリー表（試作版）を用いた評定の結果から，CTC 遂行中の動作も発話と同様にプランニングの構成要素に基づき分類できることが示された．また，個人差が大きく協力者全体の傾向を示すことに限界はあるものの，CTC

表 2　Crack-the-Code 遂行時における動作の機能カテゴリー表（試作版）

カテゴリー	動作の機能	動作	備考	
課題の明確化［表象］	既存の情報全般	問題画面全体を指す，または手がかりラインやチップや解答ラインの一部を指すが特定のものは指していない	タッチペンまたは手指が画面からだいぶ離れていることもある．情報が絞り込まれていない，または絞り込む前段階と考えられるもの．	
	既存の情報の特定	手がかりラインやチップや解答ラインを指す動作で，特定のものを指していると判断できる場合	画面下でタッチペンをタップするといった場合もある	
	情報の結びつけ	複数の手がかりラインやチップを順に指す，縦や横や斜めの動き	複数の手がかりを意図を持って指す，手がかりを見比べるといったものが含まれる	
	除外による探索空間の制限：配置先	チップが入らない配置先を指す	「ここじゃない」「黄色がいるべきじゃない」といった，チップが配置されない場所や配置されないチップを特定したり，消去法により可能性を絞り込んだりする発話を伴うことがある．	
	除外による探索空間の制限：チップ	チップを指す		
	除外による探索空間の制限：手がかり	手がかりラインを指す		
	移動の試み：配置先	チップの配置先を指す	「ここかもしれない」「黒がここかな」といった，配置先の特定，可能性を絞り込む，探索空間を制限する発話を伴うことがある	特定のチップや手がかりを動かし配置する動作（フリ）も含む
	移動の試み：チップ	チップを指す		特定のチップを指すだけの動作
	移動の試み：手がかり	手がかりラインを指す		手がかりライン上の情報を指す
	移動の試み：フリ	チップを動かし配置する動作		指しているものが不明確だが，仮に配置する動き（フリ）
予測［予測］	予測	手がかりラインを指した後，タッチペンを外す，「仮置き」のチップを指す等	「黒か，あ，違うな」といった，実行前に結果を査定する発話に同期する動作で，他の機能には該当しないもの	
	「仮置き」でのチップの移動の評価：チップ	「仮置き」済の特定のチップ（1つまたは複数をまとめて）を評価のために指す	評価［調整の中の評価］に準ずるが，「仮置き」であるものが該当する	
	「仮置き」でのチップの移動／解答ラインの評価：解答ライン	「仮置き」の評価のために解答ラインの特定の位置または全体を指す		
	「仮置き」でのチップの移動／解答ラインの評価：手がかり	「仮置き」の評価のために手がかりラインを指す		
評価［調整の中の評価］	チップの移動の評価：チップ	配置済の特定のチップ（1つまたは複数をまとめて）を指す	解答ラインにチップが配置され，評価を行っている場合が該当する	１つまたは複数の配置された特定のチップを指すものが該当する
	チップの移動／解答ラインの評価：解答ライン	チップ未配置の解答ラインの特定の位置，または解答ライン全体を指す		解答ライン全体または特定のチップが不明な場合が該当する
	チップの移動／解答ラインの評価：手がかり	手がかりラインを指す		チップと手がかりラインを交互に指すといった場合がある
不明	不明	機能が特定できない，いずれにも非該当	ストロークが小さい，画面から離れている等	

注1) 課題の明確化［表象］の動作は，最初の潜時の間に生じるとは限らない
注2) 同じ動作の場合は文脈で判断する
注3) 除外による探索空間の制限，移動の試み，予測，評価は，動作の評定においてはその正誤は問わない

遂行中の自発的な動作は情報の特定や整理，探索空間の制限や評価といった機能を持ち，問題解決の一助となっていることが推察された．田中(2022)は，身体性認知に関する仮説のうち，身体および環境は，認知過程に対する外的要因として影響を与えているのではなく，認知そのものを構成する積極的な役割を果たしているという構成仮説（constitution hypothesis）を取り上げ，身体とその運動，身体と連動する道具，道具とカップリングされる特定の環境，これらすべてが思考や判断といった認知過程を構成する一部として機能していると述べている．本研究の結果は，特定の問題解決課題を行うという状況下で協力者が自発的に行う動作が問題解決過程に関わる一部であることを示唆していると考えられ，CTC 遂行中の自発的な動作はプランニングを評価する際の指標の一つとなりうる可能性が示された．

一方，動きが小さい，画面から離れている，発話と共起していないといった動作は文脈を参照しても評定に迷うものが多く，特に予測［予測］については動作のみで評定することは困難であった．また，大半のストロークが課題の明確化［表象］に該当すると判断されたが，偏りがある可能性も否めない．評定方法の妥当性と信頼性の確保，正確な量的分析が今後の課題である．

解答の正誤との関連については，先行研究では，動作により心的回転課題や折り紙課題などの空間視覚化課題の成績が向上することが示されている(Chu & Kita, 2011)．本研究では，誤答者の方が課題の明確化［表象］に該当するストロークが多かった．しかし，誤答は全て時間オーバーだったことから，所要時間が長い分ストローク数が多くカウントされている可能性もある．本研究の結果から，動作の回数や機能とCTCの解答の正誤との因果関係を示すことには限界があり，今後の精査が必要である．

さらに，プランニングプロセスにおける動作の機能を質的に検討するため，プロトコル分析またはマルチモーダル分析によりチップの移動，発話，動作全ての指標を総合的に分析することも必要であると考えられる．

文献

別府 さおり (2006). 注意欠陥多動性障害児のプランニングに関する研究 : Crack-the-Code を用いた検討　筑波大学人間総合科学研究科博士論文（未公刊）.

別府 さおり・石原 章子・奥畑 志帆・井上 知洋・大柳 俊夫・岡崎 慎治 (2024). フィードバックを伴う問題解決過程におけるプランニングと創造性 : 言語的指標を中心とした分析による検討　東京成徳大学心理学研究, *1*, 66-76.

Chu, M., & Kita, S. (2008). Spontaneous gestures during mental rotation tasks: Insights into the microdevelopment of the motor strategy. *Journal of Experimental Psychology: General*, *137(4),* 706-723. 10.1037/a0013157

Chu M, & Kita S. (2011) The nature of gestures' beneficial role in spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, *140(1), 102-116.* https://doi.org/10.1037/a0021790

Das, J. P. & Georgiou, G. K. (2016). Levels of planning predict different reading comprehension outcomes. *Learning and Individual Differences, 48*, 24-28. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.04.004

Das, J. P. & Heemsbergen, D. B. (1983). Planning as a factor in the assessment of cognitive process. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *1(1)*, 1-15. https://doi.org/10.1177/073428298300100101

Das, J. P., Kar, B. C., & Parrila, R. K. (1996). *Cognitive planning: The psychological basis of intelligent behavior*. Sage Publications.

Das, J. P., & Misra, S. B. (2015). *Cognitive planning and executive functions: Applications in management and education.* Sage Publications.

Das, J. P., Naglieri, J. A., & Kirby, J. R. (1994). *Assessment of cognitive process*. Allyn & Bacon.

細馬 宏通(2019). 動作分析 : コーディングから量的／質的分析へ 細馬 宏通・菊地 浩平（編）ELAN 入門(pp. 104-119)　ひつじ書房

細馬 宏通(2019). ジェスチャー分析 : 分類と次元　細馬 宏通・菊地 浩平（編）ELAN 入門(pp. 120-133)　ひつじ書房

Naglieri, J. A. & Das, J. P. (1997). Cognitive Assessment System administration and scoring Manual. Riverside Publishing Company.（ナグリエリ, J. A., ダス, J. P.　前川 久男・中山 健・岡崎 慎治（訳）(2007) 日本版 DN-CAS　理論と解釈のためのハンドブック　日本文化科学社）

Papadopoulos, T. C., Parrila, R. K., & Das, J. P. (2001). Methylphenidate and problem solving in children with ADHD: Does equal outcome mean equal process? *The Korean Journal of Thinking & Problem Solving*, *11(1)*, 51-72. https://gnosis.library.ucy.ac.cy/handle/7/37559

Parrila, R. K. (1996). *The development of planning skills in children*. [Unpublished doctoral dissertation]. University of Alberta.

Parrila, R. K., Das, J. P., & Dash, U.N. (1996). Development of planning and its relation to other cognitive processes. *Journal of Applied Developmental Psychology*, *17*, 597-624. https://doi.org/10.1016/S0193-3973(96)90018-0

佐々木 正人・渡辺 章(1983).「空書」行動の出現と機能 : 表象の運動感覚的な成分について　教育心理学研究, *31(4)*, 273-282. https://doi.org/10.5926/jjep1953.31.4_273

田中 彰吾(2022). 身体性に基づいた人間科学に向かって　嶋田 総太郎（編）心と身体(pp. 231-264)　東京大学出版会

Yokochi, S. & Okada, T. (2005). Creative cognitive process of art making: A field study of a traditional chinese ink painter. *Creativity Research Journal*, *17(2 & 3)*, 241-255.

謝辞 : 協力者の皆様に深謝いたします. 本研究はJSPS KAKENHI（課題番号 20K20878）による支援を受けた.

創造交換からうまれる中動態社会

A Middle Voice Society Emerging from Creative Exchange

横溝賢[1]，三上晴可[2]，
[1]Ken Yokomizo, [2]Haruka Mikami

[1]札幌市立大学，[2]有限会社ありんこ
[1] Sapporo City University, [2] ARINKO Co., Ltd.
k.yokomizo@scu.ac.jp

キーワード：創造交換，中動態，ウェルビーイング，贈与交換，相互性

概要

第二著者・三上は，グループワークで「より善くあろう」とすることが仲間の負担になっているのではと悩んでいた．三上の行為は受動的能動性に基づいていたが，そのうち「何のために頑張っているのか」がわからなくなり，三上は利他性と利己性の葛藤に直面した．筆者らは，この葛藤を乗り越えるためにお店での食経験を基にした〈ものづくり〉でウェルビーイングの回復を試みた．その結果，三上は利己的な〈ものづくり〉を通じて店主との間に利他的な関係を築くことができた．本稿では，三上実践を省察し、ものづくりの交換によってうまれる相互的な中動態社会の成り立ちを明らかにする．

1. はじめに

筆者のゼミ生であった共著者・三上は，授業のグループワークにおいて「より善くあろう」とこだわることが仲間の重荷になっているのではないかと悩んでいた．仲間からの消極的な応答を感受しながらも，その時の私にできる「より善いなにか」を希求する三上の行為は受動的能動性（中村，1992）に支えられていたと言える．しかし受動から始まる能動行為を続けるうちに三上は「なんのために頑張っているのか」がわからなくなってしまった．こうした自己肯定感の喪失は三上に限った問題ではない．コロナ禍は多くの人にワークライフバランスや生き方を問い直す機会をもたらした（厚労省，2023）．しかしいざ暗黙の利他性が求められる組織社会において利己性を能動的に探求しようとすると，三上のような葛藤が現れるのではないか．

筆者らは，この葛藤を超えていく概念として中動態に着目した．中動態とは古代インドヨーロッパ語に起源をもつ動詞活用形態の一つである．例えば「私は鳥の声で目が覚める」という文章は一見すると能動態であるが，鳥の声を受動的に聞いて，能動的に目が覚める受動的能動態とも言える．つまり中動態とは自己を取り巻く環境と身体の相互的な関わりの様子をメタ視点で表現する再帰動詞のような概念である．この概念は他者との受動的な関わりの中に自己の能動的な生きがいを見出すウェルビーイング観（渡邊ら，2020）に通じるものがある．このような背景から筆者らは共著者・三上が持続して利己的に行動しているという「食べ歩き」に着目し，三上が愛好してやまない飲食店店主こだわりの〈食（もの）づくり〉をただ受け容れて食すのではなく，その食経験に立って三上自身の〈ものづくり〉を展開することから，三上のウェルビーイング回復を試みた．結果として三上は，互いの利己的な〈ものづくり〉を尊重し合う利他的な関係を店主との間につくることができた．本稿では受動と能動を揺れ動く三上実践のどこに中動態が生起したのか，その成り立ちを捉えていく．一連の三上実践を省察してみると，中動態は他者の「ものづくり」によって変状（スピノザ，2013）した個物を，自己がその良さを咀嚼するように［分解する（能動）］ことから自己にとっての〈部分的様態〉が「生成され（受動）」，〈部分的様態〉を［構成する（能動）］ことから，自他にとっての〈統合的様態〉としての個物が「再生される（受動）」という３ステップを経て生起していたことが見えてきた（図１，２）．本稿では個物を〈分解〉して〈構成〉する中動態生起モデル（図２）を下地にして，三上の社会的なデザイン行為に現れた中動態の成り立ちを考察する．

図１　ものづくりの過程に潜在する中動態

2. 利己的なものづくりの試行

三上に「これまでに利己的に幸せを求めた行為があるかどうか」について質問したところ，美食愛好が興じ，過去に「美味しいベーグルを食べ，その勢いでベーグルが登場する漫画を描いた」ことが現在でもベーグルの長期的幸福につながっている話をしてくれた．筆者らは，「美味しいものを食べて表現する」それが三上にとって，生きがいをもって持続できる〈ものづくり〉であると考えた．

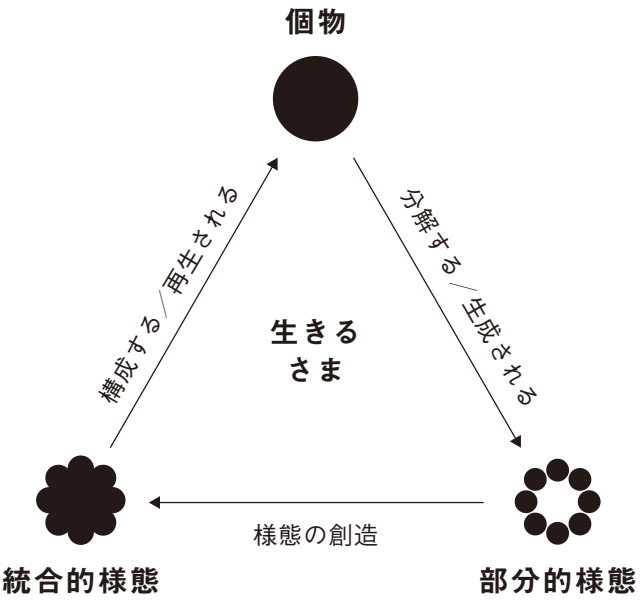


図２　中動態が生起するものづくり循環モデル

2022 年 5 月，筆者らは洞爺湖で開催されるゼミ仲間 K 主催のワークショップに同行した．このとき，現地の飲食店「M」で地元の野菜を使ったランチプレートを食した(図３)．旬の味を存分に生かした料理と落ち着いた室内空間の設えから店主のものづくりへの想いや人柄を感じ取った三上は，帰宅後 ，美味しくいただいた気持ちを自分なりに表現したいと考え「ご馳走様カード」を制作した（図４）．

制作時において三上は次のように回想録を残している．「店での食事は肩の力が抜けてホッとするようなものであるが，それと相対して一つひとつの料理には店主の想いやこだわりが力強く詰まっているのが伝わってきた．私の作品にも，この「素朴さ」と「強い想い」を取り入れた．例えば，美味しい料理を一から創造している店主に対する尊敬の念を込め，できあいの部品を使うのではなく，できる限り手づくりのパーツを用いて作品をつくることを心がけた．料理の絵柄は消しゴム判子を使っている．消しゴム判子の滲みや盛り上がりといった質感は，美味しそうに見える見た目の追求に一役買っている．」

このように，三上は店主の料理を味わい（能動）ながら，一品一品「一から創造するこだわり」を部分的様態として感受（受動）している．そして，自らも消しゴムを素材にして「いちから」食材の形を削り出すこと（能動）を試みる．そうやって自分の手で生み出した食材ハンコを一つひとつ押印してランチプレートを構成してみた三上は，ハンコ特有の滲みや盛り上がりが料理本来の「素朴さ」や「作り手の強い想い」が表現されていることを再び感受（受動）している．この記述からは，能動的かつ受動的知覚が往還する創造性の知的営みを読み取ることができる．

図３　M 店ランチプレートと三上のご馳走様カード

３．中動態で社会的なものづくりを実践する

３．１　利己的なものづくりを社会化する

M 店との関わりをきっかけに，三上は日頃御用達にしている札幌の焼き菓子やベーグルなどの計５店舗に対し，感謝を込めたものづくりを試みた．

各店の店主にカードの贈与を申し出ると何か下心があるのではないかと怪しまれると考えた三上は，札幌市内で開催される＋P17 ポストカード展への出展に際して「貴店の食べ物をモチーフにしたい」ことを理由に利用申出の電話をかけた．店主のなかには「何度か来たことがあるのですか？」と疑う反応があったが，最終的に全ての店からモチーフ利用の許可をもらうことができた．制作において三上は，【①店への敬意 ②本物同様の食質感の再現 ③消しゴム判子による一点もの の手工業の味】をコンセプトにご馳走様カード制作に臨んだ（図４）．そうして制作した作品は展示会にて＋P 賞を獲得し，販売数は２７点と好評であった．「美味しいものを表現するのが好き」という趣味から始めた活動が来場者に評価されたものの，無人販売で行ったためか M 店主のときのような自己充足感を得ることができなかった．この展示会において三上は，M 店主と同様に焼き菓子という素材の魅力を表現して伝える立場であった．M 店での実践の違いは，作り手である三上は展示会場に常駐せず，カードの販売を展示運営者に委ねていた点である．三上は購入者がご馳走様カードにどのような様態を見出したのかを購入者と確認する機会をもつことができなかった．利己的に制作したカードを手にした購入者は，カードから何を咀嚼・分解し，どんな構想を抱き，どうやって行動を構成しようとしているのか．購入者の中動態を知ることで，三上の〈ものづくり〉は利己の内に完結せず、利他に環流する可能性が生まれる．展示を通じて三上は購入者と向き合う必要性があることを学んだ．

図４　４店のご馳走様カード

図５　八百カフェでご馳走様カードを販売する三上

３．２　作り手として購入者と向き合う

＋P17 展示会後，店主への成果報告を筆者が助言すると，三上は「まだ店主に作品を見せる勇気が持てない」と述べた．その気持ちが何に起因するのかを問い直すと，無人販売の＋P17 では来場者との直接対話する機会がなかったという．そのため三上には，作品を介して人びとと語りあう経験とそのエピソードがなく，店主と向き合う勇気を持てていないことがわかった．作り手としての自信を得るために，2022 年 10 月 2 日，札幌市立大学の学生と札幌市南区の市民が協力して開催している青空市場・八百カフェにて「ご馳走様カード」を展示販売した（図５）．露店には，赤のチェック柄クロスの上にカード作品を並べ，ベーカリーのような設えを演出した．カードを購入した市民は「切手を貼れば友達に遅れるよね」「今度家族で行ってみますね」といった言葉を返した．購入者の様子は，美味しいものを見つけた時の三上自身の姿と重なり，作り手としての自信をもてるようになった．

３．３　中動態のものづくりを店主に開示する

市民交流を通じて自信をつけた三上だが，なかなか店主に訪問の連絡ができずにいた．その理由をきくと，訪問の弾みをつけるためにオリジナルマスキングテープを手土産として作りたいという．ひと月かけてテープを制作し，2022 年 11 月～12 月にかけて店主にあらためて日頃の礼とご馳走様カードの礼を言いに回った（図６，７）．店主らに挨拶に行くと，どの店主も三上のものづくりを受け容れてくれ，すべての店舗がカードをそれぞれの空間（店内／SNS など）に飾ってくれた（図８）．また，個々の店主らは，三上との今後の関わりかたを提案してくれた．例えば，サンドイッチ専門店のオーナーは「もしポストカードと貯金箱を持ってきてくれたら，店側で管理はできないけど，販売スペースは作れるよ」と言ってくれた．返礼のしがらみを課さない店主の申し出からは，「受けたら返すと受動と能動に基づく二元論的な関係を超え，中動態という無理のない調度良い距離感で関わりつづける」という相互的な尊重が両者の間に生まれていた．

店舗のロゴやパッケージをデザインする業務では，依頼引受関係でものづくりを進めるため前述したような中動態の相互性は生まれにくい．では三上と店主の相互的な中動態関係はどのようにして生まれたのか．それは，三上が〈中動態のものづくりモデル（図２）〉の実践を通じて，個物（焼き菓子）の本質的価値だけでなく店主の〈生きかた〉をも感得したように（２章），店主も三上のつくったご馳走様カードやマスキングテープの触知を通じて，個物（カード）の本質的価値だけでなく，三上の〈生き方〉も同時に感得していたと考えられる．二人のやり取りから見えるのは中動態のものづくりでつながる螺旋構造である．この螺旋的なものづくり連鎖における知的行為の遷移を視覚化にすると図９のようになる．

４．中動態連鎖のプロセス

本章では中動態の連鎖がどのように起きていたのかについて図９に従って省察的に分析する．

図９の上部・黒丸に示す個物❶は，店主が使う素材である．店主はこだわり素材の良さを活かして焼き菓子を創出する．これが個物❷となる．三上は個物❷を元にものづくりを展開し，ご馳走様カードやマスキングテープ・個物❸を創出した．店主も三上も，最初は必ずものづくりの構想源となる素材との出会いがある．

まず店主は素材となる個物❶に触れ，その性質を［分解／生成］する思索を通じて焼き菓子の完成形を構想する．構想物の本質を味わえる様態を一つひとつ形にして［構成／再生］し，オーブンで様態を統合化して焼き菓子（個物❷）を完成させる（図９）．

図６　マスキングテープ

図７　三上（左）と店主，

図８　店内に飾られたカード

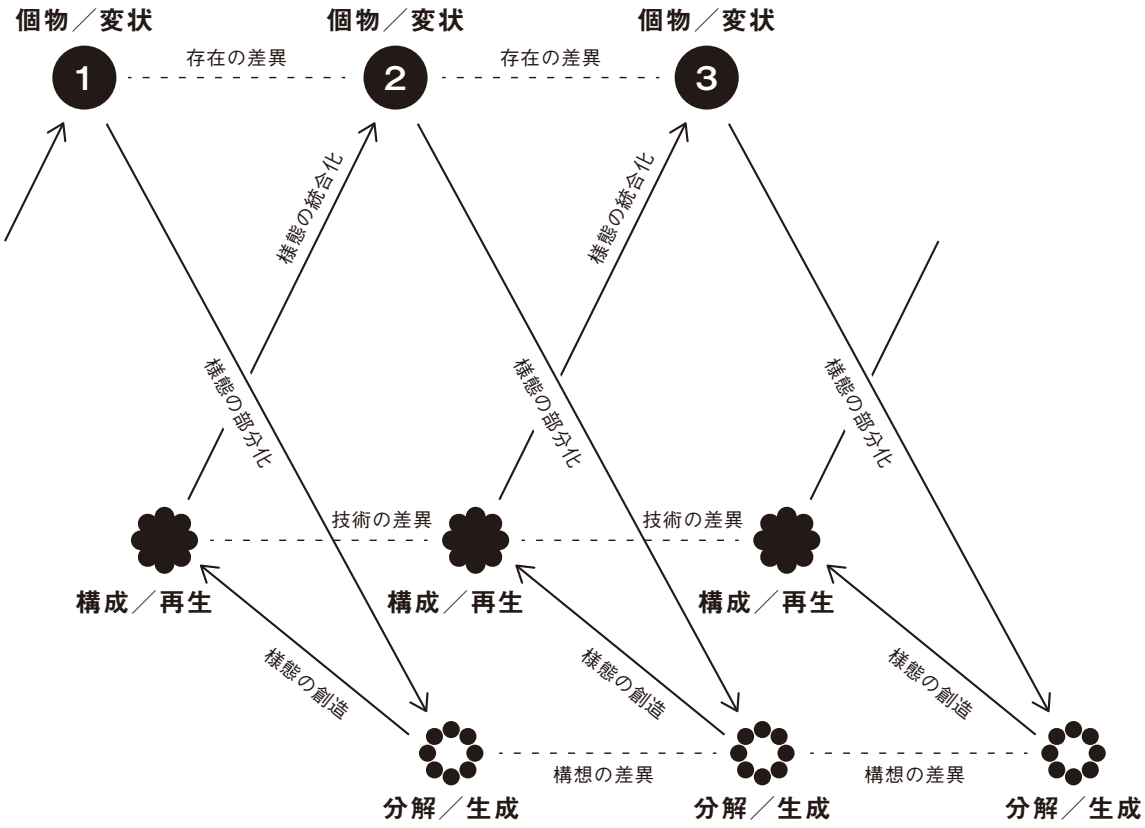


図９　創造交換による相互的な中動態関係形成モデル

焼き菓子（個物❷）をモチーフに展開した三上も同様にして，焼き菓子（個物❷）の［分解／生成］から，理想とする様態を創造して，もう一つの形を［構成／再生］して個物❸を実現化する．店主は，三上のカード作品（個物❷）に自らが志向した価値を認めつつも，三上との間に〈構想の差異〉と〈技術の差異〉を見つけ，自作の焼き菓子にはない，もう一つの〈存在〉として三上の〈ものづくり〉との差異を受け容れていた（図９）．店主が三上の〈ものづくり〉を店に受け容れることは三上自身を受け容れたことと同義である。

個物は創造を通じて新たな存在状態や意味を獲得すると言われている（ドゥールズ，1992）．作り手は，〈ものづくり〉を通じて個物の存在状態や意味を読み解き，〈つくられたもの〉を介して，互いの構想と技術の知的交換をおこなっていた．このようにして三上と店主の両者は中動態に根ざした相互性と信頼を互いに形成していたと考えられる．

５．まとめ

従来の商品交換を前提としたデザイン業務では，店主（クライアント）の要望を聴き，それに応えることで関係を持続させてきた．また，デザイナからの新規提案は営業活動の一環として捉えられ，利他性に潜む利己性が障害となり信頼を得られにくい．しかし三上は実践を通し「私のものづくり」という利己的な動機を通底させることから「他者と長期的に築く無理のない関係性」という互酬性のしがらみを超えた相互的な中動態の関係を店主との間に築くことができていた（図９）．三上実践は，商品交換でも贈与交換でもない，ものづくりの構想や技術を対等な立場でやりとりする〈創造交換〉という社会関係、すなわち中動社会の可能性を呈示しているのではないか．

参考文献

国分功一郎，中動態の世界，意思と責任の考古学，医学書院，2017
雇用政策研究会報告書~人口減少・社会構造の変化の中で，ウェル・ビーイングの向上と生産性向上の好循環，多様な活躍に向けて，厚生労働省，2023.3.27 採録，https://www.mhlw.go.jp/content/11601000/000467969.pdf
G. ドゥールズ，差異と反復，河出書房新社，1992
中村雄二郎，臨床の知とはなにか，岩波新書，1992
松村圭一郎, 他 2 名編者 『文化人類学の思考法』太洋社, 2019
渡邊淳司/ドミニク・チェン監修・編著『私たちのウェルビーイングをつくりあうために―その思想，実践，技術』，ビー・エヌ・エヌ新社，2020

地図型オンラインストアは商品探索において有効か？[1]
Is map-like online store effective for consumer wayfinding?

岩根 榛花[†‡]，椎葉 黎[†]，原田 悦子[†§]
Haruka Iwane, Rei Shiiba, Etsuko T. Harada
[†]筑波大学，[‡]日本学術振興会，[§]株式会社イデアラボ
University of Tsukuba, Japan Society for the Promotion of Science, IdeaLab Inc.
iwaneharuka.cogpsy@gmail.com

概要
現状のオンラインストアでは，実店舗と異なる商品探索が体験される. 例えば, 商品間の関連性を利用した探索ではなく，カテゴリラベルを用いた探索が必要となる．この体験の異なりは，買い物の楽しさを変化させ, 特に高齢者において商品探索の障壁となりえる. そこで本研究では, 実店舗の商品探索に近づけるべく, 店舗を俯瞰した地図型のオンラインストアを考案し，その有効性について検討した. 実験の結果, 地図型の有効性は必ずしも確認されなかったが，実店舗での商品探索に類似した行動が観察された.

キーワード：オンラインストアの使いやすさ (Online store usability), 買い物におけるユーザ体験 (Shopping user experience), 商品探索 (consumer wayfinding)

1. はじめに

コロナ禍を経て情報化が加速する一方で，ネットスーパー利用率の伸びは小さい（全国スーパーマーケット協会，2021）．ネットスーパーは，効率的な買い物を可能にする反面,「商品を選ぶ」点で実店舗のような楽しい買い物体験をもたらさず，利用開始や継続の障壁となると考えられている（全国スーパーマーケット協会，2021；滝口・清野，2022）.

オンラインストアにおける買い物体験，とりわけ商品探索では，商品位置や商品間の関連性を手掛かりとして利用することなく，カテゴリラベルのみを利用した探索が行われ（岩根・原田，2022），目的のカテゴリページに迅速に到達すると，そのページをブラウジングすることなく商品を決定する（Anesbury et al., 2016）ことが報告されている. すなわち, オンラインストアの商品探索は，上位カテゴリの情報が積極的に利用されるため, 効率的な探索が可能になる一方で, 商品項目や商品間の関連性が利用されなくなるため，実店舗のように商品を選び探す楽しさが体験出来ない可能性がある.

こうした実店舗での買い物体験との違いは，高齢者において利用困難をもたらす可能性がある．先行研究では, 実店舗での商品探索では, ほとんどの高齢者が独力で遂行可能であり（岩根・原田，2024a），課題成績に年齢群間差がみられない（Kirasic, 1991）が，ネットスーパーではほとんどの高齢者にエラーが生じ，独力での探索が出来なかった（岩根・原田，2022）．実店舗における商品探索の有能さは，既有知識や認知地図による補償（Kirasic, 1991）や，カテゴリラベル以外の手がかり利用（岩根・原田, 2023）のためと考えられており，ネットスーパー等におけるカテゴリに基づく階層構造型での商品探索において，高齢者が不利な可能性が考えられる.

そこで本研究では, 実店舗における探索のように, 商品の空間位置や商品間の関連性を利用できる新たなインターフェースデザインとして，店舗を俯瞰した地図のような形式のオンラインストアを作成し，商品探索における有効性や楽しい買い物体験への効果を実験により検討した.

2. 方法

実験計画は，年齢群（参加者間 : 高齢者／若年者）×オンラインストアのデザイン（参加者内 : メニュー型／地図型）×探索商品（参加者内 : 親和性およびカテゴリ一致によって操作した 4 商品）の 3 要因混合計画だった.

参加者は，高齢者 20 名（平均 76.85 歳，$SD = 3.62$），若年者 20 名だった（平均 18.10 歳，$SD = 0.29$）．各参加者は, オンラインストアの題材（スーパーマーケットとドラッグストア）と呈示順序の組み合わせ 4 水準のいずれかに割り当てられた. なお, 高齢者は, 認知機能の評価基準である Mini Mental State Exam（Folstein et al., 1975）の得点が 27 点以上であること，コンピュータ利用に対しする不安尺度（平田，1990）得点が 3.0 未満であることを基準に筑波大学人間系みんラボ（原田, 2012）参加者データベースから抽出された.

[1] 本研究は，第二著者の卒業研究（椎葉，2024）に新たな分析と考察を加えたものである.

オンラインストアのデザインは，従来のメニュー型と地図型の 2 つを作成した（図 **1**）．いずれのデザインも，第一カテゴリレベルと，第二カテゴリレベル，商品レベルの 3 階層によって構成された．メニュー型は，左に第一カテゴリの一覧が表示された（例：上から順に，肉・魚，野菜・果物，調味料，と続く）．選択したカテゴリの第二カテゴリ項目がオーバーレイで表示され，そこから選択された第二カテゴリの商品の一覧が右画面に出現する仕様だった．地図型は，同様に左側に第一カテゴリ一覧が表示されるが，このとき実店舗を俯瞰視点で見た地図のようにカテゴリ項目が配置された（例：壁面に野菜・果物，肉・魚，島部分に調味料，等）．第一カテゴリを選択すると，該当する第二カテゴリ項目が拡大された地図が右画面に出現し，それを選択するとさらに拡大された商品一覧の画面が表示された．地図型は，第二カテゴリレベルと商品レベルにおいて，空間的に隣接する項目に直接移動することが可能だった．

探索商品は，商品に対する親和性の高低と，陳列されているカテゴリラベルと商品から推定されるカテゴリラベルとの一致度の高低の 2 種類の組合せを基に，それぞれ 1 商品を選択した（商品 1，親和性高×一致；商品 2，親和性高×不一致；商品 3，親和性低×一致，商品 4，親和性低×不一致）．

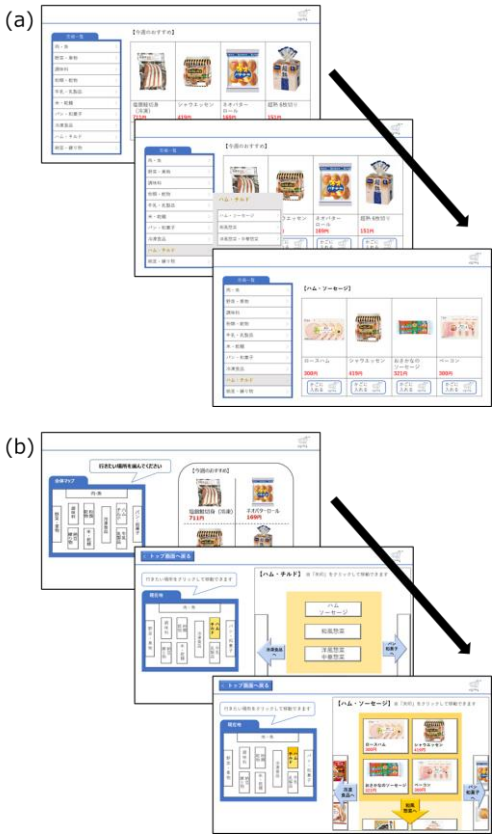
実験は，探索課題と記憶課題および質問紙で構成されていた．探索課題では，参加者は，指定された 1 つの商品について，発話思考を行いながら探索することを求められた．このとき，実店舗での商品探索と同様に，目的商品以外の商品についても自由に探索することが出来た．商品を発見した直後に，課題の難しさと楽しさを Visual Analogue Scale で回答した．

記憶課題として，使用したオンラインストアに関して，第一カテゴリ項目の自由再生課題と，第一カテゴリと第二カテゴリおよび第二カテゴリと商品の階層構造理解を測定するカード分類課題（Ziefle & Bay, 2004; 石井・原田，2022）を作成した．その他に，紙面で行う視覚探索課題（安達他, 2014），質問紙による買い物頻度，情報機器利用頻度，探索商品の親和性，デザインの選好について調査を行った．

参加者は，書面で実験参加の同意をした後，事前の質問紙に回答し，探索課題の練習試行を経て，本試行を行った．メニュー型か地図型いずれかのデザインで作成されたオンラインストアで 4 つの商品をランダムな順で探索した後，異なるデザインのオンラインストアで同じく 4 つの商品を探索した．すべての探索課題が終わった後，2 種のオンラインストアを対象に，自由再生課題とカード分類課題が実施された．その後，事後質問紙に回答し，インタビューを受けて実験が終了した．

この実験は，筑波大学人間系研究倫理委員会の承認（課題番号　筑 2023-52A）を得て実施された．

図 1　メニュー型（a）と地図型（b）のオンラインストアの例



3.　結果

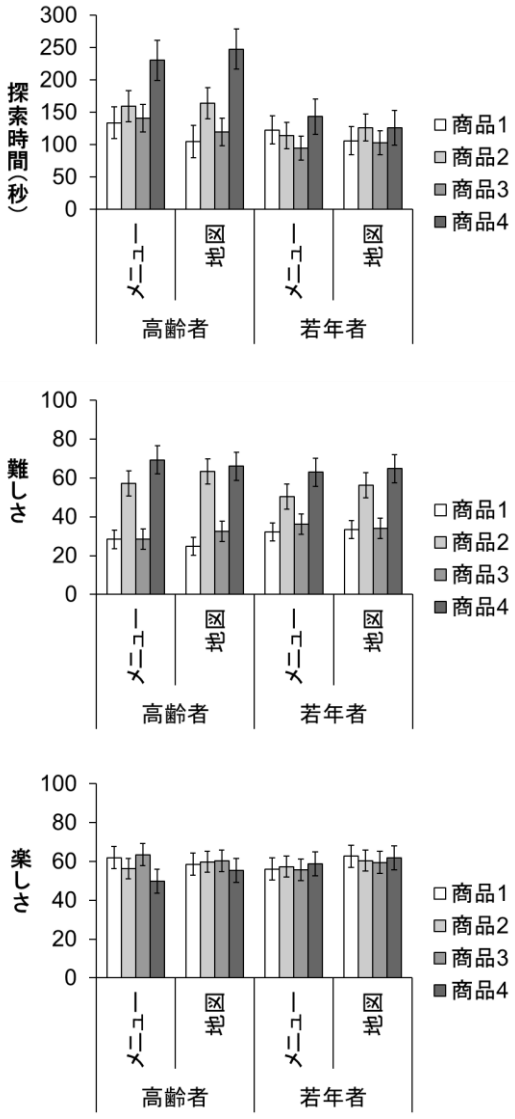
分析には JASP（Love et al., 2019）を利用し，図示には HAD（清水，2016）を用いた．

探索時間について，事後に回答された商品親和性を共変量として，年齢群×デザイン×商品の 3 要因共分散分析を行った結果，年齢群の主効果（$F(1, 299) = 17.420, p < .001, \eta^2 = .046$）と，商品の主効果（$F(3, 299) = 17.217, p < .001, \eta^2 = .136$），年齢群と商品の交互作用が有意だった（$F(3, 299) = 3.536, p = .015, \eta^2 = .028$）．年齢群の単純主効果を検討すると，商品 4 において高齢者の探索時間が若年者よりも長かった（$p < .001$）．商品の単純主効果を検討すると，高齢者においてのみ，商品 1 と 3 が，商品 2 と 4 よりも探索時間が短い傾向が示

された（ps < .05）.

難しさの主観評価についても同様に 3 要因共分散分析を行った結果，商品の主効果のみ有意であり（$F(3, 303) = 43.707, p < .001, \eta^2 = 0.291$），多重比較の結果，商品 1 と 3 が商品 2 と 4 よりも難しさの評価が低かった（ps < .001）．楽しさの主観評価は，いずれも有意ではなかった（図 **2**）.

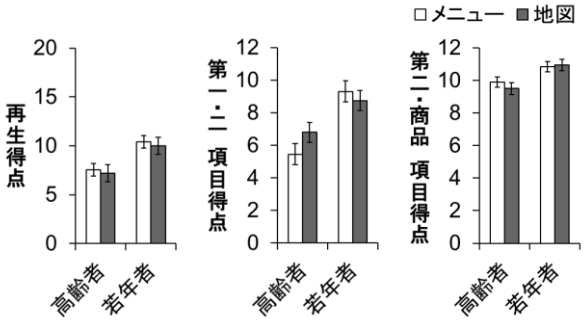
図 2　探索時間と主観評価の平均値と標準誤差



特に高齢者にとって不一致の商品探索が困難であることと，楽しさにはいずれの要因も影響していないことが示された.

第 1 カテゴリ項目の自由再生課題成績について，年齢群×デザインの 2 要因分散分析を行った結果，年齢群の主効果のみが有意であり（$F(1, 38) = 9.488, p = .004, \eta^2 = .148$），多重比較の結果，高齢者が若年者よりも得点が低かった. また，カード分類課題における項目得点（石井・原田，2022）についても同様の分析を行った結果，第一カテゴリと第二カテゴリ，第二カテゴリと商品レベルの両者において，年齢群の主効果のみが有意であり（$F(1, 38) = 37.966, p < .001, \eta^2 = .214$; $F(1, 38) = 9.118, p = .005, \eta^2 = .135$），どちらも高齢者のほうが若年者よりも得点が低かった（図 **3**）.

図 3　各記憶課題成績の平均値と標準誤差



質問紙で取得された指標と，探索行動の各指標の相関分析を行った結果，オンラインストア利用頻度と探索時間に弱い負の相関が，スーパーマーケットの買い物頻度と難しさの主観評価に弱い負の相関が，パソコンやタブレットの使用頻度および，視覚探索課題成績と楽しさの主観評価に弱い正の相関がみられた（表 **1**）.

表 1　探索指標と質問紙項目指標の相関分析

	探索時間	難しさ	楽しさ
スーパーマーケット利用頻度	-0.014	-0.230 ***	-0.009
ドラッグストア利用頻度	0.038	-0.084	0.039
ネットショッピング利用頻度	-0.141 *	-0.041	0.104
携帯電話等利用頻度	NaN	NaN	NaN
パソコン等利用頻度	-0.075	0.033	0.186 ***
視覚探索成績	-0.095	0.056	0.208 ***

注）* $p < .05$, *** $p < .001$

注）携帯電話等利用頻度は全員が 5（最高値）を回答した.

次に，探索方法について，発話データと行動データから質的分析を行った．その結果，メニュー型では，「化粧品，解熱鎮痛，風邪．どこに入るんだ（ID3）」のように，カテゴリラベルを基軸とした探索が行われているのに対して，地図型では，「あーそうか，**缶詰の上にあった**んだ（ID23）」や「**野菜の隣に**ドレッシングが置いてある（ID37）」といった商品の空間位置を利用する空間探索の傾向が，特に若年者を中心に観察された.

4. 考察

本研究では，店舗を俯瞰した地図のようなオンラインストアにおいて，商品探索に対する有効性や楽しい買い物体験との関連について検討した．

探索行動の量的分析では，地図型の有効性は確認できず，楽しさの評価にも効果は見られなかった．今回作成した地図型のデザインは，階層性が維持されており，かつ第一カテゴリが左側，第二カテゴリと商品画面が右側に呈示されるという，二重の情報操作を求めた点で，とりわけ高齢者において負荷が高かった可能性がある（Sjölinder et al., 2005）．加えて，操作練習もシンプルであったために，学習が不十分なまま探索が実行された可能性がある．

一方で，探索行動の質的な分析からは，地図型オンラインストアでの探索行動が，実空間の探索行動に類似している点が示唆された．地図型は，同階層間での横移動が可能であり，近接した商品へと漸進的に移動する点が特徴である．こうした商品探索体験は，実店舗のそれに類似していることから，地図型デザインには，実店舗で行われるような商品探索，ひいては楽しい買い物体験をもたらす可能性が示唆されたといえよう．楽しい買い物における他の要因についてさらなる検討が必要である．

本実験で用いた地図型の画面デザインレベルや，地図型の効果を検出するための要因の統制に課題があると考えられるため，これらを改善したものでさらなる検討を行っている（岩根・原田，2024b）．

5. 謝辞

この研究は，JSPS 科研費 22H00088 の助成を受けた．

文献

安達 悠子・原田 悦子・須藤 智・熊田 孝恒・藤原 健志（2014）．認知的加齢と新奇な人工物利用――高齢参加者データベースに基づくユーザビリティテスト・データの分析――認知科学，*21*（1），83–99.

Anesbury, Z., Nenycz-Thiel, M., Dawes, J., & Kennedy, R. (2016). How do shoppers behave online? an observational study of online grocery shopping. *Journal of Consumer Behaviour, 15*(3), 261–270.

Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, *12*(3), 189–198.

原田 悦子（2012）．「みんラボ，発進」：高齢者のための使いやすさ検証実践センターについて　人間生活工学，*13*（1），71–74.

平田 賢一（1990）．コンピュータ不安の概念と測定　愛知教育大学研究報告 教育科学編，*39*，203–212.

石井 奏有・原田 悦子（2022）．生活の中の階層構造は理解されているか: 家電のメニュー構造理解を阻む諸要因　筑波大学心理学研究，*60*，21–28.

岩根 榛花・原田 悦子（2022）ネットスーパーの使いやすさにおける 2 つの問題次元：システム操作と商品探索　日本認知科学会第 39 回大会発表論文集，236–241.

岩根 榛花・原田 悦子（2023）．店内で商品を探す行動とサインの相互作用，そしてその加齢変化　*Jxiv*.

岩根 榛花・原田 悦子（2024a）．スーパーマーケットにおける商品探索行動――加齢変化と商品要因の関係性――筑波大学心理学研究，*62*.

岩根 榛花・原田 悦子（2024b）．ネットスーパーにおける『楽しいお買い物』を目指して――若年者および高齢者を対象とした地図型デザインの有用性の検討――　ヒューマンインターフェースシンポジウム 2024.

Kirasic, K. C. (1991). Spatial cognition and behavior in young and elderly adults: Implications for learning new environments. *Psychology and Aging*, *6*(1), 10–18.

Love, J., Selker, R., Marsman, M., Jamil, T., Dropmann, D., Verhagen, J., Ly, A., Gronau, Q. F., Šmíra, M., Epskamp, S., Matzke, D., Wild, A., Knight, P., Rouder, J. N., Morey, R. D., & Wagenmakers, E.-J. (2019). JASP: Graphical Statistical Software for Common Statistical Designs. *Journal of Statistical Software*, *88*(2), 1–17.

椎葉 黎（2024）．メニュー型/地図型オンラインストアの有効性―商品探索行動の高齢者-若年者比較―　筑波大学卒業論文

清水 裕士（2016）．フリーの統計分析ソフト HAD : 機能の紹介と統計学習・教育，研究実践における利用方法の提案　メディア・情報・コミュニケーション研究，*1*，59–73.

Sjölinder, M., Höök, K., Nilsson, L. G., & Andersson, G. (2005). Age differences and the acquisition of spatial knowledge in a three-dimensional environment: Evaluating the use of an overview map as a navigation aid. *International Journal of Human-Computer Studies*, *63*(6), 537–564.

滝口 沙也加・清野 誠喜（2022）．ネットスーパー利用に関わる行動と意識の変容-継続利用者と中止者との比較　フードシステム研究，*28*（4），298–303.

全国スーパーマーケット協会（2021）．2021 年版スーパーマーケット白書　50–51.

Ziefle, M., & Bay, S. (2004). Mental models of a cellular phone menu. Comparing older and younger novice users. *International Conference on Mobile Human-Computer Interaction*, 25–37.

熟達ラテンダンサーの体肢間協調がもたらす美しい動作の軌跡
Beautiful movement trajectory brought about by the body coordination of a skilled Latin American dancer

初田 響子†，野中 哲士，清水 大地‡
Kyoko Hatsuda, Tetsushi Nonaka, Daichi Shimizu

†神戸大学人間発達環境学研究科
Kobe University, Graduate School of Human Development and Environment
kyoko.htsd@gmail.com

概要

熟達したダンサーの美しい動作はどのような動作なのだろうか．本研究は動作の軌跡が重視されるラテンダンスの Cuban Motion を対象に，熟達ダンサーの美しい動作特徴の同定を目的として定量的検討を行った．熟達ダンサーと非熟達ダンサーとの動作を比較した結果，熟達ダンサーは動作の主要部位である Hip の軌跡を，Heel と他の部位を左右方向へ巧みに協調させてなめらかに描いていることがわかった．一方でこの Hip の軌跡の対称性については，熟達者の中でも左右対称/著しく非対称の 2 方向に分岐することが示唆された．

キーワード：熟達, 動作の軌跡, 体肢間協調, 美しさ, ラテンダンス

1. 序論

ダンスは古来より宗教儀式や社交の手段，エンターテイメントなど, 幅広い目的・形態によるヒトの文化活動として親しまれている（片岡，1991）．ダンスは身体を用いた視覚的かつ動的な表現形態であり，美しいダンス表現は多くの人に感動を与える．では, 熟達したダンサーの美しい動作はどのような動作なのだろうか．これまでのダンス動作と評価に関する研究では，肯定的に評価される動作の要素として，難易度が高いと評価者が感じる動作（Cross ら，2011）や，空間的に大きく行われる動作（Calvo-Merino ら，2008），なめらかな動作（Bronner & Shippen，2015），速度が安定した動作（佐藤, 2014 博士論文）といった点が挙げられてきた．一方, ある動作がどのような軌跡を描くのか, といった動作軌跡の形状については，ダンス表現の印象に大きく寄与するにもかかわらず，これまで十分に検討されてはいない．そういった動作の軌跡が重要視されるダンス表現の一つとして，ペアダンスの一種であるラテンダンス，そして領域の最も中枢となる動作である Cuban Motion が挙げられる．Cuban Motion は背骨を中心に腰を回転させる（BallroomDansers.com, 2024）ラテンダンスに欠かせない動作である．Cuban Motion は指導および実践において，主要な動作部位である Hip の軌跡により定義（Marco ら，2004）されている．この動作はラテンダンス特有の美しさや妖艶さ，力強さの表現を特徴づける動作であり, 特にルンバ種目では, あらゆるステップが Cuban Motion を伴って踊られる．では, 美しい Cuban Motion はどのような軌跡を描くのだろうか. 先行研究では, スタティックな視覚刺激に対する美しさや嗜好性の判定には，対称性が関与することが示唆されてきた．これまでの研究では, 絵やデザイン等の静物（Jacobsen. T & Höfel. L, 2003; Jacobsen et al., 2006），点群などの単純な視覚パターン（McManus, 1980; Wagemans, 1997; Ramachandran & Hirstein, 1999），身体部位や顔の特徴（Di Dio, Macaluso, & Rizzolatti, 2007; Rhodes, 2006; Thornhill & Gangestad, 1994）において，対称性を持つ視覚刺激が美的嗜好性や魅力を予測する因子になることがわかっている．ダンスの文脈においても，Orgs ら（2013）は，空間的対称性が最大になる姿勢に対する美的評価が高かったことを示唆している．つまり，視覚的かつ動的な表現形態であるダンスにおいても対称的な動作が好まれる可能性があると考えられる．

また，上記の動作のなめらかさや対称性を考えた際に，そのような熟達した動作が全身によってどのように実現されているのか，という点も疑問として湧いてくるだろう．熟達した身体技能に関する動作研究においては，熟達者に一貫した体肢間協調のパターンが現れることが示されている．ベリーダンスにおける随意的な腰の回転運動に関する研究では，水平面上での骨盤の回転と体幹上部の回転が，一貫して逆位相のパターンで協調することが示された（Tournillon & Siegler, 2021）．また，Chang ら（2020）はラテンダンスのチャチャチャ種目の基本動作において，熟達度が上がるにつれて, 首や肩, 股関節などの主要な関節角度の振幅の総和はスキルの関数として増加し，体肢間協調の程度

図 1　実験課題の連続写真

が強まることを報告した.

以上の議論より，熟達した Cuban Motion は，なめらかさ，左右対称性，動作速度の安定性を有しており，さらに体肢間協調の高い動作であるという仮説が導かれた．本研究は熟達したダンス表現の動作の様相に迫る新たなアプローチとして，動作の軌跡と速度の関係および体肢間協調に着目し，異なる技術水準のダンサー間の動作を定量的に比較する.

今回は動作の軌跡と体肢間協調の分析に関して，結果を取り上げ，考察を行った．今後は，動作の軌跡と速度の関係に関する分析も実施し，検討を行う予定である．なお，本稿は初田ら（2023）のデータを用いて異なる観点から分析を行ったものである.

2. 方法

参加者：本研究にはラテンダンスにおけるプロフェッショナルダンサー（プロ）6 名（P1〜P6）アマチュアダンサー（アマ）6 名（A1〜A6）が参加した．なお，奇数番号が付されている参加者は男性，偶数番号が付されている参加者は女性を示している．多忙なプロへの研究協力依頼が困難であったため，限定されたサンプルサイズでの実施となった．プロは認定ダンス教師資格を有する，あるいは公式競技でプロラテンの部に出場している現役選手であることを条件とした. アマは 1 年以上のラテンダンス経験があり，プロに該当しない者とした．今回の参加者について，プロの平均年齢は 41.17±11.88 歳, 平均経験年数は 16.17±7.99 年であり，アマの平均年齢は 21.00 歳，経験年数は 3.00 年（アマは全員神戸大学競技ダンス部の同級生）であった. さまざまな熟達例を検討するため，多様なプロの協力を得た．P3，P4 はダンス指導を中心として活動しており，ダンス上の男女の役割を交代して踊る機会，生徒の前で基本動作の手本を披露する機会の多い熟達例であった. P5 は主にダンスショーを中心として活動しており，女性をリードして踊ることに特化している熟達例であった. 参加者は，神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間倫理委員会より承認を得た説明書を熟読した上で同意書に署名した.

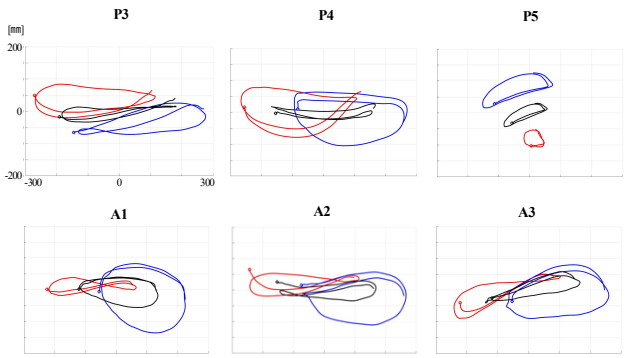
機材：動作計測は慣性式モーションキャプチャ（Shadow Motion Capture System；Motion Workshop 社）の 17 個のセンサにより記録した（サンプリング周波数 100Hz）. Mocap に OptiTrack Camera（V120: Trio）を同期させ，三次元空間構成を行った．また，映像記録にはビデオカメラを用いた（SONY, FDR-AX45）．参加者は上記のモーションキャプチャのウェアラブルセンサと，本人が普段使用しているダンスシューズを着用した．普段のダンス練習場と近似した環境を再現するため，鏡で自分の動作を確認できる環境で計測を行った．音楽は全試行において同じルンバの曲（“Fields of Gold (Rumba)” Watazu, 2018, 96BPM）を用いた.

課題：実演課題は Cuban Motion を応用した最小のフィガー（ダンスステップ）である Cuban Rocks （CR）とした（図 1 参照）． 本実験で扱った CR は，足による移動を行わずに左右方向へ Cuban Motion を行う動作である．本研究の参加者はこの動作をすでに習得しており，実践においても使用している動作であった．各課題 5 試行ずつ計測を行った．1 試行は 8 小節分（18.5 秒程度）とした．実演に際し，Cuban Motion に依らない上肢などの動作により生じる体幹部への影響を最小限に抑えるため，肘はダンスにおける自然な状態で常に上げておくこと，首や頭の角度を不必要に変えないことを参加者に指示した.

データ処理・統計処理：本研究は欠損データを含む参加者（A5, P1, P2, P6）のデータを除外して分析を行った。数値処理には MATLAB, R を用いた．前処理として，3 次のバターワースローパスフィルター（カットオフ周波数 ＝10Hz）により平滑化し，Mokka（Motion kinematic & kinetic analyzer）上で 1 小節分の動作ごとに区切りをマークした.

動作の軌跡特徴である左右対称性となめらかさについては，形状類似度と円形度を用いて定量化を行った．軌跡の形状は凸包（The MathWorks, 2023; n.d., 2022）により同定した. 形状類似度については，プロクラステス

図 2 水平面上における CR の Hip の中心と R&L Hip の軌跡



図の横軸は左右方向，縦軸は前後方向の動作を示している．赤線が R Hip,青線が L Hip，黒線が Hip の中心を示している．図は代表の 1 試行における 1 周期分の軌跡.
ページ数制限の都合により，アマは代表の 3 人分のデータである.

解析（高桑, 2021; The MathWorks, 2020）を用いた．今回は，主要な部位である左右の Hip の形状の重心を同一座標上に重ね，軌跡上の点群の二乗誤差が最小となるよう図形を回転させて基準化した．サイズの基準化は行わなかった．また，形状類似度については，直感的な理解を促すため，それらの点群の二乗誤差の和を逆数にして指標として用いた．

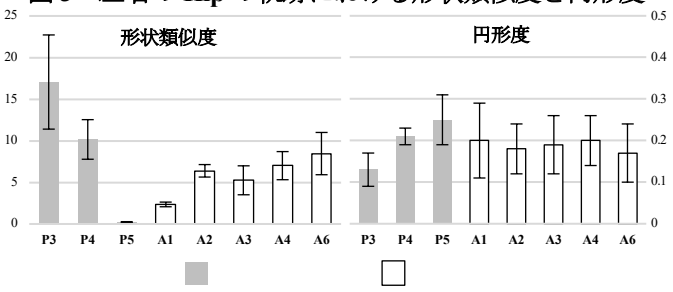
体肢間協調の分析においては，Chest，R Shoulder，L Shoulder，R Hip，L Hip，R Leg，L Leg，R Heel，L Heel の 9 部位の時系列データについての相互相関分析を行った．さらに上記 2 つの動作分析結果の関連性を検討すべく，線形混合モデルによる検討を行った．

3. 結果

最初に水平面上の Hip の軌跡の結果を報告する（図 2）．水平面上の R および L Hip の軌跡は，プロ・アマともそれぞれ楕円形を描いている．どの参加者も Pelvis は主に左右方向へ移動している．一方で，プロの方がアマよりも Pelvis の前後への移動が小さい様子が観察される．また，R&L Hips の軌跡について，アマと P5 は L Hip が R Hip よりも前後に大きく動いている様子，P5 が特に顕著にその傾向を示す様子が観察された．P3 と P4 は R Hip と L Hip が概ね左右対称形の軌跡となっていることが観察される．

図 3 は先ほど述べた R Hip と L Hip の軌跡の形状に関する分析結果である．形状類似度は P3, P4 が高く，P5 は突出して低かった．P3 と P4 は仮説を支持する結果であったが，P5 は仮説とは逆の結果であった．アマは，プロを上記のように 2 グループに分けたとき，どれも中間程度の値をとっていた．P3 と P4 において形状類似度が共通して高かった背景としては，その 2 名がダンスにおけるペアであるために，動作の特性が共通した可能性が考えられる．また，P5 において左右の Hip の軌跡の形状類似度が顕著に低かったのは，女性をリードすることに特化していることに起因していると

図 3 左右の Hip の軌跡における形状類似度と円形度

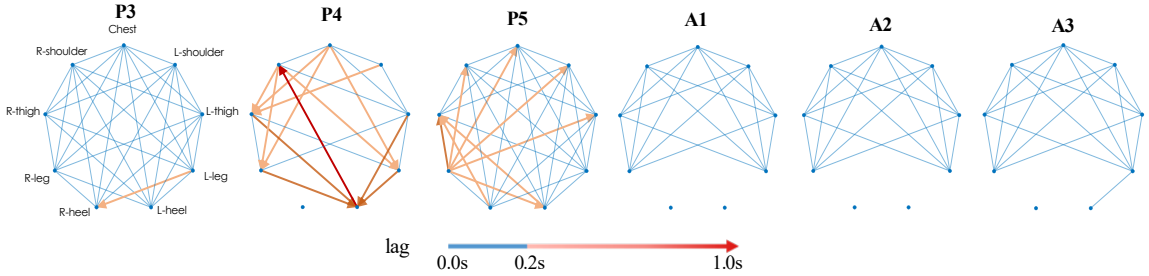


図中の形状類似度は，左右の Hip の軌跡の形状について，プロクラステス解析により算出された数値の逆数をプロットしたものである．つまり，数値が高い方が左右の Hip の形状は似ていたことを示す．円形度は左右それぞれの Hip の円形度解析により算出された．数値が高い方が Hip の軌跡は丸みを帯びていたことを示す．

考えられた．ラテンダンスはペアで踊るダンスであり，相手とホールドを組むとき，相手の正面に立つのではなく，互いの右半身のみが正面になるように立つ（半身左にずらして立つ）．そのとき，右側よりも左側の方がスペースを広く使えることが，左の方が動作の軌跡が大きくなった背景である可能性がある．今回の課題はソロでの実施であったが，P5 はペアでホールドする際の身体の使い方の傾向が定着しており，今回のソロ動作においてもそのままの傾向が表れた可能性がある．この傾向はアマにも見られ，アマは今後，相手と踊ることに比重を置いて技能水準を高めていった場合，P5 のような傾向を示しうるだろう．円形度については，P5 の円形度が高いが，全体としてプロとアマの間に大きな傾向は観察されなかった．

CR の左右方向への動作について，全身の体肢間協調の関係を可視化するために，Bashan ら（2012） の指標間協調の図を参考に協調ネットワークを作図した（図 4）．相関係数が 0.7 以上であった身体部位間を抽出した．そこから偶然に生じうる体肢間協調を除外するために、参加者内で試行間をシャッフルしたバーチャルデータ群の相関係数を抽出し，それらの 95%信頼区間よりも実際のデータの値が高い線のみを青線として描画した．また，相関係数が 0.7 以上かつラグ値が 0.20 秒以上であった部位間を，先行している部位を始点とし

図 4 左右方向への体肢間協調ネットワーク



て赤色の矢印で示した．矢印の濃淡はラグの長さを反映している．図を見ると，プロは Heel と他の部位間に強い相関が多く見られるのに対し，アマは Heel と他の部位間に強い相関が見られなかった．また，プロは，ラグを伴った相関関係にある身体部位が多く見られた．以上の結果より，Cuban Motion の熟達においては，Heel と他の身体部位の協調が関連している可能性が示唆された．領域の知識と紐づけて解釈すると，この協調は，ダンススキルの一つである脚部全体のターンアウト（外転）を効果的に用いることで生じている可能性が考えられる．

	Estimate	Std. Error	P value
Intercept	0.26	2.99	0.93
P5/他	-15.05	2.11	**0.005**
プロ/アマ	7.49	3.18	**0.02**
CcrHeel	8.25	4.00	**0.04**

表 1　左右の Hip の軌跡の形状類似度における線形混合モデルの結果（参加者 8, 項目 40）

最後に Hip の軌跡と，Heel と他の部位の協調の関連を検討するため，線形混合モデルによる分析を行った．

表 1 は目的変数を左右の Hip の軌跡の形状類似度，固定効果を P5/他，プロ/アマ, Heel と他の部位の協調の平均（CcrHeel），ランダム効果を参加者として線形混合モデルを行った結果である．P5 は他の参加者に比べ，顕著に形状類似度が低かった．プロの方がアマよりも形状類似度が高かった．Heel との協調が高い方が，左右の形状類似度が高かった．形状類似度と CcrHeel に正の関係が見られ，P3 と P4 は Heel と全身の協調を巧みに用いて骨盤の軌跡を左右対称に描いていると考えられる．

表 2　左右の Hip の軌跡の円形度における線形混合モデルの結果(参加者 8，項目 40)

	Estimate	Std. Error	P value
Intercept	0.14	0.03	<0.001
P5/他	0.08	0.02	**0.05**
プロ/アマ	0.07	0.03	**0.03**
R/L	0.13	0.01	**<0.001**
CcrHeel	-0.02	0.05	0.59
プロ/アマ× R/L	-0.17	0.01	**<0.001**

表 2 は目的変数を左右の Hip の軌跡の円形度，固定効果を P5/他，プロ/アマ，右/左，Heels と他の部位の協調の平均，プロ/アマ×右/左，ランダム効果を参加者として線形混合モデルを行った結果である．P5 は他の参加者に比べ，円形度が高かった．プロがアマよりも円形度が高かったのは，動作のなめらかさを反映していると考えられる．左の方が右より円形度が高かったのは，先述したように，左の方が動作の自由度が上がったことが理由として考えられる．プロ/アマと R/L の交互作用については，アマの方は左の方が右よりも円形度が高いが，プロは明確な左右差は見られなかった．

4. 考察

結果から次の知見が得られた．まず，プロでは Heel と他の部位を左右方向へ協調させることでなめらかな Cuban Motion を行っていたこと，骨盤の軌跡の円形度が高かったことが共通して見られた．一方で，ダンスの印象に寄与する Hip の軌跡の対称性は，プロ内で 2 方向に分岐（P3，P4/P5）した．この結果は，プロは全身協調や軌跡のなめらかさなどに見られる身体の使い方は共通するが，ダンスにおいて表現する軌跡の方向性が 2 つに分岐する可能性を示唆するものである．非対称となる軌跡については，相手との美しい造形，つまりペアダンスとして非対称な 2 人の動作を組み合わせた際に，対称的で美しい動作となるよう動作を調整・制御している可能性が考えられる．

現在，時間の特性を含むカウントと動作の軌跡との関係について分析を行っている．分析結果と本稿の内容から，動作表現と時系列との関連を検討予定である．

謝辞

本研究は，JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2148 の支援を受けたものです．

主要参考文献

Bronner, S., & Shippen, J. (2015). Biomechanical metrics of aesthetic perception in dance. *Experimental brain research*,233(12), 3565–3581.

Orgs, Guido & Haggard, Patrick. (2012). Learning to like it: aesthetic perception of choreographic patterns. *Cognitive Pr-ocessing*. 13. S28-S29.

パートナー選択に関するモデルの提案
A model for partner selection

城 真範 †, 浅野 健一郎 ‡
Masanori Shiro, Kenichiro Asano
† 産業技術総合研究所, ‡ AIST Solutions
† AIST, ‡ AIST Solutions
† shiro@aist.go.jp, ‡ kenichiro.asano@aist-solutions.co.jp

概要

少子化の原因を探るためのシミュレーションモデルを提案する。経済的事情ではなく、より精神的な面に焦点を当てる。年齢による価値の変化をロジスティック分布を使って表現する。対数正規分布を仮定した同性同士および異性中心のコミュニティ、またべき分布を仮定する恋愛対象の集団を仮定し、同性コミュニティにおいて自己の能力を磨き、異性コミュニティにおいて多数の異性を知り、恋愛対象の集団におけるマッチングに影響を与えるモデルを提案した。

キーワード：シミュレーション, 異性関係, 同性関係

1. はじめに

我が国はこれまで経験したことのない未曾有の人口減少に直面しており、その主因は少子化にある。その理由の一つに 50 歳時の未婚割合（以下「生涯未婚率」と称す）の上昇があり、これは解決すべき喫緊の社会課題である。その対策立案のため、政府並びにシンクタンクによるアンケートがとられており、例えば内閣府による「令和 2 年度少子化社会に関する国際意識調査」[5] では、現在結婚していない日本人の独身理由として「適当な相手に未だ巡り合わないから」が筆頭になっている。アンケートは他にも多くとられているが、現時点で具体的な生涯未婚率の数値が改善される気配はない。そこで我々はパートナーを得るに至る条件がどのようなものであるかを、個人の精神的状態に着目し、アンケート以外の異なるアプローチで精緻化したい。

2. 提案手法

2.1 経済的事情に対する考察

少子化問題に対して経済的事情を理由とする言説は多数ある [2, 1]。しかし日本においては高度成長期まで生涯未婚率はほぼゼロであった [3]。これは経済状態がたとえ悪くても、婚姻と出産については社会規範（家意識）からくる圧が強く作用していたからだろう。現代ではこのような圧が減少していることは生涯未婚率が上昇している重要な理由の一つだろう [6]。現代では婚姻という形態を取らないパートナー関係も公認されているが、少子化という事実はそうした婚姻以外の関係を含めてもなお孤独化が進んでいることを示唆している。本研究では少子化の原因を経済的事情には求めない。前述の高度成長期以前の状況に加え、日本以外のもっと経済事情の悪い国でも必ずしも少子化とはなっていないからである。むしろ出生率の低下は都市化の程度と強く関係するという報告もある [4]。もし現在において経済的援助が盤石であったとしても、社会規範による圧がほとんどない状態では、少子化に対する能動的な解決は望めないだろうと考える。ゆえに社会規範による圧がないとしたうえで、アンケートにおける「適当な相手に未だ巡り合わないから」というデータを詳細に検討する必要があると考える。本報告ではその原因究明に資する方法論として、議論を定量化できる、少数の条件を設定可能な時間発展シミュレーションモデルを提案する。

2.2 最大化を目指す二つ指標

パートナーを得るという観点において、本研究では二つ指標を評価軸とする。それは「早期にパートナーを得る」ことと「能力の高いパートナーを得る」ことである。つまり早期にパートナー関係が成立して人生の次のステップに進むことと、高いレベルの相手をパートナーとすることで社会的に安定した人生設計が可能になることの両方が少子化においては重要であるとみなす。この二つは多くの場合背反する。つまり、早期にパートナーを得ることは、将来設計における不安要素が減る反面、人生の先でもっと能力の高いパートナー候補が出現しても容易に乗り換えることはできないことを意味する。一方、時間をかけて自分の能力を十分高めてからパートナーを探せば能力の高いパートナーを得られる可能性が増える反面、パートナーそ

のものを得られないリスクがある。本研究ではこれらを統合せず、あくまで二つの評価軸のまま残して検討を進める。

2.3 モデル

我々のモデルでは性的な価値を二つに分類する。肉体年齢そのものによる価値とその他の魅力による価値である。そして我々のモデルは、ある仮定された「個人」に着目し、その主観を表現する。従ってすべての状態は統計分布上での位置で示され、絶対的な尺度を廃して構成される。出会いの偶然性など実際には自助ではどうにもならない要素があるが、それらは同時代において確率的には公平に作用するため、主観の上ではキャンセルされるものとする。つまり社会情勢は概ね均等な条件であり、パートナー選択においては完全な自由市場が成立していて、これらはすべて統計分布に織り込めるものとする。

我々のモデルでは「個人」が (1) 自身の性的魅力を磨くコミュニティと、(2) パートナーとなる異性の候補を幅広く知るコミュニティと、(3) パートナーを選別するための集合を概念上分離する。(1) は概ね同性のみで構成されるコミュニティであり、十分に自分をさらけ出して協力または競争し、スポーツや勉学など自身の魅力に資する能力向上をはかる。同時に服装の知識やトレンドなどの情報交換をする。(2) は異性を中心に構成されるコミュニティで、主にパートナーとなる候補と幅広く知り合いになるためのコミュニティである。ただし「個人」はこのコミュニティの構成員を恋愛対象の異性とはみなさない。実際の例としては趣味のサークル、職場の同じ部課、SNS の中のコミュニティ、学校の同級、同業種の団体等様々である。(3) は恋愛対象の集合であり、「個人」から主観的に見た複数の異性を仮に一つの集団としてみたものである。異性同士は基本的に相互の面識がない。「個人」はこの集合の構成員を自身のレンジに入る恋愛対象の異性としてみており、各構成員には数値で序列化された好意値が与えられる。そしてパートナーはこの集合内から選ばれる。

本提案の設計として 3 種 4 つの統計分布を仮定する。

- 年齢分布：年齢と性的価値の関係を示す分布でロジスティック分布（シグモイド関数）である。年齢に起因する性的価値はある年齢を境に急激に減少するため、シグモイド関数状の分布が望ましい。年齢は規格化のため 18 歳を 0 とし 50 歳を 1 とする。例えば年齢 26 歳（$t = 0.25$）で 0.95、年齢 34 歳（$t = 0.5$）で 0.95 となるシグモイド関数は次式で与えられる。

$$N(t) = 1 - 1/(1 + \exp(-4\log(19)(x - 0.375)))$$

- 同性分布あるいは異性分布：同性または異性のコミュニティにおける何らかの尺度とコミュニティ内人口の関係を示す分布でどちらも標準対数正規分布（$\sigma = 1,\ \mu = 0$）とする。上記の (1) と (2) のコミュニティを分布として表現したものである。一般に要素同士に強い関係のある要素からなる分布が一般に対数正規分布に近似されるので、それを考慮することが望ましい。具体的には次式である。

$$S(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln x)^2}{2}\right)$$

- 対象分布 ($T(k,\ a)$)：恋愛対象となる異性の集合を好意の順に並べたものと、それぞれの異性に付随する好感度の関係を示す分布でべき分布で与えられる。「個人」は自身のレベルを自己認識しており、対象となるパートナーの範囲を暗黙のうちに設定している。「個人」がどのようなレベルにあってもこの分布が同様である（つまりスケールフリーであるべき）ことを要請するため、これはべき分布となる。具体的には $T(k,\ a) = kx^{-a}$ である（a は設定時の定数）。

2.4 シミュレーションの流れと終了条件

シミュレーションは次のように行う。開始時点で「自身」には同性分布と異性分布のどちらに傾倒するかが合計 2 の実数値（傾倒偏差 b）で与えられており、これは変動しない（傾倒偏差 b が 1.5 であれば同性分布に 1.5、異性分布に 0.5 が割り振られる）。同性分布内での位置と異性分布内での位置は初期状態でどちらも無作為に与えられる。同性分布内での位置と年齢分布から得られる価値は完全に独立なものとして二乗和平方根をとり、その時点の自身の性的価値（プライドを意味する）とする。対象分布内には異性分布での位置に応じた数の対象候補者が無作為に設定される。対象分布内で各対象のうち一人が自身の性的価値と合致した場合（正確には 0.001 以内となった場合）、シミュレーションは終了する。

時間発展は次のように行う。

1. 同性分布と異性分布での位置の変動：自身の各分布での偏差値はそれが期待値に向かうように微小量

（0.001）の増減をするが、上昇方向に傾倒偏差が乗算されるので、傾倒偏差が 1 より高ければ同性分布が統計的に微増し、低ければ異性分布が統計的に微増する。十分な時間がたてば両方のコミュニティでの位置は（乱数による変動以外は）安定する。

2. 異性分布での位置に応じて対象分布内の対象の数が再計算され、無作為の追加または削除が行われる。同性分布内の位置と年齢分布内での位置によって自身の性的価値が定まり、対象分布内でその値と同じ異性の対象がいるかどうか判定する。いればパートナー関係が成立したものとしてシミュレーションは終了する。終了時には二つのスコアが得られる。終了までの時間と、終了時点での自身の性的価値（k）である。前者は実際にはパートナー関係が成立するまでの時間が出産適齢期の範囲に入っているべきであるので、短い方が良い。

各ターンの乱数的要素を除けば自身の特徴を決める変数は傾倒偏差と対象分布中に現れる定数 a だけである。傾倒偏差は自身の生物学的性をどれだけ肯定しているかを意味し、定数 a は一種の「一途さ」を表現している。

3. 結果と議論

C++言語で実装した結果を示す。Figure 1 は年齢分布を、年齢 26 歳（$t = 0.25$）で 0.95、年齢 34 歳（$t = 0.5$）で 0.95 となるシグモイド関数で設定し、傾倒偏差 b を 1 に設定したもので、およそ 32 歳でパートナーを得ることができた。そのときの性的な価値は 1 付近であった。一方、Figure 2 は同じ年齢分布で傾倒偏差 b を 1.8 に設定したものである。つまり同性内のコミュニティにおける能力向上に注力した場合で、こちらは 50 歳になってもパートナーを得られなかった。性的な価値はおよそ 1.5 である。どちらも $a = 1$ とした。

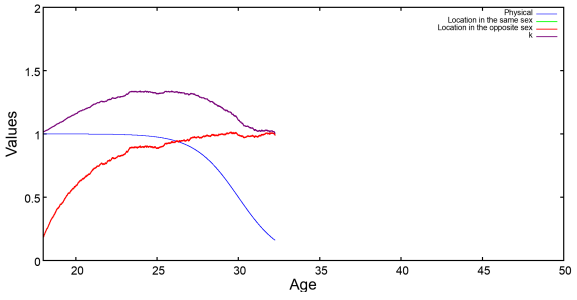


Figure 1: Mental deviation $b = 1.0$, $a = 1$

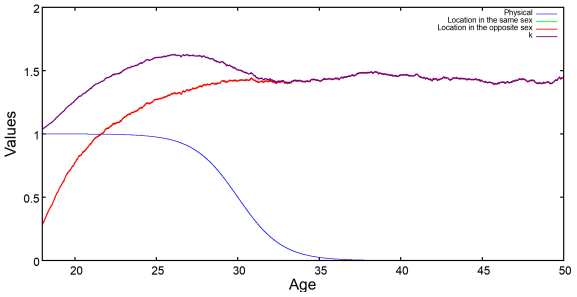


Figure 2: Mental deviation $b = 1.8$, $a = 1$

続いて、年齢分布を、年齢 26 歳（$t = 0.25$）で 0.95、年齢 50 歳（$t = 1$）で 0.95 となるシグモイド関数を用いて、同様の条件で計算した例を、それぞれ Figure 3 と Figure 4 に示す。

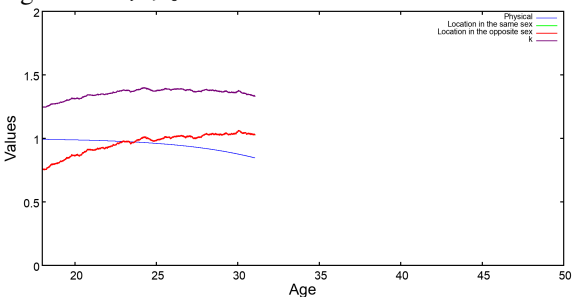


Figure 3: Mental deviation $b = 1.0$, $a = 1$

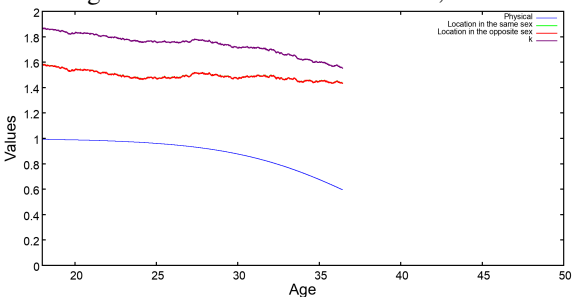


Figure 4: Mental deviation $b = 1.8$, $a = 1$

さらに、年齢分布を前者に設定し、傾倒偏差 b と a の値を変えて、1 条件あたり 1000 試行した平均を Figure 4 に示す。

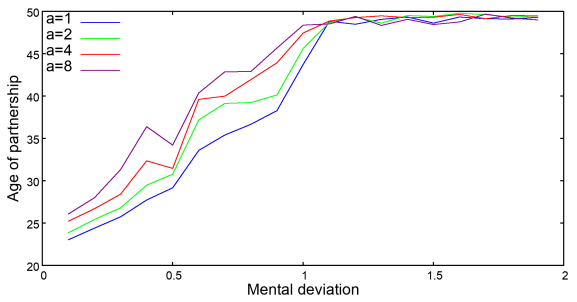


Figure 5: Age of partnership vs. the mental deviation

本シミュレーションの結果は次の示唆を与える。すなわち、早期にパートナーを得るためには、同性同士のコミュニティで能力向上を目指すより、積極的に異性のコミュニティに参画し、できるだけ多くの異性を

パートナーの候補とすることが望ましい。ただしその場合、得られるパートナーの質は低くなりがちである。また a が小さなほうが早くパートナーを得られたという結果からは、一途な性格よりも幅広くパートナーを探すほうが早期にパートナーを得られやすいことを示唆する。これらの結果は直観に合致する。

4. 結論

本提案のシミュレーションではパートナー関係の成立を完全に精神的なものとし、自身や異性の経済的状況は考慮されていない。これは長い人類文化において現在より社会が経済的に困窮していた時代でもパートナー関係が成立していた事実に依拠する。今後の課題として、実統計データとの整合や、コミュニテイ自体の社会の中での位置の考慮、異性側にも「個人」と同様の好悪関数を設定したシミュレーションで精緻化したい。

参考文献

[1] Cyrus Ghaznavi, Haruka Sakamoto, Shuhei Nomura, Anna Kubota, Daisuke Yoneoka, Kenji Shibuya, and Peter Ueda. The herbivore ’s dilemma: Trends in and factors associated with heterosexual relationship status and interest in romantic relationships among young adults in japan—analysis of national surveys, 1987–2015. *Plos one*, Vol. 15, No. 11, p. e0241571, 2020.

[2] Cyrus Ghaznavi, Haruka Sakamoto, Shuhei Nomura, Anna Kubota, Daisuke Yoneoka, Kenji Shibuya, and Peter Ueda. Fish in the sea: Number, characteristics, and partner preferences of unmarried japanese adults-analysis of a national survey. *Plos one*, Vol. 17, No. 2, p. e0262528, 2022.

[3] 国立社会保障・人口問題研究所. 人口問題研究所人口統計資料集 2024 年版.

[4] 坂井博通ほか. 第 7 章 発展途上国における都市化と出生力. 発展途上国の出生率低下: 展望と課題, pp. 179–198, 1992.

[5] 内閣府. 令和 2 年度少子化社会に関する国際意識調査報告書. 内閣府ホームページ,(2023 年 1 月 8 日取得, https://www8. cao. go. jp/shoushi/shoushika/research/r02/kokusai/pdf_index. html), 2021.

[6] 木下太志. Underregistration of births in shumon aratame-cho: A long-standing unresolved issue in japanese historical demography. 国際政治経済学研究 20, pp. 1–16, 2008.

洞察問題解決における洞察獲得と瞳孔反応の関係の解明
The relation between insight acquisition and pupil response in insight problem solving

松井 一樹†，田岡 祐樹†，齊藤 滋規†
Kazuki Matsui, Yuki Taoka, Shigeki Saito
†東京工業大学
Tokyo Institute of Technology
matsui.k.am@m.titech.ac.jp

概要
本研究の目的は，洞察問題解決におけるひらめきや行き詰まりと生体反応の関係を調査することである．実験では，アイトラッカーや腕装着型センサを使用し，18 名の被験者の洞察問題解決における瞳孔径および心拍を計測した．結果，それぞれの思考状態が瞳孔径に違いとして現れ，インパスでは縮瞳し，問題の正答に向かい散瞳する様子が確認できた．これは今後の創造的問題解決に関する手法の発展に貢献する知見となり得る．
キーワード：洞察問題，瞳孔径，心拍，ひらめき

1. はじめに

近年，社会問題は複雑化し，創造性を活用した問題解決のアプローチが重要視されている．創造的問題解決の 1 つである洞察問題解決では，人は深刻な手詰まり状態（インパス）[1]を経験した後，新たな連想や先入観の解消を伴う突然のひらめきを自覚し[2]，「洞察」を得る．外部から直接観測することが難しい洞察の獲得は，瞳孔径や心拍など，認知状態と密接に関連する生体反応[3][4][5]を用いて検知する方法が考えられる．検知に基づき客観的に適切なタイミングで外部刺激や孵化を施すことができれば洞察の獲得を促進できる可能性がある．しかし，洞察問題解決におけるこれらの生体反応とひらめきやインパスとの関係は明らかにされていない．そこで本研究の目的は，洞察問題解決におけるひらめきやインパスと生体反応の関係を解明することとする．

2. 既存研究

2.1. 洞察問題

洞察問題の解決には，過去の経験などから形成される固着の解消と問題表象の転換が必要となる[6]．この問題解決には，通常の問題解決とは異なるいくつかの特徴が存在する．まずは，「インパス(impasse)」と呼ばれる行き詰まりの発生である．問題解決者は，過去の問題解決経験に固着し，解のない問題空間で失敗を繰り返す．また，解を思いついた瞬間，「Aha 体験」と表現される感情的な体験を経験する．さらに，洞察の前と後では，問題解決者の問題に対する捉え方（問題構造の理解， 定式化の方法など）が根本的に変化する．

インパスにおける固着の原因は「制約」と呼ばれ，問題解決者の先入観や問題の知覚的な情報により作り出される．問題を解決する洞察の獲得には，この制約を緩和し，「問題表象」や「探索する問題空間」の転換することが重要となる．創造的問題については，一時的に問題から離れる「孵化」と呼ばれる段階がこの制約の緩和に効果をもつ．洞察問題においても，この孵化が適切に働き制約を緩和することで，解決に必要となる問題表象の転換を促進することが示されている[7].

2.2. 生体反応と洞察

洞察とは，新しい連想や思考の再構築を伴う突然の気づきであり，思考の中断や注意の切り替えを要する．注意状態の調整を支える脳内メカニズムには，青斑核ノルアドレナリン系(LC-NE)が関連している．脳内の神経核である青斑核(LC)は，ノルアドレナリン(NA)と呼ばれるホルモンを脳内に放出し，広範囲の神経系に影響を及ぼす．そのため LC-NE の活動は，自律神経系と密接な関係をもつ生体反応の変化とも関連がある[8]．交感神経系優位では散瞳や心拍数の増加，副交感神経優位では縮瞳や心拍数の低下などの反応が起こる．瞳孔径は，瞳孔括約筋と瞳孔散大筋の２種類の筋肉により大きさが変化し，瞳孔括約筋は副交感神経，瞳孔散大筋は交感神経の神経支配を受ける[9]．これより，ストレスや認知負荷などにより交感神経系が活性化される[10]と瞳孔径は散瞳し，反対に副交感神経系が優位になると縮瞳する．瞳孔径の変化は，不随意運動であり，自律神経系の活性に素早く反応する．このように，瞳孔をはじめとする生体反応が，間接的に LC-NE の活動を示すと考えると，これらの反応は洞察よる問題解決

時のストレスや認知活動を測定するのに適したマーカーとなり得る．洞察と瞳孔径の関係を調査した研究では，問題解決におけるひらめきを自覚する前段階から瞳孔が散大する様子が報告されている[3][4]．これらの研究からも，洞察と瞳孔径の関係が示唆されているが，ひらめきの前に存在するインパスや制約緩和などとの関係は，洞察問題においても明らかにされていない．

そのため，本研究では洞察問題解決における瞳孔径と心拍を計測し，問題表象を転換する洞察の獲得に向けインパスに陥り制約を緩和していく被験者の思考状態の変遷と生体反応の関係を調査することとする．

3. 方法

本研究では，解決にひらめきや思考の転換を必要とする洞察問題を用いて，問題解決中の瞳孔直径および心拍を計測した．洞察問題には，9 点問題を発展させた 16 点を 6 本の直線の一筆書きで通ることを求める 16 点問題を使用した．実験では，解決中の思考状態（行き詰まりやひらめき）を解答中および終了後に自己申告する．本実験は，各被験者 1 人ずつ，眼鏡型アイトラッカー（Pupil Core）を着用した状態で実施する．本実験には，大学生と大学院生および 20 歳以上の社会人の合計 18 名が参加した．この 18 名のうち 12 名は，アイトラッカーに加え腕装着型センサ（ empatica E4）も着用した．

実験参加者は実験課題の説明を受ける前に，アイトラッカーおよびセンサを装着し 1 分間ベースラインとなる瞳孔直径や心拍変動を測定する．その後，制限時間を 30 分間として，16 点問題に取り組む．解答開始後 30 分以内に解決できた場合は，その時点で解答を終了する．課題は，コンピューター上のオンラインホワイトボード Miro を利用して解答する．本実験では，16 点問題における制約緩和の定義を，「16 点で形成される領域外にはみ出して，領域外の架空の点で折り返すように線を引くこと」と定義する(図 1).

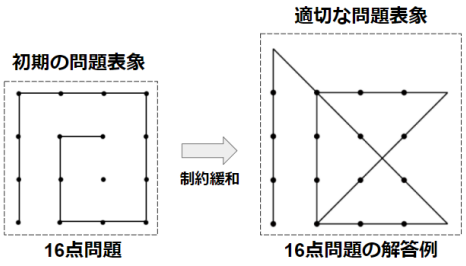


図 1　16 点問題と 16 点問題の解答例

解析対象は瞳孔直径および心拍変動とし，問題解答の可否や思考状態の違いが生体反応の違いとして現れるかを調査するため，それぞれの時系列的な変化や統計的な有意差を分析した．全 18 名の被験者の中から，技術的問題でデータの取得に失敗した 1 名の被験者を分析対象外とした．したがって，本実験は 17 名の被験者(年齢範囲 21-25, 10 人男性)を分析対象とする．

4. 結果

本実験の結果，制限時間内に 16 点問題の正答に至ったのは 6 名，不正解者は 11 名であった．また，17 名のうち 6 名が解答中の行き詰まりを報告し，制約を緩和した被験者は，8 名であった．取得した瞳孔直径は，ローパスフィルタ（カットオフ周波数 1Hz）を適応した後，ベースライン時の瞳孔直径の平均値と分散を用いて，Z 値化の処理を施す．心拍変動は，周波数解析から低周波領域と高周波領域のパワー比（LF/HF）を得た．図 2 に，問題解決中の被験者における瞳孔直径と LF/HF の時系列変化を例示する．

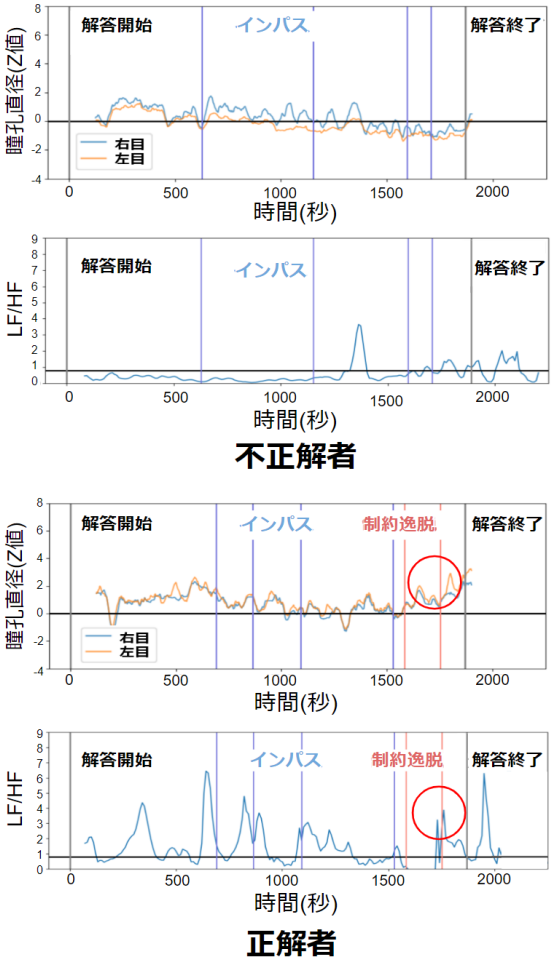


図 2　各被験者の瞳孔直径と LF/HF の時系列変化

瞳孔径の推移は，４秒ごとの移動平均値とした．この被験者を含む問題の正解者は，図 2 中の赤丸のように制約逸脱および正答の前後において，瞳孔が散大していく様子が確認された．LF/HF についても，正答に向かい瞳孔が散大したタイミングの前後において，値が増大している傾向が捉えられた．

図 3 は，解答時間中の瞳孔直径 Z 値および LF/HF の平均値を，不正解者と正解者で分類したものである．両者における瞳孔直径 Z 値の平均値を比較するため，対応のない t 検定を行った．分析では Levene の検定を通じて等分散性を確認した．Levene の検定結果では，等分散性が確認された（F(1, 15) = 0.162, p = 0.693）．その後，独立サンプル t 検定を行った．結果，正解群（M = 2.7183, SD = 1.01255）と不正解群（M = 1.7636, SD = 1.03694）との間に有意な差は認められなかった（t(15) = -1.828, p = 0.087）が，図 3 からは正答者は不正解者に比べて解答時間中に瞳孔直径が広がる傾向を確認した．LF/HF に関しても，同様に有意差は認められなかった．

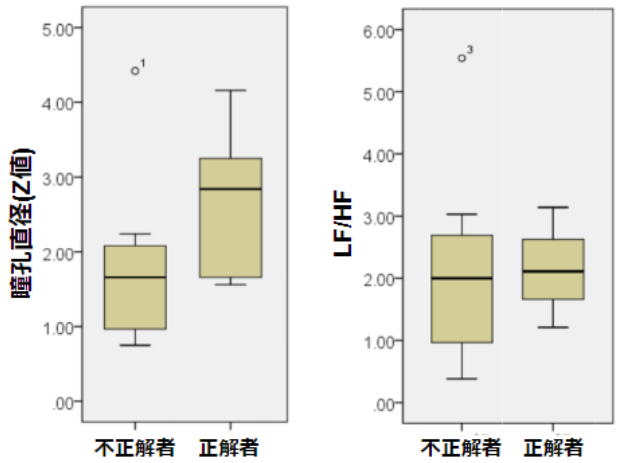


図 3　解答中の瞳孔直径（左），LF/HF（右）の平均値

また，問題解決における思考状態の違いを比較するため，次に示す５つの思考状態の段階を定義し，該当する区間内の瞳孔直径 Z 値および LF/HF の平均値を比較した(図 4，図 5)．区間の長さは，全被験者が 1 試行に要した時間の平均値を参照し 30 秒間とした．

(1) ベースライン：解答開始前に測定したベースラインにおける 30 秒間
(2) 解答開始：解答開始直後 30 秒間
(3) インパス：行き詰まりの報告から前後 30 秒間
(4) 制約緩和：本研究で定義した制約緩和にあたる試行から前後 30 秒間
(5) 正答：正答の試行から前後 30 秒間

瞳孔直径 Z 値については，ベースラインと比較し問題解答中にあたるその他の瞳孔径が大きくなっている．また，解答中はインパスの段階の瞳孔径が最も小さく，正答時に最も大きい状態となる傾向が表れた．本結果に対しても，図 5 と同様に瞳孔直径 Z 値および LF/HF の平均値をそれぞれ比較した．比較には Kruskal-Wallis 検定と事後検定として Dunn 検定を実施した．仮説検定の結果，瞳孔径の分布は思考状態のカテゴリー間で有意な差があることが示された（p = 0.000）．有意差はそれぞれ，ベースラインと他の条件(インパス(p = 0.010)，制約緩和(p = 0.000)，解答開始(p = 0.000)，正答(p = 0.000))，そしてインパス-正答(p = 0.033)の間で確認された．

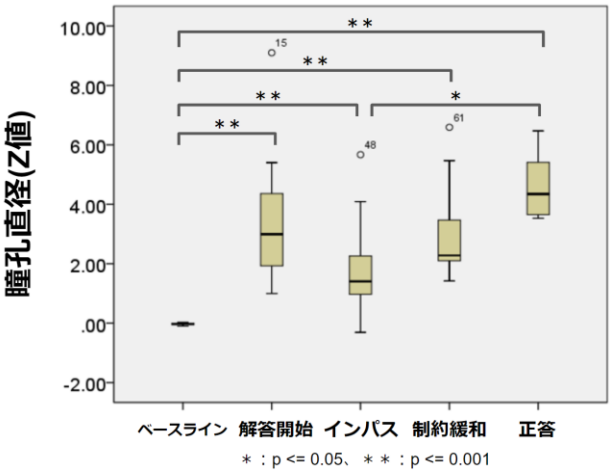


図 4　各思考状態における瞳孔直径の平均値

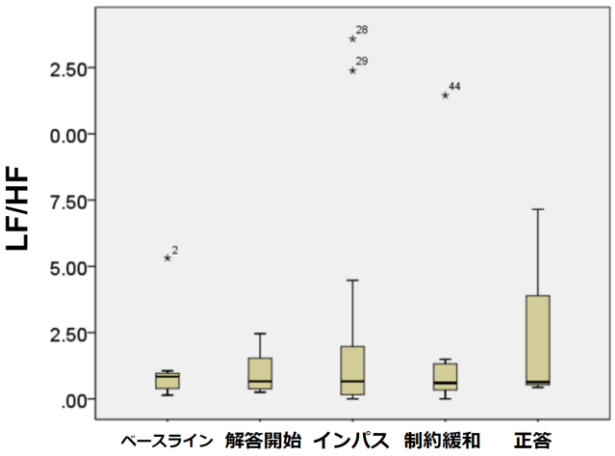


図 5 各思考状態における LF/HF の平均値

5. 考察

本研究では，洞察問題解決における洞察の獲得に向け変化する被験者の思考状態と生体反応（瞳孔径，心拍）の関係を調査した．図 4 および図 5 の瞳孔直径 Z 値が示すように，問題解答中の瞳孔径は，問題解答前のベースラインと比較し大きく，また正解者の方が不正解者と比べて大きい傾向があることを確認した．このことは，高い認知負荷が瞳孔の散大と関連することからも[11], 正解者の方がより高い認知負荷で問題に取り組んでいたことが予想される．解決能力以上の高難度な問題の解決や注意力の低下により瞳孔径が収縮するという研究があることから[11][12]，インパスの段階に瞳孔が縮小しているのは，被験者が制約に固着し失敗を繰り返す中で，問題の難易度を高く感じ集中力が低下していることが原因と予想される．反対に，制約緩和を経て正答に向かう過程では，瞳孔が散大していった．LC-NE の活動が活性化すると，注意の範囲が広がり認知の柔軟性が高まるため，思考が中断されやすくなる[2]．そして，関連性の弱い連想を発見しやすくなるため，問題定式化の再構築や表象の転換に辿り着くことが知られている [13]．今回の瞳孔散大は，これら一連の思考過程と深く関係していることが推測される．

6. 緒言

今回の研究では，問題解決に要する認知負荷や洞察獲得に至る思考状態の違いが，瞳孔径や心拍の違いとして表出する様子が示唆された．ただ，インパスや制約緩和，正答の段階における生体反応の違いに有意差は見られなかった．

しかし，同じ思考状態の段階であっても正解者と不正解者の間で生体反応が異なっている可能性が考えられる．そのため，今後は両者の思考状態およびその変化の違いを理解するためにも，各段階において正解者と不正解者を区別し生体反応を比較する必要がある．

また，心拍に関する情報からは思考状態の違いを明確な反応の違いとして確認することができなかった．ただし，瞳孔径の変化は認知活動だけでなく光や心情など多くの要因から影響を受けることからも，複数の生体反応を掛け合わせて分析することが考えられる．洞察獲得に至る LC-NE の活性が思考状態を変化させ，生体反応がその変化を指標化するマーカーとなることを示すためには，瞳孔径だけでなく心拍など他の生体反応との関連も含め，より詳細に各思考状態の違いを比較していく必要がある．

7. 謝辞

本実験は東京工業大学人を対象とする研究倫理審査委員会の承認のもと実施した（2024107）

8. 文献

[1] 三輪和久, 松下正法, (2000)”発見における心的制約の緩和過程”, 認知科学, Vol.7, No.2, pp.152–63.
[2] Tulver, K., Kaup, K. K., Laukkonen, R., & Aru, J. (2023). Restructuring insight: An integrative review of insight in problem-solving, meditation, psychotherapy, delusions and psychedelics. Consciousness and cognition, 110, 103494.
[3] Salvi, C., C. Simoncini, J. Grafman, and M. Beeman. (2020). “Oculometric Signature of Switch into Awareness? Pupil Size Predicts Sudden Insight Whereas Microsaccades Predict Problem-Solving via Analysis.” NeuroImage 217: 116933.
[4] Suzuki, Yuta, Tetsuto Minami, and Shigeki Nakauchi. (2018). “Association between Pupil Dilation and Implicit Processing Prior to Object Recognition via Insight.” Scientific Reports, 8, 1. https://doi.org/10.1038/s41598-018-25207-z.
[5] 國政秀太郎, 瀬尾恭一, 下田宏, & 石井裕剛. (2015). “パフォーマンス-認知負荷モデルを用いた精神負荷作業中の認知・作業状態推定手法”. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 17(4), 395-410.
[6] Gilhooly, K. J., Georgiou, G. J., Sirota, M., & Paphiti-Galeano, A. (2014). Incubation and sup-pression processes in creative problem solving. Thinking and Reasoning, 21, 130-146.
[7] 三輪和久. (2009). "飛躍を伴う発見における潜在的意識の関与: 洞察問題解決研究からの知見". 計測と制御 = Journal of the Society of Instrument and Control Engineers. Vol.48, No.1, pp.33‐8.
[8] Yamashita, J., Terashima, H., Yoneya, M., Maruya, K., Koya, H., Oishi, H., ... & Kumada, T. (2021). Pupillary fluctuation amplitude before target presentation reflects short-term vigilance level in Psychomotor Vigilance Tasks. Plos one, 16(9), e0256953.
[9] 内田夏綺, 加藤綾子, 上條弘幹, 山﨑一德, 住倉博仁, 荒船龍彦, ... & 矢口俊之. (2020). 自律神経機能推定に向けたアルビノ系ラットにおける瞳孔径計測法の提案と拘束負荷中の瞳孔径変動解析. ライフサポート, 32(3), 83-89.
[10] Chen, Fang, Jianlong Zhou, and Kun Yu. (2017) "Multimodal and data-driven cognitive load measurement." Cognitive load measurement and application. Routledge. 147-163.
[11] Van den Brink RL, Murphy PR, Nieuwenhuis S (2016) Pupil Diameter Tracks Lapses of Attention. PLOS ONE 11(10): e0165274.
[12] Poock, G. K. (1973). "Information Processing vs Pupil Diameter". Perceptual and Motor Skills, 37(3), 1000-1002.
[13] Parimoo, S. (2016). Creative thinking & insight tests measure the same processes: Is creative thinking simply insight? Inkblot, vol.5, pp.20-25.

意図を読む大規模言語モデルの言語による比較
Comparative Analysis of Large Language Models in Interpreting Intent

墨 泰我 †，飯田 愛結 †，長原 令旺 †，保阪 靖人 †，森山 園子 †，大澤 正彦 †
Taiga Sumi, Ayu Iida, Reo Nagahara, Yasuhito Hosaka, Sonoko Moriyama, Masahiko Osawa
† 日本大学
Nihon University
chta22016@nihon-u.ac.jp

概要

著者らは意図を読むことができる大規模言語モデルを実現するために，大規模言語モデルと認知アーキテクチャを統合することを提案し，その有効性を示している．しかし，この研究では，プロンプトが日本語で書かれていたことが大きな影響を与えた可能性がある．本研究では，提案手法において日本語とドイツ語でプロンプトを作成し，結果を比較することで，使用する言語が意図理解に及ぼす影響を調査した．結果，特定の条件において，言語ごとに意図理解の程度に差が見られた．

キーワード：大規模言語モデル（Large Language Model: LLM），認知アーキテクチャ（Cognitive Architecture），他者モデル（Mental Model of Others），意図推定（Intent Estimation），言外の意味（Implicature）

1. はじめに

大規模言語モデルとは，数十億から数兆ものパラメータを持つ深層学習モデルの一種で，膨大なテキストデータを用いて学習を行っている．本研究の目的は，大規模言語モデルを用いて，より人間らしい対話を行うエージェントを実現するために必要な知見を得ることである．

大規模言語モデルは，様々なタスクで高い性能を発揮する一方で，意図を読む必要があるコミュニケーションタスクでは性能が低いことが示されている (Mahowald, Ivanova, Blank, Kanwisher, Tenenbaum, & Fedorenko, 2023; Hu, Floyd, Jouravlev, Fedorenko, & Gibson, 2023)．この問題を解決するために，著者らは大規模言語モデルと認知アーキテクチャを統合する方法を提案している (飯田他, 2024)．実験では，認知アーキテクチャを統合することで，意図を読む必要があるコミュニケーションタスクの性能が向上することを示唆した．

しかし，この研究ではプロンプトが全て日本語で書かれている点に注意する必要がある．大規模言語モデルは，入力する言語によって出力の傾向が左右され，特に学習データが乏しい言語では，言語の理解や生成が困難となることが示されている (Bang, Cahyawijaya, Lee, Dai, Su, Wilie, Lovenia, Ji, Yu, Chung, Do, Xu, & Fung, 2023; Liu, Zhang, Zhao, Luu, & Bing, 2024)．また，各国のコミュニケーション文化には，対話の文脈を考慮する度合いに差がある．文脈をより考慮するコミュニケーション文化は間接的で曖昧な発話をし，文脈をあまり考慮しないコミュニケーション文化は直接的で正確な発話をするという特徴がある (Würtz, 2005; Gudykunst, Matsumoto, Ting-Toomey, Nishida, Kim, & Heyman, 1996)．このことから，著者らの実験において，大規模言語モデルに与えるプロンプトを日本語以外の言語で作成することで，異なる傾向が現れる可能性がある．

本研究では，意図を読む必要があるコミュニケーションタスクにおいて，日本語とドイツ語の 2 つの言語でプロンプトを作成し，出力を言語間で比較することで，意図理解の程度に影響を及ぼすかを検証する．実験では，飯田他 (2024) で用いた日本語のプロンプトをドイツ語に翻訳し，発話者の言外の意味を踏まえた応答ができるかを調査した．

2. 大規模言語モデルと認知アーキテクチャの統合

大規模言語モデルは，意図を読む必要のあるタスクにおいて，十分な性能を発揮できていないことが報告されている (Mahowald et al., 2023; Hu et al., 2023)．著者らは，この課題を解決するために，大規模言語モデルと認知アーキテクチャを統合する手法を提案し，この有効性を検証している (飯田他, 2024)．この研究では，BDI (Belief-Desire-Intention) モデル (Rao & Georgeff, 1997) で用いられている BDI の考え方をベースとした発話意図に基づく自己/他者モデル付き発話生成アーキテクチャを設計している．このアー

表 1　各言語の皮肉シチュエーションにおける初期値および入力

日本語	
他者の信念	対話相手は客である/すでに 2 時間経っている
他者の願望	早く帰ってほしい
他者の発話	「あんた、ずいぶんいい時計してはりますね〜」
自己の信念	2 時間ほどお邪魔している
自己の願望	相手に悪く思われたくない
ドイツ語	
Glaube des Anderen	Der Gesprächspartner ist ein Kunde. / Es sind bereits 2 Stunden vergangen.
Wünsche des Anderen	Ich möchte, dass er/sie bald weggeht.
Äußerungen des Anderen	'Du hast ja eine ziemlich schöne Uhr da.'
Eigener Glaube	Ich bin seit etwa 2 Stunden zu Gast.
Eigene Wünsche	Ich möchte nicht, dass der Gesprächspartner schlecht von mir denkt.

キテクチャは，「自己」および「（自己が思う）他者」それぞれの「信念 (Belief)」，「願望 (Desire)」，「意図 (Intention)」の 6 つの内部表現と，「（他者の）意図推定」，「（自己の）意図生成」，「（自己の）発話生成」の 3 つのモジュールで構成されている．

飯田他 (2024) では，大規模言語モデルと認知アーキテクチャを統合する 2 種類の方法を提案している．1 つ目の方法は，認知アーキテクチャをプログラムとして実装し，内部のモジュールをそれぞれ大規模言語モデルで実装する方法で，「LLM Embedded in Cognitive Architecture (LEC)」と名付けられている．2 つ目は，認知アーキテクチャとそれを構成するモジュールや振る舞いを詳細に説明するプロンプトを作成し，大規模言語モデルへ入力する方法で，「Cognitive Architecture Embedded in LLM (CEL)」と名付けられている．

実験では，3 つのシチュエーションに対して，手法を変えた 4 つの条件をそれぞれ 10 回ずつ，計 120 回行った．3 つのシチュエーションは，言外の意味を持つ典型的な例として，皮肉・ツンデレ・社会的制約と名付け，自己および他者の信念・願望と他者の発話を設定することで作成した．皮肉とは，「あんたいい時計してはりますね」という京言葉を用いて，客に早く帰らせようとするシチュエーションである．ツンデレとは，「そっち優先したら」という発話を行うが，本当は自分を優先して欲しいと思っているシチュエーションである．社会的制約とは，「無理しないで」という発話を上司が部下に対して行うが，本当は無理してでも働いて欲しいと思っているシチュエーションである．4 つの条件とは，提案手法である LEC 条件と CEL 条件，単純な大規模言語モデルに近い振る舞いをする LLM 条件，提案手法と同じ信念・願望のみを与えられる LLM with BD (LWB) 条件である．

結果として，LLM 条件では，どのシチュエーションにおいても言外の意味を踏まえた発話はなく，成功率はいずれも 0% であった．これは，大規模言語モデルが設定した他者の発話の字義的な意味から，言外の意味を予測できないことを示している．信念・願望の情報を与えた LWB 条件では，ツンデレと社会的制約のシチュエーションでそれぞれ 100% と 90% という成功率が得られた．これらのシチュエーションは，アーキテクチャがなくても高い成功率となったため，アーキテクチャの有効性を検証するには適さなかった．皮肉のシチュエーションでは 30% と低い成功率となったため，皮肉のシチュエーションにおいて LEC 条件と CEL 条件で比較したところ，LEC 条件で発話生成は 100% となり，アーキテクチャを組み合わせる有効性が示された．一方，CEL 条件では成功率は 40% に止まった．

3. 実験

本実験の目的は，プロンプトに用いる言語を変更することが意図理解の程度に影響を及ぼすのかを検証することである．実験では，発話と発話意図に乖離のある対話を用いて，日本語とドイツ語の 2 つの言語でプロンプトを作成し，その出力を比較する．実験には，GPT-4 を用いる．

3.1 比較言語

比較する言語として日本語とドイツ語の 2 つの言語を設定した．この 2 言語を設定した理由は，日本とドイツのコミュニケーション文化は対照的な特徴を有しているからである．日本は言外の意味を察し合うコミュニケーションをする傾向がある一方で，ドイツではそのようなコミュニケーションをあまり行わず直接

表 2　実験結果 日本語

	皮肉			ツンデレ			社会的制約		
	意図推定	意図生成	発話生成	意図推定	意図生成	発話生成	意図推定	意図生成	発話生成
LLM	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%
LWB	-	-	0%	-	-	60%	-	-	100%
LEC	90%	100%	100%	90%	70%	70%	100%	80%	80%
CEL	60%	60%	60%	40%	50%	50%	20%	70%	60%

表 3　実験結果 ドイツ語

	皮肉			ツンデレ			社会的制約		
	意図推定	意図生成	発話生成	意図推定	意図生成	発話生成	意図推定	意図生成	発話生成
LLM	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%
LWB	-	-	0%	-	-	10%	-	-	10%
LEC	100%	100%	100%	10%	10%	20%	100%	100%	90%
CEL	100%	100%	80%	50%	30%	0%	60%	70%	70%

的な表現を好む傾向がある (山科, 2018)．そのため，この 2 つの言語でプロンプトを作成して出力を比較することで，意図理解の程度が変わる可能性がある．一方で，最も多くのデータが学習に用いられる英語を比較言語に用いなかった理由は，英語はさまざまな国で使用されており，言語と文化の関係性を議論することが難しいためである．2 つの言語で作成したプロンプトの初期値および入力の例を表 1 に示す．日本語のプロンプトは飯田他 (2024) で用いたものを利用し，ドイツ語のプロンプトは日本語のプロンプトを翻訳することで作成した．ドイツ語への翻訳は，ドイツ語を専門とする第 4 著者の監訳のもと行った．なお，発話と発話意図に乖離のあるシチュエーションは，飯田他 (2024) と同様のものを使用した．

3.2　実験手順

実験では，2 章で述べた飯田他 (2024) と同様の 4 つの条件（LLM 条件，LWB 条件，LEC 条件，CEL 条件）を設定し，各条件に対して 3 つのシチュエーション（皮肉，ツンデレ，社会的制約）の対話をそれぞれ 10 回ずつ行った．LLM 条件および LWB 条件については発話生成の出力結果を，LEC 条件および CEL 条件については意図推定・意図生成・発話生成の出力結果を，それぞれ成功/失敗と評価した．成功の基準は，他者の発話内容に基づいて言外の意味を読み取った語句やフレーズが含まれていることである．また，失敗の基準は，字義通りの意味に基づいた語句やフレーズのみであることである．評価は第 1 著者と第 2 著者の合議によって素案を作成し，共著者に照会した．

3.3　実験結果

各シチュエーションにおける各条件下での成功率を，言語ごとに表 2–3 にそれぞれ示す．

日本語の結果（表 2）は，飯田他 (2024) と概ね同様の傾向が見られる結果となった．LLM 条件では，全てのシチュエーションで言外の意図を踏まえた発話はなく，成功率は 0% であった．LWB 条件では，自己および他者の信念・願望の情報を与えたことで成功率が上昇し，ツンデレと社会的制約のシチュエーションでそれぞれ 60% と 100% となった．一方で，皮肉のシチュエーションでは 0% であった．LEC 条件では，全てのシチュエーションの全てのモジュールで，成功率は 70% 以上となった．CEL 条件では，LEC 条件と比べると全ての条件の全てのモジュールで低い結果となった．

一方，ドイツ語（表 3）では，皮肉と社会的制約のシチュエーションにおける LWB 条件以外の条件では概ね日本語と同様の結果となった．LLM 条件では，日本語と同様に全てのシチュエーションで成功率は 0% であった．LWB 条件では，全てのシチュエーションにおいて成功率は 10% 以下となり，日本語と比較して大きく下回る結果となった．LEC 条件では，皮肉と社会的制約のシチュエーションにおいて，全てのモジュールで成功率が 90% 以上となった．一方で，ツンデレのシチュエーションでは，10%/10%/20% という成功率となり，他のシチュエーションと比べて低い結果となった．CEL 条件では，皮肉のシチュエーションにおいて，全てのモジュールで成功率は 80% 以上となった．また，社会的制約のシチュエーションにおいても，60%/70%/70% となり，LWB 条件の成功率と比べると高い傾向が見られた．ツンデレのシチュエーションでは，意図推定と意図生成ではそれぞれ 50% と 30% となったが，発話生成では成功率は 0% であった．

4. 考察

4.1 ツンデレシチュエーションにおける言語間の比較

ツンデレシチュエーションにおいて日本語とドイツ語で結果を比較すると，ほぼ全ての条件でドイツ語の方が低い結果が得られた．このことから，ツンデレというシチュエーションが，ドイツ語では特に理解することが難しかった可能性がある．ツンデレとは，対話相手に対して内心では肯定的な印象を抱いているにもかかわらず，否定的な発話をしてしまうシチュエーションである．ツンデレという概念は日本の漫画やアニメから生まれたものであり，日本特有の文化としての側面が強いと考えられる．そのため，大規模言語モデルの学習データにおいて，ドイツ語の学習データと比べて，日本語の学習データにツンデレと似たようなシチュエーションの対話が多く含まれていた可能性がある．ツンデレというシチュエーションが日本語でのみ良い結果を示すのかは，ドイツ語以外の言語についても調査する必要があるだろう．

4.2 CEL 条件における言語間の比較

CEL 条件において，皮肉と社会的制約のシチュエーションで，ドイツ語が日本語より成功率が高いケースがいくつかあった．大規模言語モデルは，プロンプトに含まれるトークン数が多いほど，性能が低下する傾向がある (Levy, Jacoby, & Goldberg, 2024)．今回実験に用いたアーキテクチャを説明しているプロンプトのトークン数を調べたところ，日本語の場合 808 トークンであったのに対し，同じ内容出会ってもドイツ語では 768 トークンと少なかった．このトークン数の差が，日本語とドイツ語の CEL 条件における性能に影響していると考えられる．CEL の手法では，プロンプトにおけるアーキテクチャなどの説明部分をトークン数が少ない言語で作成し，初期値および入出力を任意の言語で作成することで，どのような言語でも高い成功率を示すかもしれない．

5. おわりに

本研究では，大規模言語モデルの意図を読む必要があるコミュニケーションタスクにおいて，プロンプトに用いる言語が意図理解の程度に及ぼす影響を調査した．実験では，意図を読む必要があるシチュエーションにおいて，日本語とドイツ語でプロンプトを作成し，その結果を比較した．今回の実験の範囲では，日本特有のシチュエーションにおいて，ドイツ語では言外の意味を踏まえた発話ができない可能性が示唆された．また，CEL の手法では，トークン数の少ない言語でプロンプトを作成することで，成功率が上昇するかもしれない．今後は，タスクごとに言語別の優位性をより詳細に調査する．

文 献

Bang, Y., Cahyawijaya, S., Lee, N., Dai, W., Su, D., Wilie, B., Lovenia, H., Ji, Z., Yu, T., Chung, W., Do, Q. V., Xu, Y., & Fung, P. (2023). A Multitask, Multilingual, Multimodal Evaluation of ChatGPT on Reasoning, Hallucination, and Interactivity. *Proceedings of the ACL*, pp. 675–718.

Gudykunst, W. B., Matsumoto, Y., Ting-Toomey, S., Nishida, T., Kim, K., & Heyman, S. (1996). The influence of cultural individualism-collectivism, self-construals, and individual values on communication styles across cultures. *Human Communication Research*, 510–543.

Hu, J., Floyd, S., Jouravlev, O., Fedorenko, E., & Gibson, E. (2023). A fine-grained comparison of pragmatic language understanding in humans and language models. *Proceedings of the ACL*, pp. 4194–4213.

飯田 愛結・阿部 将樹・奥岡 耕平・福田 聡子・大森 隆司・中島 亮一・大澤 正彦 (2024). 意図を読む AI の実現に向けて: 対話型生成 AI と他者モデルの統合を例に *Proceedings of the HAIS*.

Levy, M., Jacoby, A., & Goldberg, Y. (2024). Same Task, More Tokens: the Impact of Input Length on the Reasoning Performance of Large Language Models. *arXiv*.

Liu, C., Zhang, W., Zhao, Y., Luu, A. T., & Bing, L. (2024). Is Translation All You Need? A Study on Solving Multilingual Tasks with Large Language Models. *arXiv*.

Mahowald, K., Ivanova, A. A., Blank, I. A., Kanwisher, N., Tenenbaum, J. B., & Fedorenko, E. (2023). Dissociating language and thought in large language models: a cognitive perspective..

Rao, A. S., & Georgeff, M. P. (1997). Modeling rational agents within a BDI-architecture. *Readings in agents*, pp. 317–328.

Würtz, E. (2005). Intercultural Communication on Web sites: A Cross-Cultural Analysis of Web sites from High-Context Cultures and Low-Context Cultures. *Journal of Computer-Mediated Communication*, *11* (1), 274–299.

山科 美智子 (2018). コミュニケーションにおける文化的相違 -日本人の異文化認識と Erin Meyer による The Culture Map との比較- 埼玉女子短期大学研究紀要, *37*, 79–99.

先進運転支援システムにおける アラームタイミングの最適化に関する研究
A Study of the Optimization of Alarm Timing in Advanced Driver Assistance Systems

楊 文通 †, 松林 翔太 †, 三輪 和久 †, 來山 真也 ‡, 大塚 まなぶ ‡, 浜田 康司 ‡
Wentong Yang, Shota Matsubayashi, Kazuhisa Miwa, Shinya Kitayama, Manabu Otsuka and Koji Hamada

† 名古屋大学, ‡ 株式会社デンソー
Nagoya University, DENSO CORPORATION
yang.wentong.e4@s.mail.nagoya-u.ac.jp

概要

近年、先進運転支援システム (ADAS) の普及が加速しており、ドライバーへの情報提供が著しく進化している。ADAS は多くのセンサーを用いて運転環境を監視し、適切なタイミングでアラームを行うことが求められている。本研究では、交通弱者に対して発されたアラームの様々なタイミングの有効さを調査した。結果として、交通弱者が検出されにくいタイミングほど、その有効さはより高く評価された。この知見は ADAS のアラームシステムの最適化に貢献するものと期待される。

キーワード：交通安全 (Traffic safety), 先進的運転支援システム (Advanced Driver Assistance System), 交通弱者 (Vulnerable Road Users)

1. はじめに

近年、先進運転支援システム (ADAS) の普及が急速に進展している。ADAS は複数のセンサーを活用し、ドライバーに運転に関する情報を提供するものである。しかし、アラームの発報タイミングが不適切な場合、ドライバーの情報受容に障害が生じることが確認されている。例えば、Lee et al. (2002) の研究では、早期のアラームがドライバーにとって不快であると指摘されているため、アラームは適切なタイミングに行うことが必要とされる。

また、交通弱者 (VRU) に関する問題にも注目が集まっている。VRU は歩行者や自転車利用者など、自動車以外の道路利用者を指す。Tay (2015) の研究によると、交差点での交通流が複雑で、VRU の安全リスクが高まる。このリスクの増大は、交差点でドライバーは VRU を正確に検出することが困難、つまり VRU の検出力が低いことに起因していると思われる。それについて、Yang et al. (2024) は交差点における VRU を 10 種類に分類し、それぞれの検出力が衝突リスクの高まりによってどう変化するかを調査した。衝突リスクに関しては、ドライバーが VRU との最接近点に到着するまでの猶予時間 t と到着時の両者間距離 (DCPA) に着目した。t が短いほど、衝突を避ける猶予時間が少なく、衝突リスクは高くなる。または DCPA が近いほど、最接近点で自車と VRU の間の距離より近く、衝突リスクは高くなる。ADAS は、VRU の検出力が低いタイミングでアラームを発報することが適切で、事故の予防に有効だと考えられる。

以上の研究を踏まえ、本研究の目的は、アラームが発された、VRU の様々な検出力のタイミングの有効さに対して、ドライバーがどう評価するかを確認することである。

2. 実験

2.1 参加者

Crowdworks を用いて、314 名 (男性 184 名、女性 130 名、平均年齢 42.35 歳、 $SD = 9.09$) の参加者を募集し、実験を実施した。参加者に謝金を支払った。

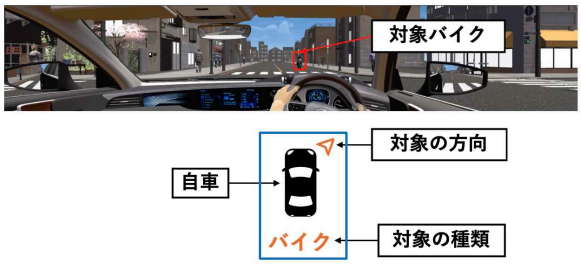
2.2 実験刺激

本実験では、交差点における車両の右左折の現実的な運転場面をシミュレーションする動画を Unity で制作した。動画中に、VRU の位置を提示するアラームが表示された。動画の長さは 20 秒であった。

2.2.1 アラームの構成

実験動画に表示されるアラームは、黒い車マーク、オレンジ矢印、オレンジ文字の 3 つの部分によって構成されていた (図 1)。黒い車マークはドライバーが運転している車を意味する。このマークは常に表示された。オレンジ矢印とオレンジ文字は動画中に、2 秒間表示された。二者の表示されたタイミングと消えるタイミングは同じだった。オレンジ矢印は、1 秒 2 回の頻度で点滅するように設定した。

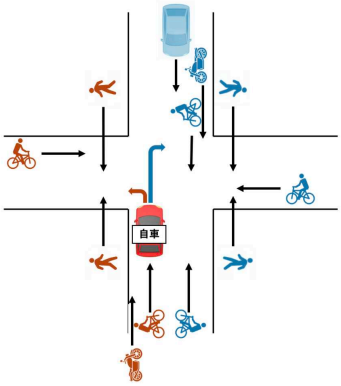
図 1　実験課題のスクリーンショット



2.2.2　アラーム対象

本実験では、Yang et al. (2024) が扱った 10 種類の VRU に、右折時の自車と同方向に移動する自転車と右折時の自車の対面方向から移動してくる自動車を追加した。全部で 12 条件の対象を取り入れた (図 2)。

図 2　本実験のアラーム対象を示す。青とオレンジ色はそれぞれ右折、左折時のアラーム対象である。



2.2.3　アラームの表示時間

アラームの表示時間は、 t によって 4 条件とした。t = 11s ～ 9s、 t = 8s ～ 6s、 t = 5s ～ 3s、 t = 2s ～ 0s であった。例えば、t = 5s ～ 3s の場合は、最接近点に到着するまであと 5s の時にアラームが表示され、あと 3s の時にアラームが消えた。

2.2.4　DCPA

DCPA は 1m、5m の 2 条件とした。自車がアラーム対象との最接近点に到着した時、アラーム対象との距離が 1m 、 5m であった。

2.3　手続き

本実験は Web ブラウザ上で実施した。本課題の開始前に、参加者は課題内容についての教示を受けた。その後、実験課題に移動した。実験刺激の提示順序は、ランダマイズされた。1 試行は動画視聴フェーズと、評価フェーズに分かれた。動画視聴フェーズでは、参加者は 20 秒の運転動画を視聴した。動画が停止した後、評価フェーズに移動した。評価フェーズでは、参加者は「アラームが出されたタイミングはどれほど有効でしたか？」という質問に対して、「全然有効ではなかった」から「とても有効であった」まで 4 段階で回答した。本課題が完了した後、参加者の性別、年齢について尋ねた。

3.　結果と考察

最接近点までの猶予時間 t を横軸、アラームタイミングに対しての有効さ評価を縦軸とする作図した。なお、DCPA は、 凡例として示されている。図 3、図 4 は代表的な例の結果を示す。

Yang et al. (2024) が整理した各 VRU の検出力を参照し、検出力が低いタイミングほど、ドライバーはより有効さを高く評価したという結果が多くみられた。Lee et al. (2002) が指摘したように、アラームタイミングが早すぎるとドライバーは不快を感じ、その有効さをより低く評価することも見られたと考えられる。一方、自車と同方向移動する自転車に対しては、検出力が高いタイミングの有効さも高く評価された。

図 3　アラームタイミングの有効さ評価と t の関係を示す 。エラーバーは標準誤差である。

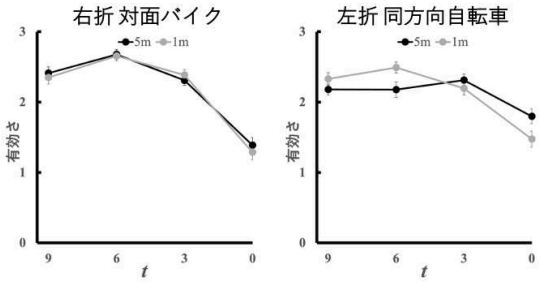
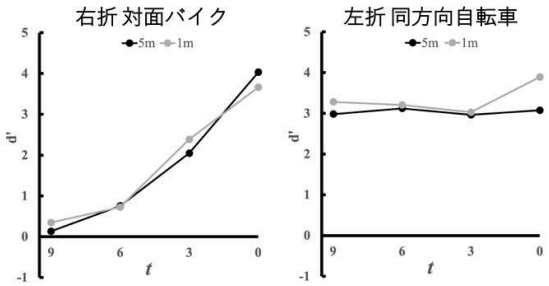


図 4　アラーム対象の検出力と t の関係を示す (Yang et al., 2024)。



References

Lee, J. D., McGehee, D. V., Brown, T. L., & Reyes, M. L. (2002). Collision warning timing, driver distraction, and driver response to imminent rear-end collisions in a high-fidelity driving simulator. *Human Factors*, *44*(2), 314–334.

Tay, R. (2015). A random parameters probit model of urban and rural intersection crashes. *Accident Analysis & Prevention*, *84*, 38–40.

Yang, W., Matsubayashi, S., Miwa, K., Kitayama, S., Otsuka, M. & Hamada, K. (2024). Assessment of the Detectability of Vulnerable Road Users: An Empirical Study. *In Proceedings of the 19th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications* , 508–515.

現代作曲家の「独学」過程の解明 —作曲家 A 氏のライフストーリーに着目して—

Exploring the 'self-taught' process of becoming a composer -Focusing on the life story of composer A

眞崎　光司
Kouji Masaki

明治大学
Meiji University
kmasaki@meiji.ac.jp

概要

本研究は，「独学」で現代音楽の作曲家となった A 氏のライフストーリーを分析することで，作曲学習における「独学」の可能性を探索し，長期間にわたって複数の実践・活動への参加と離脱を繰り返すインフォーマル学習としての「独学」の特徴を解明した．結果，A 氏の「独学」過程は，作曲の学習とは関係の希薄な既存の物理的環境や既存の実践を次々に利活用・改変することで実現しており，学習環境のブリコラージュとして特徴づけられることが明らかになった．

キーワード：インフォーマル学習，音楽，作曲，独学

1. 問題の所在

本研究は，教育機関での正規の音楽教育を受けずに「独学」で現代音楽の作曲家となった A 氏のライフストーリーに着目し，職業作曲家が自身の「独学」の過程をどのように意味づけているのかを明らかにすることによって，作曲学習における「独学」の可能性を探索すると同時に，インフォーマル学習としての「独学」の特徴を解明することを目指す．

本研究における現代音楽は，沼野（2021）が示すようにクラシック音楽の系譜に連なるもので，20 世紀初頭に無調音楽の出現から始まったとされる，未知の音楽の創造を目指して行われている音楽活動を指している．現代音楽の活動は長い年月の間に多様化しており，本研究で対象とする作曲活動に限っても活動内容や方法が多岐にわたっているが，本研究で対象とする作曲家 A 氏は，主に楽譜を書くことで作曲をする現代音楽作曲家である．したがって本研究で言及する現代音楽の作曲とは，クラシック音楽の記譜法とそこから発展した記譜法を用いて行われる作曲を指す．このような現代音楽の職業的作曲家は，記譜法をはじめとした音楽の知識・技術が必要になることから，音楽・芸術大学などで専門的教育や訓練を受けた経験をもっている場合が非常に多い．

一方本研究における作曲の「独学」は，次の二つの条件を満たす学習方法を指す．１つめは，音楽・芸術大学をはじめとした教育機関における専門課程としての音楽教育や，私的な音楽教室での教育など，音楽を専門に教育する場で音楽教育を一切受けていないことである．２つめは，作曲において一般的な学習方法である特定の職業的作曲家に師事する形での師匠からの教育を受けていないことである．つまり，作曲技法や現代音楽の基礎となるクラシック音楽の専門的知識をいかなる他者からも教わることなく学ぶことを本研究では作曲の「独学」と呼ぶ．

以上をふまえると，現代音楽の作曲の「独学」は教育機関による支援がないことで大きな困難が生じることが想定されるが，A 氏は「独学」によって作曲家となっている．そこで本研究では A 氏の「独学」の特徴を解明することで，作曲における「独学」の可能性を探索することを目指す．また作曲家になるまでの A 氏の長期間の「独学」過程は，あらかじめ設計されていない学習である点でインフォーマル学習（山内, 2016）に分類される．本研究では従来のインフォーマル学習の研究が職場など特定の集団・コミュニティへの参加による学習者の変化に注目してきた点を考慮し，長期間の「独学」の過程で A 氏が参加した集団とどのようにかかわるのかを確認することでインフォーマル学習としての特徴も合わせて検討する．

2. 研究方法

研究方法としては，ライフストーリー・インタビューの方法（桜井・小林, 2005）を用いて A 氏の幼少期から職業的作曲家になるまでの語りを対象に分析を行う．ライフストーリーを用いるのは，「独学」の過程は A 氏の人生全体に及んでいることから A 氏の人生や生き方と深くかかわっていると推測されたことから，音楽とのかかわりを中心にこれまでの半生を語ってもらうことで「独学」の過程が明らかにできると考えたから

である．インタビューは2022年及び2023年に1回ずつ，計2回行っており，1回あたり110〜120分程度である．調査対象者には，インタビューにあたり研究目的及び内容の説明を行い，事前に書面で許諾を得ている．なお本研究中の語りの内容は，個人が特定されないよう匿名化を行った上で提示するが，単一事例の研究であり，かつ稀有な個人史を有する対象者であることからA氏の個人史に一定程度詳しい人物や現代音楽に精通する人物がデータを確認した場合，個人を推測されてしまう可能性がある．この可能性についてはA氏に十分に説明を行った上で本人から了承を取ることで調査対象者のプライバシーに最大限の配慮を行った．

また筆者の現代音楽に関する専門的知識が不足していることを考慮し，現代音楽の専門用語や背景知識の誤解を避けるため調査対象者の同意を得て，現代音楽とインタビューの研究方法の双方に知識を有する研究協力者にインタビューへの同席と分析結果の確認を依頼している．

分析は，ライフストーリー研究の方法について言及している桜井・小林(2005)を参考に次の手順で行った．①全文文字起こしを行った上ですべての語りをストーリーに文節化し，各ストーリーの内容を表現したラベルを付与した．②A氏が語る活動内容や環境の変化に合わせて7つの時期区分を設け時系列に整理した．③各ラベルの内容を分類し，3つのカテゴリーに分類した．④A氏の語る各時期の「独学」の特徴，すべての時期を通しての「独学」の特徴を検討した．

3. 結果と考察

時期区分とカテゴリーによる分類

分析の結果，本データにおける文節化されたストーリー及びラベルの数は92となった．時期区分は7つで，おおむね所属していた学校区分と職業によって分けており，小学生前期，小学生後期，中学生，高校生，大学生，フリーター，作曲家となっている．小学生のみ前期と後期になっているのは，後述するがA氏の語りの内容を確認した際にその音楽活動に明確な変化があったことを確認したからである．また，各ストーリーの内容を確認し，「音楽の創造活動」，「芸術・文化の受容」，「職業的作曲家に向かう活動」の3つのカテゴリーに分けた．音楽の創造活動は，A氏の作曲活動や作曲の知識や技術の習得についての語りを示すカテゴリーである．このカテゴリーには語りの中で作曲のための知識やスキルとして位置づけられている吹奏楽の編曲やジャズの演奏，バンドでの即興演奏などが含まれている．本分析では詳述しないが，芸術・文化の受容は，A氏の語りの中に多く含まれていた音楽をはじめとした多様な芸術の需要の体験についての語りを示すカテゴリーであり，職業的作曲家に向かう活動は，A氏の学生時代の進路選択や当時の将来展望，職業として作曲家になるための各種就職活動に関する語りを示すカテゴリーである．

各時期区分で語られた「独学」の特徴

以下では各時期区分における「独学」の特徴を説明した後に考察を述べる．各ストーリーのラベルは太字・ゴシックで示す．今回の分析では特に「音楽の創造活動」カテゴリーに焦点を当て，A氏自身が作曲家になるまでの**耳の訓練期間としての楽譜と楽器の学び**として語った過程を中心に説明する．

小学生前期では，A氏は小学生の頃からクラシック音楽を愛好するとともに，自分で思いついたメロディーをカセットテープに録音することで作曲を始めている（**クラシック音楽の愛好, 作曲の原点としての録音**）．またこの時期の作曲活動や作曲への関心は家族をはじめ友人など周囲の人間に語られることなくA氏個人の遊びとして行われていた（**プライベートな遊びとしての作曲**）．

小学生後期では，録音による自分の声に対して感じた恥ずかしさから記譜に関心を持つようになる（**恥ずかしさから生まれる記譜への欲求**）．また音楽の時間に聴いた教師の演奏する唱歌『紅葉（もみじ）』の伴奏への違和感から「おれならこうしたいな」（**既存の音楽への違和感の現れ**）という独自の音楽をつくりたいという作曲の衝動が芽生えていたことが語られている．それに伴ってピアノを弾きたいという欲求が生まれてくる（**ピアノへの欲求の芽生え**）が，家庭環境としてピアノを購入することが難しいと考えていたことも語られている．その状況からA氏は，ピアノの鍵盤を描いたダンボールを用いて独自のピアノ及び楽譜の学習を始める．どの鍵盤を押さえれば楽譜に記された音が鳴るのかを，自宅で段ボールに描いた鍵盤で確認し，翌日に学校の音楽室のピアノを弾いて実際の音を確認するという行為を2年間毎日繰り返すことでピアノと楽譜を学んでいく（**ピアノと楽譜の実験的学習**）．この教育者も道具も整っていないピアノと楽譜の学習過程は一般的には膨大な時間がかかる困難なものにも思われるが，A氏はこの過程を，以下のように楽譜に記載されている音が現実になる驚きと楽譜を理解できる楽しさに満ちた経験として語っている（**驚きと感動に動機**

づけられた音の実験）.

家でそれを 88 鍵書いて，で，楽譜は読めないけど， 曲は知ってるから，例えば音楽の教科書にこう楽譜だけ載ってるじゃないですか（中略）本当にこれがあの曲になるのかっていうのはまだ合致してない．楽譜とその曲で，それをこう本当かよ，みたいな感じで，ま，音は出ないけど，その通りここはドだろう，これがえーと，ドレミファソ，ソだから，ここか（中略）明日学校行ってピアノで弾いて，っていうのやってたら，本当にその曲が現れるわけです．同じこの手の形が，あの曲になっていく，っていう．それで，なんか楽しくて，もう毎日学校行きたくってしょうがなくって．それをずっーと繰り返してて（中略）本当にその曲が出てくるから，びっくりして．すごい，すごい，みたいな．それやってる間に，ピアノと楽譜をなんとなく，こう覚え始めるんですよね．（A 氏の語りから抜粋：13，**驚きと感動に動機づけられた音の実験**）

中学生の時期には，音楽にかかわれる部活動として吹奏楽部に入部し吹奏楽の楽器演奏（ユーフォニアム）に取り組むも，楽器演奏自体には強い関心をもたず，吹奏楽の楽器を用いた作曲と吹奏楽の楽譜に強い関心をもっていた（**楽譜を目的とした吹奏楽部への参加**）．したがって吹奏楽部では以下の語りのように，演奏活動や練習にはあまり力を入れず．各楽器のパートと全体の楽譜との関係など，吹奏楽の楽譜の理解や，この時期には記譜も可能になっていたため記譜による作曲に取り組んでいた（**吹奏楽部における作曲担当，記譜による作曲の開始**）．

みんなコンクールだ，コンクールだとか言ってるけど，あんま興味なくて（中略）それで，初めてスコアっていう存在知るんですよね．（中略）この人数分の，そうか書かなきゃならんのかと思って，これは大変だ，ってなって，毎日楽譜見るんですけど．（中略）ぼく，絶対音感はないので，（不明），移調楽器といって楽譜の音と実際に出る音がずれてるんですよね．（中略）これが意味わからなくて（中略）そのいっくら楽譜通りにピアノで弾いても，不協和音にしかならないんで，それが解決するまで結構時間かかるんですよ．で，なんでこれがあんな綺麗な和音になるのかなぁと思って，なんかみんな，B（ベー）とかB（ビー）フラットとか言ってるけど，ひょっとしてこの音から始まるってことない？みたいなこと試していくうちに，やっとこれで出来上がってるのかっていうのがわかって，吹奏楽書いてみようと思って，中学3年の時に1曲書いたんすよね．（A 氏の語りから抜粋：20，**楽譜を目的とした吹奏楽部への参加**）

また，上の語りのように吹奏楽部に入っていた一方で，吹奏楽部で教えられていた内容はパートごとの演奏方法に限定され，各楽器のパート同士の関係など，楽曲全体を理解するために必要な楽譜の読み書きなどは教師から教わることはできなかったため引き続き自身で楽譜を確認して学んでいたと語られている．

高校生期にも，引き続き作曲のために吹奏楽部に入部することになる．しかし以下の語りに示すように今度は吹奏楽部の中で野球応援のための楽曲の編曲担当として実際にA氏の編曲したものが演奏される機会に恵まれることになる（**吹奏楽部への編曲担当としての参加**）．

僕が1年の時に入ってきて（中略）たまたま，何かの譜面がなくなったとかって，そういう話だったのかな．ある曲の譜面がごっそりなくなって，どうしようってなった時に，じゃあ，おれ書きましょうか．余裕っすよって，1 日で書き上げた．で，みんなに割振ってやったら，まあ元と全然違うんですけど（笑）なんかすごいなみたいな．こんな，こんな綺麗な曲か，みたいな感じになって，それがまああの書けるんだったら，あんた書きなさいよ，みたいな．それで全部書かせてもらって．（A氏の語りから抜粋：30 **吹奏楽部への編曲担当としての参加**）

これによってA氏は吹奏楽の各楽器の可能性を探究することが可能になっていた（**作曲の学習機会としての吹奏楽部**）．一方で中学生期から引き続き A 氏はオリジナル楽曲の作曲も継続しており，吹奏楽の作曲のコンクールに応募したりもしている．しかし，引き続き演奏される機会には恵まれていない．また吹奏楽以外にも音楽活動に取り組んでおり，実験的な音楽への挑戦に共感してくれる仲間がいなかったことから海や犬といった人間以外の存在とバンドを組んで演奏するなどの活動を行っていた（**同じ嗜好をもつ仲間の不在と実験的音楽への挑戦**）．

大学生期は，記譜による自身のオリジナル楽曲の創作活動は少なく，吹奏楽部における編曲活動による各

楽器の特徴の理解，ジャズやバンドなどの音楽活動への参加による新たな音楽観との出会いなど，オリジナル楽曲の作曲以外の実践への参加から生まれる触発や学びについての語りが主なものとなる（**編曲担当としての吹奏楽部への参加**，**ジャズから学ぶ即興的対話的な音楽観**，**即興的音楽の場としてのバンド**）．また吹奏楽部がきっかけとなって知った楽譜が収蔵されている図書館に通い詰め，現代音楽の楽譜に多く触れることで，現代音楽特有の記譜法をこの時期に初めて知ることとなった（**筆写による記譜法の学習**）．

> はい，写譜をして（中略）表記の仕方とか，その時に色々知るんです．表記っていうのは，例えば記譜法なんですけど，いわゆるこうやって黒丸を打って，ぴって線引くじゃないですか．そうじゃなくて，ここは三角形になっていて，こう，っていうやつが出てきて（中略）三角が出てきたら，楽器をこういう風にもって演奏しますとかっていう意味ですよ．（中略）初めてそこで特殊奏法っていうものをバンバン知るんですよ．（A 氏の語りから抜粋：61，**筆写による記譜法の学習**）

大学生期の特徴として，文学部に進学し，恩師に出会うことをきっかけとして詩を学び，研究することになるが，この詩の研究も作曲のために必要なものとして位置づけられて始まっている（**作曲のための詩の学び**）．

本分析では詳述できないが，その後，大学卒業後のフリーター期の数年間にA氏は海外の作曲賞に応募するようになり，次々に作曲賞を受賞することになり，作曲家として認知されるようになっていく．

以上のA氏の語った「独学」の過程の特徴は，作曲学習のために用意された環境がないなかで自身のおかれた環境を巧みに活用し，楽譜の知識と楽器の可能性を探究する環境を自ら構築してきたという点で学習環境のブリコラージュ（小田, 2011）として特徴づけられる．この学習環境のブリコラージュは，自身の周りにあった楽器の利用や段ボール鍵盤などの代用品の創造にとどまらず，既存の実践そのものの利活用や改変にも及ぶ．上述の通りA氏は吹奏楽部をはじめとした複数の音楽活動に楽しみながら参加している一方で，それらの参加の経験を作曲の学習に生かされたものとして意味づけている．特に中学生から大学生まで参加し続ける吹奏楽部の活動においては，吹奏楽部に一部演奏者として参加しながらも，一貫して自身を編曲・作曲担当という既存の吹奏楽部にないポジションに位置づけることで，既存の吹奏楽部の実践を楽譜と楽器を学ぶ環境として再構築している．さらにそのポジションは高校生，大学生と進学につれて周囲からも認められ，より充実した学習環境となっていく．

仕事に関連したインフォーマル学習の既存の研究では，職場など特定の実践に参加すること一人前の職業人になる過程や，職場から社外の勉強会などに越境することで自身の仕事について新たな知識を得たり内省したりする学習のあり方が研究されてきた（荒木, 2016）．しかし本研究で示された「独学」過程はそれらとは実践への関与の仕方が異なり，楽譜を用いての作曲という特定の活動に向かって複数の既存の環境や実践を利活用・改変し，学習環境を自ら構築しているのが特徴であった．この学習過程はこれまでに解明されていないインフォーマル学習の新たな側面であると考えられる．

4. 結論

本研究はA氏のライフストーリーを分析することで，その「独学」の特徴を学習環境のブリコラージュとして捉え，インフォーマル学習の新たな側面として提示した．一方で，A氏語りにおける作曲家としてのアイデンティティの形成や芸術文化の受容については十分に議論できていないため，今後さらなる分析を進める．また提示した学習環境のブリコラージュという概念の理論的位置づけについても今後検討する必要がある．

付記

本発表は，眞崎光司（2022）作曲家の学習過程における触発の意味―独学の作曲家A氏のライフストーリー―,日本質的心理学会第19回大会を元に発展させたものである．

[1] 荒木淳子（2016）2章　職場とインフォーマル学習，日本教育工学会（監修）教育工学選書II 7インフォーマル学習, pp. 39-65，ミネルヴァ書房.
[2] 沼野雄司（2021）現代音楽史　闘争しつづける芸術のゆくえ，中央公論新社.
[3] 小田亮（2011）構造でシステムを飼い慣らすということ，出口顯（編著）読解レヴィ＝ストロース, pp. 263-279，青弓社.
[4] 桜井厚・小林多寿子（編）（2005）ライフストーリー・インタビュー：質的研究入門，せりか書房.
[5] 山内祐平（2016）序章　教育工学とインフォーマル学習，日本教育工学会（監修）教育工学選書II 7インフォーマル学習, pp. 1-16，ミネルヴァ書房.

聞き手の指さしは共同作業を促進させるのか？
Do listeners' pointing gestures facilitate collaborative work?

関根 和生[†]，金丸 航太郎[†]
Kazuki Sekine, Koutaro Kanemaru

[†]早稲田大学
Waseda University,
ksekine@waseda.jp

概要

対人会話において，話し手のジェスチャーが共通基盤の形成を促進することが示されてきた. しかし, 聞き手のジェスチャーの影響については不明な点が多い. 本研究では，聞き手の指さしジェスチャーが共同作業に与える影響を調査した. その結果, 聞き手の指さしジェスチャーは課題完了までの時間を有意に短縮することが示された. これらの結果は, 聞き手のジェスチャーが共通基盤の形成を促進していることを示唆している.

キーワード: 共通基盤, 指さし, マルチモーダルコミュニケーション

1. 問題と目的

本研究では，聞き手による指さしが共通基盤の形成を促進させるかどうかを調査した. 共通基盤とは, 会話の参加者が相互に共有していると信じている知識，信念，仮定のことである（Clark, 1996）. 共通基盤を構築するために，日常会話においても，発言，質問，確認，説明など様々なコミュニケーション形態でメッセージを交換する必要がある. そのため，話し手は，対話相手の属性や知識状態, 理解の程度によって, 適切な発話の調整が求められることが多い. これまで共通基盤の形成に関する研究は，発話による意味的メッセージの伝達に焦点が当てられてきたが, 最近の研究では, 自発的なジェスチャーが共通基盤の形成・維持過程に影響を与えることが示されている（Kraut, Gergle & Fussell , 2003; Schubotz, Özyürek & Holler, 2019）. 共同作業を行う際，話者だけでなく聞き手もジェスチャーを出すことが報告されている. 聞き手は話者のジェスチャーを模倣することで，指示対象への注意を話者と共有したり（Kimbara, 2009），聞き手自身のトピックに対する理解を示したりする(Holler & Wilkin, 2011). こうした聞き手のジェスチャーが共通基盤の形成に貢献していると考えられる.

相互作用における聞き手のジェスチャーは，聞き手自身の理解を示すものとして話し手に受け取られるだけでなく，話し手が次のメッセージを形成するためのリソースとしても利用される. このことは，細馬ら（2004）の研究によって示唆されている. 細馬らの調査では，参加者は 2 人 1 組となり，それぞれ指示者（ステッカーの位置を教える人）と作業者（ステッカーの場所を特定する人）の役割が与えられた. はじめに作業者はステッカーが貼られたヘルメットをかぶる. 両者への課題は, 指示者と作業者が対話しながら, 作業者のヘルメット上のステッカーの位置を探すことであった. 結果のなかに以下のような逸話が報告されていた. 作業者が人差し指をヘルメットに当ててステッカーの位置を確認しようとしたが，人差し指の位置が間違っていた. その際, 指示者は, 作業者がヘルメットに置いた人差し指を利用して，ステッカーの場所への指示を出した. 作業者の指さしをリソースとすることで, 二者間でステッカーの位置の特定にかかる時間が短くなったのである. しかし, 細馬らの研究は定性的な観察に基づくものであり，上記の報告を定量的に検討したものではない. そのため, 聞き手のジェスチャーが一般的にタスクを効率化するかどうかは十分に明らかではない. したがって，聞き手のジェスチャーが共通基盤形成過程にどのような影響を与えるかを実証的に明らかにする必要がある. そこで, 本研究では, 共通の基盤を持たない 2 人の参加者の共同作業において，作業者の指さしの利用が, 指さしを用いないときと比べて, 課題解決までの時間を促進させるかどうかを検討した.

2. 方法

2-1. 実験参加者　日本語を母語とする大学生, 大学院生 48 名（男性 22 名, 女性 24 名, 無回答 2 名）.

2-2. 実験計画　本研究は 2 要因混合実験計画である. 独立変数のうちの 1 つは，指示者の指さしの有無（指さしあり vs. 指さしなし）であり，もう 1 つの独立変数は，作業者の指さし配置（指さし配置 vs. 指さし配置なし）であった. 指示者の指さし要因では以下の 2 つの条件を設定した：**指さし**条件では，指示者はステッカーの位置を作業者に指示するために指さしをすることが許された. **指さし禁止**条件では，指示者はステ

ッカーの位置を示す指さしの利用が禁止された．指示者は両手を後ろに回して指さしの利用が制限された．

作業者の指さしの配置要因では以下の２つの条件を設定した：**指さしの配置**条件では，作業者は試行開始時にプラスチック板の中央に人さし指を置き（図 1 左図参照），試行中は手を下ろさないように教示された．**指さし禁止**条件では，作業者は手を膝の上に置いて課題を開始した．この条件では，各ステッカーを探す最初の行為として，作業者が自発的に指さしをすることを禁止した．しかし，作業者が指さしをすることが完全に禁止されたわけではなく，指示者から指示される毎に指さしを行うことは許可された．また，作業者は，ステッカーの場所を探し当てた後は，再び手を膝の上に置くように指示された．したがって，このルールを除けば，作業者は指さし配置条件と同じように振る舞うことができた．作業者の指を下げる行為による時間のロスを防ぐため，指示者は作業者が指を下げている間に次のステッカーについての指示を続けるように教示された．4 条件ごとに指さしの有無を以下の表 1 にまとめた．

表 1　４つの条件における指示者と作業者の指さしの使用

条件	指示者の指さし	作業者の指さし
I 指さしあり - M 指さし配置	○	○
I 指さしなし- M 指さし配置	×	○
I 指さしあり - M 指さしなし	○	△
I 指さしなし– M 指さしなし	×	△

I＝指示者 (Instructor)，M＝作業者 (Matcher)

従属変数は，課題完了時間，指示者がステッカーの位置を示すために発した発話数，および指示者のジェスチャー表現時間であった．課題完了時間は，実験者が実験開始を合図した開始時刻から，作業者が 4 枚目のステッカーの位置を確認した時刻を終了時刻として算出した．従属変数のうち，タスク完了時間を実験タスクの作業効率の指標とし，指示者がステッカーの位置を示す発話を行った回数と指示者のジェスチャー表現時間を発話者の発話が協働タスクに与える影響の指標とした．

図 1 指さし配置条件における課題開始時の作業者（左図）と作業者のプラスチック板と 4 色のステッカー（右図）

2-3. 材料　プラスチック板 (150mm×200mm×1mm)，直径 4mm のステッカー4 枚（赤，青，黄，黒），輪ゴムを用いて，図 2（右図）に示す装置を作成した．プラスチック板の大きさは，正面から見た人間の頭の大きさを基準に設定した．プラスチック板を 4 等分し，４領域に一つずつステッカーを配置した．各ステッカーは各領域内でランダムな位置に貼られた．実験を容易にするため，24 試行分，24 枚のプラスチック板を用意した．

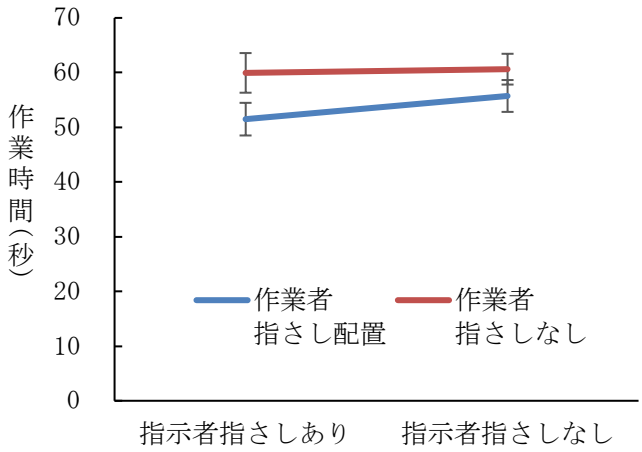
2-4. 手続き　実験参加者は全員，指示者と作業者の役割を担った．作業者は，課題開始前に 4 種類のステッカーがランダムに貼られたプラスチック板を額部に装着し，人さし指で 4 つのステッカーを探す作業を行った．指示者は，作業者が 4 ステッカーの位置を見つけられるように指示する役割を担った．作業者は，ステッカーがどこに貼られるかを事前に知ることはできず，プラスチック板を装着しているときにの位置を見ることもできなかった．ステッカーを見つける順番が決められており，指示者は作業者が赤，青，黄，黒の順番でステッカーを見つけられるように指示することが求められた．作業者が全てのステッカーの場所を探し当てたと二者間が感じた時点で課題が終了となる．4 つの条件についてそれぞれ 6 試行ずつ，合計 24 試行行った．4 つの条件の試行順はランダマイズをした．参加者は 12 試行後に指示者と作業者の役割を交代した．　課題中に指示者がプラスチック板に直接触れること，ステッカーを直接指さすこと，椅子から立ち上がることが禁止された．また，作業者がステッカーを探すときに，プラスチック板に指をこすりつけたり滑らせたりすることも禁止された．また，実験参加者はできるだけ早く課題を遂行するように教示された．

3. 結果

3-1. 指さしが課題完了時間に与える影響 各条件における課題完了時間（秒）の平均値と標準偏差を算出した（図２）．*I 指さしあり - M 指さし配置条件*の平均時間は 51.49 病（SD＝14.61），*I 指さしなし - M 指さし配置*条件の平均時間は 55.73 秒（SD＝14.27），*I 指さしなし - M 指さしなし*条件の平均時間は 59.95 秒（SD＝17.76），*I 指さしあり - M 指さしなし*条件での平均*時間*は 60.63（SD＝13.78）であった．

指示者と指さし要因，作業者の指さし要因を独立変数とし，平均課題完了時間を従属変数として 2 要因分散分析を行った．その結果，交互作用はみられなかった，$F(1, 23) = .94$, *n.s.*, Partial $\eta^2 = .04$．また，指示者の指さしの主効果はみられなかったが，$F(1, 23) = 1.07$, *n.s.*, Partial $\eta^2 = .04$, 作業者の指さしの主効果がみられた $F(1, 23) = 6.14$, Partial $\eta^2 = .21$． 多重比較（Holm method, $p < .05$）では，指さしを配置した場合の方が，指さしを配置しなかった場合よりも課題完了時間が有意に短かった．この結果は，作業者の指さしが共同作業課題の遂行を促進させたことを示している．

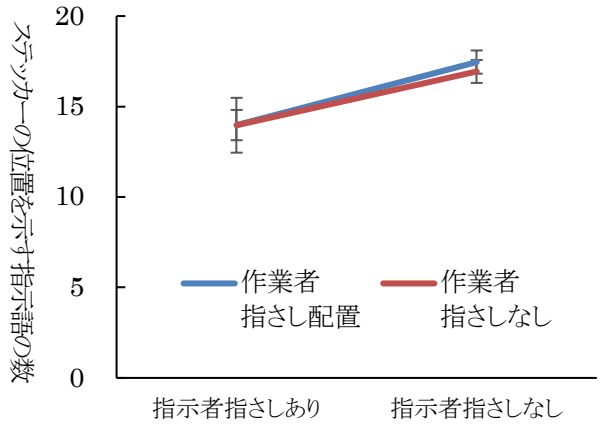
図２ 各条件の平均課題完了時間．エラーバーは標準誤差を示す



3-2. ステッカーの位置を示す指示の発話数 指さしを用いた場合の方が，課題完了時間が短い理由の 1 つとして，指示者の指示行為に含まれるジェスチャーや発話の量や質が考えられる．そこで，指示者の発話とジェスチャーの頻度が条件間で違いがあるかどうかを分析した．指示者の発話については，ステッカーの位置を示す発話に限定してその数を算出した．分析の対象とした発話は，方向指示語を含む発話（例：「左上です」），方向指示語の後に方向を暗示する発話（例：「そのまま進んでください」，「行き過ぎたから，1cm 戻って」），指さしと同期した指示語を含む発話（例：指示者が自分の右側を指さしながら「こっちです」）である．

各条件におけるステッカーの位置を示す指示の発話数の平均値と標準偏差を算出した（図３）．*I 指さしあり - M 指さし配置条件*の平均発話回数は 13.98 回（SD＝4.10），*I 指さしなし - M 指さし配置*条件の平均発話回数は 17.46 回（SD＝3.14），*I 指さしなし - M 指さし配置*条件の平均発話回数は 13.97 回（SD＝7.43），*I 指さしあり -M 指さしなし*条件の平均発話回数は 16.94 回（SD＝3.10）であった．

図３ 各条件におけるステッカーの位置を示す指示者の平均発話数．エラーバーは標準誤差を示す



2 要因分散分析を行った結果，交互作用，$F(1, 23) = 2.21$, *n.s.*, partial $\eta^2 = 0.09$，指示者の指さしの主効果も，$F(1, 23) = 0.12$, *n.s.*, partial $\eta^2 = 0.01$，作業者の指さしの主効果はみられなかった，$F(1, 23) = 0.64$, *n.s.*, partial $\eta^2 = 0.03$.

3-3. 指示者によるジェスチャーの持続時間 指示者が産出したジェスチャーを対象に，平均ジェスチャー継続時間（秒）を算出した．指示者が手を上げてから下げるまでの時間を持続時間と定義して，全てのジェスチャーの平均持続時間を算出した． 2 つの条件におけるジェスチャー継続時間の平均と標準偏差を算出したところ，*I 指さしあり - M 指さし配置条件*では 52.7 秒（SD=11.9），*I 指さしあり -M 指さしなし*条件は 44.2 秒（SD=12.0）であった．指示者の指さしに関する 2 つの条件間で，平均ジェスチャー継続時間が異なるかを検討するため， t 検定を行った．その結果，指示者の平均ジェスチャー継続時間は，作業者の指さし配置条件で，

作業者の指さしなし条件よりも有意に長かった，t (23) = 2.67, p <.05, d =.70 であった.

4. 考察

4-1. 指さしが課題完了時間に与える影響

本研究では，聞き手（作業者）の指さしが，共同作業を促進させるかどうかを検討した．課題完了時間を分析した結果，指示者の指さしの主効果はみられなかったが，作業者の指さしの主効果が認められた。この結果は，２次元の座標上の事物の位置を同定する，という単純な課題であったにもかかわらず，聞き手の指さしが共通基盤の形成を促進させることで，共同作業の効率をあげることに寄与したことを示している.

指示者のステッカーの位置に関する発話数の分析では，作業者の指さしによる影響はみられなかった. 本研究で分析の対象とした発話は，指示者が課題中に発するすべての種類の指示表現を網羅しているわけではない. 実際に，分析には含めなかったが，言語化されていない指示が確認できる場合があった. 例えば，指示者が「こっち側です」という指示の後に，同じ方向や異なる方向を指さしで指し続け，さらに発話なしに，連続的に指さしが産出されることがあった。したがって，今後の課題として，ジェスチャーによる指示も含めて，すべての指示的発話を分析する必要がある.

指示者のジェスチャー持続時間を分析した結果，作業者が指さしをすると，指示者の指さしの持続時間が長くなることが示された. この結果は，指示者の指さしの継続時間が，聞き手の指さしの存在による課題完了時間の短縮にも関係していることを示唆している．指示者は，聞き手の指さしに対して，多くの指示を与えた。その際に指示者自身が指さしを多用したのである。すなわち，作業者の指さしを操作するために，指さしをより多く使用したと考えられる. この現象は，ちょうど先行研究で見出された「聞き手によるジェスチャーの模倣」(Holler & Wilkin, 2011; Kimbara, 2009)と類似している。話者自身が聞き手の指さしを模倣することで，継続的に共通基盤を展開させていくことをおこなっているのかもしれない。このような点からも，指示者の指さしが共同作業の効率に影響を及ぼしている可能性が考えられる.

本研究における一つの限界点は，作業者の指さしの実験的統制についてである. 方法で述べたように，作業者の指さしの有無と指示者の指さしの有無の意味は等価なものではない．作業者の指さしが完全に禁止されれば，ステッカーを見つける作業は不可能となる. そのため，作業者の指さしあり条件では，作業者は事前に指さしをした状態で実験を開始し，作業者の指さしなし条件では，作業者は指を下げた状態で実験を開始し，またステッカーを見つけるたびに手を下ろした．後者の条件では，指示者は作業者が手を下ろしている間，指示を続けるように教示されたが，指導は行わず，作業者の準備ができるのを待つ指示者もわずかながら見られた. この「待つ」時間が結果に影響した可能は大きい. また，指さしあり条件では，作業者は手にボードを置き続けるため，作業者の手でターゲットとなるステッカーが隠れて指示者から見えにくくなることもあった。このように，作業者の指さし関しては，まだ検討する余地があり，上記のような時間のロスやステッカーの見えにくさなどの他の要因を含めて，実験的な統制を考えていく必要がある.

文献

Clark, H. H. (1996). *Using Language*. Cambridge, Cambridge University Press.

Holler, J., & Wilkin, K. (2011). Co-Speech Gesture Mimicry in the Process of Collaborative Referring During Face-to-Face Dialogue. *Journal of Nonverbal Behaviour*, 35, 133-153.

細馬 宏通・石津 香奈・繁松 麻衣子・中村 智代・矢野 雅人 (2004). 身体を示し合う会話―自分の身体で相手の身体を語ること. 社会言語科学会第 14 回大会, 67-70.

Kang, S., & Tversky, B. (2016). From hands to minds: gestures promote understanding, *Cognitive Research: Principles and Implications 1*(4).

Kimbara, I. (2006). On gestural mimicry. *Gesture*, *6(1)*, 39-61.

Kraut, R. E., Gergle, D., & Fussell, S. R. (2002). The Use of Visual information in shared visual spaces: Informing the development of virtual co-presence. *CSCW '02: Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work,* 31-40.

Schubotz, L., Özyürek, A., & Holler, J. (2019). Age-related differences in multimodal recipient design: Younger, but not older adults, adapt speech and co-speech gestures to common ground. *Language, Cognition and Neuroscience*, 34(2), 254–271. https://doi.org/10.1080/23273798.2018.1527377

予測誤差による音楽的快感の誘発メカニズム
- 脳波解析による検討 -
Mechanism of inducing musical pleasure by prediction error
- Investigation by EEG analysis -

上野 芙優†, 嶋田 総太郎‡
Fuyu Ueno, Sotaro Shimada

†明治大学大学院理工学研究科, ‡明治大学理工学部
†Graduate School of Science and Technology, Meiji University,
‡School of Science and Technology, Meiji University
fueno@meiji.ac.jp

概要

本研究では, 脳波の時間周波数解析を用いて, 音楽的快感と驚き（予測誤差）の関係性を調査した. その結果, 前頭部における β 波帯域および γ 波帯域のパワー値の増加と θ 波帯域のパワーの値の減少が, 主観的快感と, 統計的学習モデルを用いて算出した音楽的驚きの情報量と関連していることが示唆された. したがって θ, β, γ 波帯域の活動が予測誤差により誘発された音楽的快感の脳メカニズムに深く関与していることが示唆された.

キーワード：音楽認知, 脳活動計測, 情動

1. 目的

音楽はなぜ人々を魅了するのか. 音楽に誘発される脳活動を調べた研究は数多くあるが（Koelsch, 2020 参照）, 音楽の情動や快感に関連する脳領域については統一的な見解に至っていない. 一方で、音楽的快感は予測メカニズムによって駆動されている可能性が示唆されている（Koelsch et al., 2019）. Salimpoor ら（2011）は, 鳥肌が立つほどの音楽的快感を予期した時やピークの時には脳の報酬系が活動することを報告した. このことは, 私たちがこれまでの様々な音楽ジャンルの聴取経験や習慣から学習された内部予測モデルを持っており, リアルタイムで聴いている音楽から手がかりを集め, 聴取者自身の内部予測モデルから次の音響的特徴がどのように変化するのかを予測していることを示唆している（Leahy et al., 2021）. この予測には不確実性が内在しており, 実際に予測からある程度外れたときの驚き（予測誤差）によって, 脳の報酬系が活動し快感を引き起こすと考えられる（Cheung et al., 2019）.

本研究では, 音楽における報酬処理のメカニズムを解明するために, 音楽聴取時の脳波を計測し, 主観的快感と驚き（予測誤差）との関係性に着目した. 快感と驚きの関係性について音楽情報の観点から分析するとともに, 音楽的快感を反映する脳活動を特定することによって, 音楽における報酬処理のメカニズムを解明できると推測した.

2. 方法

2.1. 被験者

聴覚が正常な 32 名が実験に参加した.音楽報酬感度質問票（BMRQ: Barcelona Musical Reward Questionnaire; Mas-Herrero et al., 2013）のスコアが 65 点以下の 8 名は, 音楽の感受性が低く, 音楽的快感が誘発されにくいため（Chabin et al., 2020）除外した. また, 脳波解析で脳波データ取得時の, 機器の不調による技術的な問題で 2 名, 過度のノイズで 4 名を除外した. さらに, 実験中に眠っていた 1 名, 歌詞が理解できた曲があった 2 名も除外した. 最終的に, 被験者 15 名（女性 4 名, 23.3±3.41 歳, 平均±標準偏差）に対して分析を行った.

2.2. 音楽的驚き（情報量）の分析

「音楽的驚き」の客観的な尺度を得るために, 連続的な驚きを情報量（IC: Information content）として定量化する期待の可変階マルコフモデルである Information Dynamics Of Music（IDyOM; Pearce, 2018）を用いて IC を算出した. この音楽的驚きは, 曲の持つ音楽的特徴から客観的に算出されるものであり, 聴取者が主観的に感じる「主観的驚き」とは異なる. IC は, 直前までの聴覚シーケンスから動的な期待を生成する短期モデルと, 大規模な訓練データから得られる模範的な期待を生成する長期モデルの２つから, 現在の音イベントの条件付き確率を求めることで算出される. 本研究では、Real World Computing（RWC）研究用音楽データベース（ポピュラー音楽, ジャンル別音楽）の楽曲を用いた. このデータベースの楽曲はほとんどがオリジナルで制作され一般に流通していないため, 全被験者がはじめて聴く曲となることが本研究で採用した理由である.

そして, 訓練データとしてポピュラー音楽 100 曲を用いて, ジャンル別音楽 70 曲のメロディーとハーモニーの IC をそれぞれの midi データから算出した. 多くの人々がポピュラー音楽をよく聴いていて, 被験者の音楽的履歴を反映していると考えられるため, 訓練データとして選んだ. 最終的に, IC の値の範囲が広い 8 曲を選出した（表１）.

表１　楽曲リスト（音楽刺激の詳細）

クリップ	タイトル	ジャンル	カテゴリー	曲長	RWC楽曲番号
1	In Your Arms	Pops	Pops	3:49	RWC-MDB-2001 No.3
2	Hold On	Pops	Ballad	5:15	RWC-MDB-2001 No.4
3	Waiting for Your Love	Rock	Rock	3:30	RWC-MDB-2001 No.9
4	Suddenly	Dance	Soul/R&B	3:34	RWC-MDB-2001 No.27
5	Wind Up	Jazz	Bigband	3:24	RWC-MDB-2001 No.28
6	Dance to the Samba	Latin	Samba	4:11	RWC-MDB-2001 No.41
7	Kittenish Tango	Latin	Tango	3:10	RWC-MDB-2001 No.47
8	Dear John's Letter	World	Blues	3:57	RWC-MDB-2001 No.66

2.3. 手順

被験者が 8 曲（人の演奏が収録された CD 音源）を聴取している時の脳波測定を行った. 測定後, 被験者には音楽聴取時に喚起された快感の程度を, 1～4（1=中立, 2=低い快感, 3=高い快感, 4=鳥肌が立つ）で時系列的に報告（Martínez-Molina et al., 2019）させた. 次に音楽聴取中, 驚いた瞬間にボタンを押して主観的驚きを時系列的に報告させた. 最後に音楽報酬感度質問票（BMRQ）に回答させた. ただし主観的驚きは, 曲中で 1 回も驚きが報告されなかった楽曲と被験者の組み合わせが多くあったため, その後の分析は行わなかった.

2.4. 測定方法

脳波計(g.USBamp, g.tec, Austria)を用いて, 音楽聴取時の脳波測定を行った. 測定の電極にはアクティブ電極を使用した. 計測箇所は国際 10-20 法の 30 か所（Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FT7, FC3, FCz, FC4, FT8, T7, C3, Cz, C4, T8, TP7, CP3, CPz, CP4, TP8, P7, P3, Pz, P4, P8, POz, O1, O2）とし, AFz を接地電極, 左耳朶を参照電極とした. また, 眼球運動を計測するため左眼窩上下に電極を配し眼電図を計測した. サンプリング周波数 512Hz で記録した.

2.5. 分析方法

脳波解析には MATLAB（The MathWorks, Massachusetts, USA）および MATLAB 上で動作する脳波解析ソフト（EEGLAB14.1.1b, Swartz Center for Computational Neuroscience, San Diego, USA）を用いて, データの周波数帯域を 1-60Hz に限定するようにバンドパスフィルタをかけた, 50Hz の電源ノイズの低減を行った. その後, 独立成分分析を用いて瞬目に由来するアーティファクトを除去した.

上記の前処理を行なった脳波データに対して時間周波数解析を用いて 5 つの周波数帯域（δ:1-3Hz, θ:4-7Hz, α:8-13Hz, β:14-30Hz, γ:31-45Hz）の時系列パワー値を算出し, 主観的快感と驚き（IC（melody/harmony））の時系列データとのフィッティングの程度を General Linear Model（GLM）を用いて計算し t 値を算出した.

主観的快感と驚き（IC（melody/harmony））については, 曲ごとに, t 値を z スコアに変換し 0 との t 検定を行った. これにより, 全曲のデータを元にして快感と驚きに有意な関連性を示す, 各周波数帯の各電極のパワー値が特定できる. その中で, 本研究では, 金銭的報酬との関与が示唆されている前頭部領域の脳波の θ, β, γ 波帯域のパワー値に着目した.

3. 結果

3.1. 主観的快感に関連するパワー値（図 1A）

θ 波帯域の時系列パワー値と主観的快感の時系列データの GLM 解析を行った結果, Fp1, Fp2 において, 有意な負の相関が示された（Fp1: $t(225) = -2.35$, $p < 0.05$, Fp2: $t(225) = -2.47$, $p < 0.05$）. β 波帯域では, Fp1, F3, FC3, FCz において有意な正の相関が示された（Fp1: $t(225) = 2.49$, $p < 0.05$, F3: $t(225) = 2.94$, $p < 0.01$, FC3: $t(225) = 2.0$, $p < 0.05$, FCz: $t(225) = 2.15$, $p < 0.05$）. γ 波帯域では, Fp1, F3 において有意な正の相関が示された（Fp1: $t(225) = 2.2$, $p < 0.05$, F3: $t(225) = 2.0$, $p < 0.05$）.

3.2. IC（melody）に関連するパワー値（図 1B）

θ 波帯域の時系列パワー値と IC（melody）の時系列データの GLM 解析を行った結果, Fp1, Fp2 において有意な負の相関が示された（Fp1: $t(238) = -2.32$, $p < 0.05$, Fp2: $t(238) = -2.52$, $p < 0.05$）. β 波帯域では, Fp2, F4, FC4 において有意な正の相関が示された（Fp2: $t(238) = 3.51$, $p < 0.01$, F4: $t(238) = 3.39$, $p < 0.01$, FC4: $t(238) = 2.1$, $p < 0.05$）. γ 波帯域では, Fp1, Fp2, Fz, F4, FC4 において有意な正の相関が示された（Fp1: $t(238) = 2.79$, $p < 0.01$, Fp2:

$t(238) = 3.49, p < 0.01$, Fz: $t(238) = 2.47, p < 0.05$, F4: $t(238) = 4.06, p < 0.01$, FC4: $t(238) = 2.1, p < 0.05$）

3.3. IC（harmony）に関連するパワー値（図 1C）

θ 波帯域の時系列パワー値と IC（harmony）の時系列データの GLM 解析を行った結果，有意な相関は見られなかった．β 波帯域では，Fp2, F4 において有意な正の相関が見られた（Fp2: $t(238) = 2.94, p < 0.01$, F4: $t(238) = 2.44, p < 0.05$）．γ 波帯域では，Fp1, Fp2 において有意な正の相関がみられた（Fp1: $t(238) = 3.28, p < 0.01$, Fp2: $t(238) = 2.68, p < 0.01$）．

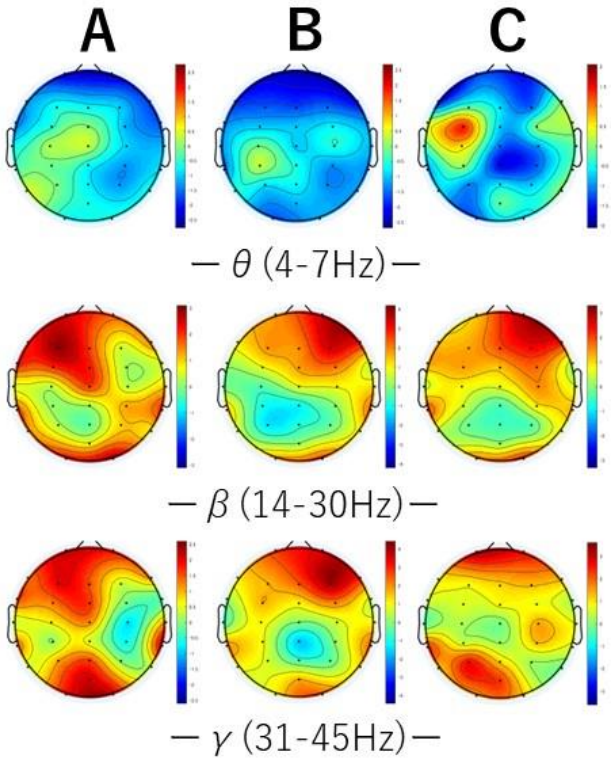


図 1 主観的快感（A），IC（melody）（B），IC（harmony）（C）に関する各周波数帯域のパワー値のトポグラフ

4. 考察

本研究では，音楽における報酬処理のメカニズムを解明するために，音楽聴取時の脳波を計測し，主観的快感と驚き（予測誤差）との関係性に着目した．その結果，主観的快感と IC の両方が，前頭部における β 波帯域のパワーの増強，θ 波帯域のパワーの抑制，γ 波帯域のパワーの増強と関連していることが示された（図 1）．

前頭部の β 波帯域のパワーの増強については，ギャンブル課題や対戦型ゲームに対するポジティブなフィードバックに関連することが示されている（Marco-Pallares et al., 2008, 2015; Mas-Herrero et al., 2015; Inomata et al., 2019）．この時，腹側線条体，両側海馬，前頭前野，前帯状皮などの報酬系の脳領域が活動することから，前頭部の β 波帯域の活動は報酬系の活動が反映されている可能性が示唆されている．

β - γ 波帯域の活動が予期せず報酬を獲得した後に増加することが示されている（HajiHosseini et al., 2012; Wang et al., 2019）．β - γ 波帯域の活動は腹内側前頭前野で発生することが示されている（Marco-Pallares et al., 2015）．γ 波帯域の活動は注意（Herrmann and Knight, 2001）および新奇性検出（Lapray et al., 2009）と関連している．これらの知見から，前頭部の β - γ 波帯域の活動の増加は，予期しない刺激に対する注意を高め，報酬系の活動を引き起こし，そのような刺激に対する感情的な反応を増加させる（Marco-Pallares et al., 2015）報酬処理プロセスに関連している可能性がある．

本研究では主観的快感と IC の両方が，前頭部における θ 波帯域のパワーの抑制と関連していることを示した．ギャンブル課題において，報酬が得られた時に，報酬を失ったときと比べて，前頭部の θ 波帯域の活動が減少することが示されている（Gruber et al., 2013; Bernat et al., 2015）．また，報酬の予期及び消費の脳メカニズムを調査した研究では，報酬が予期された時は損失が予期された時よりも θ 波帯域の活動が増加し，報酬の獲得時は報酬の損失時よりも θ 波帯域の活動が減少したことを報告している（Ali Diez et al., 2024）.これらの知見から，本研究の θ 波帯域のパワーの抑制は報酬の獲得によって生じたと考えられる．さらに Salimpoor ら（2015）は，馴染みのある音楽では，予期された音イベントを聴きたいと期待した場合にドーパミンが放出され，馴染みのない音楽では，ポジティブな予測誤差（予想以上の結果が得られた）場合にドーパミンが放出される可能性があると示唆している．この知見と，本研究では被験者が聴いたことのない楽曲を刺激として使用したことから，θ 波帯域のパワーの抑制はポジティブな予測誤差による報酬の消費時のメカニズムと関連していることが考えられる．

したがって，本研究の結果は，予想よりも良いポジティブな予測誤差から誘発された，音楽的快感の脳メカニズムを反映していることが示唆される．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 23KJ2001 の助成を受けた．

文献

Ali Diez, I., Fabrega-Camps, G., Parra-Tijaro, J., and Marco-Pallares, J. (2024). Anticipatory and consummatory neural correlates of monetary and music rewarding stimuli. Brain Cogn 179, 106186. doi: 10.1016/j.bandc.2024.106186.

Bernat, E.M., Nelson, L.D., and Baskin-Sommers, A.R. (2015). Time-frequency theta and delta measures index separable components of feedback processing in a gambling task. Psychophysiology 52(5), 626-637. doi: 10.1111/psyp.12390.

Chabin, T., Gabriel, D., Chansophonkul, T., Michelant, L., Joucla, C., Haffen, E., et al. (2020). Cortical Patterns of Pleasurable Musical Chills Revealed by High-Density EEG. Front Neurosci 14, 565815. doi: 10.3389/fnins.2020.565815.

Cheung, V.K.M., Harrison, P.M.C., Meyer, L., Pearce, M.T., Haynes, J.D., and Koelsch, S. (2019). Uncertainty and Surprise Jointly Predict Musical Pleasure and Amygdala, Hippocampus, and Auditory Cortex Activity. Curr Biol 29(23), 4084-4092.e4084. doi: 10.1016/j.cub.2019.09.067.

Gruber, M.J., Watrous, A.J., Ekstrom, A.D., Ranganath, C., and Otten, L.J. (2013). Expected reward modulates encoding-related theta activity before an event. Neuroimage 64(6), 68-74. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.07.064.

HajiHosseini, A., Rodríguez-Fornells, A., and Marco-Pallarés, J. (2012). The role of beta-gamma oscillations in unexpected rewards processing. Neuroimage 60(3), 1678-1685. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.01.125.

Herrmann, C.S., and Knight, R.T. (2001). Mechanisms of human attention: event-related potentials and oscillations. Neurosci Biobehav Rev 25(6), 465-476. doi: 10.1016/s0149-7634(01)00027-6.

Inomata, T., Zama, T., and Shimada, S. (2019). Functional Connectivity Between Motor and Mid-Frontal Areas During Vicarious Reward Revealed via EEG Time-Frequency Analysis. Front Hum Neurosci 13, 428. doi: 10.3389/fnhum.2019.00428.

Koelsch, S. (2020). A coordinate-based meta-analysis of music-evoked emotions. Neuroimage 223, 117350. doi: 10.1016/j.neuroimage.2020.117350

Koelsch, S., Vuust, P., and Friston, K. (2019). Predictive Processes and the Peculiar Case of Music. Trends Cogn Sci 23(1), 63-77. doi: 10.1016/j.tics.2018.10.006.

Lapray, D., Bergeler, J., and Luhmann, H.J. (2009). Stimulus-induced gamma activity in the electrocorticogram of freely moving rats: the neuronal signature of novelty detection. Behav Brain Res 199(2), 350-354. doi: 10.1016/j.bbr.2008.12.028.

Leahy, J., Kim, S.G., Wan, J., and Overath, T. (2021). An Analytical Framework of Tonal and Rhythmic Hierarchy in Natural Music Using the Multivariate Temporal Response Function. Front Neurosci 15, 665767. doi: 10.3389/fnins.2021.665767.

Marco-Pallares, J., Cucurell, D., Cunillera, T., Garcia, R., Andres-Pueyo, A., Munte, T.F., et al. (2008). Human oscillatory activity associated to reward processing in a gambling task. Neuropsychologia 46(1), 241-248. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.07.016.

Marco-Pallares, J., Munte, T.F., and Rodriguez-Fornells, A. (2015). The role of high-frequency oscillatory activity in reward processing and learning. Neurosci Biobehav Rev 49, 1-7. doi: 10.1016/j.neubiorev.2014.11.014.

Martínez-Molina, N., Mas-Herrero, E., Rodríguez-Fornells, A., Zatorre, R.J., and Marco-Pallarés, J. (2019). White Matter Microstructure Reflects Individual Differences in Music Reward Sensitivity. J Neurosci 39(25), 5018-5027. doi: 10.1523/jneurosci.2020-18.2019.

Mas-Herrero, E., Marco-Pallares, J., Lorenzo-Seva, U., Zatorre, R.J., and Rodriguez-Fornells, A. (2013). Individual Differences in Music Reward Experiences. Music Perception 31(2), 118-138. doi: 10.1525/mp.2013.31.2.118.

Mas-Herrero, E., Ripolles, P., HajiHosseini, A., Rodriguez-Fornells, A., and Marco-Pallares, J. (2015). Beta oscillations and reward processing: Coupling oscillatory activity and hemodynamic responses. Neuroimage 119, 13-19. doi: 10.1016/j.neuroimage.2015.05.095.

Pearce, M.T. (2018). Statistical learning and probabilistic prediction in music cognition: mechanisms of stylistic enculturation. Ann N Y Acad Sci 1423(1), 378-395. doi: 10.1111/nyas.13654.

Salimpoor, V.N., Benovoy, M., Larcher, K., Dagher, A., and Zatorre, R.J. (2011). Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. Nat Neurosci 14(2), 257-262. doi: 10.1038/nn.2726.

Salimpoor, V.N., Zald, D.H., Zatorre, R.J., Dagher, A., and McIntosh, A.R. (2015). Predictions and the brain: how musical sounds become rewarding. Trends Cogn Sci 19(2), 86-91. doi: 10.1016/j.tics.2014.12.001.

Wang, J., Zhang, J., Li, P., Martens, S., and Luo, Y. (2019). Beta-gamma oscillation reveals learning from unexpected reward in learners versus non-learners. Neuropsychologia 131, 266-274. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2019.06.002.

多義図形における知覚反転の判断基準の評価方法構築に向けて

片瀬 菜津子 †，鳥居 拓馬 ‡，日髙 昇平 †
Natsuko Katase, Takuma Torii, Shohei Hidaka
† 北陸先端科学技術大学院大学，‡ 東京電機大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Tokyo Denki University
Natsuko.Katase@jaist.ac.jp

概要

錯視の一種であり，複数の解釈ができる多義図形に着目し，無意識下で起きている知覚反転の判断基準の定量評価を試みる．多義図形を定量的に評価可能とするために，数学的に表現可能である多義図形を２種類のサイン波を用いて作製し，どのような基準により見え方の優劣が逆転するかを議論する．

キーワード：錯視, 知覚反転, 多義図形, サイン波

1. 背景：錯視の重要性

素朴にはあたかも対象と視覚的表象が１対１に対応する恒等写像であるかのように論じられることもある．しかし，錯視はそれが誤解であることを示している．本研究では、ある対象に対する知覚的表象と，その対象の構造に乖離がある現象を錯視と呼ぶ．錯視は視覚に関わる錯覚の１種であり，今井 (1984) により以下の 8 種類に分類されている．

(1) 幾何学的錯視とよばれる多種類の現象
(2) 多義図形 (または曖昧図形) による錯視
(3) 逆理図形 (または矛盾図形) による錯視
(4) 月の錯視
(5) 対比錯視
(6) 運動の錯覚
(7) 勾配の錯覚
(8) 方向づけの錯覚

このうちの１つである，多義図形は複数の知覚解釈がほぼ同確率で成り立つようにデザインされていることから，複数の解釈ができるようになっている錯視である．複数の解釈時に脳の状態が不安定になることにより、視覚刺激は不変にも関わらず，自発的に異なる知覚像へと遷移ことがある．

この知覚反転メカニズムを理解することは，感覚受容体の活動パターンから知覚表現への変換や、知覚表現がどのようにして神経学的に実現されるのか（物体表現)、そしてどのようにして意識化されるのかの理解に役立つと考えられている (Kornmeier and Bach, 2012).

2. 目的

知覚メカニズムに対する洞察を得ることを目的として，多義図形の知覚反転の研究がなされている．

統合が求められているものの，歴史的に知覚反転はボトムアップのアプローチとトップダウンのアプローチの２種類のアプローチで捉えられてきた．ボトムアップアプローチでは，知覚反転は受動的で局所的な神経適応，回復，相互抑制のサイクルから生じると仮定され, トップダウンアプローチでは，知覚反転は注意、期待、意思決定、学習といった認知プロセスの結果であると仮定されている（Kornmeier and Bach, 2012, Toppino, 2003）.

Kornmeier らはこの知覚反転時に脳の知覚状態が最大に不安定化し，その後非常に早く安定脳へ移行していることを指摘しており，知覚の決定は"無意識"においてかなり早い時期に決定がなされているとも述べている（Kornmeier and Bach, 2012）.

ここから解るように，知覚反転は無意識下で発生しており，移行時の判断基準についても無意識下であるため不明確であることが示唆される．これは多義図形が図であるため，無意識で起きている移行時の判断基準について定量的な評価をすることが難しいことに由来すると考えられる．

本研究では，知覚反転のメカニズムを理解するために，ある知覚像から異なる知覚像へと遷移する状態を数理的に表現し，無意識下で行われている選択の選択基準がどのようなものであり，どのように選択がなされたのかを明らかにすることを目的とする．

3. 実験

本研究では数学的に表現可能な多義図形を用いて，知覚が不安定化して解釈が変化する状態を連続的かつ定量的に評価することにより，多義図形の知覚反転における構造とその判断基準を数学的に示し，反転の移行について定量的な評価を可能にすることを目的とする．

手法としては数学的に表現可能な多義図形を A と B，2 種類のサイン波を用いて作製する (図 1)．A と B

の２つのサイン波の交点のみを提示し (図 2)，どちらの波形を知覚するかの波形依存性を確認する．次に，劣勢な見え方の波形に対して，データを追加することで優劣を入れ替え試み，どのようなデータが優劣に寄与するかを明らかにする．さらに，データ追加量から重み付けを行って，優劣の入れ替わりを表現した定式化を行い，知覚反転時に起きている選択基準を数理的に表現する．

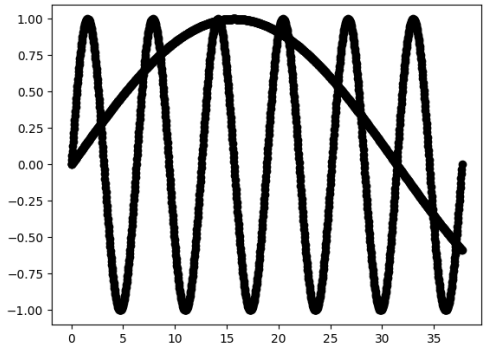


図 1　２種類のサイン波の例

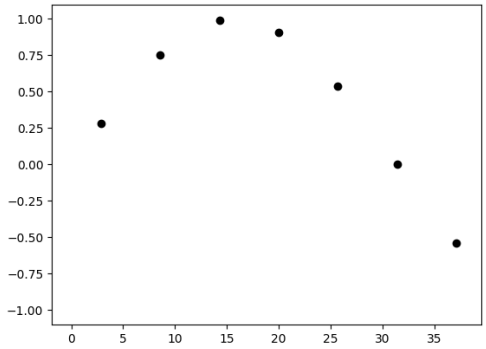


図 2　２種類のサイン波の交点のプロット

4.　期待される結果とその意義

本研究は，多義図形に数学的表現を持ち込むことにより，知覚反転の構造を数理的に表現することを狙いとしている．従来の歴史的な多義図形を用いた知覚反転に対する研究では，多義図形が図であるがゆえに，その知覚反転の構造を数理的に表現はできていなかった．数理的表現ができるようになると，現象を定量的に捉えることが可能になり，多義図形の知覚反転時にどちらの図形が選択されるかの選択基準を明らかにすることができる可能性がある．

5.　謝辞

本研究は科研費基盤研究 B(一般) JP23H0369, 挑戦的研究 (萌芽) JP22K19790, JST さきがけ JPMJPR20C9 の助成を受けて行われた．

文　献

今井省吾 (1984). 錯視図形: 見え方の心理学　サイエンス社

Toppino, Thomas C. (2003). Reversible-Figure Perception: Mechanisms of Intentional Control. *Perception & Psychophysics*, *65*(8), 1285–1295.

Kornmeier, Jürgen and Bach, Michael (2012). Ambiguous Figures – What Happens in the Brain When Perception Changes But Not the Stimulus. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*(3), 268–294.

心理的ストレスが心拍誘発電位に及ぼす影響
Effect of Psychological Stress on Heartbeat Evoked Potential

菅生 大貴[†]，都地 裕樹[‡]，嶋田 総太郎[††]
Daiki Sugo, Yuki Tsuji, Sotaro Shimada

[†]明治大学大学院 理工学研究科，[‡]明治大学 研究・知財戦略機構，[††]明治大学 理工学部
[†]Graduate School of Science and Technology, Meiji University,
[‡]Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University,
[††]School of Science and Technology, Meiji University
[†]ce231042@meiji.ac.jp, [‡]tsuji@meiji.ac.jp, [††]sshimada@meiji.ac.jp

概要

well-being とは「個人や社会が経験するポジティブな状態のことである」と世界保健機構は定義している．これは，人生への幸福感や満足度など一人ひとりによって異なる主観的な評価であるため，客観的かつ定量的に評価することが困難である．本研究では急性の心理的ストレスに曝された時の自律神経系の活動として心電図を，中枢神経系の活動として脳波を計測することで，well-being の客観的かつ定量的な指標を探索的に検討した．

1. 序論

世界保健機構は well-being を「個人や社会が経験するポジティブな状態のことである」と定義しており，さらに「健康と同様，日常生活の資源であり，社会的，経済的，環境的条件によって決定される」と説明している[1]．well-being には客観的な評価（財産や地位など）が伴う客観的 well-being と，主観的な体験による主観的 well-being がある．主観的 well-being は人生への幸福感や満足度など一人ひとり異なる主観的な評価であるため，客観的かつ定量的に評価することが困難である．そこで，本研究では心理的ストレスが人生への幸福感や満足度と関与していることから[2]，主観的 well-being の客観的な指標として心理的ストレスに着目した．

日本では死因の上位はがんや循環器系疾患であり，特に心血管疾患による死亡の一因として，不安を含む慢性的な心理社会的ストレスがある[3]．日常的に高負荷なストレスに曝されるとうつ病などの気分障害を引き起こすことが報告されていることから[4]，本研究では慢性的なストレスの主観的な指標として抑うつ尺度を測る BDI-II を採用した．

心理的なストレスを受けると交感神経系の活動が優位になることが知られている。ストレスは患者の心電図に対し催不整脈を誘発し心室機能を低下させることが知られている[5]．心電図から心拍変動を求め時間周波数解析を行うことで交感神経系の活動を示す LF/HF 値を求めることができる．LF/HF 値は，ストレス評価の指標として用いられる．

また，心臓の活動によって生じた脳波の電位変化は心拍誘発電位（Heartbeat Evoked Potential : HEP)と呼ばれ，心拍と脳波の相互作用を反映するためストレスの程度を反映する指標として注目されている．HEP は心室が電気的に興奮し収縮する際の R 波のピークの時刻を起点として脳波を加算平均して得られる事象関連電位である．この HEP はストレスホルモンであるコルチゾール投薬後，急速に振幅が変調することが報告されている[6]．

本研究では，主観的 well-being の客観的な指標として心理的ストレスに着目し，主観的な指標である抑うつ尺度を測るアンケート BDI-II と，心理的ストレスの生理的な指標である LF/HF 値を用いて，ストレスと HEP の関連を検討した．

2. 方法

2.1. 被験者

本研究は，24 名の被験者（男性 : 16 名，女性 : 8 名，年齢 : 22.2±0.87）が参加した．そのうち 3 名は，体動によるアーチファクトにより解析から除外した．

2.2. 実験方法

被験者の心拍は，ワイヤレス生体計測アンプ（Polymate Pocket MP208， Miyuki Giken， Japan）を，脳波は生体計測アンプ（g.USBamp， g.tec Inc.， Austria）を用いて計測した．心拍と脳波は実験中同時に計測した．被験者は椅子に座り 5 分間安静にした後，約 10 分間の暗算課題を行った．安静時は閉眼し楽な姿勢を取るように教示した．暗算課題では 1022 から 13 を引き続けさせ，回答をその都度キーボードで入力するように教示した．すべての被験者は実験の前に質問紙 BDI-II を回答した．

2.3. 解析方法

2.3.1. 心拍変動

計測した心電図から R 波間隔を算出した．時間周波数解析を行うためウェーブレット変換をし，0.04~0.15 [Hz] の低周波成分である LF と 0.15~0.40 [Hz] の高周波成分である HF を算出し，LF/HF 値を求めた．LF/HF 値を用いて被験者のストレスを評価した．

2.3.2. 脳波

計測した脳波データに独立成分分析を行うことで眼電由来のアーチファクトを除去し，24Hz のハイカットフィルタをかけた．心電図の R 波に由来する HEP の波形を得るために，R 波のピーク時刻の -300～1000 [ms] を一つのエポックとし測定中の全てのエポックを加算平均し HEP を得た．本研究の HEP 解析区間を，ECG 由来のアーチファクトの影響が十分に小さくなる R 波後の 400 [ms] 以降[5]に設定した．さらに，心周期のおける機能が異なるため，R 波から 400～500 [ms]と 500～600 [ms]で，解析区間を分けた．

2.3.3. 相関解析

LF/HF 値と HEP の平均振幅の値，BDI-II のスコアと HEP の平均振幅の相関係数を求めた．LF/HF 値，HEP 平均振幅，アンケートスコア全てにおいて正規性が認められなかったため，スピアマンの順位相関を用いた．

3. 結果

3.1. LF/HF 値と HEP

相関解析の結果，安静時と暗算課題時に，R 波から 400～500 [ms] において有意な相関が見られた．安静時では F3，FC4，FT8，Cz，C4，T8，CPz，CP4，TP8，P3，P4，P8，POz で有意な負の相関が見られた（表 1，図 1（a）：TP8）．暗算課題時では O2 において有意な正の相関が見られた（$r = 0.46$，$p = 0.039$，図 1（b））．

3.2. BDI-II と HEP

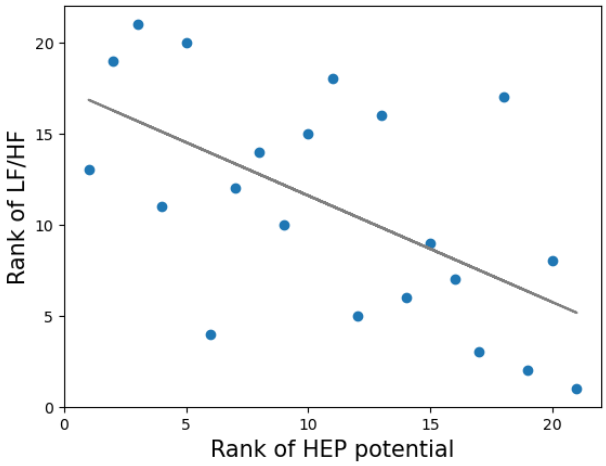
相関解析の結果，安静時と暗算課題時に，R 波から 500～600 [ms] において有意な正の相関が見られた．安静時では O2 において有意な正の相関が見られた（$r = 0.48$，$p = 0.027$，図 2（a））．暗算課題時では T7，C3，TP7，CP3，TP8，P7，P3，P8，O1，O2 で有意な正の相関が見られた（表 2，図 2（b）：O2）．

表 1　安静時の LF/HF 値と HEP 平均振幅 有意な相関が見られた ch，相関係数，p 値

ch	*r*	*p*
F3	-0.46	0.035
FC4	-0.46	0.036
FT8	-0.67	0.001
Cz	-0.44	0.046
C4	-0.49	0.023
T8	-0.45	0.041
CPz	-0.45	0.040
CP4	-0.55	0.010
TP8	-0.58	0.005
P3	-0.48	0.027
P4	-0.55	0.011
P8	-0.52	0.016
Poz	-0.47	0.031

図 1　LF/HF 値と HEP 平均振幅の相関

（a）安静時　TP8



（b）暗算課題時　O2

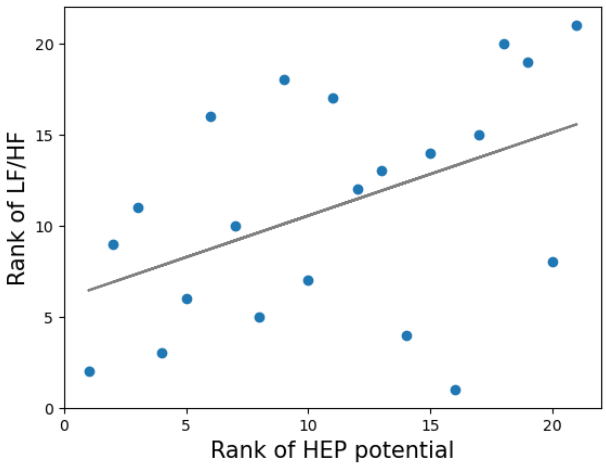
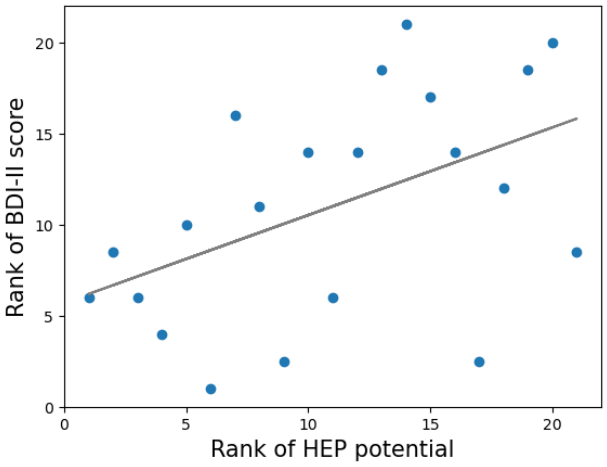


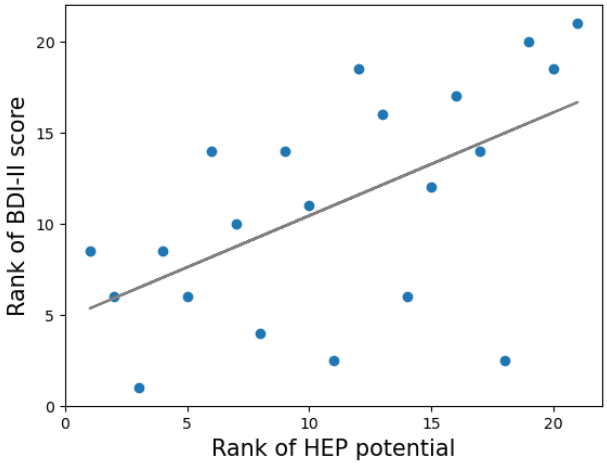
表 2　暗算課題時の BDI-II score と HEP 平均振幅
有意な相関が見られた ch，相関係数，p 値

ch	*r*	*p*
T7	0.59	0.005
C3	0.48	0.028
TP7	0.61	0.003
CP3	0.44	0.046
TP8	0.55	0.010
P7	0.64	0.002
P3	0.53	0.014
P8	0.53	0.014
O1	0.67	0.001
O2	0.57	0.007

図 2　BDI-II score と HEP 平均振幅の相関
（a）安静時　O2



（b）暗算課題時　O2



4.　考察

本研究では HEP 平均振幅とストレスの指標である LF/HF 値，および抑うつ傾向の指標である BDI-II スコアとの関連を明らかにするために，それぞれの相関係数を求めた．

解析の結果，R 波から 400 ~500 [ms]の HEP 平均振幅と LF/HF 値に有意な相関が示され，安静時では正中線から右側頭部にかけて F3，FC4，FT8，Cz，C4，T8，CPz，CP4，TP8，P3，P4，P8，POz で負の相関が，暗算課題時では O2 において正の相関が見られた．Legaz ら（2022）[7]は安静時の HEP と LF/HF 値との間に有意な負の相関関係がみられたことを報告しており，これは本研究の安静時の HEP と LF/HF 値に有意な負の相関関係がみられたことと一致する．LF/HF 値はストレスの指標と考えられていることから本研究の結果は，安静時において，ストレスの程度が高いことと HEP 平均振幅が減少することには関連があること示唆している．R 波から 500~600 [ms]における HEP 平均振幅と BDI-II スコアでは有意な正の相関が示され，安静時では O2 において正の相関が，暗算課題時では主に左頭頂部から左側頭部にかけて正の相関が見られた．これらのことは，抑うつ傾向が強いことと HEP 平均振幅が高いことに関連があることを示唆している．

HEP は，ストレスの指標として考えられている LF/HF 値と被験者の抑うつ傾向を測る主観的な指標である BDI-II と関連があり，ストレスや人生へのネガティブな思いが HEP に反映されると考えられる．

本研究で，安静時では LF/HF 値と HEP の有意な相関を示したチャンネルと，暗算課題時では，BDI-II スコアと HEP の有意な相関を示したチャンネルが異なった．安静時と暗算課題時で HEP との有意な相関が見られた指標が異なることの一因として、被験者の注意が考えられる．注意は内部的注意と外部的注意に分類できることが知られている[8]．内部的注意は意識的に記憶や思考に向ける注意を指し，外部的注意は感覚器官が受けた外部刺激に向けられた注意である．安静時ではリラックスするように被験者に求めたことから，被験者は内部的注意がはたらかず外部的注意が優位になり，生理的なストレス反応と HEP の振幅の関連が深まったと考えられる．暗算課題時では被験者に暗算をするように求めたことから，ワーキングメモリにアクセスするため内部的注意が優位となり，自身の置かれて

いる環境のストレス源には注意が向かず，それまでに自身が経験した慢性的ストレスと HEP の関連が深まったと考えられる．

客観的な指標である LF/HF 値との相関が見られる時間が，主観的な指標である BDI-II スコアとの相関が見られる時間よりも早い．このことから，人間が外部からの刺激を受けそれを認知する前に生理指標は変化していると考えられ，我々が認知できないような潜在的な事象も HEP をモニタリングすることで認識できると考えられる．

以上より，安静な状態下，さらには急性の心理的ストレス下における HEP は現在のストレスだけでなく，その人が持つ人生へのネガティブな思いとも関連している．そのため，HEP は主観的 well-being に関連する心理的ストレスの客観的かつ定量的な指標となる可能性が示された．

参考文献

[1] World Health Organization. (2021). Health promotion glossary of terms 2021. World Health Organization.

[2] Schwerdtfeger A., Gaisbachgrabner K. & Traunmüller C.(2017). Life Satisfaction and Hemodynamic Reactivity to Mental Stress. *Annals of Behavioral Medicine， 51(3)，* 464–469.

[3] Krantz D S. & McCeney M K. (2002). Effects of psychological and social factors on organic disease: a critical assessment of research on coronary heart disease. *Annual review of psychology*, 53(1), 341-369.

[4] Caspi A, Sugden K, Moffitt TE, Taylor A, Craig IW, Harrington H, McClay J, Mill J, Martin J, Braithwaite A, Poulton R. (2003). Influence of life stress on depression: moderation by a polymorphism in the 5-HTT gene. *Science. 18;301(5631)*:386-9.

[5] Gray MA, Taggart P, Sutton PM, Groves D, Holdright DR, Bradbury D, Brull D, Critchley HD. (2007). A cortical potential reflecting cardiac function. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 104(16), 6818-23.

[6] Schulz A., Strelzyk F., Ferreira De Sá., D S., Naumann E., Vögele C. & Schächinger H. (2013). Cortisol rapidly affects amplitudes of heartbeat-evoked brain potentials—Implications for the contribution of stress to an altered perception of physical sensations? *Psychoneuroendocrinology*, 38(11), 2686–2693.

[7] Legaz A, Yoris A, Sedeño L, Abrevaya S, Martorell M, Alifano F, García AM, Ibañez A. (2022). Heart-brain interactions during social and cognitive stress in hypertensive disease: A multidimensional approach. *Eur J Neurosci.* May;55(9-10):2836-2850.

[8] Chun, M. M., Golomb, J. D., & Turk-Browne, N. B. (2011). A taxonomy of external and internal attention. *Annual review of psychology*, 62(1), 73-101.

条件推論におけるAIの発話の解釈と推論抑制：ポライトネス理論に基づく検討

Interpretation and inference suppression of AI utterances in conditional inference: a study based on politeness theory

松本　和紀[†]，高橋　達二[†]，中村　紘子[†‡]
Kazunori Matsumoto, Tatsuji Takahashi, Hiroko Nakamura
[†] 東京電機大学，[‡] 日本学術振興会
Tokyo Denki University, Japan Society for the Promotion of Science
24rmd39@ms.dendai.ac.jp

概要

本研究では，条件文の発話者の性格や追加情報を提供する主体（人間またはAI）が，条件推論の抑制に与える影響をポライトネス理論に基づき検討した．先行研究では，気難しい相手に対する曖昧な発言は，訂正を意図したものと解釈されやすく，推論が抑制されることが示されている．本研究では，AIによる曖昧な発言が推論に及ぼす影響を実験的に検討し，AIによる曖昧な発言は相手の性格によらず，人間の場合よりも推論の抑制がされにくいことを示した．

キーワード：条件推論, ポライトネス理論, AI

1. はじめに

人のコミュニケーションにおいては曖昧な表現が用いられることがあり，曖昧な表現の解釈や推論は文脈の影響を受ける．近年では生成AIなどの普及，発展により，AIとコミュニケーションをする機会も増えている．そのため，AIによる情報を人がどのように解釈し，推論するかを明らかにすることは重要だと考えられる．そこで，本研究ではAIとの対話に基づく条件推論過程を人間同士の対話に基づく条件推論過程と比較し，AIとのコミュニケーションに対する解釈過程を明らかにする．

2. 条件推論

「もし p ならば q」といった形式の文を条件文といい，p を前件，q を後件と呼ぶ．条件三段論法とは，大前提となる条件文と小前提から結論を導く推論のことである．大前提となる条件文を「もし p ならば q」としたとき，小前提 p から結論 q を導く推論をMP推論という (Manktelow, 2012 服部・山訳 2015).

Byrneは，大前提である条件文「もし p_1 ならば q」に対し，追加条件文「もし p_2 ならば q」が提示されると条件推論が抑制される場合があることを示した (Byrne, 1989)．例えば，「もしホワイト社のクリームを使えば、お菓子は美味しくなる」という条件文に対し，「もしブラウン社のクリームを使えば、お菓子は美味しくなる」という追加条件文が提示された場合，追加条件文が訂正「ホワイト社のクリームを使っても美味しくないが，ブラウン社のクリームを使えば美味しくなる」と解釈された場合，「ホワイト社のクリームを使えば，お菓子は美味しくなる」というMP推論の抑制が生じる．一方，追加条件文が単なる情報の追加「ホワイト社のクリームを使っても，ブラウン社のクリームを使ってもお菓子は美味しくなる」と解釈されると，MP推論の抑制は生じない．

3. ポライトネス理論

Demeureらは，この曖昧な追加条件文の解釈が，ポライトネス理論で説明される社会的要因に影響されると主張した (Demeure et al., 2009)．ポライトネス理論とは，円滑なコミュニケーションを進めるための理論で，Brown & Levinsonによって提唱された (Brown & Levinson, 1987)．この理論によれば，人々は対人コミュニケーションにおいて2種類のフェイスを持つ：ポジティブフェイス（他者に受け入れられたいという欲求）とネガティブフェイス（他者に邪魔されたくないという欲求）である．コミュニケーションの際，話者は聞き手のフェイスを脅かす可能性（フェイス脅威度）を考慮し，適切なポライトネス・ストラテジーを選択する．フェイス脅威度には社会的距離，社会的地位，要求量が影響を与えるとされる．

Demeureらは条件文の解釈や推論の抑制に，条件文の話者の性格や話者間の関係性が影響を与えることをポライトネス理論に基づき示した．気難しい性格の話者や関係性が悪い話者の発した条件文に対して，別の話者が曖昧な追加条件文を発言した場合，その発言はより訂正を意図したものとして解釈される傾向があり，MP推論の抑制が生じやすかった．これは，気難しい性格の話者に対して訂正を行うことはフェイス脅威度が高く，より間接的な表現（つまり曖昧な条件文）

が用いられると解釈されるためだと考えられている．また，日本人参加者においても関係性による推論の抑制への影響がみられることが小倉他 (2023) や松本他 (2023) によって示されている．

4. 人間と AI の比較

近年では，AI の普及や発展により，人々が AI とコミュニケーションを行う機会が増えている．しかし，AI は誤った出力を行うこともある．その中で AI による情報を人間がどのように扱うか知ることが重要だと考えられる．このような状況下で，AI システムのポライトネスの利用についても知見が蓄積されてきている．例えば，音声アシスタントが間接的な表現や敬語を用いたり，ユーザーへの共感を示したりすることで，ユーザーの信頼感や受容性が高まることが報告されている (Ribino, 2023)．人間同士のコミュニケーションにおけるポライトネス・ストラテジーに関する Demeure らの研究では，人々は相手の性格や関係性に応じて適切なポライトネス・ストラテジーを選択するという信念を持っており，この信念が対人コミュニケーション場面の解釈や推論に影響を与えることが示されている．このような解釈や推論過程が人間と AI の対話の場合にも生じるかは不明である．そこで本研究では，人々が AI とのコミュニケーションにおいて，人間同士のコミュニケーションで見られるようなポライトネス・ストラテジーに関する信念を適用するかどうかを検討する．具体的には，AI の発する追加条件文に基づく推論が，人間が発する場合と同様のパターンを示すかどうかを明らかにする．また，AI による情報の捉え方には個人の差が生じると考えられる．今回の研究では AI がどのようなコミュニケーションをするかという信念に，擬人化傾向や AI への信頼感が関わるかを擬人化傾向尺度日本語版 Japanese version of the Individual Differences in Anthropomorphism Questionnaire : IDAQ-J （中村他，2024）や対 AI 信頼感尺度（片瀬，2021）を用いて検討する．

5. 実験

5.1 参加者と手続き

クラウドソーシングサイト (CrowdWorks) を用いて，300 名の参加者を 110 円の謝金で募集した．分析に用いるデータは，途中離脱，教示操作チェック違反，回答時間が参加者全体の平均の ± 2.0 SD を超えるデータを除いた 232 名（男性：114 名，女性：117 名，その他：1 名，年齢範囲：19〜77 歳，平均年齢：37.8 歳，標準偏差：9.9 歳）のものとした．実験はオンラインアンケート調査ツール (Qualtrics) を用いて，Web ブラウザ上で実施した．

5.2 実験計画と実験材料

実験計画は 2（第 1 話者の性格：気さく・気難しい）* 2（第 2 話者：人間・AI）の 2 要因参加者間計画とした．実験シナリオは Demeure et al. (2009) を参考に作成し，製菓会社で働く 2 人の会話についてのものとした．条件文の発話者の性格（気さく・気難しい）と，追加条件文の発話者（人間・AI）を操作した，4 パターンのシナリオを作成した（表 1）．

表 1　シナリオの例

性格と説明	X さんは気さくで公平な人柄です。 X さんは、相手を尊重し、 他の人の意見によく耳を傾けます。 Y さんは X さんの同僚で、 過去 5 年分の商品に関するデータや、 社員の性格や行動についての データを持っています。 X さんと同僚の Y さんが、 新商品について次のように会話しています。
条件文	社員の X さんが 「もし私たちがホワイト社のクリームを使えば、 お菓子はおいしくなるでしょう」 と言いました。
追加条件文	同僚の Y さんが 「もし私たちがブラウン社のクリームを使えば、 お菓子はおいしくなるでしょう」 と返しました。

参加者には次の課題を提示した

1. MP 推論課題：シナリオをもとに「ホワイト社のクリームを使った」場合，「お菓子はおいしくなる」と思うかを，「1. 結論は間違っていると思う」から「5. 結論は正しいと思う」までの 5 段階で評価するよう求めた．
2. 確率判断課題：条件文「もしホワイト社のクリームを使えば，お菓子はおいしくなるでしょう」と追加条件文「もしブラウン社のクリームを使えば，お菓子はおいしくなるでしょう」が真だと思われる確率を，それぞれ 7 段階で評価するよう求めた．
3. 対 AI 信頼感尺度：AI の社会有益性への信頼感・AI の忠実性への不信頼感の質問を 5 問ずつ提示し，それぞれ 7 段階で評価するよう求めた．
4. 機械に関する擬人化尺度の測定課題：IDAQ-J の機械に関する質問 5 問を提示し，それぞれ 11 段階で評価するよう求めた．

6. 結果

条件文の発話者の性格および追加条件文の発話者ごとの結果を表 2 に示す．条件文の発話者の性格（気さく・気難しい）と追加条件文の発話者（人間・AI）を独立変数とし，(1) MP 推論の評価，(2) $P(\text{if } p_1 \text{ then } q)$ の評価，(3) $P(\text{if } p_2 \text{ then } q)$ の評価をそれぞれ従属変数とする 2 要因分散分析を実施した．

表 2　性格および発話者ごとの結果

personality	speaker	MP $M(SD)$	$P(\text{if } p_1 \text{ then } q)$ $M(SD)$	$P(\text{if } p_2 \text{ then } q)$ $M(SD)$
friendly	human	3.67 (0.785)	4.73 (1.12)	5.40 (0.955)
	AI	3.78 (0.658)	5.18 (0.964)	4.91 (0.967)
touchy	human	2.84 (0.934)	3.70 (1.05)	5.38 (0.778)
	AI	3.31 (0.814)	4.52 (1.25)	4.86 (0.870)

(1) MP 推論の評価：性格の主効果 ($F(1, 228) = 37.10, p < .001$) と話者の主効果 ($F(1, 228) = 8.427, p < .001$) が有意であった．条件文の発話者の性格が気さくな場合，気難しい場合よりも MP 推論が導かれやすく，追加条件文の発話者が人間の場合，AI の場合よりも MP 推論が導かれやすいことが示された．

(2) $P(\text{if } p_1 \text{ then } q)$ の評価：性格の主効果 ($F(1, 228) = 33.34, p < .001$) と話者の主効果 ($F(1, 228) = 19.79, p < .001$) が有意であった．条件文の発話者の性格が気さくな場合，気難しい場合よりも条件文の確からしさを高く評価し，追加条件文の発話者が AI の場合，人間の場合よりも条件文の確からしさを高く評価することが示された．

(3) $P(\text{if } p_2 \text{ then } q)$ の評価：話者の主効果 ($F(1, 228) = 18.76, p < .001$) が有意であった．追加条件文の発話者が人間の場合，AI の発言よりも追加条件文の確からしさを高く評価することが示された．

各尺度が推論の抑制や条件文の確からしさの評価に与える影響を重回帰分析によって分析する．

擬人化傾向尺度の影響：発話者の性格，追加条件文の発話者，擬人化尺度得点を独立変数とし，(1) MP 推論の評価，(2) $P(\text{if } p_1 \text{ then } q)$ の評価，(3) $P(\text{if } p_2 \text{ then } q)$ の評価をそれぞれ従属変数とする重回帰分析を行った．

(1) MP 推論の評価：性格と擬人化傾向の交互作用が有意であった．単純傾斜分析の結果，擬人化傾向が低い場合，発話者が気難しいと MP 推論が抑制されることが示された ($b = -1.220, p < .001$)．擬人化傾向が高い場合には発話者の性格による推論への影響はみられなかった ($b = -0.224, n.s.$)．

(2) $P(\text{if } p_1 \text{ then } q)$ の評価：性格の主効果 ($b = -0.904, p < .001$) と話者の主効果 ($b = 0.405, p < .05$) が有意であり，擬人化傾向の条件文の確率への影響はみられなかった．

(3) $P(\text{if } p_2 \text{ then } q)$ の評価：性格と話者，擬人化傾向の交互作用が有意となった．単純傾斜分析では有意差はみられなかった．

AI の社会有益性への信頼感の影響：発話者の性格，追加条件文の発話者，実験参加者の AI の社会有益性への信頼感を独立変数とし，(1) MP 推論の評価，(2) $P(\text{if } p_1 \text{ then } q)$ の評価，(3) $P(\text{if } p_2 \text{ then } q)$ の評価をそれぞれ従属変数とする重回帰分析を行った．

(1) MP 推論の評価：性格と有益性への信頼感の交互作用と話者と有益性への信頼感の交互作用が有意であった．単純傾斜分析の結果，話者と有益性の交互作用では有意差はみられなかった．性格と有益性の交互作用では，有益性を高く評価している場合，性格が気難しいと，推論の抑制が生じやすかった ($b = -1.344, p < .001$)．有益性の評価が低い場合，性格による推論の影響はみられなかった ($b = -0.390, n.s.$)．

(2) $P(\text{if } p_1 \text{ then } q)$ の評価：性格と有益性の交互作用が有意であった．単純傾斜分析の結果，有益性の評価が低い場合 ($b = -0.644, p < .05$) も高い場合 ($b = -1.459, p < .001$) も性格が気難しいほうが条件文の確からしさを低く評価することが示された．

(3) $P(\text{if } p_2 \text{ then } q)$ の評価：話者の主効果 ($b = -0.520, p < .01$) と有益性への信頼感の主効果 ($b = 0.414, p < .05$) が有意であった．有益性への信頼感が低い場合，高い場合よりも追加条件文の確からしさを低く評価することが示された．

AI の忠実性への不信頼感の影響：発話者の性格，追加条件文の発話者，実験参加者の AI の忠実性への不信頼感を独立変数とし，(1) MP 推論の評価，(2) $P(\text{if } p_1 \text{ then } q)$ の評価，(3) $P(\text{if } p_2 \text{ then } q)$ の評価をそれぞれ従属変数とする重回帰分析を行った．

(1) MP 推論の評価：話者の主効果 ($b = -0.845, p < .001$) が有意であった．AI の忠実性への不信頼感による推論への影響はみられなかった．

(2) $P(\text{if } p_1 \text{ then } q)$ の評価：性格の主効果 ($b = -1.038, p < .001$) と話者の主効果 ($b = 0.458, p < .05$) が有意であった．AI の忠実性への不信頼感の条件文の確からしさへの影響はみられなかった．

(3) $P(\text{if } p_2 \text{ then } q)$ の評価：話者の主効果 ($b =$

–0.495, $p < .01$) が有意であった．AI の忠実性への不信頼感の追加条件文の確からしさへの影響はみられなかった．

7. 考察

本実験の結果，性格による MP 推論や条件文の確からしさへの影響がみられ，Demeure らの先行研究の知見と部分的に一致する結果となった．先行研究と同様に条件文の発話者の性格が気さくな場合，気難しい場合に比べて MP 推論の抑制が生じにくいことが示され，気難しい相手に対する曖昧な発言がより訂正として解釈されやすいことが示唆された．発話者の違いに関しては MP 推論や条件文の確からしさ，追加条件文の確からしさへの影響もみられた．AI による発言の場合，人間による発言と比べて，追加条件文の確からしさが低いことで，条件文の確からしさが低下しづらく，MP 推論の抑制効果が低くなるのではないかと考えられる．この結果は、人々が AI の発言を人間の発言とは異なる方法で解釈している可能性を示唆している．

個人差要因に関して，擬人化傾向の影響は MP 推論でみられた．擬人化傾向が低い場合，発話者の性格が気難しい場合に MP 推論が抑制されることが示された．擬人化傾向が低い参加者は，発話者の性格（気難しいか気さくか）に敏感に反応し，Demeure らの研究で示されたような人間同士のコミュニケーションにおけるポライトネス解釈をより強く適用している可能性がある．社会有益性への信頼感の影響は MP 推論，条件文の確からしさ，追加条件文の確からしさに影響することが示された．AI の社会有益性を高く評価している参加者において，発話者の性格が気難しい場合に MP 推論の抑制が生じやすく，また，追加条件文の確らしさを高く評価することが示された．AI への信頼が高い人ほど，第 1 条件文の発話者の性格的特徴により敏感に反応し，人間か AI かに関わらず他者の発言をより信頼性の高いものとして評価する傾向があると考えられる．AI の忠実性への不信頼感の影響は MP 推論，条件文の確からしさ，追加条件文の確からしさのいずれでもみられなかった．対 AI 信頼感尺度は対人信頼感尺度をもとにしているため，人間と AI の間に差が出にくく，影響がみられなかったと考えられる．

8. おわりに

本研究では，ポライトネス理論に基づき，条件文の発話者の性格と追加条件文の発話者（人間か AI か）が条件推論の抑制に及ぼす影響を検討した．また，個人差要因として擬人化傾向，AI の社会有益性への信頼感・忠実性への不信頼感の影響も調査した．その結果，発話者が気難しい場合に MP 推論の抑制が生じやすいことが確認された．一方，AI が追加条件文の発話者の場合，人間の場合と比べて推論の抑制効果が低くなることが明らかになった．個人差要因の分析からは，擬人化傾向が低い参加者や AI の社会有益性への信頼感が高い参加者は，発話者の性格による影響を強く受ける傾向が見られた．これらの結果は，人間と AI のコミュニケーションに対する推論プロセスが，個人の認知的特性や態度に影響される可能性を示している．今後の研究では，AI に関する知識や経験が推論に与える影響，条件文の確からしさの程度による推論抑制の変化の検討が必要だといえる．

文 献

Brown, P., & Levinson, S. C. (1987). Politeness: Some universals in language usage (No. 4). Cambridge university press.

Byrne, R. M., (1989). Suppressing valid inferences with conditionals. *Cognition*, 31(1), pp. 61–83. https://doi.org/10.1016/0010-0277(89)90018-8

Demeure, V., Bonnefon, J. F., & Raufaste, E. (2009). Politeness and conditional reasoning: Interpersonal cues to the indirect suppression of deductive inferences.*Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(1), pp. 260–266. https://doi.org/10.1037/a0013799

片瀬 拓也. (2021). 人工知能（AI）に対する信頼感尺度の作成と信頼性・妥当性の検討. 日本教育工学会研究報告集　2021(3) pp. 172–179. https://doi.org/10.15077/jsetstudy.2021.3_172

Manktelow, K. (2012). Thinking and reasoning: An introduction to the psychology of reason, judgement and decision making. (邦訳: 服部 雅史, 山 祐嗣（監訳）(2015). 思考と推論: 理性・判断・意思決定の心理学　北大路書房 pp. 69–91.)

松本 和紀・小倉 那央・高橋 達二・中村 紘子. (2023). 敬語表現が条件推論の抑制に及ぼす影響: ポライトネス理論に基づく検討　人工知能学会全国大会論文集, 3Xin4-22. https://doi.org/10.11517/pjsai.JSAI2023.0_3Xin422

中村 紘子・松尾 朗子・眞嶋 良全. (2024). 擬人化傾向尺度日本語版の作成　心理学研究. Advance online publication. https://doi.org/10.4992/jjpsy.95.22217

小倉 那央・高橋 達二・中村 紘子. (2023). 発話者間の関係性が条件推論の抑制に及ぼす影響：ポライトネス理論に基づく検討　情報処理学会第 85 回全国大会論文集, 7Q-02.

Ribino, P. (2023). The role of politeness in human–machine interactions: a systematic literature review and future perspectives.*Artificial Intelligence Review*, 56(1), pp. 445–482. https://doi.org/10.1007/s10462-023-10540-1

多腕バンディット問題における 認知的満足化モデルのパラメータリカバリとモデル比較
Parameter and model comparison of cognitive satisficing model in multi-armed bandit problem

横須賀 天臣 †, 高橋 達二 †
Takaomi Yokosuka, Tatsuji Takahashi

† 東京電機大学
Tokyo Denki University
tatsujit@mail.dendai.ac.jp

概要

認知的満足化モデルは目的に応じた希求水準を満たすかにより，探索と活用のバランスを調整し，多腕バンディット問題において有効に働く．本研究では，4個の選択肢からなるベルヌーイ・バンディット問題における認知的満足化と Softmax による選択行動について，最尤推定によるパラメータのリカバリ性能を確認した．また，行動実験によるモデルの比較を行った．その結果，全モデルでパラメータのリカバリが確認され，データに適合する際の性質が明らかになった．

キーワード：意思決定, 強化学習, バンディット問題

1. 序論

多腕バンディット問題とは，確率的に報酬を排出する複数の選択肢の中から，エージェントが逐次的に意思決定をしていき，可能な限り多くの報酬を獲得する，という強化学習の基本的な問題の 1 つである．心理学や認知神経科学では，構造化された環境における選択行動の探索と活用を評価するために，しばしば実験課題として用いられている (Daw et al., 2006) ．情報を収集のために未知の行動を選択をする探索と，収集した情報に基づいて既知最良の行動を選択する活用があり，これらはトレードオフである．エージェントは探索と活用のバランスを調整することで，累積獲得報酬の最大化を試みる．多腕バンディット課題で得られたデータは，強化学習やベイズ推論などの計算モデルを用いてパラメータ推定が行われる．

計算モデルを用いて実験課題の評価をする上で，パラメータリカバリとモデルリカバリは，研究の信頼性と解釈性を確保するうえで重要な手順とされる (Wilson & Collins, 2019) ．パラメータリカバリとは，既知のパラメータから生成したデータに対して，パラメータ推定を用いることで，生成時のパラメータを復元できるか確認することである．モデルリカバリとは，既知のモデルから生成したデータに対して，モデル比較指標を用いることで，生成時のモデルを正しく識別できるかを確認することである．計算モデルを用いた実験をデザインする際は，事前に数値実験を実施し，モデルリカバリとパラメータリカバリを確認することが推奨されている．

本研究では，認知的満足化と呼ばれる逐次的意思決定モデルに焦点を当てて，そのパラメータとモデルのリカバリを確認する．Simon (1957) は，現実の多くの場面において，多数の選択肢の中から最適な選択肢を選ぶことは困難であることを指摘し，生物は目標に応じたある水準（希求水準）を満たすか否かにより選択を行うという満足化の原理を示唆した．この満足化のアイデアを取り入れたモデルが認知的満足化である (高橋他, 2016; Tamatsukuri & Takahashi, 2019) ．認知的満足化モデルは，各選択肢の報酬の期待値と目的に応じた水準との大小関係により，探索するか活用するかが決まる．これまでに，多腕バンディット問題での有効性が証明されているが，複数のパラメータや他のモデルとのリカバリ率の確認は行われていない．また，認知的満足化モデルから，Softmax の逆温度パラメータ β を直感化し，目標設定の意味で設定しやすくした形式の Softsatisficing モデル (Kamiya & Takahashi, 2022) がある．このモデルを用いることで，通常の Softmax 行動選択を用いたモデルと同様に，実験データとのフィッティングを行うことができる．特に，参加者の行動と獲得した報酬の系列から，参加者が満たそうとした希求水準を推定することができる．

本研究では，多腕バンディット問題における認知的満足化モデルのシミュレーションを行い，モデルリカバリとパラメータリカバリを網羅的に確認する．また，行動実験データにモデルを適合することで，モデルの比較を検討した．

2. 多腕バンディット問題

本研究で扱う多腕バンディット問題について説明する．多腕バンディット問題では，K 個の行動 $\{a_1, a_2, ..., a_K\}$ について，確率 $\{p_1, p_2, ..., p_K\}$ のベルヌーイ分布に従い報酬として 1 が排出される．エージェントは累積獲得報酬を可能な限り大きくすることを目的とする．報酬確率はエージェントから未知であり，各試行 t におけるそれまでに得られた報酬の平均として選択行動 a_i の価値 E_i が評価される．

$$E_i \leftarrow E_i + \frac{1}{n_i}(r_t - E_i) \tag{1}$$

r_t は試行 t にエージェントが得た報酬を表し，逐次的に更新される．例えば，同一の a_i を選択し続ければ，E_i は真の確率へと近づくが，確率の低い腕を選択し続けてしまうと累積獲得報酬は減少してしまう．累積獲得報酬の最大化のためには，素早くかつ正確に報酬確率が最大の腕を見つけ出すことが重要となるが，そのためには探索と活用のバランスが重要となる．

3. 行動の計算モデル

エージェントは行動価値 E_i と計算モデルに算出される行動確率により，逐次的な意思決定を行う．本研究では，Softmax (SM)，Risk-sensitive Satisficing (RS) と Softsatisficing (SS) という 3 個の計算モデルを用いる．これらの計算モデルは，試行回数を考慮したり，確率的に振る舞ったりすることで探索と活用のバランスを調整する．また，モデル固有のパラメータがあり，その大きさにより行動の探索と活用の傾向が変化する．

SM は価値の大きさに応じて確率的に行動を選択するモデルである．Q 学習をはじめとした多くのモデルに用いられている基本的なモデルの 1 つである．

$$\mathrm{Softmax}(a_i) = \frac{e^{E_i\beta}}{\sum_{j=1}^{k} e^{E_j\beta}} \tag{2}$$

逆温度 β が大きいほど, 活用的な選択をしやすくなる．

RS は満足化に基づいて行動を選択するモデルである．次のような価値関数が最大となる行動 a_i を選択する．

$$\delta_i = E_i - \aleph_{\mathrm{RS}} \tag{3}$$

$$\mathrm{RS}_i = n_i \delta_i \tag{4}$$

$$a_i \leftarrow \arg\max_i \mathrm{RS}_\mathrm{i} \tag{5}$$

n_i は a_i の選択回数, $\aleph_{\mathrm{RS}}$ は希求水準を表す．$E_i < \aleph_{\mathrm{RS}}$ の場合を非満足状態と呼び，エージェントは探索的になり，n_i の少ない a_i を選びやすい．$E_i > \aleph_{\mathrm{RS}}$ の場合を満足状態と呼び，エージェントは活用的になり，n_i の多い a_i を選びやすい．また，$\aleph_{\mathrm{RS}}$ が以下の式で定められる最適切基準である場合，累積報酬が最大となる行動をする．

$$\aleph_{\mathrm{opt}} = \frac{p_{1\mathrm{st}} + p_{2\mathrm{nd}}}{2} \tag{6}$$

報酬確率が最大のものを $p_{1\mathrm{st}}$，二番目に大きいものを $p_{2\mathrm{nd}}$ とする．

SS は満足化に基づいて確率的に行動を選択するモデルである．

$$\mathrm{Softsatisficing}(a_i) = \frac{e^{E_{\mathrm{RS_i}}}}{\sum_{j=1}^{k} e^{E_{\mathrm{RS_i}}}} \tag{7}$$

$$E_{\mathrm{RS_i}} = -\ln(\aleph_{\mathrm{SS}} - E_i) \tag{8}$$

希求水準 $\aleph_{\mathrm{SS}}$ と E_i の差に応じて，探索行動の調整を行う．また，$\aleph_{\mathrm{SS}} < E_i$ となる a_i が存在する場合は，それを選択する．RS モデルと同様に，$\aleph_{\mathrm{SS}}$ は最適切基準が存在する．

4. 数値実験

数値実験を実施し，3 つの計算モデルのパラメータとモデルのリカバリを確認した．本研究では，4 個の選択行動からなるベルヌーイ・バンディット問題を用いた．報酬確率 P_k は $\{.20, .20, .40, .80\}$，試行回数 T は 150 とした．データ生成を行った後，生成したデータに対してパラメータ推定を行った．

本研究で用いた計算モデルはパラメータを 1 つまで持つ．SM モデルの逆温度 β は $[0, 20]$ の範囲で 1 ずつ，RS モデルの希求水準 $\aleph_{\mathrm{RS}}$ は $[0, 1]$ の範囲で 0.05 ずつ，SS モデルのパラメータ $\aleph_{\mathrm{SS}}$ は $[0, 1]$ の範囲で 0.05 ずつ，設定した．各モデルは上記 21 水準について，データ生成およびパラメータ推定を実行した．

4.1 データ生成手順

シミュレーションにより，選択行動系列 a_t と獲得報酬系列 r_t を生成した．シミュレーションは各モデル・各パラメータごとに 100 回ずつ，合計 6300 回実行した．SM モデルの逆温度 β は $[0, 20]$ の範囲で 1 ずつ，RS モデルの希求水準 $\aleph_{\mathrm{RS}}$ は $[0, 1]$ の範囲で 0.05 ずつ設定し，SS モデルのパラメータ $\aleph_{\mathrm{SS}}$ は $[0, 2]$ の範囲で 2 ずつ設定した．

4.2 パラメータ推定手順

選択行動系列 a_t に対して，負対数尤度 (negative log-likelihood, NLL) を算出した．

$$\mathrm{NLL} = -\sum_{t=1}^{T} \log P(a_t) \tag{9}$$

各モデルのパラメータ 21 水準ごとに負対数尤度を算出し，負対数尤度が最小となる値を推定値として求めた．

4.3 結果

SM モデルにおける負対数尤度を図 1，RS モデルおける負対数尤度を図 2，SS モデルにおける負対数尤度を図 3 に示す．すべてのモデルで，パラメータが真値と等しいときに対数尤度が最小となった．

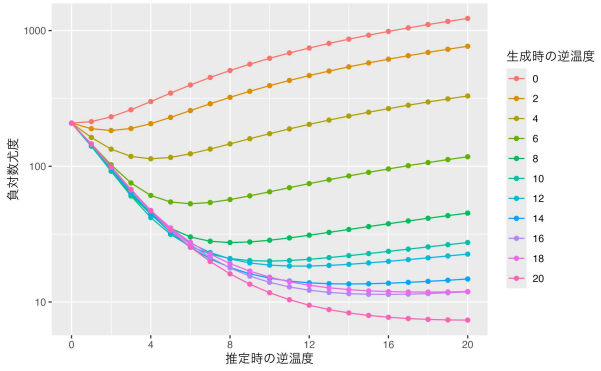


図 1 SM モデルによる生成データと同モデルでの負対数尤度の平均

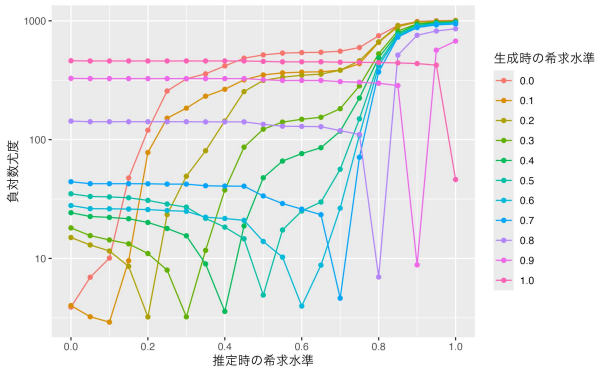


図 2 RS モデルによる生成データと同モデルでの対数尤度

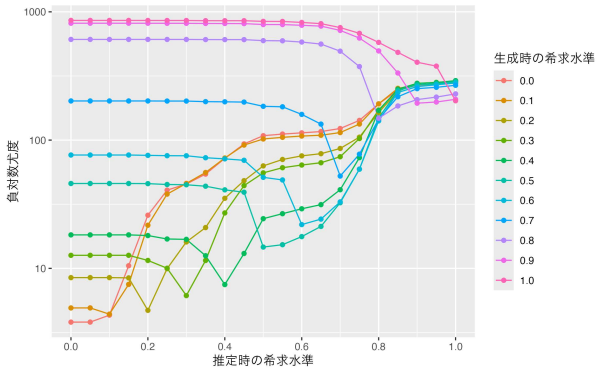


図 3 SS モデルによる生成データと同モデルでの対数尤度

データ生成時のパラメータ (真値) と推定されたパラメータ (推定値) の相関分析の結果を表 1 に示す．各モデルにおいて同一モデルが最大の値となった．

表 1 各モデルにおける真値と推定値の相関係数

	推定値		
真値	SM	RS	SS
SM	.886	-.495	-.777
RS	-.805	.851	.826
SS	-.831	.596	.864

データに対して推定値での負対数尤度が最小となったモデルを適合モデルと呼ぶ．各モデルの生成データに対して適合したモデルの割合を表 2 に示す．これは混合行列とも呼ばれ，単位行列に近くほどモデルがリカバリされていることを示す．各モデルにおいて同一モデルが最大となり，モデルのリカバリが確認された．

表 2 モデルリカバリの混合行列

	適合モデル		
生成モデル	SM	RS	SS
SM	.916	.053	.031
RS	.271	.704	.025
SS	.350	.099	.551

4.4 考察

SM モデルは，全データの真値と高い相関を示す．RS モデルの希求水準 $\aleph_{RS}$ の真値が大きくなるほど，SM モデルの逆温度 β の推定値は小さくなり，それぞれのモデルにおいて活用的な行動になる傾向として一致している．SS モデルの希求水準 $\aleph_{SS}$ の真値とも同様の結果を示しており，より大きい相関となっている．SS モデルも，全データの真値と高い相関を示している．RS モデルの $\aleph_{RS}$ の真値に対して，SS モデルの $\aleph_{SS}$ の推定値は，SM モデルよりも大きい相関がある．これは SS モデルが，SM モデルをベースに RS モデルの結果を再現するように定式化されているためであり，妥当な結果といえる．RS モデルの $\aleph_{RS}$ の推定値は他のモデルの真値とほとんど相関が無いが， 図 2 より，リカバリされたときに負対数尤度がとても小さくなることが示された．これは RS が価値関数によって求められた値を確率 1 で選ぶ決定論的モデルであるためこのような結果になったと考えられる．

5. 行動実験

本研究では，人間を対象とした 4 本腕ベルヌーイ・バンディット課題の行動実験データによって 3 つのモデルを検討する．実験は Web で実施し，クラウドソーシングサービス CrowdWorks (https://crowdworks.jp/) を用いて実験参加者を募集した．参加者は PC を操作してタスクを完遂した．本研究では，参加者 100 名の

データを分析に用いる．

5.1 実験手順

参加者には，選択行動 a_i として 4 個のデッキを提示した．各デッキには 10 枚の同色のカードが積まれており，カードの裏面は単色であり，表面は「あたり $(r = 1)$」か「はずれ $(r = 1)$」の 2 種類である．デッキによって，当たりの枚数（報酬確率 p_k）は異なっている．各試行 t において，参加者はデッキを 1 つ選択し，トップのカードが裏返され，その表面が結果として表示された．その後，カードは元のデッキに戻され，デッキの並び順序と各デッキ内のカードの順序はランダムにシャッフルされた．このような一連の手順を既定の試行回数 T に到達するまで，毎試行繰り返した．シミュレーションと同様に，各デッキの報酬確率 p_k を $\{.20, .20, .40, .80\}$，試行回数 T を 150 とした．

5.2 結果

数値実験と同様の手順でパラメータ推定を行った．実験データに対する適合モデルの割合と適合時の推定と負対数尤度の平均を表 3 に示す．

表 3 行動実験データへのモデルの適合結果

モデル	SM	RS	SS
適合したデータの割合	.670	.120	.210
適合時の平均推定値	6.89	.288	.546
適合時の平均負対数尤度	91.8	20.6	42.3

5.3 考察

表 3 より，人間の行動データに適合した割合が最大のモデルは SM モデルであった．SM モデルは過半数以上の参加者のデータに適合したが，適合時の平均負対数尤度は最大である．それに対して，RS モデルは適合したデータの割合が最小であるが，適合時の平均負対数尤度も最小であり，少数ながらも一部の参加者の行動をよりよく説明していると考えられる．また，SS モデルは適合したデータの割合と適合時の平均負対数尤度がともに次善の結果となっており，$\aleph_{SS}$ の平均推定値は最適切基準に近い値を示す．このことから，人間を対象とした多腕バンディット課題において，希求水準を満たすか否かにより選択を行う参加者と，そうでない参加者がいると考えられる．

6. 結論

本研究では，Softmax, Risk-sensitive Satisficing, Soft-satisficing という 3 つの計算モデルについて，4 本腕ベルヌーイ・バンディット問題におけるパラメータとモデルのリカバリを確認した．その結果，各モデルは最尤推定により真値と等しい推定値を求め，データ生成時と同一のモデルが最も適合することを示した．また，行動実験より，認知的満足化モデルを用いることで説明できる参加者のデータが 33% あったことが分かった．

文 献

Daw, N. D., O'doherty, J. P., Dayan, P., Seymour, B., & Dolan, R. J. (2006). Cortical substrates for exploratory decisions in humans. Nature, 441(7095), 876-879.

Wilson, R. C., & Collins, A. G. (2019). Ten simple rules for the computational modeling of behavioral data. Elife, 8, e49547.

Simon, H. (1957). A behavioral model of rational choice. Models of man, social and rational: Mathematical essays on rational human behavior in a social setting, 6(1), 241-260.

高橋達二, 甲野佑, & 浦上大輔. (2016). 認知的満足化 限定合理性の強化学習における効用. 人工知能学会論文誌, 31(6), AI30-M_1.

Tamatsukuri, A., & Takahashi, T. (2019). Guaranteed satisficing and finite regret: Analysis of a cognitive satisficing value function. Biosystems, 180, 46-53.

Kamiya, T., & Takahashi, T. (2022). Softsatisficing: Risk-sensitive softmax action selection. Biosystems, 213, 104633.

カンブリアンゲームにおけるAIとの共創 メディアアートによる変容可能性

Co-Creation with AI in Cambrian Games Transformation in Media Art.

上芝 智裕，宮田 義郎
Tomohiro Ueshiba, Yoshiro Miyata

中京大学
Chukyo University
ueshiba@sist.chukyo-u.ac.jp

概要

リンクされた画像の大規模なネットワークを作成するカンブリアンゲーム(安斎，中村)に画像生成 AI を使用したセッションの参加者は，AI が予想していなかった画像を生成したときに，より興味深いつながりを発見し，画像に新しい意味を見出し，世界に新たな可能性を発見し世界観が広がった．アートはテクノロジーによる創造的活動の抑制に抵抗してきたが，AI を含むテクノロジーを，便利なツールとして消費するのではなく，創造的活動のパートナーとして扱う必要があることを論じる．

キーワード：メディアアート，変革，テクノロジー，創造性，共創パートナーシップ

1. 工学とアートの分離と創造性の抑制

昨年の認知科学会大会での発表（上芝，宮田，2023）で，工学の発展による道具による効率化のためにしばしば使い手の学びが排除され，知識の作り手と使い手が分断された結果，ものを作り，使い，学ぶ活動が不可分につながり循環する創造的循環が抑制されてきた一方で，アート分野では逆に使い手(鑑賞者)の創造的関わりが重要視され，創造性の抑制に抗ってきたが，コンピュータによる無制限の複製により創造の多様性が失われつつあることを指摘した．さらにこのような中で，カンブリアン・ゲーム（安斎，中村，2023）では，「作る」「使う」「知る」の循環を実現し，創造性を促進してきた．ゲームの中で画像生成 AI が創造の結果ではなくプロセスに関わることにより，創造的行為の視野を拡張している可能性を実践データから探った．その結果，以下のような観察を報告した．

2. AIでカンブリアンゲームを体験した学生の振り返りの分析

中村理恵子が担当した早稲田大学文化デザイン学部の授業では，生成 AI を使った同様の 2 週間のセッションが行われた．参加した学生の振り返りの分析をいくつか紹介する．

AI 活用の興味深い点は，完全なランダムではなく，予想からの微妙な逸脱によって面白い画像が生まれることである．AI は人間の限界を超え，人間の想像力の限界を少し超えた画像を生成する．このように，生成 AI は意図的な描画装置ではなく，偶然の創発によって拡張を与える装置として機能する．そしてさらに興味深いのは，ある学生が振り返りで述べているように，自分の内部の限界に気づき，そこから自分の可能な世界を外に広げることができたということである．次節では，学生が限界を超えたときに何を発見したのかを分析していく．

2.1 意識の深化による世界の可能性の発見

学生たちの振り返りで述べられた発見は，基本的に 2 つのタイプに分類できた．

- 1 つのタイプは，世界観を広げたり，画像に新しい意味を見いだしたりするなど，世界に新しい可能性を発見したと述べているもの．
- もう 1 つのタイプは，創造プロセス自体への興味や，他のメンバーがどのように画像を作成したかへの興味など，新しい表現を作成することに何らかの価値を発見したと述べているもの．

最初のタイプには，興味深い概念化がいくつかあった．世界に新しい可能性を発見した学生たちの振り返りからの抜粋を以下に示す．

- AI には，自分が存在すら知らなかった世界を見せてくれるという可能性を感じました．
- なぜ撮ったのかさえ覚えていない写真に，無限の可能性を発見しました．無意味だと感じていた画像が，非常に重要な意味を持つものに変換されました．あまり面白くしようと思っていなかった画像の方が，人気が出ると予想していた画像よりも，他のメンバーから面白い反応をもらいました．

これらの反映は，意識の境界が深くなったことと理解できる．図 1 の各三角形は，上部の意識レベルから下部に向かった無意識レベルまで，人が画像を理解する様子を表している．日常生活では，ほとん

どの画像を比較的浅い意識レベルで処理する必要があり，より深い理解は不要である．

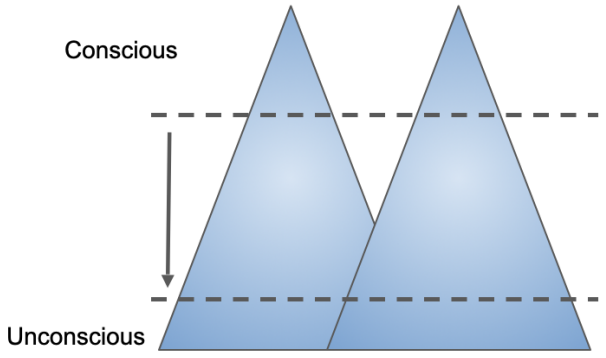


図 1. 画像をつなげることによる意識の深化

しかし，カンブリアンゲームで 2 つの画像の関係性を見つけようとする場合，2 つの三角形が重なるように意識レベルを深める必要がある．2 つの画像の違いが大きいほど，それらのつながりを見つけるために意識の境界をより深く広げる必要がある．

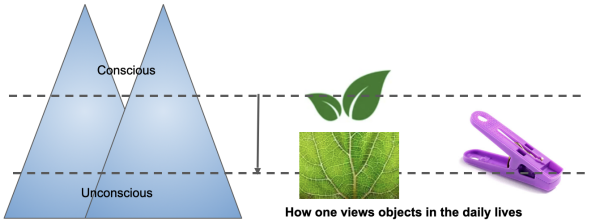


図 2. 意識の深化によって日常物が精緻に見える

このように画像を結びつける意識が深まったことで，日常生活における世界の見方が変わったようである．（図 2）以下は，ある感想からの抜粋である．

- 日常生活における世界の見方が変わりました．例えば，今まで気にも留めなかった植物の葉の表面の質感の興味深いパターンを見つけました．
- また，洗濯ばさみの形にも驚きました．浅い意識で世界を理解していましたが，AI を使った経験により，世界をより細かく見る意識が広がりました．

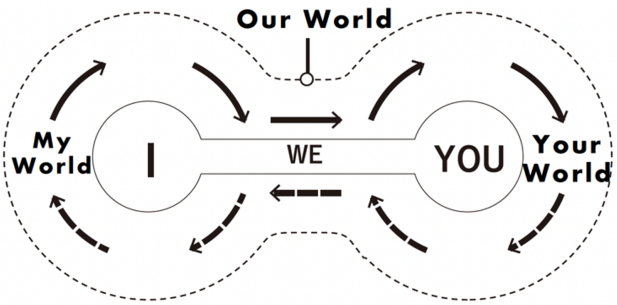


図 3. 創造的対話のモデル

このような意識の深化はどのようにして可能になるのだろうか．佐伯[3]と横溝[4]のモデルを基にした対話によるアート作品制作のモデル（図 6）では，私とあなたが私の世界とあなたの世界の表現を交換し，それらが循環することで，私たちの世界に共有できる新しい意味を共同で構築する．このモデルをカンブリアンゲームに当てはめると，中央の緑の円がシステムを表す．白い円は，システムを通じてイメージを提供するプレーヤーを表す．（図 4.）プレーヤー間のイメージ交換の対話を通じて，各プレーヤーの THEY 世界は拡大するが，人間の想像力の限界を超えることはない．ゲームに AI が組み込まれると，各プレーヤーは AI を使用して新しいイメージを生成するオプションを持ち，各プレーヤーは人間の想像力の限界を超えて THEY 世界を拡大することができる．これが，上で述べた意識の深化につながる可能性がある．

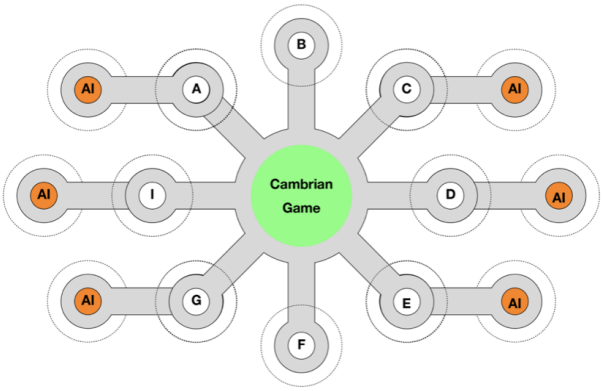


図 4 図 3 の創造的対話モデルによるカンブリアンゲーム（AI 使用後）．

2.3 世界の可能性を発見する

宮田・鈴木(2022)は，現代社会では道具を作る人とそれを使う人の関係性が失われ，日常の小さな創造行為（一人称や二人称の道具を作ることなど）の社会的意義を認識できずに「創造行為の視野」が狭まっていると指摘し，拡張 CBAA モデルを提案した．（図 5）上半分は，Karwowski(2017)が著書『Creative Self』で展開した「創造的行動としての創造的行動（CBAA）モデル」である．創造的行動に必要な重要な要素は，「私は創造的だ！」といった「創造的自信」と「私の創造性は重要だ」といった「創造性の価値知覚」であると仮定している．モデルの下半分は，我々が提案した「拡張モデル」で，「私は世界をより良くすることができる」といった「世界変化の価値の知覚」と，「世界は変わることができる」といった「世界の潜在的可能性の知覚」という 2 つの要素を追加したものである．このモデルによれば，自分の創造行為のより広い意味（例えば，大量生産された製品を消費するのではなく，日常的に使うものを手作りすることで資源の消費や廃棄物を減らす）を認識し，「創造行為の視野」を拡張することで，自分の行動によって世界を変える可能性を認識できたとき，そのような創造行為を実現することが可能になるのである．

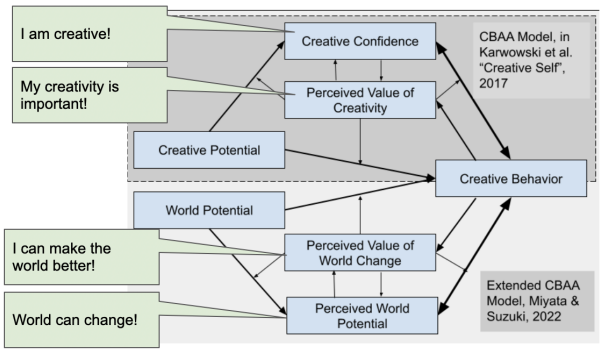


図 5. 拡張 CBAA モデル（宮田，鈴木，2022）

学生たちの振り返りには，「知覚された世界の可能性」の例が数多くあった．「創造的自信」に分類できる例は 1 つだけだった．

- 創造的自信:
  - ○ 自分の中に秘められた創造性が開花しました．
- 世界の変化の知覚された価値:
  - ○ 誰かが自分の画像にリンクしてくれた時，自分が貢献できたのでうれしかったです．
- 知覚された世界の可能性:
  - ○ AI と連携した経験により，私の意識は先入観を超えて広がり，世界をより細かく見ることができるようになりました．
  - ○ 自分の写真に無限の可能性があることに気付きました．
  - ○ AI は私たちが知らなかった画像を見せることで，アートの可能性を広げることができます．

これらの振り返りは，カンブリアンゲームに AI が導入されたことで，参加者一人ひとりの「創造的行動の視野」が広がり，これまで認識されていなかった「世界の変化の可能性」が認識され，創造的行動の循環が促進されたことを示している．

2.4 固定化された世界を流動化する

例えば食料品の廃棄期限などによる食品廃棄によって食資源の本来の循環が失われ，使用済み製品が廃棄されて大量のゴミが処分されている．宮田，鈴木（2024）は，マンズィーニ（2020）の個体的世界と液体的世界の概念を使って，本来流動的であった自然物の世界を効率的に扱うために，人工物によって固定化してきたために多くの問題が発生していると指摘し，それらを堆肥化やリユースによって再び流動化した事例を紹介した．同様に，本来多様な意味を持っていたアート活動を，前述のようなアーティストと鑑賞者の分離や，学校教育によって固定化してきた問題に対して，カンブリアンゲームでは潜在的に多様な意味を AI によって顕在化することで流動化しようとしているといえるだろう．AI 生成画像が「予想とちがうことが面白い」というのは，固定的にみていた意味が流動化していくという解釈ができるだろう．世界を見る時に一つのアフォーダンスに固定化していたのが，カンブリアンゲームの経験から潜在的に多様なアフォーダンスが存在することに気づいたことによって，上で分析したような「意識の深化」が経験されたと解釈できる．

3. 結論：工学と芸術はどのように連携して未来を形作ることができるのか?

冒頭では，テクノロジーの利用方法において工学と芸術が分離され，双方で創造性が抑制されるようになった過程について述べた．最後に，工学と芸術が創造性を抑制するのではなく高めるためにどのように連携できるかについて議論する．安斎利洋(2007)は，工学装置である Me と芸術装置である Ma の相互作用について論じている（図 6）．ここで「装置」には，物理的なシステムだけでなく，知識やスキルなどの認知的なシステムも含まれる．安斎は，一方では Me と Ma の 2 つの装置（図 6 の 3 と 4）が互いに作用する場合と，他方ではそれぞれの装置が対象 Oe と Oa に作用する場合を比較している．

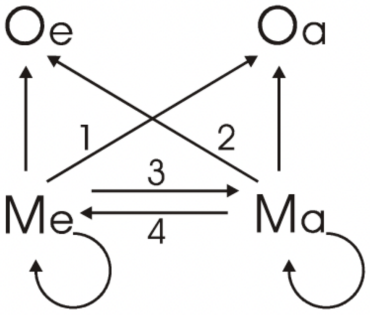


図 6. 複合パラダイム装置（安斎，2007）

画像生成 AI によるアート作品の自動生成は，工学装置 Me が芸術対象 Oa に作用し，人間のクリエイターが Oa を作成する際に Ma を回避できるようになることで，彼らを消費者に変え，前述したような創造性の抑制につながる可能性がある．このように工学装置 Me は認識を固定化する性質があるようだ．それに対して，カンブリアンゲームは，Me が Ma に作用することによって，上述のように新しい可能性の発見を促し，時には意識レベルが深まり，日常生活で世界をさまざまな視点でより精緻に見る可能性を示した．認識を固定化しやすい Me も，このように Ma を通すことで流動化し，「芸術とは何か」という問いを提起しており，潜在的に芸術のパラダイムを変える可能性がある．

機械/AI は最終的に人間に取って代わり，私たちは AI 作者のアート作品を消費するだけになるのだろうか．カンブリアンゲームは，AI が私たちの創造活動の世界を広げるためのいくつかの条件を示した．

- **作者と観客の間に境界を作らない．**我々は，ツールを自分たちが作成して使用するもの

として扱ってきたが，すでに述べたように，「作成」と「使用」の分離は，生産者と消費者，著者と聴衆の間に多くの境界を生み出し，AI の台頭以前から私たちの創造性と学習を抑制しがちであった．この条件は，すべてのプレイヤーが作者であり観客でもあるカンブリアンゲームで実現されている．

- **初心者と専門家の間に境界を作らない**．カンブリアンゲームでは 1 つ目とこの条件を実現したことで，確立された芸術装置 **Ma** を問い直し，新たな芸術パラダイムを提示した．
- **私たちは AI を単なる道具としてではなく，共創するパートナーとして扱う．**これは，現在の画像生成 AI が，私たちが意図したものを生成できる道具ではないため，カンブリアンゲームで実現される可能性があるが，現状の AI は，共創的なパートナーというよりは，「予測できない（多くの場合，リスクのある）パートナー」のようなものである．AI を良い道具ではなく，良い共創パートナーとして設計する方法を見つけるのが私たちの課題といえよう．これは最後のポイントにつながる．
- **私たちは，共同制作を通じて自分自身を変革することにオープンである．**

最後のポイント「自分自身をオープンに変革する必要性」について詳しく説明する．この論文で説明した AI に関する経験を通じて，私たちは自分自身と道具の関係を再考する必要があることを学んだ．AI の初期段階では，工学は AI に教えることで AI を作成できると考えていた．しかし，工学は，AI に教えるよりも学習させる方が良いと判断した．つまり彼らは，自分が作成しているものを説明できないため，作成者にはなれないことに気付き，AI を作成するという考えをあきらめたのである．しかし，工学が作成した製品のユーザーであると自認する消費者は，AI を便利なツールとして利用しようとし，ハラリ（2022）の警告するように，創造の喜びも学習もない世界で，人間は AI が作成したものを消費する「無用者階級」となるだろう．このようなシナリオを避けたいのであれば，私たち自身が変革する必要がある．AI を誰かが作って私たちがただ使うだけの新しい道具とみなすのではなく，お互いから学ぶための共創のパートナーとして扱うべきだろう．

AI に関するこのような経験から，「作り手と使い手の間に境界を作らない」という原則は，AI だけでなく，私たちが作り，使うすべての道具に当てはまることがわかる．「作る・使う道具から共創のパートナーへ」という原則も，私たちが住む世界との関係のあらゆる側面に適用できるだろう．我々はすでに，生態系を自由に使える道具としてではなく，共創のパートナーとして見なすべきであることを学び始めている(Miyata, et al., 2019)．特に，発酵や自然農法，有機農法で食料を生産する際には，生態系を道具としてではなく，パートナーとして扱ってきた．これらの分野は，我々自身と我々が住む世界との関係を変革するのに役立つ多くの有用なリソースを提供してくれるかもしれない．

文献

安斎利洋，中村理恵子,”カンブリアンゲーム”, http://cambrian.jp/（2023 年 10 月 12 日アクセス）

上芝智裕 宮田義郎. (2023)”芸術における AI との共創 - カンブリアンゲームでの実践” 2023 年度日本認知科学会第 40 回大会論文集, pp.839-842.

佐伯胖 （1995）”「学ぶ」ということの意味” 岩波書店

横溝健，鈴木あおい，宮田義郎，原田泰，(2024) ”土地の記憶を描き，眺め，環流する社会的デザイン実践 ：回る往復書簡・ラウンドアバウトレターズを用いて”, 認知科学,第 31 巻,第 2 号 pp.289-306

宮田義郎，鈴木真帆（2022）”創造性の社会的意味”，認知科学　第 29 巻第 2 号 pp.281-284.

M. Karwowski，J.C. Kaufman（編）(2017) "The creative self: Effect of beliefs, self-efficacy, mindset, and identity” pp. 273–288. Academic Press.

宮田義郎，鈴木真帆（2024）"人と環境が交わり変容する可能性としてのアフォーダンス", 日本デザイン学会全国大会 2024.06 テーマセッション「アフォーダンスを問い直す」

マンズィーニ, E. (2020). 安斎他訳，"日々の政治 ソーシャルイノベーションをもたらすデザイン文化", ビー・エヌ・エヌ新社

安斎利洋（2007）"詩的工学の提言：芸術と工学の相互越境" 電子情報通信学会誌.第 90 巻第 12 号,pp.1086-1090.

ハラリ，Y.N.，柴田訳,(2022) "ホモデウス"，河出書房新社

Miyata Yoshiro, Harada Yasushi, Yokomizo Ken, Motoki Tamaki, Ueshiba Tomohiro. (2019) "Re- Designing Design - Design Principles Based on Historical Analyses of Human Emotions and Values." International Association of Societies of Design Research (IASDR) Conference 2019, Design revolutions: IASDR 2019 Conference Proceedings. Volume 3: People., 521-5298

誤情報の活用によるRetrospective Think-Aloud法改良の試み
An attempt to improve the Retrospective Think-Aloud method by utilizing misinformation

森 順平 †, 髙宗 楓 †, 西本 一志 †
Jumpei Mori, Kaede Takamune, Kazushi Nishimoto
† 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
s2310162@jaist.ac.jp

概要

定性調査やユーザビリティテストで用いられているRetrospective Think-Aloud法には，十分な発話量が得られなかったり記憶の正確な想起が難しかったりするなどの問題がある．本研究ではこれらの問題を解決するために，Retrospective Think-Aloud法の実施時に提示するタスク遂行時の記録情報に誤情報を混入する方法を提案する．これにより，発話量の増加やより効果的な記憶の想起の実現を目指す．

キーワード：誤情報, 思考発話

1. はじめに

思考発話法（Think-Aloud）は，あるタスクを遂行している間に頭に思い浮かんだことをすべて発話して報告することによる行動分析の手法である．Retrospective Think-Aloud (RTA) 法は思考発話法の1種であり，タスクを遂行した後に，タスクを遂行している間の様子を記録した映像などの情報を提示しながら，タスクを遂行時に考えていた内容を思い出してもらい，発話させる手法である [1, 2]．実際にRTAは，Webサービスやアプリケーションの開発の中で行うユーザビリティテスト [1] や，スポーツやゲーム，経営等における戦略分析など様々な場面で用いられている．しかし，RTA法ではタスク遂行後に発話するため，タスク遂行時の記憶を正確かつ十分に思い出させることが難しいことや，記憶の合理化が行われてしまうこと，その結果として十分な発話量が得られず正確な思考内容を詳しく探ることができないことといった問題点が指摘されている [3]．これらの問題点はいまだに十分に解決されていない．

そこで，本研究では誤情報（misinformation）を活用した「**mRTA (misinformed Retrospective Think-Aloud)**」法を提案する．誤情報の活用事例として知見ら [4] がプログラミングの授業に誤情報を活用した研究がある．この研究では，授業の中に誤情報を混ぜたことで，その授業を受けた生徒らが授業に対して受動的な態度から能動的な態度に変化したと報告した．通常の授業では説明されてもその内容をただ受け取るのみであったが，誤情報を混ぜることを教示し，正情報と誤情報の判別を生徒らに自主的に行わせたことで，能動的な態度に変化したとされている．また小森ら [5] は，誤情報を与えて指摘意欲を誘発することで，何についてどの程度精通しているかという知識レベルをあぶりだすことができたと報告している．このような，誤情報を提示されることで参加態度が受動的から能動的に変化する効果や指摘意欲がかき立てられ記憶を想起させる効果をRTAに活用することで，正確かつ詳細な記憶の想起を促し発話量を増加させることができると考えられる．

2. 実験

mRTA法の効果を確認することと問題点を洗い出すことを目的とした初期的な実験を実施した．mRTA法では，まず被験者に認知的負荷のかかるタスクを遂行してもらう．タスクの終了後，実施したタスクの記録映像等を提示しながら，実施内容についての想起と発話での報告を行ってもらう．この際，提示する記録映像の一部に，内容を若干改変した誤情報を混入させる．今回の実験では，具体的なタスクとして麻雀を題材とした．麻雀は不完全情報ゲームの一種であり，プレーヤーは複雑な認知処理をしなければならないため，RTAを行う際のタスクとして適すると考え，実験に採用した．なお，誤情報を被験者に提示するmRTA法では，被験者が誤情報を正情報だと勘違いしてしまうことにより記憶の想起をむしろ妨げる恐れがある（いわゆる「誤情報効果」[6]）ことや，虚記憶 [7] を呼び起こしてしまう恐れがある．それゆえ今回の実験では，どの程度の誤情報であれば記憶の想起を妨げないのかについても確認する．

2.1 手順

実験では，被験者に認知負荷のかかるタスクとして麻雀の「次の一手問題」を行い，その後再認可能か確認する「再認テスト」を実施した．事前に実施した予備的な実験で，麻雀の熟達度が再認テストの結果に大きく影響することがわかっていた．本研究では誤情報による影響のみを調査したいため，本実験では熟達度の影響を排するために熟達度が同程度に高い 2 名の大学院生（日本語話者）に被験者として協力を依頼した．

2.1.1 次の一手問題

「次の一手問題」では被験者に図 1 のような麻雀のある局面を示す盤面画像を 1 枚見せ，その局面で次にどのような行動をとるかを考え，発話してもらった．考慮時間に制限は設定せず，被験者から思考中の内容を聞き取った．聞き取りを行った主な内容を以下に示す．

- 自分が牌をつもってきた場面の場合，手牌からどの牌を切るか．
- 他者が牌を切って自分が鳴くことができる場面の場合，その牌に対して鳴くか．鳴く場合にはどの牌を切るか．
- その後の展開をどうするのか（特定の役を狙って動く，降りる，など）．

盤面画像は 1 枚ずつ合計 12 枚提示し，都度上記の聞き取りを実施した．通常の RTA 法であればタスクの実施中に思考発話を求めることはないが，今回の実験では被験者の思考の焦点がどこにあたっているのかを明らかにするために，この段階での聞き取りを実施した．この聞き取り結果と，後述する「再認テスト」の中での聞き取り結果とを比較することで，誤情報が記憶の想起にどのような効果を持つかを検証する．

2.1.2 再認テスト

12 枚の盤面画像に対する「次の一手問題」がすべて終了した後，「再認テスト」を実施した．「再認テスト」では被験者に「次の一手問題」と同様に図 1 のような盤面画像を 1 枚提示し，提示された画像が「次の一手問題」で提示された画像と一致するものかどうかを判断してもらい，その判断の理由について半構造化インタビューを行った．提示する画像は「次の一手問題」と同じく 12 枚だが，そのうちの 6 枚は「次の一手問題」で見せた盤面と同じ画像（正画像），残りの 6 枚は盤面情報を一部変えた画像（誤画像）である．図 2 は，図 1 の誤画像として実際に実験で提示した画像である．なお，事前に予備的に実施した実験で，被験者が自分の手牌以外にはほとんど注意を払わないことが示されたので，今回の実験では手牌のみに変更を加え，変更の可能性があるのは手牌のみであることを教示した．提示する画像の順番は，「次の一手問題」で提示した順番と同じにした．誤画像については，元の変更する前の画像と同じ順番に配置している．被験者が盤面上のどこに注視しているかを確認するために，視線データも実験中に収集した．

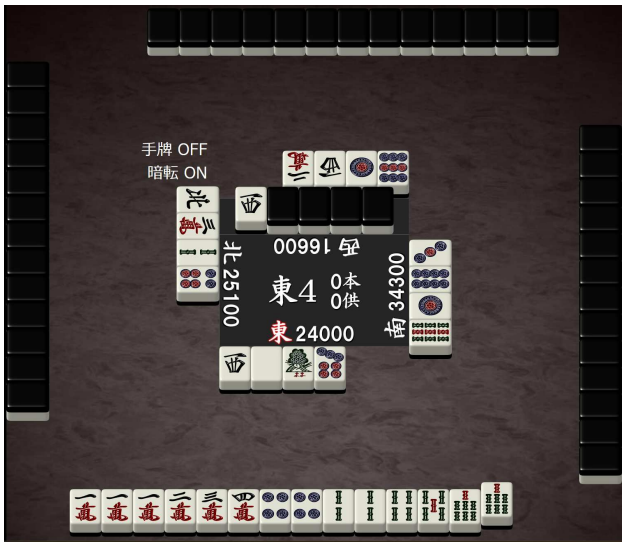


図 1 盤面画像の例

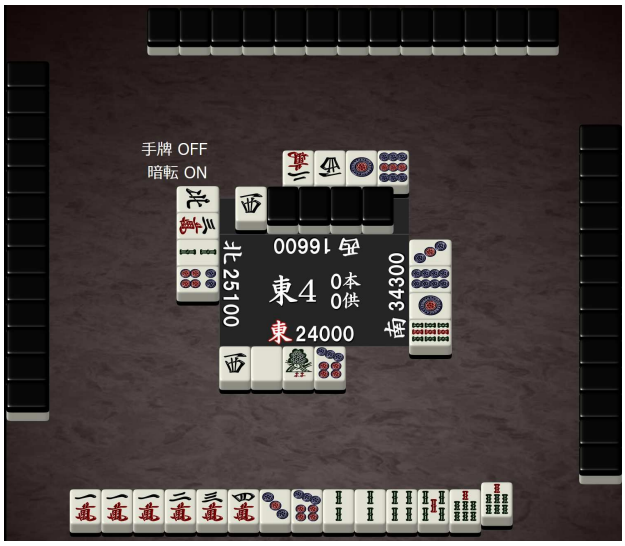


図 2 誤画像の例

うーん．あーまあそうか，これは，自摸牌が，自摸牌が違う，あー，違うくないか．あ，これ自摸牌が，違うな．**7 そう切るって言ったから．**だから，たぶん一緒かな．たぶん一緒だと思います．（一緒だと思うけど自信がない？）そうですね，はい．この自模ってきたのが 2 そうだったか，5 そうだったか．多分 2 そうだった気がする．そうですね，自模ってきた牌がどうだったかっていうくらいですね．あとは多分持ってたのは一緒ですね．

図 3　発話例 1

なんか, 右側が変な形している．そうですね, さっきシャンポンの聴牌だったと思うんですけど，何だったかな．そうですね，さっき 4 ピン切って確か，あ，6 そうだ．6 そう 6 そうで確か**ドラくっつくみたいな話をしていたので，それで多分ダマにしたやつ**なんですけど，今回一向聴ですよね．まあ，前回とは違う感じということで．

図 4　発話例 2

3.　結果・考察

再認テストでは，両被験者ともに高い精度で正画像と誤画像の判別に成功していた．また再認の際には，手牌を見て見覚えがあるか判断するか，もしくは「次の一手問題」で自身のとった行動を想起し，その行動を提示された盤面においても行うかを判断することで，正画像か誤画像かを判別していた．誤画像と判断した際の理由について尋ねた際，被験者は自身の取った行動を振り返り，その行動と提示されている盤面では整合性が取れないと判断し，誤画像であると述べていた．図 3 と図 4 に，実験の際の被験者による発話例を示す．なお, 図中の括弧部分は実験者の発話である．このように，誤画像が提示されることにより被験者が深く思考する様子が見受けられ，より正確かつ詳細な記憶の想起を促すことができる可能性が示唆された．

本実験の中で，誤画像に含まれている誤情報が被験者の考えた戦略や行動と絡んでいない場合，誤情報が発話に現れず，誤情報に気づかない場面があった．図 5 に正画像の 1 例を，図 6 には図 5 に誤情報を入れて改変した誤画像を示す．図 5 の手牌の中にある 9 ピン 2 枚を，図 6 では誤情報として 8 ピン 2 枚に変えている．「次の一手問題」にて図 5 を提示した際の発話が図 7,「再認テスト」にて図 6 を提示した際の発話内容が図 8 である．「次の一手問題」での被験者の発話（図 7）では改変対象となった 9 ピンに対する言及があるものの,「再認テスト」での被験者の発話（図 8）では改変された 8 ピンへの言及が見られない．改変部分に対して視線が向いていることは確認したが，再認判断の際の発話には現れていないこと，また，被験者が誤情報の牌以外で再認判断を行っていることから，この改変部分は被験者の戦略や行動の意思決定の中で重要度が低く思考の焦点があたっていない要素であったと考えられ，そのような個所を誤情報にした場合は改変に気づかない可能性があると考えられる．ただ，再認テスト後に被験者に答え合わせとしてどこが誤情報

図 5　正画像の例

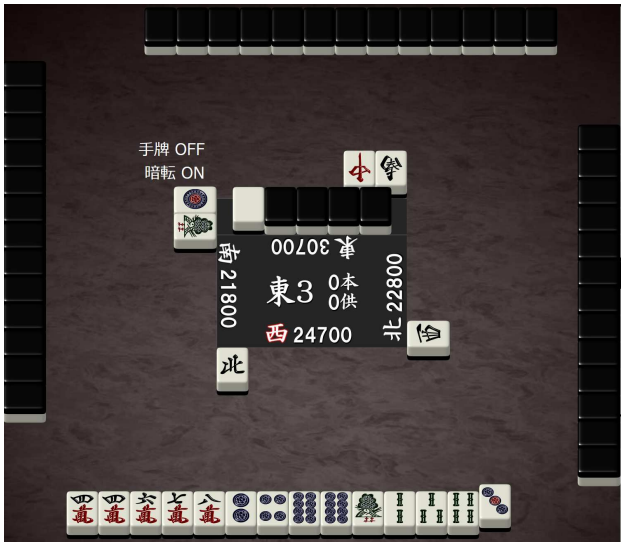


図 6　図 5 を改変した誤画像の例

そうですね，こっから，まあまあ，早いってのが一番と，全然まだ一着も狙える，シャンポンなんですけど．で，リーのみだけど，そうですね，まあ 9 ピンとかならまだ出やすいかなっていうのと，まあ点差 6000 点なんで全然，こっからまだ東 3 なんで，まあ縮めるっていう意味で，とりあえず上がりが欲しいんで，とりあえずリーチですかね．

図 7 「次の一手問題」実行中の発話

あー．これは 1 そうで行くみたいな．まあ変わってないと思いますね．（どういったところで感じましたか．）1234 のとことカンチャン入ってシャンポン待ちだったっていう印象．あー，カンチャン入ってたかな．いやもうとにかくシャンポン待ちだったのは覚えてて，1234 の連続系で，下家が 1 そう捨ててたのは見たんで．多分変わんないですね．

図 8 誤画像を提示した「再認テスト」の際の発話

だったか提示した際（図 9），被験者はその誤情報の元の牌に関する記憶を想起していた．このことから，誤情報に気づかない場合には元の記憶を引き出すことができなくなってしまう恐れがあるが，その後に答え合わせをすることで記憶を引き出すことができる可能性があると考えられる．また，この性質を活かすことで被験者の思考の焦点があたっていない部分を見出すことができるので，被験者の思考について発話にも視線にも表れていない情報をとることに応用することができる可能性もあるだろう．

4. おわりに

本研究では，RTA の際に提示するタスクの記録情報に誤情報を埋め込むことで，記憶の正確かつ詳細な想起や発話量の増加を促すことを狙った mRTA 法を提案した．mRTA 法の効果や問題点を洗い出すための初期的な実験を行った結果，タスク実施中に思考の焦点があたっている個所に誤情報を設定した場合にはほぼ期待通りの効果を得られる可能性が見られた．一方，思考の焦点があたっていない箇所に誤情報を埋め込んだ場合にはその存在に気づかれない可能性も示唆された．ただし，それによって逆に思考の焦点がどこにあたっていたかを見出すことができる可能性も示唆

あー．8 ピン．本当は 9 ピン．（本当は 9 ピンでした．）あー，そうだ 9 ピンだった．なんか全然出やすいみたいな．そうかそうか 8 ピンじゃなかったか．

図 9 誤画像を提示した「再認テスト」後の発話

された．今後は従来の RTA 法と mRTA 法とを比較する実験を行い，mRTA 法の実効性を検証するとともに，さらなる誤情報の活用可能性についても検討していきたい．

文献

[1] Nielsen, J., (1994) “Usability engineering” Morgan Kaufmann.
[2] HENDERSON, R. D.; Smith, M. C.; Podd, J.; Varela-Alvarez, H., (1995) “A comparison of the four prominent user-based methods for evaluating the usability of computer software.” Ergonomics, Vol.38, No.10, pp.2030-2044.
[3] Russo, J. E.; Johnson, E. J.; Stephens, D. L., (1989), “The validity of verbal protocols.”, Memory & cognition, Vol.17, pp.759-769.
[4] 知見邦彦; 櫨山淳雄; 宮寺庸造, (2005) “失敗知識を利用したプログラミング学習環境の構築” 電子情報通信学会論文誌 D, vol. 88, No. 1, pp. 66-75
[5] 小森麻友香; 高島健太郎; 西本一志, (2019) “潜在的技能保有者を顕在化するための娯楽的 Know-who 支援手法” 情処研報，Vol.2019-HCI-182, No.9, pp.1-8, 2019.
[6] Loftus, E. F. , (1991) “Made in memory: Distortions in recollection after misleading information.” Psychology of learning and motivation, Vol.27, pp.187-215.
[7] Roediger, H. L.; McDermott, K. B., (1995) “Creating false memories: Remembering words not presented in lists.” Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition, Vol.21, No.4, pp.803.

アファンタジアの文章読解：
視覚イメージ形成能力が状況モデルの構築に与える影響

Text Reading in Aphantasia:
Effects of the ability to form visual images on the construction of a situation model

安永 大地[1]，前田 実香[1]，齋藤 五大[2]，坂本修一[2]，髙橋純一[3]
Daichi Yasunaga, Mika Maeda, Godai Saito, Shuichi Sakamoto, Junichi Takahashi

[1]金沢大学，[2]東北大学，[3]福島大学
Kanazawa University, Tohoku University, Fukushima University
daichi.y@staff.kanazawa-u.ac.jp

概要

視覚的なイメージを心的表象として形成できず，「視覚的に思い浮かべる」ことに困難を示す人のことをアファンタジアと呼ぶ．本研究ではアファンタジアと非アファンタジアの文章読解の過程にどのような異同が観察されるかを整理するための実験が行われた．具体的には文章読解中の場面の転換に対してどのような情報処理を行っているかを群間で比較した．実験の結果，ファンタジアは場面転換の事実の整理だけを行っており，文章への没入の度合いが非アファンタジアよりも浅い読み方をしている可能性があることが示唆された．

キーワード：アファンタジア（aphantasia），文章読解（text reading），状況モデル（situation model）

1. はじめに

実際には目の前には存在しない物体や過去に見たことがある景色などを視覚的に思い浮かべる体験は多くの人に共有されるものと思われる．こうした体験は視覚イメージの形成能力に基づくものと考えられている．近年，視覚的なイメージを心的表象として形成できず，「視覚的に思い浮かべる」ことができない人（アファンタジア）の存在が報告されはじめ（Zeman et al., 2015），大規模なアンケート調査によれば，およそ4%程度の人にアファンタジアの傾向があることが明らかになっている（Dance et al., 2022; Takahashi et al., 2023）．

アファンタジアの認知特性を明らかにする取り組みは始まったばかりである．その中で，「アファンタジアは言語が得意（≒言語運用能力が高い）」といった報告が当事者からの聞き取り調査の中で多く見受けられる．一般的に言語学では「言語が得意（母語の運用能力が高い）」かどうかを示す方法はないし，多くの言語学者はそれを明らかにすることを目的とはしていない．しかしその一方で．アファンタジアと非アファンタジアで言語運用にどのような異同があるかを整理することは認知科学的な観点から見ると非常に興味深い．そこで，本研究では文章読解の過程を観察することで両群にどのような違いがあり，その違いを生み出すメカニズムはどのようなものかを検討した．

2. 実験

我々が文章を読み進めるとき，主人公が行動する様子や景色などを想像しながら読み進める感覚がある．文章を読むときに時間，空間，因果関係，意図，行為主体に関する記憶表象を構築することを状況モデルの構築と呼ぶ．本研究ではこの中でも空間状況モデルに注目し，文章中の登場人物が移動することによって生じる空間状況モデルを取り扱った．

参加者　今回の実験にはアファンタジア群 10 名（平均 42.0 歳），非アファンタジア群 15 名（平均 39.6 歳）が参加した．年齢は群間で有意差はなく[$F(1, 23) = 0.17$, $p = 0.68$]，VVIQ は有意差があった[$F(1, 20) = 73.50$, $p < 0.001$]（表 1）．

表 1　実験参加者の年齢と VVIQ スコア

				年齢（歳）	VVIQ（点）
アファンタジア群	男	6名	平均	42.00	25.60
	女	4名	標準偏差	10.15	5.00
非アファンタジア群	男	8名	平均	39.60	64.70
	女	7名	標準偏差	14.98	11.70

手続き　参加者ははじめに 6 つの部屋と 1 つの中庭からなる建物の間取り図（図 1）を覚える作業に取り組んだ．各部屋には名前（「オフィス」「資料室」など）が付けられており，各部屋には 3 つのオブジェクト（例：「オフィス」には「机」「書類棚」「会議机」）が配置されており，部屋の名前，配置，置かれているオブジェクト名を覚えさせた．暗記に要した時間はアファンタジア群の平均が 21 分 19 秒，非アファンタジア群が平均 13 分 40 秒で群間差が観察された[$F(1, 21) = 11.15$, $p < 0.001$].

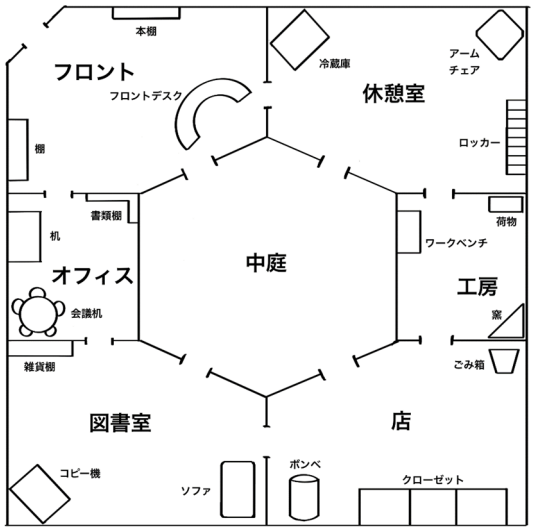


図１　今回の実験で用いられた間取り図

表２　実験で使用された文章の一例

タイトル	あいつはどこだ！？
文1	佐藤はちょっとした用事があり、休日ではあったが仕事場を訪れてい
文2	明日までに提出しないといけない書類作りがあったためだ。
文3	佐藤は夜遅くにやっと仕事を終わらせ、フロントで本棚にあった本を読んでいた。
文4	その時、佐藤は先ほどまで共に仕事をしていた同僚の田中に大切な書類を渡し忘れていたことを思い出し、本を片付けた。
文5	佐藤は急いでオフィスに入ったが、田中の姿はなかった。
文6	佐藤はオフィスから、店に入った。
文7	佐藤は田中の姿が見えず、困惑した。
文8-path	その時、佐藤はコピー機の方から物音がしたような気がした。
文8-source	佐藤は机の方から物音がしたような気がした。
文9	戻ろうかと考えたが、先ほど通ったときに姿が見えなかったことを思い出し、とりあえず仕事場を一周することにした。
文10	佐藤は工房に向かったが、田中の姿はなかった。
文11	佐藤は、田中に会えないことにいらいらしていた。
文12	そして工房からフロントに入った。
文13	佐藤はすべての部屋を巡っても会えず、いったいどういうことなんだと驚いていた。
文14-path	佐藤は、アームチェアの方から物音が聞こえたような気がした。
文14-source	佐藤は、ワークベンチの方から物音が聞こえたような気がした。
文15	その時、ついに佐藤は田中を見つけることが出来たのだった。

その後に 15 文からなる文章を読ませた（表 2）．文章内では主人公が部屋から部屋へと移動する文が 2 つ用意されていた（表 2-文 6, 文 12）．主人公が移動する前の部屋を source room，移動後の部屋を goal room，その中間にある部屋を path room と呼ぶ．主人公が移動した後に，source room に置かれたオブジェクトに言及した文（source 条件；文 8-source）と path room に置かれたオブジェクトに言及した文（path 条件；文 8-path）を呈示し，これらターゲット文を読む時間を計測した．

また，主人公の移動の経路が一方向の場合を「単純条件」，移動中に方向転換を含み，経路が少し複雑になる場合を「複雑条件」と設定した．実験条件を総合すると，①言及先（source か path か）×②移動の経路（単純か複雑か）×③アファンタジア（アファンタジアか非アファンタジアか）の 3 要因であった．①と②が参加者内要因，③が参加者間要因であった．

さらに，各文章を読んだあとに 2 問ずつ文章の内容の理解を問う二択問題を課した．

主人公の移動に伴って空間モデルが逐次的に構築されるのであれば，source room の空間モデルは path room のモデルよりも"古い"．そして，"古い"表象の処理の方が負荷が大きく，この違いが読文時間に反映されるのであれば source 条件の読み時間が path 条件よりも長くなることが予想される．さらに，空間モデルの構築に視覚イメージの形成能力が関わっているのであれば，アファンタジアと非アファンタジアでは読文時間に差が生じることが予想される．

結　果　まず，文章の内容理解については．「②移動の経路」の主効果が有意で，単純条件よりも複雑条件の方が正答率が高かった（表 3）．

表３　文章理解課題の平均正答率（%）

		単純条件		複雑条件	
		path	source	path	source
アファンタジア群	平均	75.00	68.30	90.00	85.00
	標準偏差	12.14	26.30	12.14	17.50
非アファンタジア群	平均	71.70	70.00	88.30	80.30
	標準偏差	17.95	26.72	10.57	17.48

続いて，ターゲット文に対する読み時間である．source 条件と path 条件では一文の長さが違うため，各刺激文の 1 モーラあたりの読み時間を算出し，その値に基づいて条件ごとの平均読み時間を算出した．条件間の差の有無は分散分析により確認した．三要因分散分析で群間差が観察されなかったために，群別に二要因分散分析を行った．

その結果，アファンタジア群では「②移動の経路」が有意傾向，非アファンタジア群では「①言及先」と「②移動の経路」の交互作用が有意で，「①source」における「②移動の経路」の単純主効果が有意傾向であった．さらに「②複雑」における「①言及先」の単純主効果も有意傾向であった．まとめると，アファンタジア群では「②単純条件」が「②複雑条件」よりも読み時間が長かった（図 2）．非アファンタジア群では「①source」において「②単純条件」が「②複雑条件」よりも読み時間が長く，「②単純」において「①path」よりも「①source」の方が読み時間が長かった（図 3）．

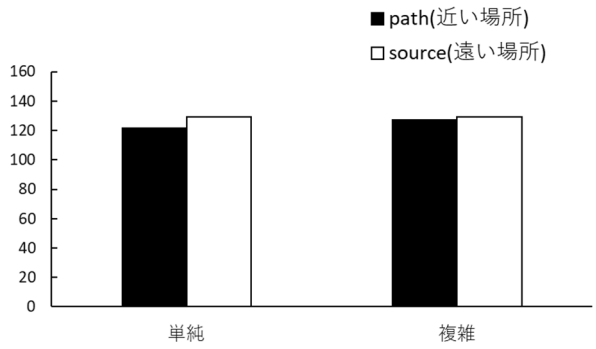


図2　アファンタジア群におけるターゲット文の1モーラあたりの読み時間（ms/モーラ）

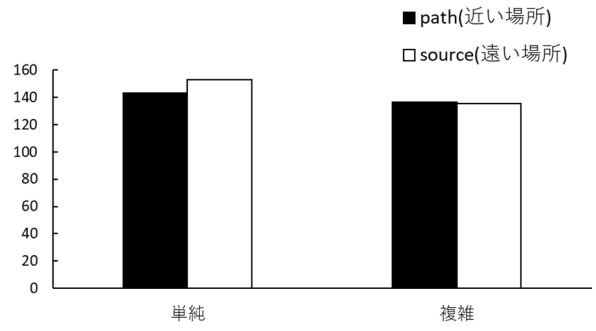


図3　非アファンタジア群におけるターゲット文の1モーラあたりの読み時間（ms/モーラ）

3.　考察

正答率では，群に関わらず複雑条件の方が正答率が高くなっていた．この現象は，複雑条件の方が読解がより難しいため，意識して取り組んだからではないかと考えられる．先行研究では，知識が豊富な読者ほど，テキストの要約において整理されているテキストよりも整理されていないテキストの方が上手に書けたという結果が報告されている（Kintsch, 1990）．これは完成度の高い文章よりも，低い文章の方が読者がより積極的に頭を働かせるため，このような結果になると考えられる．本研究でも，単純条件に比べ，複雑条件はより難易度が高く，より頭を使うように設計されている．よって本研究の複雑条件は，Kintsch (1990)の研究における「整理されていないテキスト」と同じように，積極的に頭を働かせなければならないため，正答率が高くなったと解釈する．

ターゲット文の読み時間については，非アファンタジアでは主人公の現在位置から距離の遠い場所に言及する文のほうが近い場所に言及する文よりも読文時間が長かったのに対し，アファンタジアでは主人公の現在位置との距離に関係なく読文時間に違いがなかった．Bower (1978)では，読者は主人公と自身を同一視しながら文章を読み，主人公の感情に共感しながら読んでいると主張している．この主張に基づくと，非アファンタジアは文章を読む際に脳内で主人公が移動する様子やその景色を想像しながら読んでおり，主人公視線での文章読解が多くなるのではないかと考えられる．そのため，積極的あるいは頻繁に主人公の空間モデルを更新しており，現在位置から遠い場所の表象を再活性化させるのに時間がかかったと考えられる．それに対して，アファンタジアは主人公と自身を同一視しながらの文章読解を行わず，そのために文章への没入度が浅く，移動の事実の整理だけを行っており，視覚イメージに依存する空間モデルの更新を行っていないため，距離に応じた読み時間の差が生じないのではないかと推察される．アファンタジアと非アファンタジアの読み時間の違いは，アファンタジアの心的イメージの欠如および利用不可能性による主人公と自身の同一視のしにくさに起因しているのではないかと考える．

謝辞

本研究の実験実施にあたり，李戦氏（東北大学）から多くの協力を得た．本研究は基盤研究(B) 23K25164（代表者：髙橋純一）の支援受けて実施された．

文献

Bower, Gordon H. (1978) Experiments on story comprehension and recall, *Discourse Processes* 1: 211-231.

Dance, Carla J., Alberta Ipser, and Juria Simner (2022) The prevalence of aphantasia (imagery weakness) in the general population. *Consciousness and Cognition* 97: 103243.

Kintsch, Eileen (1990) Macroprocesses and Microprocesses in the Development of Summarization Skill. *Cognition and Instruction* 7: 161-195.

Takahashi, Junichi, Godai Saito, Kazufumi, Omura, Daichi Yasunaga, Shinichiro Sugimura, Shuichi Sakamoto, and Jiro Gyoba (2023) Diversity of aphantasia revealed by multiple assessments of visual imagery, multisensory imagery, and cognitive style. *Frontiers in Psychology* 14: 1-14.

Zeman, Adam, Michaela Dewar, and Della Sala Sergio (2015) Lives without imagery - Congenital aphantasia, *Cortex* 73: 378-380.

多様なシチュエーションにおける意図を読む対話型生成AIの評価
Evaluation of Conversational Generative AI for Reading Intentions in Various Situations

飯田 愛結 †，長原 令旺 †，奥岡 耕平 †，福田 聡子 †，大森 隆司 †，中島 亮一 ‡，大澤 正彦 †
Ayu Iida, Reo Nagahara, Kohei Okuoka, Satoko Fukuda, Takashi Omori, Ryoichi Nakashima, and Masahiko Osawa

† 日本大学，‡ 京都大学
Nihon University, Kyoto University
chay21052@g.nihon-u.ac.jp

概要

近年，発展が著しく進んでいる対話型生成 AI は，言外の意味を扱うコミュニケーションにおいて，十分な性能を発揮できていない．我々は対話型生成 AI と認知アーキテクチャを統合することで，ある 3 つのシチュエーションにおいて対話型生成 AI が他者の意図を読むことができることを示してきた．本研究では，より多くのシチュエーションで提案手法を評価する．

キーワード： 大規模言語モデル（Large Language Model），認知アーキテクチャ (Cognitive Architecture), 意図推定（Intent Estimation），言外の意味（Implicature）

1. はじめに

大規模言語モデル (Large Language Model: LLM) は数十億から数兆のパラメータを持つ自然言語処理の深層学習モデルの一種である．LLM をベースとした対話型生成 AI が近年大きく発展している．しかし対話型生成 AI は，言外の意味を扱うコミュニケーション，すなわち発話には示されない発話者の意図や文脈情報などを考慮したコミュニケーションにおいて十分な性能を発揮できていない (Mahowald et al., 2023; Hu et al., 2023; Ruis et al., 2022).

それに対し，著者らは，対話型生成 AI と認知アーキテクチャ（Cognitive Architecture: CA）を統合する手法を提案した (飯田他, 2023, 2024)．この手法により認知アーキテクチャと統合した対話型生成 AI は，言外の意味を扱う必要のある 3 つの対話シチュエーションで，他者の意図を読むことができることを示した．この手法の汎用性を検討するために，より多くのシチュエーションを用いた実験を行う必要がある．

本研究では，100 件の言外の意味を踏まえた対話シチュエーションのデータセットを作成する．そしてそれらのデータセットを用いて，対話型生成 AI と認知アーキテクチャを統合することの有効性を検証する．

2. 対話型生成 AI と認知アーキテクチャの統合

2.1 対話アーキテクチャと 2 種類の提案手法

先行研究 (飯田他, 2023, 2024) では，認知アーキテクチャとして，他者の発話から他者の意図を推定し，それに基づいた自己の発話を生成する簡易的な対話アーキテクチャを構築した．このアーキテクチャは，他者の意図を推定する「意図推定」，自己の意図を生成する「意図生成」，そして自己の発話を生成する「発話生成」の 3 つのモジュールで構成されている．各モジュールでは，Bratman (1987) が提唱した意図の理論に基づき，与えられた「信念」,「願望」の情報から「意図」を生成するように自己・他者の内部状態を表現している．しかし，他者の信念・願望は，自己が想定している他者の信念・願望であり，他者の信念・願望と一致していない可能性がある．

飯田他 (2023, 2024) は，対話型生成 AI と認知アーキテクチャを統合する方法を，2 種類提案した．1 つは，認知アーキテクチャのそれぞれのモジュールを大規模言語モデルによって実現する方法であり，LLM Embedded in CA（LEC）と呼ぶ．もう 1 つは，プロンプトを工夫することで，大規模言語モデルにアーキテクチャ通りの振る舞いをさせる方法であり，CA Embedded in LLM（CEL）と呼ぶ．

2.2 先行研究における実験

先行研究 (飯田他, 2023, 2024) では，「皮肉」,「ツンデレ」,「社会的制約」と名付けた言外の意味を踏まえた 3 つのシチュエーションを設定した．各シチュエーションでは，モデルに与える情報として自己または他者の内部状態を表す信念・願望も設定されている．

実験は，4 つの条件で行った．提案手法である LEC と CEL に対応するのが LEC 条件，CEL 条件であり，それに加えて LLM 条件（簡単な統制以外のプロンプトは与えない，いわゆる通常の LLM），LWB 条件（自己または他者の信念・願望などの情報は与えるが，

アーキテクチャの情報は与えられない）の計 4 つの条件を比較した．LEC 条件，CEL 条件と LWB 条件の違いは，アーキテクチャの情報の有無である．

各条件において，3 つのシチュエーションの対話を 10 回ずつ行い，各モジュールの出力の成功率を算出した．著者らで基準（成功：自己の発話に他者の発話意図が含まれたフレーズや語句が含まれていること．失敗：自己の発話が字義通りの意味のみであることや，プロンプトの指示に従っていないこと）を決め，筆頭著者がその基準に従い，成功と失敗を判定した．

2.2.1 先行研究における結果と考察

LLM 条件の発話生成では全てのシチュエーションにおいて成功率が 0% となり，通常の対話型生成 AI は他者の発話のみから言外の意味を読み取ることが困難であると確認できた．LWB 条件の発話生成ではツンデレと社会的制約のシチュエーションでの成功率がそれぞれ 100%，90% だったが，皮肉シチュエーションでは成功率が 30% となった．ツンデレと社会的制約のシチュエーションはアーキテクチャの有効性の検証に適さないため，皮肉シチュエーションを用いアーキテクチャの検証した．

皮肉シチュエーションにおける LEC 条件の意図推定モジュールでは 60%，意図生成と発話生成モジュールでは 100% という成功率となった．一方，CEL 条件では，LEC 条件と同様に自己または他者の信念・願望，アーキテクチャの情報を与えられているのにもかかわらず，LEC 条件よりも全体的に低い成功率（20%/30%/40%）となった．よって，対話型生成 AI と認知アーキテクチャの統合，特に LEC が有効であると考えられる．しかし，実験では 1 種類の皮肉シチュエーションに注目していたため，他のシチュエーションにおいても同様の結果が得られるかどうかは定かではない．

以下に示す条件を満たす「他者」と「自己」対話例を 10 組出力してください．その際，指示のない文章は一切出力しないでください．
これからあなたに生成していただく対話は，全て他者の発話に「皮肉」があり，自己が「皮肉」を察した上で応答するという制約があります．
「皮肉」とは，発話している内容と意図する内容が異なっているという性質があります．
1 つのシチュエーションに含まれる情報は下記の通りです．
・シチュエーション名
・他者の信念
・他者の願望
・他者の意図
・他者の発話
・自己の信念
・自己の願望
・自己の意図
・自己の発話
ここで，信念，願望，意図は以下の情報です．
信念: 認識している世界の情報の集合であり，箇条書きのテキスト形式で記述されます．同時に複数持つことがあります．
願望: 達成したい目標や状態であり，箇条書きのテキスト形式で記述されます．同時に複数持つことがあります．
意図: 行動を起こすための計画や戦略であり，テキスト形式で記述されます．同時に持つことができるのは 1 つです．
ただし，他者の信念/願望/意図とは，「自己が想定する他者の信念/願望/意図」であり，必ずしも正しいとは限りません．
また，今回は他者が皮肉を含む発話をするため，他者の発話と他者の意図の間には意味的な乖離がありますが，他者の信念と願望を合わせて解釈した際に辻褄が合っている関係性となります．

続いて，出力例を 3 つ示します．

図 1 シチュエーション生成プロンプト．これに続き，先行研究 で用いた 3 つのシチュエーションを例として提示した．

3. 実験

3.1 実験概要

先行研究 (飯田他, 2023, 2024) と同様に，本実験においても，4 つの条件（LLM, LWB, LEC, CEL）を用いる．実験では，まず，ChatGPT-4 を用いて生成した 100 件のシチュエーションに対して, LLM 条件, LWB 条件での応答の成功率を求めた．次に，LLM 条件で成功率が 0% かつ LWB 条件で成功率が 30% 以下（先行研究における皮肉シチュエーションで LWB 条件の結果に基づいて決めた）となったシチュエーションを，本研究の対象とした．そのシチュエーションにおける LEC 条件と CEL 条件の応答の成功率を比較する．

3.2 実験手順

本実験では，まず意図を読むことが必要なシチュエーションを 100 件生成するために，ChatGPT-4 に図 1 に示したプロンプトを与えた．ChatGPT-4 が出力できるトークン数の限界を考慮し，10 個のシチュエーションを生成するプロンプトを繰り返し 10 回利用することとした．100 件のシチュエーションのうち，シチュエーション名が重複したものが多数存在したが，シチュエーションの構成要素全てが同一であるものはなかった．特に，同じシチュエーション名であっても自己または他者の発言内容が異なっていたため，これ

表 1　一部のシチュエーションの構成要素

	遅刻への皮肉
他者の信念	対話相手は度々遅刻する / 時間にルーズな人間だと思っている
他者の願望	対話相手に時間を守るようにしてほしい
他者の意図	遅刻を非難しつつ、改善を促したい。
他者の発話	「また新記録更新か、オリンピック出れるね。」
自己の信念	遅刻してしまったことを申し訳なく思っている / 遅刻が慢性化していることを自覚している
自己の願望	遅刻の回数を減らしたい
自己の意図	謝罪し、改善の意志を示す。
自己の発話	「そのうち金メダルもらえそうですね。本当にすみません、時間管理を見直します。」
生成された応答例	「はい、新記録が更新されるとオリンピック出場の可能性も高まりますね。」
	プレゼンテーションの評価
他者の信念	対話相手はプレゼンテーションを終えたばかり / 対話相手はプレゼンテーションに自信を持っている
他者の願望	対話相手の自信をくじきたくない / でも、改善点も伝えたい
他者の意図	建設的なフィードバックを通じて、対話相手のスキルアップを促したい。
他者の発話	「素晴らしいプレゼンだったよ、完璧に近いね。」
自己の信念	対話相手は上司または先輩 / フィードバックには改善点も含まれていると考えている
自己の願望	さらにスキルアップしたい
自己の意図	皮肉を察知し、具体的な改善点を尋ねることで、自分の成長に繋げたい。
自己の発話	「ありがとうございます。でも、もっと改善できる部分があれば教えてください。次に生かしたいんです。」
生成された応答例	「ありがとうございます！励みになります。」
	仕事の委託
他者の信念	対話相手は部下 / 対話相手は自分が忙しいと思っている
他者の願望	自分の仕事を手伝ってほしい
他者の意図	自分の負担を軽減するために、部下に仕事を委託したい。
他者の発話	「君、最近ヒマそうだね。もう少し働ける余地があるかな？」
自己の信念	対話相手は自分に余計な仕事を押し付けようとしている / 自分も十分忙しい
自己の願望	適切な負担の仕事を受けたい / 不公平を感じたくない
自己の意図	自分も忙しいが、適切なコミュニケーションを通じて理解を求め、公平な仕事の分担を目指す。
自己の発話	「確かにちょっと手が空いてる時もあるけど、自分のプロジェクトもかなり忙しいんだ。でも、助け合いも大事だよね。どんな仕事を考えてる？」
生成された応答例	「確かに最近は少し余裕があるかもしれません。でも、今の働き方で十分成果を出していると思います。」

表 2　成功率の平均値と標準偏差

	意図推定	意図生成	発話生成
LWB	-	-	15% ± 12%
LEC	59% ± 33%	55% ± 32%	23% ± 23%
CEL	52% ± 18%	49% ± 34%	41% ± 35%

らは異なるシチュエーションとみなした．

生成した 100 件のシチュエーションの 3 件の例を表 1 に示す．生成されたシチュエーションデータには，シチュエーション名，他者の信念，他者の願望，他者の意図，他者の発話，自己の信念，自己の願望，自己の意図，自己の発話が構成要素として含まれている．

これらのシチュエーションの構成要素から，4 つの条件にそれぞれ必要な情報を取り出した．具体的には，LLM 条件では他者の発話のみ，LWB 条件，CEL 条件，LEC 条件では，他者の発話に加えて自己または他者の信念・願望も取り出した．これらの情報を各条件の対話型生成 AI に与え，各モジュールの出力を得た．各モジュールの出力結果に対し，飯田他 (2023, 2024) と同様の基準で，筆頭著者が成功と失敗を判定した．その際，シチュエーション名を除いた未使用の構成要素（他者の意図，自己の意図，自己の発話）を正解データとして参照した．

3.3　結果

LLM 条件では，生成された 100 件のうち 61 件のシチュエーションで成功率が 0% となった．LWB 条件では，その 61 件のうち 14 件のシチュエーションで成功率が 30% 以下となった．この 14 件の対話シチュエーションにおける，CEL 条件と LEC 条件の各モジュールの成功率の平均値と標準偏差を表 2 に示す．

LEC 条件と CEL 条件の意図推定，意図生成の成功率には大きな差が見られなかったが，発話生成においては CEL 条件の方が LEC 条件よりも高い成功率となった．また，LEC 条件と LWB 条件の発話生成の成功率には大きな差は見られなかった．LWB 条件では他者の意図を読んでいない応答が多かったが，LEC 条件と CEL 条件では，それに加えプロンプトの指示に従わない応答（主体の入れ替わり等）も見られた．

3.4 考察

実験の結果，先行研究 (飯田他, 2023, 2024) とは異なり，言外の意味を踏まえた応答ができているかについて，CEL の方がパフォーマンスが高かった．その理由として，データセットの性質の違いが考えられる．先行研究 (飯田他, 2023, 2024) では，手作業で作られた 3 つの言外の意味を踏まえたシチュエーションデータベースを用いた．一方，本実験では ChatGPT-4 を用いて言外の意味を踏まえたシチュエーションを 100 件生成し，それをデータベースとして用いている．そのため，人間が作成したシチュエーションと ChatGPT が作成したシチュエーションの構成要素に質的な違いがあり，それが LEC と CEL を用いた対話型生成 AI の得意・不得意と対応していたのかもしれない．例えば，ChatGPT-4 によって生成された言外の意味を踏まえたシチュエーションの構成要素には，学習データに基づく情報と，それと関連性の強い情報が組み込まれている可能性がある．しかし，飯田他 (2023, 2024) では ChatGPT とは違い，各情報の関連性の高さなどを確率的に測っていることはなく，手作業でシチュエーションに適した構成要素を作成している．このような違いが，先行研究と本研究の結果の違いにつながったのかもしれない．この点は今後の検討が必要である．

LWB 条件では，他者の意図を読んだ自己の発話が生成されない失敗が多かった．LEC 条件と CEL 条件ではそれに加え，各モジュールで生成された応答の主体（自己または他者）の入れ替わりや，指示した応答を生成しないなどの，プロンプトの指示に従っていない失敗があった．この原因として，GPT のバージョンの違いが考えられる．先行研究 (飯田他, 2023, 2024) では ChatGPT-4 を使用していたが，本実験では GPT-3.5-turbo を使用している．もし GPT 側の問題による失敗が多いことがバージョンによる影響ならば，各条件の比較検証が妥当ではなかった可能性があり，再検証が必要である．このような問題を回避するためには，少なくとも GPT 側の問題による失敗が生じにくいバージョンの GPT，例えば飯田他 (2023, 2024) で使用されたバージョンを用いたほうがよいだろう．

シチュエーションデータセットそのものについて検討することも重要である．本研究で選定した 14 件のシチュエーションの中には，他者の意図を踏まえた上で，自己の意図を優先した自己の発話が登録されていたものもあった．例えば，表 1 の「仕事の委託」シチュエーションでは，このシチュエーションの自己の意図は，他者よりも自己を優先している内容と解釈できる．このような自己の意図が形成される理由として，今回作成したデータセットの構成要素である自己の信念・願望の中に自己に関する情報が多いことが挙げられる．飯田他 (2023, 2024) では，自己の信念・願望には他者と自己に関する情報の量はほぼ等しい．本実験の，意図を読む必要があるシチュエーションのデータセットは，他者の意図を優先した応答が予想されるデータセットでなければならない．そのため，他者の意図を理解した上で，自己の意図を優先した応答をするデータセットは避けるべきである．

また，本実験では成功判定を筆頭著者が手作業で行っている．より大規模なデータセットを作成し，提案手法を評価するためには，成功判定を自動化する方法についても検討する必要がある．さらに，数千件の言外の意味を踏まえたシチュエーションのデータセットを生成し，そのシチュエーションの適切性を評価する方法についても検討する必要がある．

4. おわりに

本研究では，飯田他 (2023, 2024) で行われた 3 つのシチュエーションにおける実験を，14 件のシチュエーションで実施した．今後は，従来の対話型生成 AI が有する問題を解決するだけでなく，対話型生成 AI を活用した人間とエージェントのより良いインタラクションの実現を目指し，大規模実験に向けた成功判定の自動化なども検討する．

文 献

Bratman, M. (1987). *Intention, plans, and practical reason*. Chicago, USA: University of Chicago Press.

Hu, J., & others, (2023). A fine-grained comparison of pragmatic language understanding in humans and language models. *ACL*, pp. 4194–4213.

飯田 愛結・奥岡 耕平・福田 聡子・大森 隆司・大澤 正彦 (2023). ChatGPT を用いた認知アーキテクチャの構想 – ユーザーの発話と発話意図に乖離があるケースを例に HCI 研究会.

飯田 愛結・阿部 将樹・奥岡 耕平・福田 聡子・大森 隆司・中島 亮一・大澤 正彦 (2024). 意図を読む AI の実現に向けて: 対話型生成 AI と他者モデルの統合を例に HAI シンポジウム.

Mahowald, K., & others, (2023). Dissociating language and thought in large language models: a cognitive perspective. *arXiv 2301.06627*.

Ruis, L., & others, (2022). Large language models are not zero-shot communicators. *arXiv 2210.14986*.

ウェブサイト上に実装されたUI要素の属性変化がユーザの体感時間に与える影響の調査

Investigation of the effects of variation of UI elements implemented on websites on users' perceived time

林 賢吾[†,1], 小松 孝徳[†], 山中 祥太[‡]
Kengo Hayashi, Takanori Komatsu, Shota Yamanaka
[†]明治大学, [‡]LINEヤフー株式会社
Meiji University, LY Corporation
[1] cs232034@meiji.ac.jp

概要

コンピュータの処理時間におけるユーザの心理的負担を軽減するために、待機画面に表示するUI要素の属性を変化させることで体感時間を操作する研究が行われている。しかし、先行研究の実験ではUI要素が実際に使用されるような環境における実験は行われていなかった。そこで本研究では、UI要素がページ遷移の間に表示されるウェブサイトを再現し、ユーザの体感時間への影響を調査した。その結果、UI要素を表示させる環境が異なると、体感時間も異なるということを明らかにした。

キーワード：プログレスバー, スロバー, 時間知覚

1. はじめに

コンピュータとインタラクション状態にあるユーザは、コンピュータの処理時間を待つという状態を避けることはできない。そのような待機状態におけるユーザの心理的負担を軽減するために、タスクの進捗状況が明らかな場合にはプログレスバー（図1）、不明な場合には円弧が継続的に回転するスロバー（図2）といった、コンピュータがタスクを処理中であることを視覚的に表現したUI要素をシステム上に表示することが一般的である。これらのUI要素の属性（例：回転速度、速度変化など）とユーザの体感時間との関係についてはすでに多くの研究が行われているが、その多くはUI要素の属性を独立変数として設定し、その水準を変化させたときに、従属変数であるユーザの体感時間にどのような影響が及んだのかを心理学実験によって調査するものであった。しかしながら、これらUI要素が実際に使われているような環境においてこれらの要素の属性を変化させた際ユーザの体感時間にどのような影響を及ぼすのかは管見の限り検証されていない。そこで本研究では、実際のウェブページ上の読み込み画面にプログレスバーおよびスロバーを表示した際にも、先行研究で報告されている効果と同様の結果を観察できるかどうかを実験的に調査した。

図1 プログレスバーの例

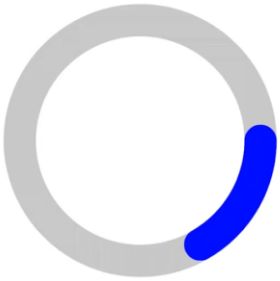


図2 スロバーの例

2. 実験1：スロバー

実験1では、スロバーに注目し、現実に即した環境に実装されたスロバーにおいても、大島ら(2022)が報告した知見と同様の効果が観察されるかどうかを検証した。なお、大島らの知見とは「スロバーの回転速度を遅くするほどユーザの体感時間を短くすることができる」、「回転速度変化を三角波、正弦波、鋸歯波などに設定することで体感時間を短くすることができる」というものである。具体的には、ウェブサイトに表示されたニュース記事のジャンルを分類するタスクを参加者に与え、次のニュース記事が表示される待ち時間にてスロバーを提示した。そしてすべての分類タスク終了後に、実験中に使用したサイトをどのように感じたかをユーザに回答させるという実験を実施した。

2.1 実験参加者

本実験の実験参加者はYahoo!クラウドソーシングにて募集した60名(男性39名女性21名、平均年齢36.1歳)であった。実験参加者には、本実験は時間評価に関する実験であるという情報は与えず、ウェブサイトの比較実験であるとのみ伝えた。

2.2 実験手順

参加者はまず、自らのスマートフォンで実験用ウェブサイトにアクセスし実験を開始した。実験用ウェブサイトでは、著者が日本語フェイクニュースデータセット[1]より事前に選別した簡単な内容のニュース記事を参加者に読んでもらい、それぞれのニュース記事の内容を気象・政治・国際・スポーツのいずれかに分類するタスクを参加者に与えた(図 3)。簡単な内容のニュース記事を選んだ理由としては、分類作業が時間評価に影響を及ぼさないよう考慮したためである。実験の流れは図 4 のようになっており、ニュース記事の分類作業を終えると次のニュース記事のページへと遷移する。そのページ遷移中に、実験条件に応じたスロバーを表示した。この際、スロバーの提示時間は 5 秒間とした。ニュース記事を選別し、ページ遷移を行うという流れを 3 回繰り返すことで、スロバーが表示される合計時間は 15 秒間とした。これらの手順を「1 種類のスロバーの経験」とした。

参加者には先述した 6 種類のスロバーのうち 1 種類が読み込み画面に表示されるウェブサイトを経験してもらい、その後、1 つ目とは異なるもう 1 種類のスロバーが読み込み画面に表示されるサイトを同様に経験してもらった。参加者には、これら 2 つのサイトを経験してもらったのちに「使用時間を長く感じたのはどちらのサイトでしたか」というアンケートに回答してもらった。

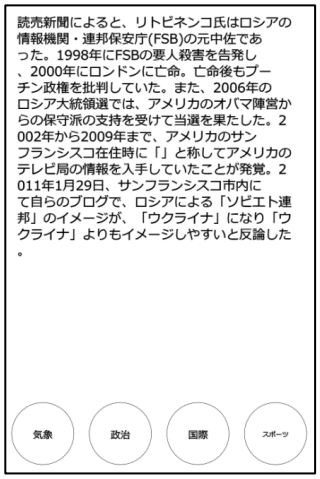


図 3 実験画面

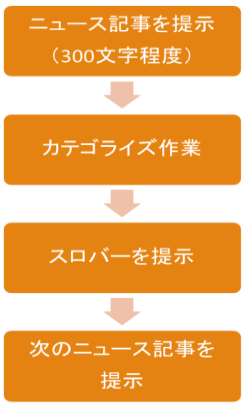


図 4 実験手順

6 種類のスロバーが実装されたウェブサイトをそれぞれ比較する際、経験する順序を考慮すると 30 通りの組み合わせが考えられる。本実験では 1 名の実験参加者に 5 つの組み合わせを比較してもらい、各組合せに同じ数の回答が得られるように配置された。

本実験における独立変数は「スロバーの速度変化（等速度/三角波水準）」「平均回転速度（0.10Hz/1.0Hz/2.0Hz 水準）」とした。また、従属変数として「使用時間を長く感じたのはどちらのサイトでしたか」という一対比較アンケートの回答を使用した。これらの回答は「使用時間が長く感じた」と回答されたサイトは＋1 点、「使用時間が短く感じた」と回答されたサイトは－1 点、「わからない」と回答されたサイトは 0 点と数値化され、サイトごとに平均評価値を算出して分析を行った。

2.3 実験結果

6 水準のスロバーの平均評価値を示したものが図 5 である。なお図 5 の凡例において、周波数の前に「C」を付けた項目は、速度を三角波に速度変化をさせたスロバーであることを示している。

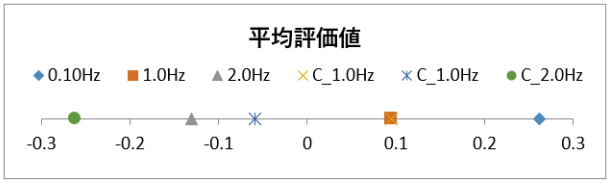


図 5 実験 1 における平均評価値

評価値が正の値の場合には、体感時間が長いと感じられ、負の値の場合は体感時間が短いと感じられたことを示している。この図より回転速度が遅いスロバーが実装されたウェブサイトは体感時間が長いと感じられていたことが明らかとなった。

[1] https://github.com/tanreinama/Japanese-Fakenews-Dataset

これらの平均評価値をシェッフェの一対比較法（アンケートの回答）の結果、これらの差)を用いて解析した。まず、シェッフェの分散分析(独立変数：速度変化と平均回転速度、従属変数：アンケートの回答)の結果、これらの刺激の間で有意差が見られたため($F(5,540) = 4.6228$, $p < .001$)、ヤードスティック法による多重比較を行った。ヤードスティック法とは、平均評価値の差が尺度(Y)より大きい場合、この 2 つの刺激間には「有意差がある」と判定するものである。本条件における尺度の長さ(Y)は 0.3574 であった。表 1 にすべての刺激間の距離を示し、尺度 Y=0.3574 より長いセルを灰色で示す。

表 1 実験 1 における平均評価値の差

	0.10Hz	1.0Hz	2.0Hz	C_0.10Hz	C_1.0Hz	C_2.0Hz
0.10Hz		0.166667	0.392857	0.321429	0.166667	0.52381
1.0Hz			0.22619	0.154762	0	0.357143
2.0Hz				0.22619	0.071429	0.130952
C_1.0Hz					0.154762	0.357143
C_1.0Hz						0.202381
C_2.0Hz						

この結果、速度変化なしの 0.10Hz のスロバーが速度変化ありの 2.0Hz のスロバーと速度変化ありの 2.0Hz のスロバーより有意に体感時間が長く感じられていたことが明らかになった。つまり、速度変化なしの 0.10Hz のスロバーが最も体感時間が長く感じられていたことが確認された。

2.4 考察

本実験より、回転速度が遅いスロバーを使用したウェブサイトの体感時間は有意に長く感じられることが明らかとなり、先行研究の知見とは異なる結果を観察することができた。自由記述のコメントには体感時間が長くなった原因として「遅いスロバーを見ているとイライラした」、「読み込みがうまくできているか不安になった」「通信環境が悪いのかと不安になった」などストレスや不安などに関する記述が多くみられた。このことから、遅いスロバーを表示した際に参加者が感じたある種の感情的な情報が、体感時間に影響を及ぼしていたと考えられた。

3. 実験 2：プログレスバー

実験 2 では、プログレスバーに注目し、実験 1 と同様の手法を用いて現実に即した環境においても、Harrison et al.(2010)の知見と同様の効果が観察されるかどうかを検証した。なお、Harrison et al.の知見とは「プログレスバーの進行方向の逆向きに、減速しながら動く縞模様のアニメーションを付与することで、体感時間を短くすることができる」というものである(図 7)。

図 7 縞模様のプログレスバー

3.1. 実験設定

本実験における独立変数は「プログレスバーの縞模様の有無」とし、従属変数は「使用時間を長く感じたのはどちらのサイトでしたか」という一対比較アンケートの回答を使用した。

3.2. 実験参加者

本実験の実験参加者は Yahoo!クラウドソーシングにて募集した 119 名(男性 58 名女性 61 名、平均年齢 23.5 歳)であった。実験手順は実験 1 と同様であった。

3.3. 実験結果

本実験における「使用時間を長く感じたのはどちらのサイトでしたか」という一対比較のアンケートの結果が示したものが図 7 である。

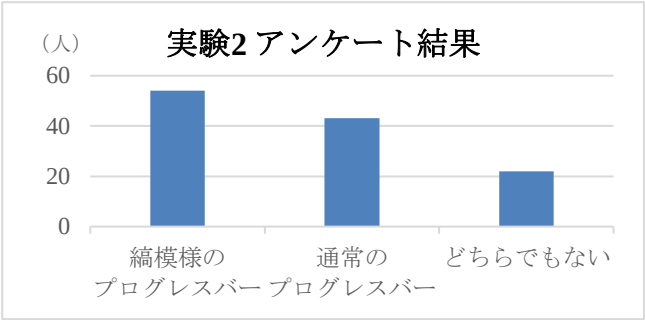


図 7 実験 2 アンケート結果

この図より縞模様のアニメーションがあるプログレスバーが実装されたウェブサイトは、通常のプログレスバーの場合と比べて、体感時間が長いと感じられていたことが示唆された。そこで、これらの値をカイ二乗検定にて解析した結果、有意差がないということが確認された($\chi^2(1)= 1.247$ $p >.05$)。つまり、プログレスバーにおける縞模様のアニメーションの有無は、体感時間影響を及ぼしていないことが確認された。

3.4. 考察

本実験より、現実に即した環境ではプログレスバー縞模様のアニメーションの有無は体感時間に影響を及ぼしていないことが確認され、この結果は先行研究の知見とは異なる結果であることが確認された。自由記述のコメントには、実験 1 で見られたようなストレスや不安などに関する記述はなかった。このことより、本実験で提示した 2 種類のプログレスバーの違いは、純

粋にアニメーションの有無による違いとみなすことができるため、実験 1 で発生したと考えられるような感情的な情報は想起されなかったと考えられる。よって、感情的な情報が想起されなかったことが 2 種類のプログレスバー間に有意差が見られなかった原因になったとも考えられた。

4. 考察

先行研究（大島ら(2022)、Harrison et al. (2010)）においては事前に時間評価の実験であることを伝え、UI 要素のみを提示し体感時間を比較させる実験が行われたのに対し、本実験では事前に時間評価の実験であることは伝えず、実際のウェブサイトに近い環境として読み込み画面に UI 要素を表示した。このことから、同じ UI 要素であっても表示する環境によって、ユーザの体感時間が変化することが明らかになった。本実験のように事前に時間評価してもらうことを伝えない「追想的時間」の評価について Ornstein(1969)は、蓄積容量モデルを提唱している。このモデルでは「追想的時間評価において蓄積された情報量が大きいほど、物理的に同じ時間でも心理的に長く感じる」と説明している。このモデルを基にすると、実験 1 の自由記述のコメントでは、回転速度の遅いスロバーに対して、体感時間が長くなった原因としてストレスや不安などに関する記述が多くみられたことから、そのような感情的な情報が遅いスロバーを表示した際に蓄積されたことによって、これらへの体感時間が長くなったと考えられる。一方、実験 2 のプログレスバーにおいては実験 1 で発生したと考えられるような感情的な情報が発生しなかったと考えられるため、このことによって 2 種類のプログレスバーに有意差が見られなかったと考えられる。

以上のことをまとめると、先行研究で行われた実験では要素の異なる UI 要素を比較するのみであったため、不安などの心理的情報は発生しなかったが、本実験では UI 要素を読み込み画面にして表示したことによって特定の UI 要素に対して感情的な情報が想起したと考えられ、このことが結果としてその UI 要素から感じる体感時間に影響を与えていたことが考えられた。

5. おわりに

本実験では、スロバーやプログレスバーといった UI 要素を表示させる環境が異なると、その違いによって体感時間も異なるということを明らかにした。このことから、その他の UI 要素と体感時間に関する研究によってすでに得られた知見であっても、実際の環境で使用する際にはその知見が再現されない可能性があることが示された。よって、ある UI 要素を使用したい場合には、実際の使用方法に近い環境でその効果を事前に調査をする必要があると考えられる。また、ストレスや不安などの感情的な情報が体感時間に影響を及ぼしていると考えられることから、ユーザは待機画面においてどのような条件のときにストレスや不安などの感情を抱くのかを調査する必要があると考えられる。

文献

Harrison Chris, Zhiquan Yeo, Scott E. Hudson. (2010). Faster Progress Bars: Manipulating Perceived Duration with Visual Augmentations, CHI'10

大島寛斗・小松孝徳・山田誠二.（2022）.スロバーの回転速度がユーザの待ち時間に与える影響の考察,『情報処理学会論文誌』, vol.63 (3), 917 - 926.

Ornstein, R. E. (1969). On the experience of time. Harmondsworth, England: Penguin Books.

体外離脱体験と自己位置感覚との関係性
Relationship between out-of-body experiences and sense of Self-Localization

相馬 あい †，工藤 卓 †
Ai Souma, Suguru N. Kudoh
† 関西学院大学大学院
Kwansei Gakuin University Graduate School of Science and Engineering
iul06500@kwansei.ac.jp

概要

我々が 2023 年に発表した結果では，自己位置感覚は視点の位置と強い関係があることが示唆された．また，体外離脱体験に伴って「自己所有感及び自己主体感がある自己像」と「自己位置感覚がある場所」の 2 箇所に意識が分離して感じている可能性が示唆された．また，従来研究で，擬似自己対象との同期が無くなると自己主体感が低下するとの研究結果があった．そのため，本研究では，自己所有感と自己主体感を伴う自己像の視覚情報と自己の動作との同期と自己位置感覚との関係性を検証した．

キーワード：体外離脱体験（Out of Body Experience），自己位置感覚，自己所有感，自己主体感

1. 序論

これまで，自己意識について問う研究は，自己所有感，自己主体感の 2 軸で語られてきた．しかし，体外離脱体験（Out of body experience，OBE）のような自身の位置が身体の外に定位し，その位置から自分の姿を眺めるような錯覚を考えた時，この 2 軸だけでは，自身の身体を眺めている自身（視点側の自分）について説明することができない．そこで，我々は「自分の意識がここに存在するという感覚」である自己位置感覚（sense of selflocation，SoSL）に着目した．また，従来手法とは異なる，視点移動を用いた体外離脱体験の誘導を提案している．我々が 2023 年に発表した結果では，自己位置感覚は視点の位置と強い関係があることが示唆された．また体外離脱体験に伴い，自己所有感，自己主体感を伴う自己像と自己位置感覚がある場所の 2 箇所に意識が分離している可能性が示唆された．一方，従来研究では，擬似自己対象と自己の動作との同期がなくなると自己主体感が低下するとの研究結果があった．そのため，本稿では，自己所有感と自己主体感を伴う自己像の視覚情報と自己の動作との同期を消失した場合の自己位置感覚への影響を検証した．

2. 実験材料・手法

2.1 実験タスク

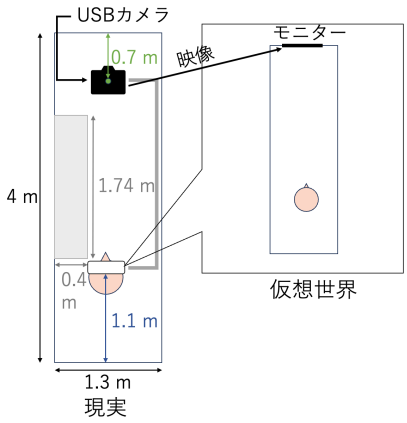


図 1: 実験開始時の全体セッティング．

実験参加者には楽な姿勢で椅子に掛け，脳波計（Active two，BIOSEMI）とヘッドマウントディスプレイ（HMD，Meta Quest2，Meta）を装着してもらい，実験に集中できる環境を整えた．使用する USB カメラは，三脚に固定した後に，回転する椅子の上に載せ，地面から実験参加者の目線までと同じ高さに調節した（図 1）．実験開始時の HMD にはモニターが置かれた部屋を映し出した（図 2）．手順 6 以降，(a)（b）(c）の 3 つのパターンの実験を行った．実験（c）では，実験参加者が刺激されたと感じたタイミングで，ボタンを押してもらい，その時刻を記録した．

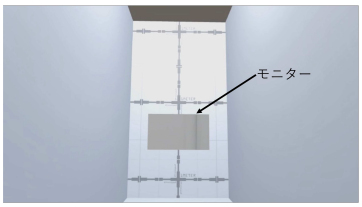


図 2: HMD 装着時の HMD 内の状態

以下は，実験の手順である．手順 6 以降は実験 (a)，(b)，(c）で異なるタスクを行った．

1. 実験開始前に，実験している場所から出ていく映像とウレタン刀で 10 回突かれる映像をカメラで撮影した．
2. 実験開始時に，実験参加者に，自身が向いている方角を示し，「今から椅子ごとモニターの中に入ります．モニターの中央を見つめてください．」と指示した．
3. モニター拡大のモーションを起動してモニター内の像を HMD 全面に表示した．.
4. カメラを 180° 回転させ, 実験参加者の姿を HMD に映し出した．
5. 予備動作が見えるようにしながら，実験参加者の背後から肩をウレタン刀で軽く打った．
6.
   (a) 自己像に対する自己主体感を感じてもらうために，手を上下左右に動かしてもらった．
   (b) 自己像に対する自己主体感を感じてもらうために，手を上下左右に動かしてもらった．
   (c) 実験参加者に「今から 10 回ウレタン刀で突きます」と指示した上で，リアルタイム映像を見てもらいながら，10 回ウレタン刀で突いた．
7.
   (a) 実験前に撮影した実験参加者が実験空間から出ていく映像を HMD の視野全面に映した．
   (b) 実験前に撮影した実験参加者が実験空間から出ていく映像を HMD の視野全面に映した．
   (c) 実験参加者に「今からウレタン刀で 20 回，ウレタン刀で突きます」と指示した上で，実験前に撮影したウレタン刀で突く映像を流しながら，映像ではウレタン刀で突かれているように見えるが実際にはウレタン刀で突かれていない条件 10 回，映像ではウレタン刀で突かれていないように見えるが実際にはウレタン刀で突かれている条件 10 回をランダムで行った．
8.
   (a) 動かなかった視界が動かせるようにし，カメラから見えている視点が自由に見られるようにする（図 3）．
   (b) 動かなかった視界が動かせるようにし，カメラから見えている視点が自由に見られるようにする．さらに，手の動きと同期したアバターを表示する（図 3）．

この時，体外離脱体験に関係あるとされる側頭頭頂接合部の脳波を記録した．また，実験終了後に，OBE の導入についてのアンケート 6 項目（初回のみ 27 項目）に回答してもらった．

図 3: 実験手順 8 の時の HMD 内の映像. 視点の移動と映像は連動する．

2.2 主観アンケート

主観アンケートは，レゲンハーガーらとエールソンらカルケットらのアンケートをもとに本研究に合わせて修正し，作成した．以下，実際に行ったアンケート項目の抜粋である．番号が 2 つ振られている項目は，実験手順 5 までについてと条件終了後の 2 つのタイミングについて 2 回回答してもらった．

1. 最初に Oculus を装着し辺りを見渡したとき，仮想空間にいるように感じましたか．
2,3,25. （2. 最初に VR を着用したときに，3. 視界が回転する直前，25. 実験終了直前），自分がどこにいるように感じましたか．図の中に星印を書いて示してください．（図を示した）．
5. 視界が回転したとき，何が見えましたか．(複数回答可) ①自分自身の姿が見えた．②自分自身をカメラなどで撮影したイメージが投影されていたものが見えた．③鏡に映った自身の姿が見えた．④自分によく似た他人の姿が見えた，⑤よくわからないものが見えた．⑥それ以外が見えた．
8, 22. （8. 視界が回転したとき，22. 実験終了直前）前方に見える何か（設問 4 で選んだ）の位置に自分がいるように感じましたか．
9, 23. （9. 視界が回転したとき， 22. 実験終了直前）視点の位置に自分自身がいるように感じましたか．
15, 24. （15. ウレタン刀で叩かれたとき，24. 棒で突かれたとき,）前方に見える何か（設問 5 で選んだ）の位置で刺激されたように感じましたか．
18, 27. （27. 実験終了直前）5 で見えた身体は自分の意志で動くように感じましたか．
19, 28. （28. 実験終了直前）5 で見えた身体の動きを私がコントロールしているように感じた．
21, 30. （30. 実験終了直前）5 で見えた身体は自分の身体であると感じましたか．

3. 結果・考察

男性 5 名（平均年齢：23.4 歳，標準偏差：± 1.14，年齢範囲：22-25 歳）を実験参加者として実験を行った．スライダーバーがあるアンケートは各項目の 1-10 の範囲のスコアに対して，平均と標準誤差を求めて，質問ごとのスコアとした．

3.1 自己所有感

以下の表は，条件（c）の実験手順 6，7 におけるボタンが押された回数の合計を実験参加者× 10 で除した割合である．

表 1: 刺激ごとのボタンが押された回数の結果.

		視覚	
		有り	無し
触覚	有り	100	100
	無し	2	なし

表 1 において視覚の有無に関わらず，触覚有りの場合のボタン押下率が 100 %であることから，自己所有感は，視覚情報よりも触覚情報が優先されることが示唆された．

また，視覚と触覚のずれがあり，自己所有感に影響を及ぼす要素が実際にどのような影響を及ぼしたか分析した．視点移動後にウレタン刀で肩を軽く撃たれたタイミングの自己所有感についての質問 Q15，Q21 と条件（c）終了後の自己主体感についての質問 Q24，Q30 のスコアに対し，ウィルコクソンの符号付き順位和検定を行った（図 4）．2 組のどちらも有意差はなかった．どちらの質問も自己所有感について問う質問であるが，Q15 のスコアより Q24 のスコアのみが高くなった．この結果は，表 1 の結果と一致し，自己所有感の体感には視覚情報より触覚情報の方が優先されることにより，触覚がある現実の身体の位置である自己像側に自己所有感が寄っており，自己像に対する自己所有感の増加に繋がったのではないかと考える．

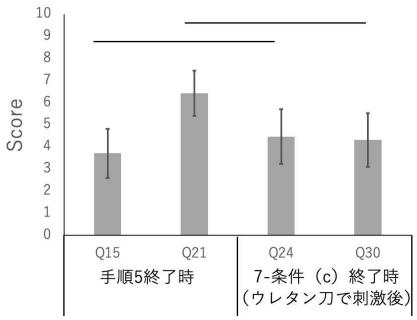


図 4: 自己所有感の変化

灰色の線は有意差検定を行った結果である．

3.2 自己主体感

自己主体感を低下させると予測される要素が実際にどのような影響を及ぼしたか分析した．視点移動後に自己像の視認を行ったタイミングでの自己主体感についての質問 Q8，Q9 と条件（a），（b）終了後の自己主体感についての質問 Q27，Q28 のスコアに対し，ウィルコクソンの符号付き順位和検定を行った（図 5）．どの組においても，有意差は見られなかった．しかし，Q27，Q28 はどちらも自己主体感について質問したにも関わらず，Q18 に比べて Q27 のみが低下し，Q19 に比べて，Q28 はあまり低下しなかった．この 2 組の差は，自己像が自分の意思で動いた（Q18，Q27）か，自己像を自分がコントロールしていた（Q19，Q28）かという文言の差であるが，コントロールという単語がゲームなどで使われていることを連想させる単語である，条件（a），（b）を体験することで，自己像に対する認識が「自分自身をどこかから撮影した像」から「コントロールできるゲームキャラクターに準ずるもの」へと変化した可能性がある．

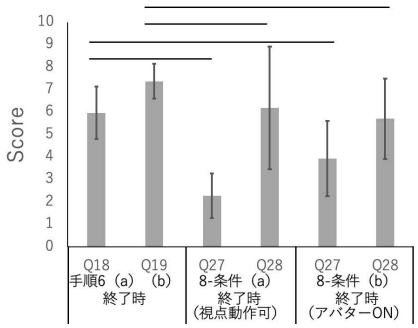


図 5: 自己主体感の変化

灰色の線は有意差検定を行った結果である．

3.3 自己位置感覚と自己所有感

触覚と視覚に差がある条件（c）の自己位置感覚への影響を分析した．視点移動後に自己像の視認を行ったタイミングでの自己位置感覚についての質問 Q8，Q9 と条件（c）Q22，Q23 のスコアに対し，ウィルコクソンの符号付き順位和検定を行った（図 6）．その結果，2 組において，有意差は見られなかった．Q8 と Q22 のスコアを比較すると，1 程度増加しており，自己像に対する自己位置感覚の変化があった．Q2，Q3，Q25 における自己位置の変化においても，5 名中 1 名の実験参加者が，触覚と視覚がずれたタイミングでの自己位置感覚が自己像側に移動した（図 6 の赤い丸で囲まれた箇所）．これらの自己像側の変化（図 6）と自己位置感覚の場所が移動した結果（図 7）から触覚と視覚のズレは自己位置感覚に影響を与える傾向が示された．視覚情報と触覚情報が差がある場合，視覚情報

より触覚の方が優先的に処理され，視覚と触覚間でずれがあることで視覚情報への信頼性が低下し，視覚情報に強く関係する自己位置感覚が触覚に強く関係する現実の身体の位置である自己像側に移動した可能性がある．

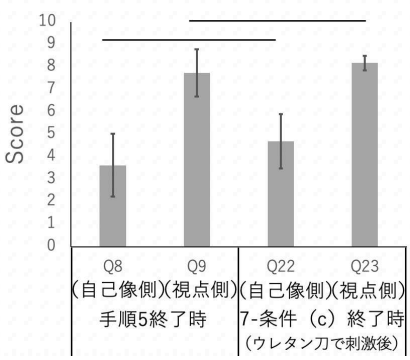


図 6: 自己位置感覚と自己所有感との関係
灰色の線は有意差検定を行った結果である．

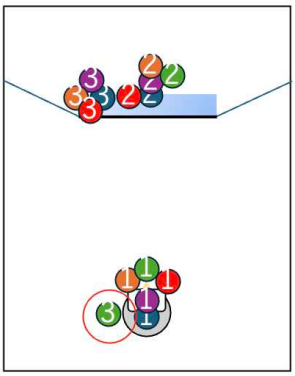


図 7: 自己所有感の低下に伴う自己位置感覚の場所の変化．
① Q2 初期状態 ② Q3 視界移動
③ Q25 条件（c）のタスク終了時

3.4 自己位置感覚と自己主体感

自己主体感を低下させる要素が含まれる条件（a），（b）の自己位置感覚への影響を分析した．視点移動後に自己像の視認を行ったタイミングでの自己位置感覚についての質問 Q8，Q9 と各条件終了後の Q22，Q23 のスコアに対し，ウィルコクソンの符号付き順位和検定を行った（図 8）．その結果，どの組においても有意差は見られなかった．Q2，Q3，Q25 における自己位置の変化から，自己像に対する自己主体感の低下は自己位置感覚に影響を与えないことが示された．自己位置感覚と自己主体感はどちらも視覚に関係があり，実験手順 8 のように視界が動かせる状況では，運動主体がある視点側の位置が優位なるのではないかと考えられる．

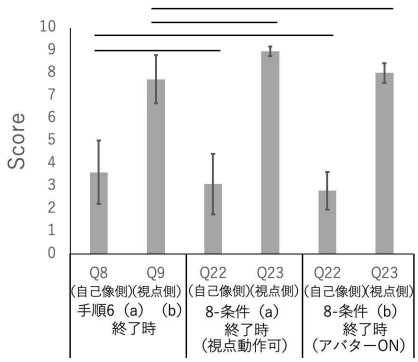


図 8: 自己位置感覚と自己主体感の関係
灰色の線は有意差検定を行った結果である．

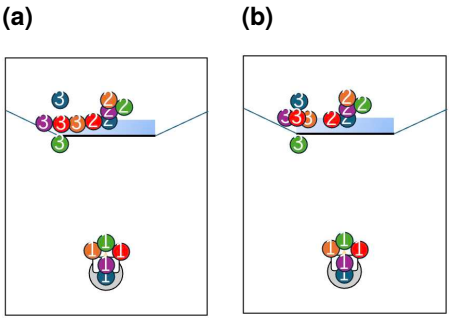


図 9: 自己主体感の低下に伴う自己位置感覚の場所の変化．
（左）条件（a）（右）条件（b）
① Q2 初期状態 ② Q3 視点移動
③ Q25 手順 8 終了時

4. まとめ

本実験で行った条件では，自己像に対しての自己所有感，自己主体感を大きく下げることはできなかった．視覚と触覚の非同期状況によるボタン押下の実験の結果より自己所有感には，視覚よりも触覚が優位であることが示唆された．また，触覚が優位に働くことで，自己位置感覚が実際に触覚がある位置である自己像側に移動する可能性が示唆された．

文 献

A. Souma & S. N. Kudo(2023) ”Inducing out-of-body experiences by disturbing the sense of self-location using VR,” 2023 年度日本認知科学会第 40 回大会

I. Ohtsuka & S. Sshimada(2021). ”The Effect of Delayed Visual Feedback on the Full Body Illusion Using VR,” Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics, vol. 33, no. 3, pp. 657-662.

A. Kalckert & H H. Ehrsson (2012). ”Moving a Rubber Hand that Feels Like Your Own: A Dissociation of Ownership and Agency,” *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 6

B. Lenggenhager, T. Tadi, T. Metzinger, and O. Blanke, “Video ergo sum: Manipulating bodily self-consciousness,” Science, vol. 317, no. 5841, pp. 1096 – 1099, 2007.

左右の指への同期的接触による自己溶接感覚の生起

The Illusory Self-Welding Sensation Through Synchronous Touch on the Left and Right Fingers.

髙橋 奈里[†]，佐藤 優太郎[†]，横坂 拓巳[‡]，小鷹 研理[†]
Nari Takahashi, Yutaro Sato, Takumi Yokosaka, Kenri Kodaka
[†]名古屋市立大学大学院，[‡]日本電信電話株式会社 NTTコミュニケーション科学基礎研究所
Graduate of Nagoya City University, NTT
c235719@ed.nagoya-cu.ac.jp

概要

従来の身体所有感研究では，自己と他人の身体に対する同期接触を扱うものが多かった．本研究では，自己の左右の身体に対する同期接触によって,身体が接合したように感じる自己溶接錯覚の基礎的な誘発条件を検討した．また新たに，主観評価だけでなく，行動実験の指標においても，自己溶接錯覚の効果を検証した．その結果，接合感の生起にあたり，同期接触が重要であることが明らかになった．また，行動実験レベルで約４cm のドリフトが生起することが明らかになった．

キーワード:ラバーハンド錯覚，ベルベットハンド錯覚，ダブルタッチ

1. はじめに

身体イメージの変調は，「まさに自分の身体である」という身体所有感に基づいて生起する．これまでの研究では，人間の自己身体に対する認知機能は極めて柔軟であることが明らかになっている．身体所有感に関する代表的な研究例が，ラバーハンド錯覚（Botvinick & Cohen, 1998）である．これは，体験者の実際の手とダミーのラバーハンドに対して同期的な刺激を与えることで，あたかもラバーハンドが自分の手のように感じるという錯覚である．

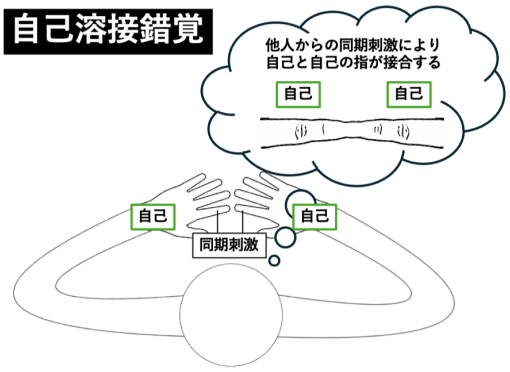
我々の研究室では，ラバーハンド錯覚と同様の原理を適用したものとして，自己の指と他人の指に対して，近接空間で同期刺激を与えることで，自分の指が他人の指まで伸長したように感じるダブルタッチ錯覚を発表している (Sato et al., 2024).

このように，これまでの身体所有感研究では，「自己」と「モノ」あるいは「自己」と「他人」の身体に対する同期刺激が，身体イメージの変調において重要であることが示されてきた．一方で，「自己」と「自己」，すなわち同個体内の身体に対する同期接触の影響は，ラバーハンド錯覚のパラダイムでほとんど扱われてこなかった．

しかし，身体所有感研究外では，自己身体内，例えば自己の左右の手に対して同期刺激を付与することによる効果が検討されている研究例がいくつか存在する．触覚研究では，左右の手で金網やラケットを挟んで相互に擦り合わせることにより，手の触感覚が変化するベルベットハンド錯覚 (Yokosaka et al., 2021) が報告されている．また，左右の手への同期的運動により，左右の運動のパターンが変化したり (Bimanual Spatial Coupling ; Franz & Packman, 2004)，左右の指への同期刺激により，刺激感受の閾値が変化したりする (Double Simultaneous Stimulation ; Tamè, et al., 2011) ことも報告されており，左右の身体への同期刺激により，身体イメージに対しても何らかの同調的な作用が生起する可能性がある．よって，改めて，自己の左右の身体に対する同期刺激付与の効果を，これまでのラバーハンド錯覚のパラダイムの観点から捉え直すことには大きな研究意義があるといえる．

髙橋ら (2024) は，自己の左右の指に対して同期刺激を与えることによる効果を検討し，主観レベルでは自己の左右の指が接合したような感覚が得られることを明らかにした．この錯覚を以下では，自己溶接錯覚とする (図1). 自己溶接錯覚の具体的な操作は，体験者が自身の両手を胸と平行となる位置に置き，実験者が左右の指に対して，人差し指で同期刺激を継続して与

図1 自己溶接錯覚の概要



える (同時にタッチする) ことである. これにより, 自己の左右の指が接合したような感覚が得られる. また, 自己の左右の指が, 近接空間でなおかつ両側部位 (左右の同じ部位)であるときに, より強い左右の指の接合感覚が生起することが示された.

本研究の目的は, 自己溶接錯覚が, これまでの身体所有感を変化させる多くの錯覚のパラダイムに沿って生起するのか, 詳細に検討することである.

まず, ダブルタッチにおける時間同期および非同期条件を設定し, 同期刺激が自己溶接錯覚の生起にあたり重要かどうか検討する. 同期条件・非同期条件の操作は, 佐藤ら(2023) を参考に設定した.

次に, 距離条件を設定し, 指間距離による自己溶接錯覚効果の違いを検討する. 髙橋ら(2024) の被験者実験では, far 条件として参加者の左右の指先の距離が 15cm となる状態を設定したが, 主観評価得点が低かったことから, 錯覚が生起しておらず, 錯覚生起における空間的な距離の制約を超越しているように思えた. そこで, 本研究では, near 条件, far 条件ともに, 15cm より短い範囲で指間距離を設定した.

さらに, 自己溶接錯覚の効果について, 行動実験レベルで検討することを目的とした. Sato et al. (2024) では, 参加者の頭に VIVE トラッカーを装着し, 身体を傾けながら心的な指の位置感覚を示すことで, 錯覚体験時の行動的なデータを取得した. 自己溶接錯覚は主として接合感覚が生起するものであるが, 我々の仮説では, 自己の左右の指が互いに伸長することで, 左右の指の接合感が得られると考えている. そのため, 本研究では, 錯覚体験時に, 左右一方の指に注意を向けながら指先の位置感覚を回答する行動実験を実施した.

我々の仮説では, 付与する刺激の同期性が高まるほど, そして距離が近接的になるほど, より強い左右の指の接合感覚が生起すると考える. また, 距離が遠隔的になるほど, 左右の指の伸長感覚が強く生起すると考える. 行動実験では, 我々の仮説に基づくならば, 左右それぞれの指が伸長したような位置感覚のドリフトが計測されると推測する.

図2 実験環境

2. 方法

2.1 実験参加者

本実験では, 健康な 20 代の大学生計 21 名 (男性:10 名, 女性:11 名, 平均年齢:20.9 歳) が参加した. ただし, 計測データに不備があった 1 名を排除し, 計 20 名のデータについて解析を実施した.

2.2 実験装置・環境

実験環境を図 2 に示す. 長机と椅子を用意し, 実験者と参加者は向かい合って座った. 行動実験の実施にあたり, ベースステーション 1.0 を左右に設置した. また, VIVE トラッカーを使用し, 左右の指のドリフト量を計測した. プログラミングソフトは Unity を使用した.

2.3 実験手順

参加者には, 身体の正中線を机上に記したシールの位置に合わせて椅子に座り, 楽な姿勢をとってもらった. また, 錯覚体験時は目を閉じ, ホワイトノイズを流した状態で取り組んでもらった.

実験条件を図 3 に示す. 同期性要因として, 同期条件 (sync) と非同期条件 (async) を設けた. 同期条件では, 実験者が, 約240bpm の速さで体験者の人差し指の第一関節あたりを同時にタッチした. 非同期条件では, 実

図3 実験条件

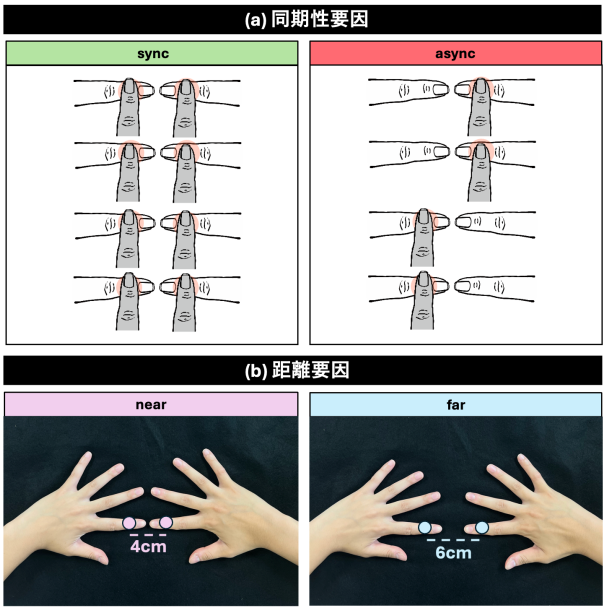
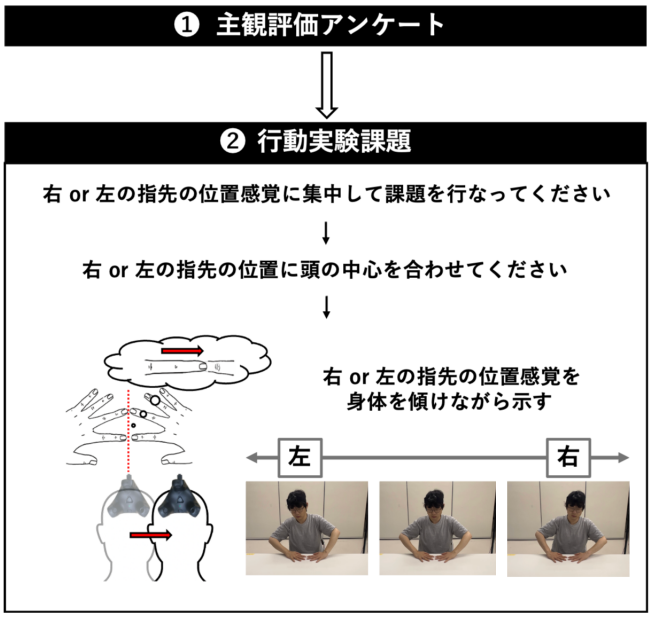


表1 主観評価アンケート項目

	分類	アンケート文
Q1	接合感	右手の指と左手の指が繋がったような感じがした
Q2	伸長感	右手または左手の指が伸びたような感じがした
Q3	膨張感	右手または左手の指が太くなったような感じがした
Q4	麻痺感	右手または左手の指が麻痺しているような感じがした

図4 実験の流れ



験者が，約240bpmの速さで体験者の人差し指の第一関節あたりを交互に 2 回ずつタッチした．距離要因として，near 条件と far 条件を設けた．near 条件では，実験者が参加者の左右の指に対して刺激を与える際の間隔を約 4cm とした．far 条件では，実験者が参加者の左右の指に対して刺激を与える際の間隔を約 6cm とした．

実験の流れを図4に示す．参加者ははじめに，主観評価課題に取り組んだ．同期性要因 (2 条件) × 距離要因（2 条件）の 4 条件をそれぞれ 30 秒間ずつ実施した．体験後，身体変形感覚に関して尋ねた 4 項目の質問（表1）について 0 (全く感じない)～6 (非常に強く感じる)の 7 段階で回答してもらった．

次に，参加者は，頭の中心に VIVE トラッカーを装着し，行動実験を実施した．参加者には，左右どちらの指に集中して課題を実施するか，教示を行った．その後，初期位置計測として，実験者が注意を向ける指の指先に触れ，参加者は，目を閉じた状態で触れられた指先の位置に頭の中心を合わせ，ドリフトを計測した．参加者には，刺激が付与されている間，注意する指先の位置感覚を，身体を傾けて示すように伝えた．

主観評価課題，行動実験の各試行について 2 回ずつ計測し，算出された平均値を分析に使用した．また，質問項目順と各条件の実施順は参加者ごとにランダムとした．

3. 結果

主観評価アンケートの結果を図 4 (a)に，行動実験の結果を図 4 (b)に示す．主観評価と行動実験課題によって取得されたデータは，正規性を仮定できなかったため，解析には整列ランク変換を用いた，ノンパラメトリックな 2 要因参加者内分析を使用し，Holm 法による多重比較を実施した(n = 20).

主観評価について，分析の結果，Q1, Q2 で同期性要因の主効果が認められた(Q1: $F(1, 57) = 141.82$, $p < .001$; Q2: $F(1, 57) = 28.92$, $p < .001$). 多重比較の結果，指間距離が 4cm, 6cm 両者の sync 条件が，4cm, 6cm 両者の async 条件よりも有意に評価得点が高かった．Q3, Q4 については有意な主効果は認められなかった．

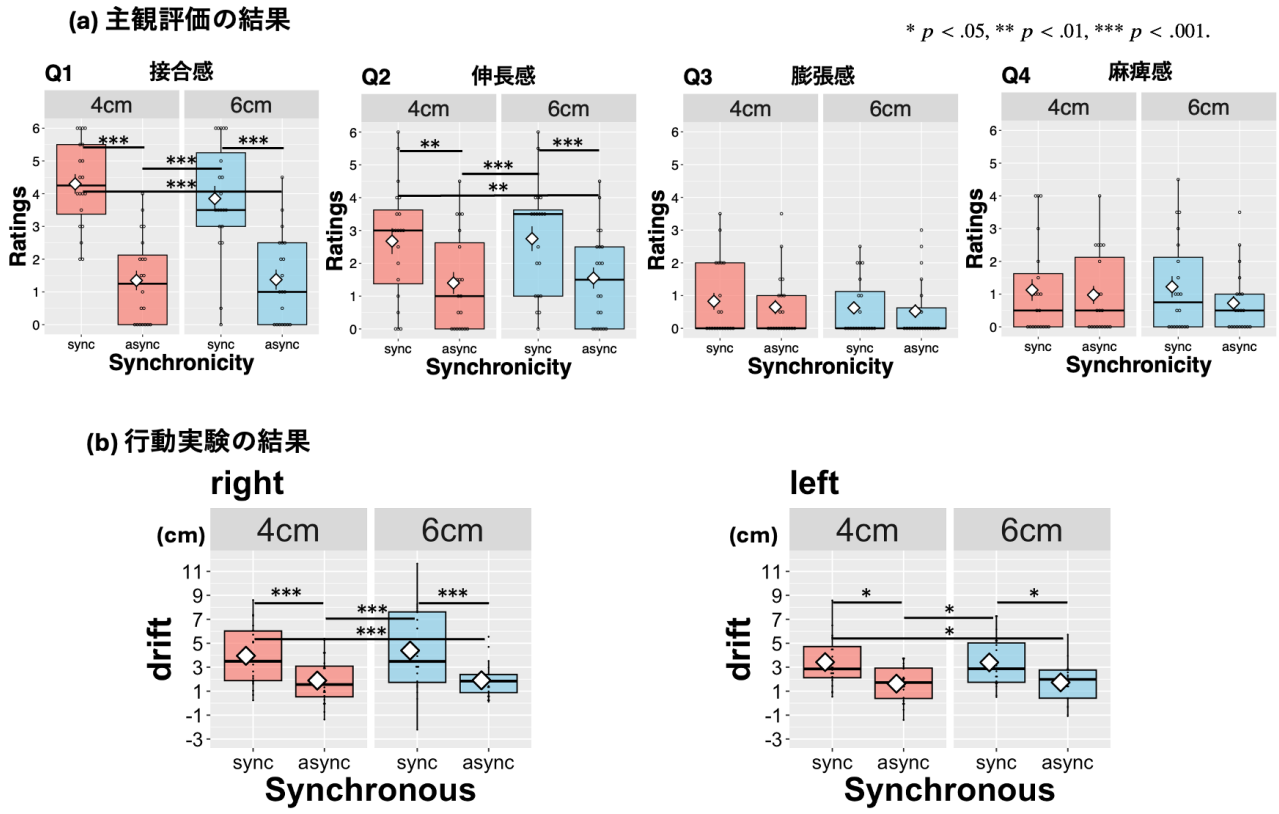
行動実験について，各条件の刺激付与後 30 秒後，つまり刺激付与終了地点の指先のドリフト量を抽出し，分析に使用した．その結果，右手の指の位置感覚に集中して課題を行う条件（Right）と左手の指の位置感覚に集中して課題を行う条件 (Left) の両者において，同期性要因の主効果が認められた(Right: $F(1, 57) = 30.79$, $p < .001$; Left : $F(1, 57) = 18.84$, $p < .001$). 多重比較の結果，4cm, 6cm 両者の sync 条件が，4cm, 6cm 両者の async 条件よりも有意にドリフト量が大きかった．特に，sync 条件では，約 3 ~ 4 cm もの指のドリフト量が計測された(4cm ; Right : 3.95cm, Left : 3.43cm, 6cm ; Right : 3.95cm, Left : 3.43cm 条件では, Right : 4.39cm, Left : 3.96cm).

4. 考察

本研究では，自己の左右の身体に対する接触動作による錯覚の効果を，同期性要因と距離要因から検証することを目的とした．また，行動実験レベルで，自己溶接錯覚の効果を検証することを目的とした．

本研究の結果，自己溶接錯覚の生起にあたり，同期的な接触を要することが明らかになった．これは，従来の身体所有感研究における錯覚の基礎的な誘発条と一致している．

図5 主観評価課題と行動実験の結果



距離要因については, 4cm 条件と 6cm 条件との間で有意な差は見られなかった. 言い換えれば, 自己溶接錯覚は, 6cm ほど距離が離れていたとしても, 同期刺激の付与により, 接合感覚や伸長感覚が生起している. 一方, 髙橋他(2024) では, 15cm ほど距離が離れた時に錯覚の効果が小さくなる傾向が見られたことから, 今後は, 指間の距離を少しずつ変化させながら, 錯覚が生起する空間的な制約条件について検討する必要がある. また, 指間距離によって接合感覚と伸長感覚の強度がどのように変化していくのか, 細かく検討したい.

行動実験においても, 指のドリフトの生起にあたり, 同期刺激を要することが明らかになった. また, sync 条件では, 錯覚体験直後には左右の指が 4cm ほどドリフトしており, 指が伸長することが明らかになった. これは, 指が繋がったような感覚が生起するメカニズムとして, 左右の指の伸長が併発しているという我々の仮説を支持するものであった. 今後は, 行動実験を活用しながら, 自己溶接錯覚のメカニズムの解明を行なっていく. また, 自己溶接錯覚における, より最適な行動実験の手法についても検討していく.

5. 文献

Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see. *Nature*, *391*(6669), 756-756

Franz, ElizabethA., & Packman, T. (2004). Fooling the brain into thinking it sees both hands moving enhances bimanual spatial coupling. *Experimental Brain Research*, *157*(2), 174–180. https://doi.org/10.1007/s00221-004-1831-3

佐藤・斎藤・小鷹(2023). 自分の指と他人の指への同期的接触による指の変形感覚の生起, 日本認知心理学会第 21 回大会.

Sato, Y., Saito, G, & Kodaka, K. (2024). Illusory deformation of the finger is more extensive in the distal than the lateral direction. *I-Perception*, 15(3)

髙橋・佐藤・横坂・小鷹(2024). 自己の両側身体に対するダブルタッチの効果, 日本認知心理学会第 22 回大会

Tamè, L., Farnè, A., & Pavani, F. (2011). Spatial coding of touch at the fingers: Insights from double simultaneous stimulation within and between hands. *Neuroscience Letters, 487*(1), 78–82.

Yokosaka, T., Kuroi, S., & Nishida, S. (2021). Describing the Sensation of the ‘Velvet Hand Illusion’ in Terms of Common Materials. *IEEE TRANSACTIONS ON HAPTICS, 14*(3)

皮膚変形錯覚における錯覚残存効果の検証
Verification of the Residual Effect of Illusions in Skin Deformation Illusions

佐藤 優太郎[†]，小鷹 研理[‡]
Yutaro Sato, Kenri Kodaka

[†]名古屋市立大学大学院
Nagoya City University
sato12yutaro@gmail.com

概要

我々は，皮膚変形感を生起する透明スライムハンド錯覚において，実際には存在しない架空の皮膚を伸び縮みさせる動作のみを中止してもなお，錯覚が残る現象を発見した．本稿では，この錯覚残存効果が皮膚領域特有のものか，手全体の領域でも起こるのかを質問紙によって検証した．結果は触覚刺激を継続した状況で視覚刺激をキャンセルした時に限り，双方の部位に錯覚残存効果が作用することが示唆された．

キーワード：slime hand illusion, rubber hand illusion，錯覚残存効果

1. はじめに

我々の研究室が発見したスライムハンド錯覚（Slime Hand Illusion: SHI）は，強力かつインスタントな皮膚変形錯覚を生起する[4]．これは SHI が身体位置を内的にモニタする筋骨格的（固有感覚的）な身体像を回避し，心的な皮膚に選択的に作用する錯覚であることが理由と考えられる．翻って，従来のラバーハンド錯覚(Rubber Hand Illusion: RHI)のパラダイムにおいて報告されてきた身体像に関する知見は[1,3]，主に骨格的身体（固有感覚ベースの身体像）の制約の範疇にあり，SHI が示すような皮膚的身体の特性を精査していくことで，身体イメージに関する知見が大きく更新される可能性がある．

身体的な錯覚の誘発において，同期的な視触覚刺激は重要な要因である．我々は，この身体錯覚の同期性の原則から外れるように思える皮膚変形錯覚の残存効果を発見した．SHI からスライム取り除いた透明スライムハンド錯覚（Invisible Slime Hand Illusion: ISHI）において，皮膚変形感が生起している途中で，実験者が体験者からは視覚的に遮蔽された手の皮膚をつまんだままに，実際には存在しない透明な皮膚をつまんで引っ張るような仕草のみを中止すると，体験者は皮膚が変形した形のまま硬直したかのような錯覚を感じる．SHI で皮膚硬直感が生起している際の視覚的な刺激を中止する状態は，通常の RHI では非同期的な条件，すなわち錯覚が消失する条件に対応する．よって上述の現象は，実験心理的な観点から見てこれまでの RHI のパラダイムでは報告されてこなかった刺激同期モードが存在することを示す興味深い現象であり，この錯覚残存効果の検証には意義がある．

我々の関心は，錯覚残存効果が皮膚領域特有のものであるのか，従来型の RHI が対象としてきた骨格レベルにおいても作用するのかを検証することにある．SHI パラダイムにおける皮膚変形感は，RHI のパラダイムと同じく視触覚刺激の相互作用によって生起する．しかし，皮膚領域における強力な錯覚作用は，固有感覚のような内的な身体位置センサを回避することで実現するものと考えられる．つまり ISHI においても，錯覚像としての透明な皮膚がどの距離まで伸びているのかは， 視覚刺激等の外的な入力で決まる．そのため，刺激入力が存在する時を ON，キャンセルされた時を OFF と表記すると，ISHI の誘発中に，触覚刺激は ON のまま，視覚刺激のみを OFF としたとき，触覚刺激に対応する錯覚像としての透明な皮膚位置は，現実の皮膚位置に補正するための知覚的な材料を持たないがために，つまむ動作をやめた位置に固着したままとなる．ISHI における錯覚残存の同期モードは，このような皮膚領域の心的特性に基づいて成立すると考えられる．

以上のような推察から，仮説として，錯覚の残存効果は，皮膚領域での錯覚作用において見られることが予想される．本研究では，ISHI で観測された新たな錯覚同期モードがもたらす錯覚残存効果を，従来型の RHI のパラダイムと比較，検証することを目的とした被験者実験を行う．実験では ISHI と，ダミーハンドを用いない，何もない空間をなでる RHI である Invisible Hand Illusion(IHI)を採用し[2]，アンケートを用いた主観評価実験を実施する．

Q1-a	skin ownership	何もない空間に「見えない」皮膚が引っ張られているような感触があった
Q1-b	ownership	何もない空間に「見えない」手が触れられているように感じた
Q2	strechy skin	自分の手の皮膚が通常よりも伸びた感じがした
Q3	proprioceptive drift	自分の手全体が最初の位置よりも上にあるように感じた
Q4	control	自分の手が消失した感じがした

表 1　実験 1 のアンケート

2.　実験

実験参加者は大学生 22 名であった（n = 22，平均年齢 20.8 歳，右利き 21 名）．外部からの雑音の影響をなくすため，実験者は課題中ヘッドホンを着用し，ホワイトノイズを聞いた．実験環境は卓上に高さ約 55cm の鏡を配置した Mirror Visual Feedback（MVF）の環境をベースとした[5].

実験 1：ISHI と IHI の錯覚効果の主観評価

実験 1 では，ISHI および IHI における視触覚同期刺激に関する基礎的検証を行った．参加者は椅子に座り，鏡背面に腕を配置し，自分の腕が見えない状態で，鏡に映る実験者の動作を覗き見るようにした．

ISHI 課題では，実験者は，卓上の何もない空間を上方向につまみあげて，卓上から 10cm または 40cm の範囲の位置に到達した際，到達した位置の±5cm の範囲を行ったり来たりさせた．IHI 課題では，鏡面に卓上から 10cm または 40cm の高さの箱を配置し，その箱の平面上の何もない空間をなでる動作を提示した．

視覚的操作に対する触覚要因として，鏡背面の手に対して，ISHI では手の甲を軽くつまんで引っ張る条件（pinched & pulled 条件），IHI 課題では，手をなでる条件（touch 条件）と，各課題とも一切触れない条件（non-touch 条件）を実施した．以上の距離要因と触覚要因を組み合わせた 4 条件は，あらかじめ決められた重複のない順序で，ISHI 課題は 15 秒間，IHI 課題は 30 秒間実施された．各課題の直後，アンケートを実施した（表 1）．参加者は各質問項目に対して，0（全く感じない）から 6（非常に強く感じる）の 7 段階の数字で感覚の強さを回答した．

実験 2：ISHI と IHI における錯覚残存効果の主観評価

実験 2 は ISHI と IHI の残存効果を検証する．実験は pre 試行と post 試行からなる（図 1）．参加者は実験 2 の課題を開始する前に，課題の最中にヘッドホンから流れる合図（サイン波）がなったら即座に，ISHI 課題では「何もない空間に「見えない」皮膚が伸びたままになった感じがした」，IHI 課題では「何もない空間に「見えない」手が残ったままになった感じがした」の質問に数字で回答するよう指示された．

図 1　実験 2 の計画

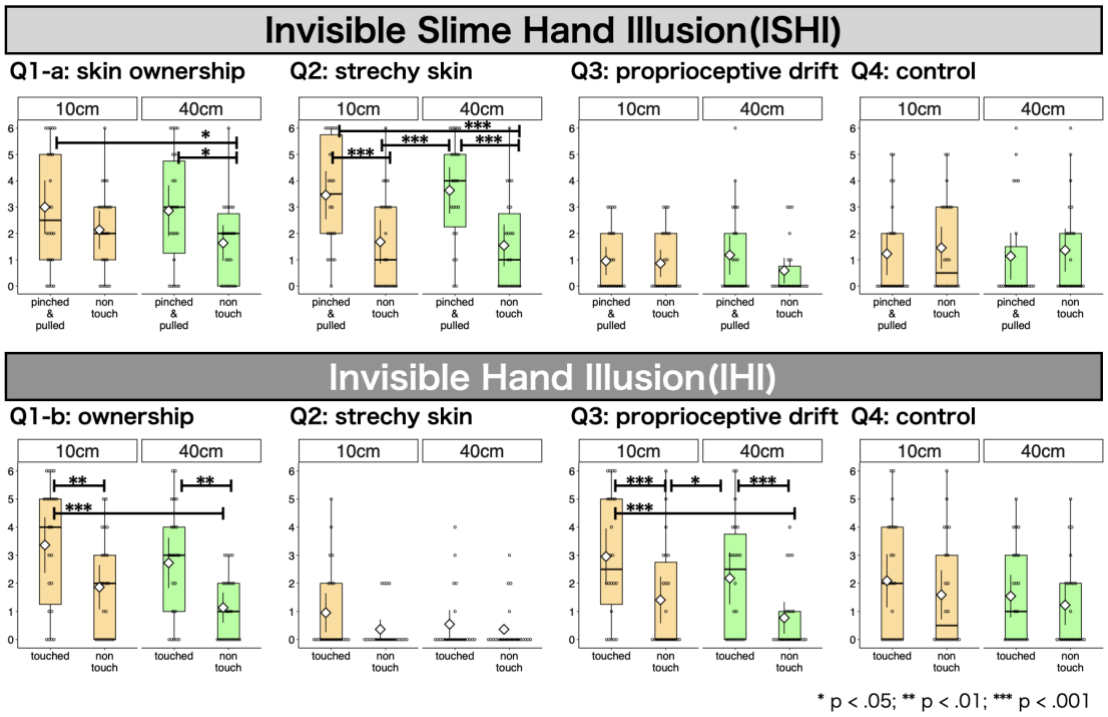


図 2 実験 1 の結果

pre 試行では，ISHI 課題， IHI 課題で錯覚生起条件に対応する操作が行われた．pre 試行を開始してから，ISHI 課題では 15 秒後につまんで引っ張る動作を空中で保持し，IHI 課題では 30 秒後になでる動作を空中で保持した．動作を保持する位置は 10cm または 40cm であった．各条件で動作をストップしてから 3 秒後，ヘッドホンからのサイン波を合図に質問に回答した．

post 試行は pre 試行から連続的に実施された．pre 試行において，ISHI 課題と IHI 課題の双方とも，実験者が鏡面側の手の動作をストップさせてから 10 秒後，実験者の鏡面の手の操作（視覚刺激）と鏡背面の手の操作（触覚刺激）を継続する（ON）場合と中止する場合（OFF）の組み合わせ 4 パターンを実施したのち，さらに 3 秒後，ヘッドホンからのサイン波を合図に再度質問に回答してもらった．

3. 結果

結果を図 2 と図 3 に示す．実験 1 では，各質問項目（表 1）について，距離要因（10cm，40cm）と触覚要因（ISHI: pinched & pulled, non-touch; IHI: touched, non-touch）の要因について，整列ランク変換を施したノンパラメトリックな参加者内 2 要因分散分析と多重比較（holm 法）を実施した．解析結果からは，Touch 要因の主効果が，ISHI 課題では， Q1-a と Q2 で有意にえられたことから皮膚変形感の生起が示唆された（Q1-a :F (1, 63) = 9.11, p = .004, η_p^2 = .13; Q2: F (1, 63) = 46.7, p < .001, η_p^2 = .0.42）．一方で Q3-4 では有意な主効果は得られなかった．IHI 課題では，Q1-b と Q3 で有意な主効果が得られたことから，透明な空間における所有感の生起が示唆された（Q1-b :F (1, 63) = 22.8, p < .001, η_p^2 = .27; Q2: $F(1, 63) = 35.6, p < .001$, η_p^2 = .0.36）．一方で，Q2 と Q4 では有意な主効果は得られなかった．Distance の主効果は， IHI 課題で Q3 においてのみ有意に検出され，手の位置の錯覚に制約があることが示唆された．Q3: $F(1, 63) = 12.3, p < .001$, η_p^2 = .0.16）．多重比較の詳細は図 2 に示す．以上の結果は，ISHI と IHI において視触覚刺激の同期性が重要であることを示す．

実験 2 では，post 試行の評定値から pre 試行の評定値を引いた値を残存効果得点とし，得点と 0 と比較について t 検定を行った．結果は，ISHI と IHI の双方において，触覚刺激を中止する際にのみ，錯覚効果が有意に下がることがわかった（図 3）．なお t 検定は ISHI，IHI それぞれの解析において，holm 法による p 値の調整を行なった．

4. 考察

実験 1 は，ISHI と IHI において，視触覚刺激の同期が重要性を示し，各錯覚の効果を再現するものであった[2-3]．実験 2 の結果は， ISHI と IHI の双方で，触覚刺激が ON の状態なら，視覚刺激が ON でも OFF でも

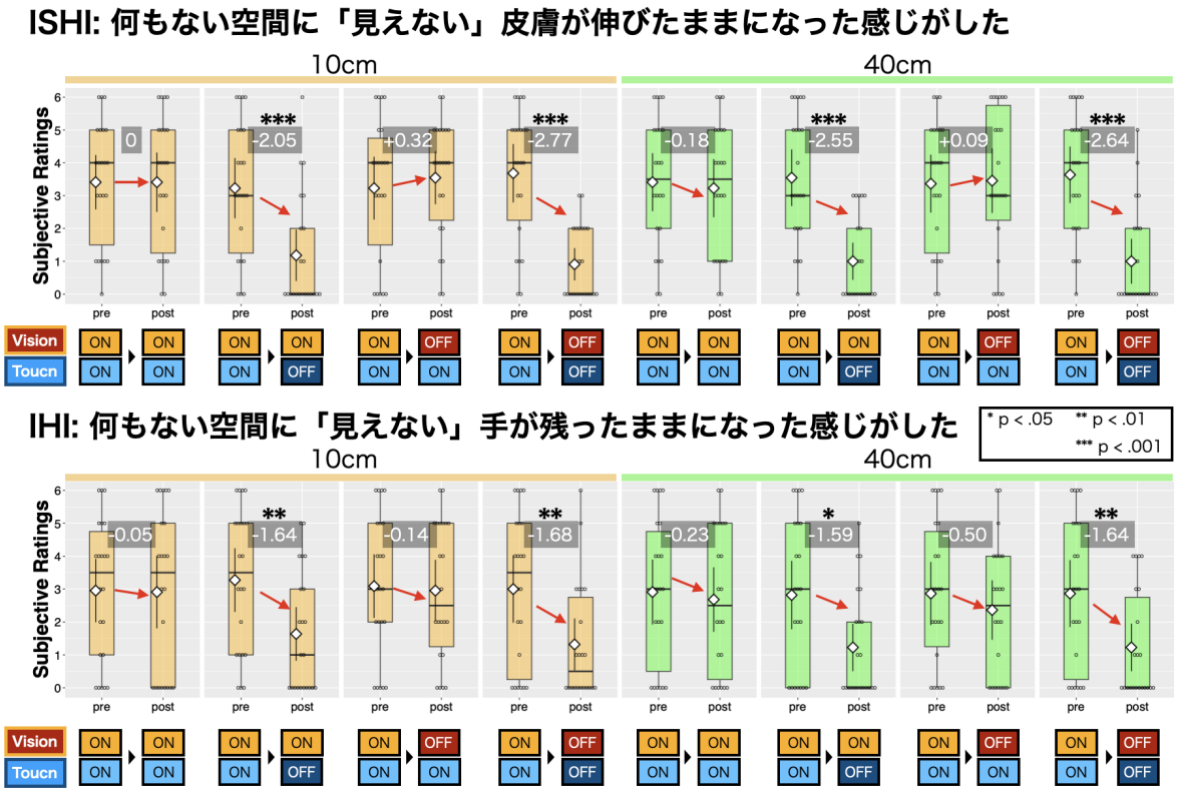


図 3 実験 2 の結果

錯覚効果が統計的なレベルで低下が検出されないことが明らかとなった.

我々の仮説は，錯覚の残存効果は皮膚領域における真的な特性に基づき，ISHI のみで成立すると予測していた．しかし実験 2 の結果は錯覚の残存効果が皮膚的身体イメージを扱う ISHI と，骨格的身体イメージを扱う IHI の双方で作用することを間接的に示唆するものとなった．この結果は，固有感覚の制約下にある手全体を対象としても，残存効果が作用することを示している．当初の予想とは反する結果であるものの，手指全体の領域を対象とした固有感覚レベルの錯覚像に対しても残存効果が作用することを示唆する興味深い結果となった.

一方で，本実験の検証は，主観指標の評価のみであり，IHI の残存効果が，RHI 生起の指標となる身体の位置感覚のズレ（固有感覚ドリフト）を伴うレベルで作用していたのかはわからない．実際，実験 1 における距離の効果は，IHI の Q3 固有感覚ドリフトで有意に検出され，従来研究における身体位置錯覚の制約自体は，本研究でも再現されている[3]．今後，皮膚の位置と，骨格を含む手指の位置に関する行動実験レベルで残存効果が異なるかについては検討の余地がある.

文献

[1] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see. *Nature*, *391*(6669), 756–756. https://doi.org/10.1038/35784

[2] Guterstam, A., Gentile, G., & Ehrsson, H. H. (2013). The Invisible Hand Illusion: Multisensory Integration Leads to the Embodiment of a Discrete Volume of Empty Space. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *25*(7), 1078–1099. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00393

[3] Kalckert, A., & Ehrsson, H. H. (2014). The spatial distance rule in the moving and classical rubber hand illusions. *Consciousness and Cognition*, *30*, 118–132. https://doi.org/10.1016/j.concog.2014.08.022

[4] Kodaka, K., Sato, Y., & Imai, K. (2022). The slime hand illusion: Nonproprioceptive ownership distortion specific to the skin region. *I-Perception*, *13*(6), 204166952211377. https://doi.org/10.1177/20416695221137731

[5] Ramachandran, V. (1998). The perception of phantom limbs. The D. O. Hebb lecture. *Brain*, *121*(9), 1603–1630. https://doi.org/10.1093/brain/121.9.1603

解決志向アプローチを用いたVR版傾聴エージェント：高齢者のメンタルヘルスと印象評価に関する検討

Development of the VR version of an active listening agent using a solution-focused approach: Investigation on mental health and impression evaluation of older adults

下條 志厳 †，王 凱 †，木内 敬太 ††, 林 勇吾 †††
Shigen Shimojo, Kai Wang, Keita Kiuchi, Yugo Hayashi

† 立命館グローバル・イノベーション研究機構，†† 独立行政法人労働者健康安全機構，
††† 立命館大学総合心理学部

Ritsumeikan Global Innovation Research Organization, Japan Organization of Occupational Health and Safety,
College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University

†sshimojo@fc.ritsumei.ac.jp

概要

現在，日本では高齢者の孤独が問題となり，メンタルヘルス支援のシステム化が求められている．そこで，本研究では，VR を用いた会話エージェントによる解決志向アプローチの有効性を検討した．その結果，ポジティブ情動において改善がみられた．また，ネガティブ情動では，会話エージェントに対する印象における擬人化と知性の知覚との間に負の相関があった．VR を用いた会話エージェントによる解決志向アプローチの有用性と，会話エージェントの印象の重要性が示唆された．

キーワード：メンタルヘルス支援, 解決志向アプローチ, バーチャルリアリティ, 会話エージェント

1. はじめに

現在，日本では高齢者の孤独が問題となり，メンタルヘルス支援が求められている．内閣府の調査では，社会的孤立が問題になっており，見守りの取り組みが必要であることを指摘している (内閣府, 2023)．そのため，高齢者の社会的孤立を解消するために，メンタルヘルス支援の必要性があるといえる．

メンタルヘルス支援においては，人的リソースの制約のないメンタルヘルス支援システムが有用である．メンタルヘルスを支援するマンパワーには限界があり，ニーズに対して支援が提供できていないのが現状である (國井, 1979). 高齢者の場合，外にでて，誰かに相談することが困難であり，より一層メンタルヘルス支援システムの必要性があるといえる．そのため，本研究では，心理療法に基づいた高齢者を対象としたメンタルヘルス支援システムの開発と有用性を検討する．以降では，心理療法における対話技法を取り入れたメンタルヘルス支援システムの概要を説明する．

1.1 構造化面接の対話技法を取り入れたメンタルヘルス支援システム

メンタルヘルス支援システムでは，構造化面接の対話技法を取り入れた検討が行われ，その有用性が示されている．たとえば，紙田他 (2018) では主訴を語る必要なく，構造化された手法である構造化連想（Structured Association Technique; SAT）法を取り入れたメンタルヘルス支援システムを検討している．紙田他 (2018) の研究では，バーチャルリアリティ (Virtual Reality; VR) を用いており，その有用性として，高齢者において機器操作が簡易であり，没入感があることがあげられている．また，高齢者は，中々カウンセリングを行う場所に移動するのは困難である．そのため，実際のカウンセリングを再現するために，VR を用いた構造化面接のシステム化は有用であるといえる．

メンタルヘルス支援システムでは，カウンセラーによるメンタルヘルス支援にいかに近づけるかが命題となっている．これまでの検討では，カウンセラーが主体となったシステム化された認知行動療法が，対面での認知行動療法と同等の効果があるということが分かっている (Andersson, 2014)．認知行動療法とは，認知の歪みを修正することで症状を改善する治療法である．一方で，人的リソースが不要であることを考慮すると，カウンセラーに頼らないシステム化された認知行動療法は必要である．そのため，会話エージェントのようなカウンセラーの役目を担えるシステムを用いたメンタルヘルス支援が求められているといえる．

1.2 会話エージェントを取り入れたメンタルヘルス支援システム

カウンセラーによるメンタルヘルス支援をシステム化するにあたって，主に会話エージェントを用いた認知行動療法が検討されている．認知行動療法は幅

広い分野で有効性が確認され，代表的に利用されている (Westbrook et al., 2011)．Fitzpatrick et al. (2017) では，会話エージェントによる認知行動療法を行い，メンタルヘルスが改善され，受容することが分かった．

しかし，会話エージェントを用いた認知行動療法を行うには，治療同盟の問題があり，対話性を高めることが求められている．これまでの検討では，会話エージェントによる認知行動療法は，有効性が低く，離脱率が高いことが明らかになっている (Anderson, 2016)．その根底には，対面式の心理療法における治療の要素である治療同盟の問題があることが指摘されている (Barazzone et al., 2012)．認知を変容させる手法であるため，カウンセラーが主導する必要があり，システム化にあたっては，非常に困難な側面がある．

一方で，会話エージェントによるメンタルヘルス支援では，クライアントの期待する未来像やクライアントの強みに焦点を当てた対話技法である解決志向アプローチを取り入れた検討も行われている．解決志向アプローチは，クライアントの考えや行動を尊重するため，認知行動療法で求められるような，高度な対話技術を伴わなくても，治療同盟が築きやすい可能性がある．実際に，大津他 (2024) では，認知行動療法と解決志向アプローチをシステム化した．その結果，解決志向アプローチは認知行動療法と同様にメンタルヘルスを改善することが分かった．ただし，クライアントによって対話性が低いことが指摘された．そのため，対話性や没入感を高め，会話エージェントに対する印象とメンタルヘルスの関連を検討する必要がある．

1.3 目的と仮説

本研究では，VR における解決志向アプローチを用いた会話エージェントは，高齢者のメンタルヘルスの改善に有用か検討することを目的とする．先行研究では，会話エージェントを用いたメンタルヘルス支援システムの有用性は分かっている．そのため，VR における会話エージェントによる解決志向アプローチは，メンタルヘルスが改善されると予測される (H1)．また，人によるメンタルヘルス支援に近づけるためには，会話エージェントに対する印象が重要である．そのため，会話エージェントに対する印象がメンタルヘルスの改善に影響を与えると予測される (H2).

2. 方法

2.1 実験参加者

本研究では，公益社団法人茨木市シルバー人材センターを介して，60 代〜70 代である 14 名の高齢者である実験参加者 (男性 7 名，女性 7 名) が参加した．平均年齢は，69.93 歳 (SD = 3.71) であった．

2.2 実験手続き

本実験は，VR を用いた会話エージェントによる解決志向アプローチの有効性を検討するために，本課題とアンケートから構成された．本課題の会話エージェントとの対話は計 3 回，1 週間に 1 回行った．その最初と最後にアンケートを実施した．アンケートでは，メンタルヘルスを測定する Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) とエージェントに対する印象を測定する Godspeed Questionnaire をプレ・ポスト両方で行った．本課題におけるシナリオは，主に (I) イントロフェーズ，(Ⅱ) 選択とイメージフェーズ，(Ⅲ) 解決志向アプローチフェーズ，(Ⅳ) まとめ・フィードバックフェーズに分けられた．(I) では，エージェントの自己紹介をした．(Ⅱ) では，相談したい内容の選択とイメージを行った．(Ⅲ) では，ミラクルクエスチョンのシナリオに則ってエージェントから質問し，それにクライアントは回答した．(Ⅳ) では，本日話したことのまとめとフィードバックを提供した．

2.3 シナリオと実験システム

解決志向アプローチに基づいた対話を会話エージェントとのやりとりを介して体験できるシステムを，Unity を用いて開発した．没入感を高めるために，カウンセリングを行う空間，会話エージェントのアバターを用意した．また，自分がソファーに座り，エージェントと対面している感覚を実現するために，カメラの位置をソファーの上に調整した．対話性に関しては，本システムは，大津他 (2024) に基づき，対話として，ミラクルクエスチョンのシナリオを採用した．ミラクルクエスチョンとは，解決志向アプローチの 1 種であり，「奇跡の一日」を想像してもらうことで，自身がどのような変化を望んでいるのかという自身の理想像の理解を促し，理想の状態と現在の状態の共通点から今できることがどのようなことなのかを明確にすることに焦点を当てた支援方法である．また，実験参加者からの回答への応答は，ChatGPT を用いた．文字数が 12 文字未満の場合は，さらに回答を得るためにフォローアップ質問を行った．また，12 文字以上の場合は，「ユーザーが『userResponse』と回答しました．簡単に同意するか，ユーザーの回答に対して短い反応を示した後，次の台詞『currentLine』を読み上げてください.」というプロンプトを用い，応答を生成した．「userResponse」には，ユーザの回答した文字列，「currentLine」には，次の解決志向アプローチに基づいた質問に関する文字列が格納されていた．(Ⅲ) 解決志向アプローチフェーズでは，実験参加者に「明日が

もし奇跡の一日になるとしたら」というテーマで会話を進めていくことで，実験参加者のかかえる問題が解決された状態が反映された理想の状態について考えてもらった．エージェントからの質問は，奇跡の一日の状況やその際の他者から見た自分に対するイメージについて考えてもらうものを設けた．具体的には，奇跡の一日に対して想像を促す質問を尋ねた後，想起した奇跡の一日と現在の生活との共通点について尋ねた．さらに，傾聴技法として，単純な受容やあいづち，解決志向アプローチに基づいた質問を取り入れた．

2.4 従属変数

精神面に関する評価を行うための尺度として，情動の変化を問う PANAS(佐藤・安田, 2001)，を利用し，対話の前後 (プレ・ポスト) に尋ねた．PANAS に関しては 6 件法で回答を求めた．また，ポジティブ情動 (Positive Affect; PA) とネガティブ情動 (Negative Affect; NA) という下位尺度に分け，それぞれの合計得点を従属変数とした．

また，エージェントに対する印象を捉えるために，Godspeed Questionnaire(Bartneck et al., 2008) を利用し，対話の前後 (プレ・ポスト) に尋ねた．この尺度は，下位尺度として「擬人化」,「生命性」,「好ましさ」,「知性の知覚」,「安全性の知覚」があり，5 件法で回答を求めた．各下位尺度の平均値を従属変数とした．

3. 結果

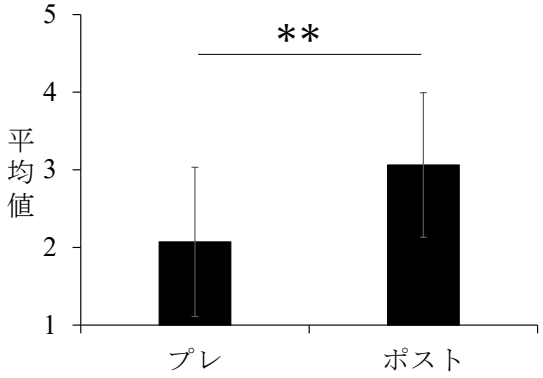
3.1 メンタルヘルスの変化（PANAS）

ここでは，H1 を検証するために，まず，VR を用いた会話エージェントによる解決志向アプローチが有用であるのか PA 得点に関して Wilcoxon の符号付順位検定を行った．図 1 は，PANAS における平均 PA 得点である．その結果，対話の前後で PA に関する気分が改善されることが分かった ($z = -2.93, p = .002$)．次に，NA 得点に関して Wilcoxon の符号付順位検定を行った．図 2 は，PANAS における平均 NA 得点である．その結果，対話の前後で NA に関する気分が改善されないことが分かった ($z = -2.65, p = .006$)．以上より，H1 は部分的に支持されたといえる．

3.2 エージェントに対する印象の影響

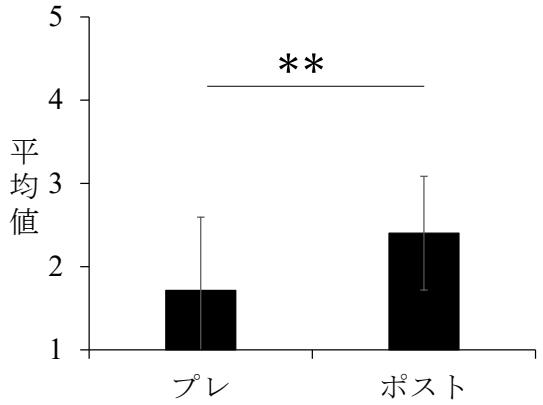
この節では，H2 を検証するために，PA と NA(それぞれプレ・ポストの差分値) を目的変数，Godspeed Questionnaire(ポスト) を説明変数とした重回帰分析を行った．まず，PA に対して重回帰分析を実施した ($_{adjusted}R^2 = .48, F(5, 8) = 3.36, p = .063$)．その結果，PA と擬人化 ($\beta = .18, t = 0.29, p = .782$)，生命性 ($\beta = .55, t = 1.17, p = .277$)，好ましさ ($\beta = -.23, t = -0.39, p = .720$)，知性の知覚 ($\beta = -.18, t = -0.69, p = .508$)，安全性の知覚 ($\beta = .49, t = 1.93, p = .090$) に関連は認められなかった．次に，NA に対して重回帰分析を実施した ($_{adjusted}R^2 = .67, F(5, 8) = 6.38, p = .011$)．その結果，PA と擬人化 ($\beta = -.16, t = -3.14, p = .014$)，生命性 ($\beta = .89, t = 2.39, p = .044$)，知性の知覚 ($\beta = -.90, t = -4.31, p = .003$) に関連があることが分かった．一方で，好ましさ ($\beta = -.44, t = -0.91, p = .389$)，安全性の知覚 ($\beta = .32, t = 1.62, p = .143$) に関連は認められなかった．以上より，H2 は部分的に支持されたといえる．

図 1 PANAS における PA 得点の事前・事後比較



(注)**は $p < .01$，エラーバーは標準偏差を示す．

図 2 PANAS における NA 得点の事前・事後比較



(注)**は $p < .01$，エラーバーは標準偏差を示す．

4. 考察

本研究では，VR を用いた会話エージェントによる解決志向アプローチの有効性とエージェント対する印象の影響を検討した．その結果，PA では改善がみられたが，NA では改善はみられなかった．PA においては，エージェントに対する印象と関連がないことが分かった．また，NA においては，擬人化，知性が感じられるほど，改善されることが分かった．そのため，ポジティブ情動に関しては，VR を用いた会話エージェントによる解決志向アプローチの有用性が示唆された．また，ネガティブ情動は，擬人化と知性の知覚と

関連することが分かった．

メンタルヘルスが改善されたことは構造化面接の対話技法に基づいたメンタルヘルス支援システムの先行研究と一致する．たとえば，紙田 (2021) では，SAT 法によるメンタルヘルス支援システムにチャットボットを加える検討を行い，治療同盟の形成を促した．また，大津他 (2024) では，解決志向アプローチの一つであるミラクルクエスチョンに基づいてチャットボットを作成した．その結果，メンタルヘルスが改善されることが分かった．さらに，Suganuma et al. (2018) では，会話エージェントによる認知行動療法の有効性を検討し，治療同盟の形成への取り組みが行われている．本研究では，VR を用いて，対話性や没入感を与えるシステムを設計した点でメンタルヘルス支援システムの開発に貢献したといえる．

NA 得点にのみ擬人化知性が感じられる必要があった理由としては，ネガティブ情動を改善しようとするとカウンセラーに知性などの対話性を求めてしまうことが考えられる．治療的提携は伝統的に，対面式の心理療法の治療の成功に貢献する重要な要素とみなされてきました (Horvath & Symonds, 1991)．多くの研究により，治療同盟が結果対策としてうつ病の症状に大きく影響することが判明している (Krupnick et al., 1996)．本研究は，VR を用いた会話エージェントによる解決志向アプローチの有用性や印象による影響を実験的に検討した点で有用であるといえる．

この研究には，いくつかの限界点があった．一つ目は，VR を用いた会話エージェントによるメンタルヘルス支援における対話性において心理療法の対話技法を用いなかった点である．そのため，ネガティブ情動に対して効果がなかった可能性がある．二つ目は，効果の検証として，他の心理療法を用いなかった点である．今後は，メンタルヘルスのネガティブ情動の側面に対しても有効な対話性を持ったメンタルヘルス支援システムの開発と有効性の検討を行う．

5. まとめ

本研究では，VR を用いた会話エージェントによる解決志向アプローチの高齢者における有効性とエージェントに対する印象の影響を検討した．その結果，ポジティブ情動において改善がみられたが，ネガティブ情動において改善がみられなかった．また，ネガティブ情動においては会話エージェントに対する印象が影響していることが分かった．特に，ネガティブ情動に関しては，知性の知覚との間に負の相関があることが明らかになった．そのため，メンタルヘルス支援システムにおいて，知性の知覚が重要であることが示唆された．この研究には，VR を用いた会話エージェントによるメンタルヘルス支援における対話性において心理療法の対話技法を用いなかったという限界点があった．今後は，解決志向アプローチの際に，自己開示を引き出す対話技法などを取り入れ，対象条件として，メンタルヘルスの改善において有効とされる認知行動療法を用いた検討を行う．

謝 辞

本研究は，立命館グローバル・イノベーション研究機構（R-GIRO）による研究助成を受けた．

文 献

Andersson G. (2014). *The Internet and CBT: A Clinical Guide*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/b13645

Andersson G. (2016). Internet-Delivered Psychological Treatments. *Annual Review of Clinical Psychology*, *12*, 157–179. https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-021815-093006

Barazzone N., Cavanagh, K., & Richards, D. A. (2012). Computerized cognitive behavioural therapy and the therapeutic alliance: A qualitative enquiry. *British Journal of Clinical Psychology*, *51*, 396–417. https://doi.org/10.1111/j.2044-8260.2012.02035.x

Bartneck, C., Croft, E., Kulic, D., & Zoghbi, S. (2009). Measurement instruments for the anthropomorphism, Animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International Journal of Social Robotics*, *1*(1), 71–81. https://doi.org/10.1007/s12369-008-0001-3

Fitzpatrick, K. K., Darcy, A., & Vierhile, M. (2017). Delivering Cognitive Behavior Therapy to Young Adults With Symptoms of Depression and Anxiety Using a Fully Automated Conversational Agent (Woebot): A Randomized Controlled Trial. *JMIR Ment Health*, *4*(2), e19. http://doi.org/10.2196/mental.7785

Horvath, A. O., & Symonds, B. D. (1991). Relation between working alliance and outcome in psychotherapy: A meta-analysis. *Journal of Counseling Psychology*, *38*(2), 139–149. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0167.38.2.139

紙田 剛・松本 敦子・宗像 恒次・井上 智雄 (2018). カウンセリング技法 sat 法のデジタルコンテンツ化によるセルフメンタルヘルスケア 情報処理学会論文誌, *6*(2), 32–41.

Krupnick, J. L., Sotsky, S. M., Simmens, S., Moyer, J., Elkin, I., Watkins, J., & Pilkonis, P. A. (1996). The role of the therapeutic alliance in psychotherapy and pharmacotherapy outcome: Findings in the National Institute of Mental Health Treatment of Depression Collaborative Research Program. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *64*(3), 532–539. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-006X.64.3.532

國井 泰人 (1979). コロナ禍におけるメンタルヘルスの実態と科学的根拠に基づく対策の必要性 学術の動向, *26*(11), 40–46. https://doi.org/10.5363/tits.26.11_40

内閣府 (2023). 令和 *5* 年版高齢社会白書. https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2023/gaiyou/05pdf_indexg.html

大津 耕陽・木内 敬太・林 勇吾 (2024). 高齢者を対象としたチャットボットによる対話型の心理的支援：解決志向アプローチを用いた実験的検討 情報処理学会論文誌, *65*(1), 151–166.

佐藤 徳・安田 朝子 (2001). 日本語版 PANAS の作成 性格心理学研究, *9*(2), 138–139. https://doi.org/10.2132/jjpjspp.9.2_138

Suganuma, S., Sakamoto, D., & Shimoyama, H. (2018). An embodied conversational agent for unguided internet-based cognitive behavior therapy in preventative mental health: Feasibility and acceptability pilot trial. *JMIR MENTAL HEALTH*, *5*(3), p.e10454. https://doi.org/10.2196/10454

Westbrook, D., Kennerley, H., & Kirk, J. (2011). *An introduction to cognitive behaviour therapy: skills and applications* (2nd ed.). SAGE Publications.

見立て観察と仕立て作業を組み合わせたアイデア生成学習の開発
Development of Idea Generation Learning Program that Combines Metapher Observation and Tailoring Work

福田 大年†
Hirotoshi Fukuda
†札幌市立大学
Sapporo City University
h.fukuda@scu.ac.jp

概要
本稿は，風景から動物を連想する「見立て観察」とその観察結果を他者に向けて表現する「仕立て作業」を組み合わせ開発したアイデア生成学習プログラム「まちなか動物園」の実践を解説する. まちなか動物園を複数回体験したデザイン初学者らの作品の特徴とその特徴の変化を概観し，デザイン初学者向け学習プログラムとしての可能性を考察した．その結果まちなか動物園は，既存の要素の収集と再構成の経験的な学習過程になる可能性が示唆された.

キーワード：デザイン，アイデア生成学習，実践研究

1. はじめに

本研究の目的は，デザイン初学者の創造性向上を目指して筆者が開発したアイデア生成学習プログラム「まちなか動物園」がデザイン初学者の創造力向上にもたらす影響を，学習者らが作成した作品の変化を理解することである．まちなか動物園を複数回体験したデザイン初学者らの作品の特徴とその特徴の変化を概観し，まちなか動物園のアイデア生成学習プログラムとしての可能性を考える.

2. 背景

2.1. アイデア生成と見立て観察の関係

アイデアは，多量の情報収集とその収集した情報の新しい組み合わせの成果とされる[Young. 1988]. そのためアイデア生成プロセス学習の初期段階では，身の回りの多量な物事から様々な組み合わせを連想する活動を日常化させることが有効である[e.g. 外山 1986, Young. 1988]．しかしデザイン初学者が個人で取り組むのは難しい．さらにアイデア生成能力を特殊な能力と捉え, 障壁を感じるデザイン初学者も多い. 筆者はデザイン初学者の心理的障壁を緩和させ，情報収集と連想を日常化させる学習プログラムをいくつか開発し，実践と改良を続けている[e.g. 福田ほか 2022, 福田 2023]．まちなか動物園は，身の回りの風景から新しい世界を引き出す見立て観察と，その観察結果を他者と対話する表現に仕立て上げる作業を両立させた学習プログラムとして開発した.

2.2. アイデア生成学習プログラムの着想

筆者は，創造性初学者が身の回りの様々な物事に興味を持つことを日常化させるアイデア生成学習プログラムをいくつか開発し，担当授業への導入を続けている．例えば札幌市立大学デザイン学部１年次必修授業「アイデア生成プロセス」で，2018 年に「見立てクエスト」を開発し導入した．見立てクエストは，身の回りの風景を基に別な世界を想像し表現する活動である．見立てクエストは，身の回りの風景を普段と異なる視点で見つめることで想像を広げ発想の手がかりを見つける試みとして，2018 年に３回実施した．１回目は風景を見立てる練習として，日用品と風景の組み合わせから新しい世界を見立て撮影した（図１：左）．２回目は日常生活で観察した風景から別な世界を見立てた（図１：右）．学習者は撮影した風景を紙に印刷し，その風景から想像した世界をペンで描き足した．３回目は２回目と同じ手法でさらに完成度の高い表現を求めた. どの回も学習者自身で作品の題名をつけた. 完成作品を全て並べ, 学習者全員で鑑賞し意見交換した. 実施後のアンケートでは，日常生活の延長線上にある別な世界を想像することに楽しさを感じたと回答した学習者がいた. その一方, 元の風景が分からなくなるくらい描き込めるため，想像する範囲が制御できず風景と全く関係ないいわゆる「なんでもアリ」な作品も作れてしまうことに戸惑う学習者も多かった.

図１ 見立てクエストの例（左：漉し器と椅子と人影で帽子を被る人に見立てた、右：夜の工事現場のクレーン車をキリンに見立てた）

2.3. 開発の意図と着目点

まちなか動物園は，同じ授業で事前に実施する「まちもじハント[福田ほか 2022]」の体験をさらに発展させるための学習プログラムとして開発した．見立てクエストの学生作品（図 1：右）と，まちもじハントがまちなか動物園の開発のヒントとなった．まちもじハントは，見立て観察とその観察結果を持ち寄って学び合う発表会を組み合わせたアイデア生成学習プログラムである．看板や製品など人工物に印刷された文字から文字に見える自然物や人工物まで身の回りにある文字もしくは文字に見立てられる物全般が「まちもじ」である．まちもじハントは，観察と協創の２つのフェーズを１セットで実施する．観察フェーズでは，学習者は「まちもじ」を見つけ撮影し，採集シートに記録する．採集シートには採集日，採集の過程，採集場所の風景，採集したまちもじを載せる（図 2）．学習者が採集する文字は，氏名の平仮名である（「ふくだひろとし」だと採集シートを７枚作成する）．協創フェーズでは，学習者らが作成した採集シートを授業会場に並べ，他の学習者や授業補助の大学院生（ティーチングアシスタント：TA）らと眺め，観察プロセスを語り合うことで新しい観察視点を獲得する．教員である筆者は，発表会の準備，進行などを担当した．

まちなか動物園も観察と協創の２つのフェーズを１セットにした．観察対象は身の回りの風景だが，まちもじハントよりも見立て観察をさらに発展させるため，街全体をまるごと動物園と捉えて動物に見立てられる風景を探すこととした．学習者自身で表現方法を工夫できるよう採集シートは用意しなかった．協創フェーズは，まちもじハントと同じ内容で実施した．

つまりまちなか動物園の着目点は，学習者らが自身の見立て観察とその観察結果の表現の仕立て方を自ら試行錯誤してさらに発展させる学習過程を，学習者らが協働的に構築することにある．

図２　まちもじハント「採集シート」の例
（まちもじ「い」）

3.　まちなか動物園の開発

3.1. まちなか動物園の概要

まちなか動物園は，身の回りの風景を動物園と捉え，街歩きしながら動物に見立てられた物を撮影し，その撮影した写真に補助線などを描き加える観察フェーズと，他者と見せ合い新しい観察視点を学び合う協創フェーズを繰り返す．身の回りからアイデア生成のタネを見つけ出す能力と，その結果を他者と対話する表現に仕立て上げる能力を養うアイデア生成学習プログラムである．見立て観察にはスマートフォンやデジタルカメラなどの撮影機器，撮影した写真の加工には PC やタブレット端末などの情報機器か写真に上書きできるペンを使用する．

観察フェーズでは，まず身の回りの風景を観察しながらその風景にある物を単独もしくは複数組み合わせて動物の輪郭や部位に見立てる．そしてその見立てがよく分かるように風景を撮影する．写真に情報機器やペンなどで動物の輪郭や部位を描き足し，動物を仕立て上げる．作品が完成したら，見立てた動物の名前をファイル名にした画像データにして，授業専用のクラウドサーバに提出する．協創フェーズは，まちもじハントと同じ内容で進める．

3.2. これまでの実践

まちなか動物園は，授業「アイデア生成プロセス」に 2019 年から導入し，本授業最後の課題活動として，ま

ちもじハントの後に実施している．プログラムの修正と更新を繰り返し現在（2024 年）も実施している．2019 年から 2022 年までの体験者は 373 人（2019 年 88 人，2020 年 91 人，2021 年 94 人，2022 年 100 人）である．毎年度２セット，４年間で計８セット実施した．学習者から提出された作品データは，４年間で延べ 1,493 枚（2019 年 234 枚，2020 年 326 枚，2021 年 432 枚，2022 年 501 枚）である．

3.3. 本稿の位置付け

学習者らが制作したまちなか動物園の作品データには，風景から見出した漠然としたアイデアを具体化していった過程と工夫が凝縮されているはずである．そこで，まちなか動物園を体験した学習者らの作品の特徴を理解することで，まちなか動物園のアイデア生成学習プログラムとしての可能性が見出せると考えた．

4. 分析と考察

学習者らの作品の特徴を知るために，見立て観察と仕立て作業を繰り返す中で学習者が発生させる現象（以下，見立て現象）に着目した．分析対象は，2022 年の学習者 100 人が提出した作品データ計 501 枚（１回目 220 枚，２回目 281 枚：未提出や複数提出があるため１回目と２回目の枚数は一致しない）とした．まず学習者ごとにまちなか動物園を分けた後，１回目と２回目を順に並べた．見立ての対象（以下，見立て物）の選び方，動物の見立て方，動物の表現方法を比較し，その変化の特徴を見つけることで，学習者らに共通して発生する見立て現象を見出すことを試みた．

分析方法は，KJ 法[川喜田 1963]と先行研究[福田ほか 2020；福田ほか 2022]を参考にした．まず 2023 年度の学習者 100 人が作成した見立て動物シート 469 枚（第１セット 219 枚，第２セット 250 枚）に記載の「見立て動物」，「加工前の風景写真」，「採集のきっかけ・理由」を基に，風景から動物を見立てたプロセスを辿り，意味が分かる最小限の行為まで分解し，その行為の意図や現象を解釈し，分類と名前づけをした．分析の結果，抽出，合体，拡張，誇張の４つの見立て現象が発生していることが分かった（表 1）．

抽出は，見立て物（本稿では動物）のパーツに成り得る物を風景から抜き出す現象である．学習者 A は，ビルの壁面にある模様の中から嘴，頭，胴体を抜き出しペンギンに見立てた（図 3）．合体は，風景にあるいくつかの異なる物体をつなぎ合わせて，見立て物のパーツを作り出す現象である．学習者 B は，大学内に設置しているレポート提出箱の扉にあるドアノブと複数のスリットを組み合わせて魚の骨に見立てた（図 4）．拡張は，風景から抽出した見立て物のパーツに，想像で他の部位を補足・追加する現象である．学習者 C は，クリップの形状をカモメの頭に見立て胴体，羽，脚を描き足しカモメに見立てた（図 5）．誇張は，見立て物が実際に持つフォルムを，アニメーションのキャラクターのように変形して捉える現象である．学習者 D は，実際の形よりも背中の丸みを誇張したシンプルなシルエットでネズミを見立てた（図 6）．どの見立て現象も，実際の動物のフォルムに囚われない視点で柔軟に見立て観察をしていた．その一方，現代社会の様々なコンテンツが提供するディフォルメされた動物の知識が先に備わってしまい，実際の動物とは少し異なる姿での見立てが生じた事例も見受けられた（図 3, 6）．

表１　まちなか動物園で発生していた見立て現象

見立て現象	概要
抽出	見立てる対象物（見立て物：本稿では動物）のパーツに成り得る物を風景から抜き出す
合体	風景にあるいくつかの異なる物体をつなぎ合わせて，見立て物のパーツを作り出す
拡張	風景から抽出した見立て物のパーツに，他の部位を補足・追加する
誇張	アニメーションのキャラクターのように極端にディフォルメして見立て物を捉える

図３　抽出の例（学習者 A が見立てたペンギン）

図４　合体の例（学習者 B が見立てたサカナ）

図５　拡張の例（学習者 C が見立てたカモメ）

図６　誇張の例（学習者 D が見立てたサカナ）

学習者らが制作した多くの作品からは，目の前の風景と向き合い，上記の４つの見立て現象と自分の知識を絡めながらイメージを作り上げる過程が観察された．現場を歩き回って得られた刺激と知識を掛け合わせたからこそ思い浮かぶアイデアのタネがある．そしてそのアイデアのタネは，他者と語るために仕立て上げる作業の過程でより具体化されていく．つまり，まちなか動物園の体験者は，現場に身を置いて身体を動かしながら発見した様々なことから（1. 身を置く），アイデアのタネとなる観察対象を浮かび上がらせ（2. 気にする），その浮かび上がった観察対象と知識が呼応し（3. 掛け合わせる），表現しながらアイデアの解像度を上げる（4. 現像する）アイデア生成プロセスを辿っていた（表 2）．

したがって，まちなか動物園は既存の知識や要素の収集と再構成を経験的に学習するアイデア生成学習プログラムとしての可能性を持つことが示唆された．

表２　まちなか動物園のアイデア生成プロセス

プロセス	概要
1. 身を置く	現場に身を置き，身体を動かしながら刺激を受け，様々な発見をする
2. 気にする	現場で発見したことから観察対象が浮かび上がる
3. 掛け合わせる	学習者が持つ知識（見立て物の特徴など）と観察対象が呼応する
4. 現像する	頭の中で形成し始めたアイデアの解像度を表現しながら上げる

5.　まとめと今後の展開

本稿は，風景から動物を連想する見立て観察とその観察結果を他者に向けて表現する仕立て作業を組み合わせた「まちなか動物園」の開発経緯と実践を解説した．そして，まちなか動物園を体験したデザイン初学者らの作品に発生する現象と，学習者らが辿るアイデア生成プロセスを理解した．見立て観察と仕立て作業を用いて既存の要素を捉え直す行為は，学習者が自身のアイデア生成プロセスを再構成する可能性がある．しかしその再構成過程を詳細に理解するには，学習者のアイデア生成能力が見立て観察と仕立て作業でどのように変化したかを知る必要がある．まちなか動物園は市民や企業の協働に展開し，汎用性の高い仕組みへの更新も進めている[AOAO Sapporo 2023].

文献

AOAO Sapporo (2023). 札幌のまちなかで水生生物を探す参加型コミュニティ「札幌まちなか水族館」がスタート, https://aoao-sapporo.blue/all/exhibition/2018/, last accessed on 11.10, 2023.

福田 大年, 岡本 誠, 刑部 育子 (2020). 協創スケッチ法による協働的な創造活動生成過程の解明, デザイン学研究, 67(1), 11-18.

福田 大年, 荒俣 蓮 (2022). まちもじハント：見立て観察と協創を連動させたアイデア生成経験学習プログラム, デザイン学研究作品集, 28(1), 108-113.

福田 大年 (2023). 図的表現と協創が再構成する学習過程：学び展開図の開発, 2023 年度日本認知科学会第 40 回大会発表論文集, 9-12.

川喜田 二郎 (1967). 発想法, 中央公論社

外山 滋比古 (1986). 思考の整理学, 筑摩書房

Young. J. W., 今井 茂雄訳 (1988). アイデアのつくり方, ティビーエス・ブリタニカ

BADE と陰謀論信念との関係性の検討
Examining the relationship between BADE and conspiracy beliefs

佐藤 あかり †，高橋 達二 †，中村 紘子 ‡
Akari Sato, Tatsuji Takahashi, Hiroko Nakamura
† 東京電機大学，‡ 日本学術振興会
Tokyo Denki University, Japan Society For The Promotion of Science
tatsujit@mail.dendai.ac.jp

概要

現代社会において，陰謀論や疑似科学などの認識的に疑わしい信念 (Empirically Suspect Beliefs : ESB) の影響が問題視されている．先行研究では，BADE (Bias Against Disconfirmatory Evidence) 課題を用い，妄想傾向が強く信念の更新が困難な者ほど，COVID-19 の陰謀論信念が強いことが示されている．本研究では BADE 課題を用い，信念更新の困難さと一般的な陰謀論信念との関係を調査した．陰謀論信念の強さには被害妄想や科学的知識，認知的熟慮性といった要因に関係があるのかを検討した．また，疑似科学信念に対するこれらの要因の影響も検討した．

キーワード：信念更新，陰謀論

1. はじめに

陰謀論とは，「事件などの背後に，悪意を持って秘密裏に行動する集団がいる」といった考えであり，実証的根拠を欠いた疑わしい信念 (ESB) の一種である．陰謀論信念は，社会的不安や不信感を増大させる可能性があり，偏見や医療拒否などの有害な行為を引き起こす可能性がある．特に COVID-19 の陰謀論信念は，ワクチン忌避や感染予防行動の低下といった健康被害をもたらす可能性があると指摘されている (縄田他, 2023) .

陰謀論信念といった ESB の形成と維持には，熟慮性や科学的推論能力の低さなどの複数の要因が影響しているが，その一つとして信念更新の困難さが指摘されている．BADE (Woodward et al., 2006) 課題は，信念更新に関する課題である．これは反証例が提示された際に，信念を適切に修正できない傾向を示す証拠統合障害 (Evidence Integration Impairment : EII) と，不確かな証拠に対して過剰に肯定的な評価を与える傾向の肯定的反応バイアス (Positive Response Bias : PRB) の 2 つの指標から個人の信念更新の傾向を評価する．

Acar et al. (2022) は，BADE 課題の成績と COVID-19 の陰謀論信念の関係を検討し，妄想傾向が強い者ほど EII スコアが高く， EII スコアが高いほど COVID-19 の陰謀論信念が強いことを示している．また， Georgiou et al. (2021) は， BADE 課題の結果から，陰謀論信念を持つ人々は EII , PRB ともにスコアが高い傾向があると指摘している．こうした知見は，陰謀論信念が維持される背景に，反証的な証拠に対する統合エラーや初期の曖昧な情報への過信が影響する可能性を示唆している．

本研究では，Acar et al. (2022) が示した「妄想傾向が高い者は，信念更新が困難なため COVID-19 の陰謀論を信じやすい」という知見が，日本人の参加者および一般的な陰謀論信念でも再現できるかを検証する．また，陰謀論信念と疑似科学信念はともに ESB であるが，両者に影響する共通要因および相違要因を明らかにするため，熟慮的思考傾向，信念の統合エラー，科学的推論能力と ESB の関係についても検討する．

1.1 仮説

仮説として以下を検討する．

- 仮説 1 : 信念の更新エラー (EII) や初期情報の過信 (PRB) は陰謀論信念と正の関連を示す.
- 仮説 2 : 被害妄想傾向は EII , PRB と正の関連を示す.
- 仮説 3 : 被害妄想傾向は「悪意のある者が出来事の背後にいる」という陰謀論信念を強めるが，疑似科学信念への影響は弱い.
- 仮説 4 : 熟慮的思考や科学的推論能力は ESB を抑制する効果があると考えられ，熟慮的思考と科学的推論能力は，陰謀論信念および疑似科学信念と負の関連を示す.
- 仮説 5: 科学的推論能力に対し，EII や PRB は負の影響，熟慮的思考は正の影響を与える.
- 仮説 6: 疑似科学信念に対し，EII や PRB は正の影響，熟慮的思考と科学的推論能力は負の影響を与える.

2. 方法

本研究では，365 名の参加者を CrowdWorks (https://crowdworks.jp/) で募集し， Qualtrics

表 1　BADE 課題の例

条件	表示文
ヒント 1	ティファニーは食生活に気をつけている.
ヒント 2	ティファニーは砂糖を避けるように気をつけなければならない.
ヒント 3	ティファニーは毎日注射針を使う.
Neutral Lure	ティファニーはフィットネスのインストラクターだ.
Emotional Lure	ティファニーは摂食障害だ.
Absurd	ティファニーは卵の調理法を知らない.
Truth	ティファニーは糖尿病だ.

(https://www.qualtrics.com/) を用いて，オンライン上で調査を実施した．参加者には事前にインフォームドコンセントを得た.

2.1　BADE

BADE 課題とは，与えられた情報に基づいて初期の判断を下した後，新たな証拠が提示された際にその判断をどの程度修正できるかを評価するものである.

本研究では， BADE (Sanford et al., 2014) 課題の 30 問のうち，Neutral に分類される 12 問を日本語に翻訳し使用した．参加者は，表 1 に示されるような，4 つの異なる解釈とともにヒントが順に 3 つ提示される．参加者はヒントに基づき，4 つの解釈文のもっともらしさを評価する．はじめにヒント 1 が提示される．参加者は 4 つの解釈文のもっともらしさを 0 (非常にあり得ない) から 10 (非常にもっともらしい) の 0.5 刻みでそれぞれ評価する．最初の評価が終わると，ヒント 2 が追加され，参加者は新しい情報に従ってもっともらしさの評価を変える機会が与えられる．その後，ヒント 3 が追加され，再度もっともらしさを評価しなおす．ヒント 1 が提示されてからヒント 3 をもとに解釈を評価するまでの流れを 1 セットとし，計 12 問行う．シナリオについて，真の解釈 (Truth) は，はじめ多少もっともらしい程度であるが，ヒントが追加されるたびに一番もっともらしい解釈であることが明白になっていく．また，Neutral Lure と Emotional Lure という 2 つの囮 (ルアー) 解釈もあり，これらは最初はもっともらしく感じるが，新しいヒントが与えられていくたびにもっともらしくなくなっていく．最後に，不条理な解釈 (Absurd) があり，これはシナリオ全体を通してあり得ない解釈である.

BADE 課題の採点方法に (Bronstein & Cannon, 2018) を参考にした．以下に EII のスコア化の式を示す．解釈の横に記された数字は何回目のスコアを使うかを示す．以下 Neutral Lure を NL， Emotional Lure を EL， Absurd を Ab とする.

$$EII = \frac{\text{Ab 1} + \text{Ab 2} + \text{Ab 3}}{3} + \frac{\text{NL 3} + \text{EL 3}}{2}$$

以下にて PRB のスコア化の式を記す.

$$PRB = \text{NL 1} + \text{EL 1}$$

2.2　陰謀論的心性質問票 : CMQ-J

陰謀論信念を測定する尺度として陰謀論的心性質問票 (Conspiracy Mentality Questionnaire : CMQ, Bruder et al., 2013) の日本語版 (Majima, 2022) を CMQ-J とし，5 項目を使用した．本研究では，参加者は「私は，大衆には決して知らされない，とても重大なことが世界で数多く起きていると思う.」といった文章がどれくらい正しいかを「0 % = 絶対にない」から「100 % = 確実にある」の 11 件法で評価した.

2.3　疑似科学信奉尺度

陰謀論と疑似科学との関係性について検討するため，疑似科学信奉尺度 (菊池, 2017) のうち，因子負荷が明確であるとされる 19 項目を用いた．参加者は，「超能力者は本当にいると思う.」といった文章をどの程度正しいと信じるかを「1. 全くそう思わない」から「5. 非常にそう思う」の 5 件法で評価した.

2.4　科学的推論 : SRS

科学的推論尺度 (Scientific Reasoning Scale : SRS, Drummond & Fischhoff, 2017 ; 日本語版 : 後藤他, 2023) は，文章が「科学的な推論の結果として正しいか」または「科学的な研究を行うための手続きとして正しいか」を「正しい」か「誤っている」かで判断する課題である． SRS の 12 項目を提示し，正答率を科学的推論能力の指標とした.

2.5　認知的熟慮性 : CRT

認知的熟慮性テスト (Cognitive Reflection Test : CRT, Frederick, 2005 ; 日本語版 : 原田他, 2018) は，「バットとボールは合わせて 1100 円です．バットはボールより 1000 円高いです．ではボールはいくらでしょう？」といった問題に対して，具体的な数字を答える課題である． CRT の 3 項目を提示し，正答率を熟慮的思考の指標とした.

2.6　被害妄想 : JPC

被害妄想尺度の項目として日本語版パラノイアチェックリスト (the Japanese version of Paranoia Checklist : JPC, 山内他, 2007) の 18 項目を提示した．これは参加者が「他人はわざと私を苛立たせようとする.」と

いった文章に対して，どれくらい頻繁に考えるかを評価する課題である．回答は「1. ほとんど毎日」,「2. 週に 2，3 日程度」,「3. 月に 2，3 日程度」,「4. 半年に 2，3 日程度」,「5. それ以下」の 5 件法とした．

2.7 手続き

参加者は，年齢，性別，最終学歴，個人収入，世帯収入， BADE までを順に回答し，ランダムな順序で疑似科学信奉尺度， CMQ-J ， SRS ， JPC ， CRT を回答した．最後に，不良回答の対策として，IMC (Instructional manipulation check, Oppenheimer, Meyvis & Davidenko, 2009 ; 日本語版 : 三浦, 2018) を用いた．

3. 結果

3.1 データスクリーニング

IMC をクリアできなかった 51 名と個人収入，世帯収入に未回答の参加者 4 名のデータを分析から除外し，310 名分のデータを用いて分析を行った．

3.2 陰謀論信念と BADE，その他の要因の相関

EII と PRB ， CMQ-J ，疑似科学信奉尺度， SRS ， JPC ， CRT それぞれの各変数間のピアソンの積率相関係数を表 2 に示す．疑似科学信奉尺度の一部と被害妄想はわかりやすいように値の逆転処理を行った．妄想傾向，認知的熟慮性が信念更新の困難さ，科学的推論能力を介して陰謀論信念や疑似科学信念に影響するかを検討するため，パス解析を行った．その際， JPC と CRT ， PRB と EII ， CMQ-J と疑似科学信念との間に相関を仮定した．パス解析の結果を図 1 に示す．

陰謀論信念の指標である CMQ-J に対して， JPC が正の関連， SRS が負の関連を示したが，先行研究とは異なり EII や PRB ， CRT の直接的な効果は有意ではなかった． CRT と EII は SRS と正の関連があった．疑似科学信念に対し， CRT と SRS が負の直接的な効果， EII が正の直接的な効果を示していた一方で， JPC や PRB の影響は有意ではなかった．熟慮的思考や科学的推論能力が疑似科学信念を抑制するのに対し，証拠統合障害は疑似科学信念を促進する可能性が示された．先行研究と異なり， JPC と EII , JPC と PRB との関係は有意ではなく，被害妄想と証拠統合障害や肯定的反応バイアスの関係は見られなかった．

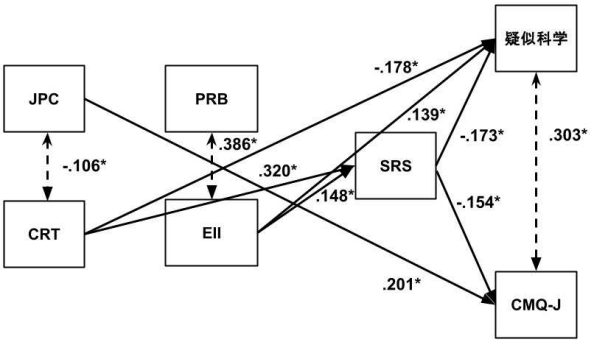


図 1 陰謀論信念および疑似科学信念に影響を及ぼす要因のパス解析結果
双方向の矢印の数値は相関係数，パス係数は標準化係数であり， $*\ p<.05$ で有意な関係のみを示した．

4. 考察

「妄想傾向が高い者は，信念更新が困難なため陰謀論信念を信じやすい」という知見の再現性と，陰謀論信念・疑似科学信念に関連する要因を検討した結果，EII や PRB と陰謀論信念，疑似科学信念との関連はごく弱いものであった．また，熟慮的思考は陰謀論の直接的な抑制要因にはならず，科学的推論能力が陰謀論や疑似科学信念の抑制要因となることが示された．さらに，被害妄想傾向は陰謀論の受容を促進するが，先行研究とは異なり被害妄想と EII では関連性が見られなかった． BADE と陰謀論の関連が見られなかった理由として， COVID-19 の陰謀論と異なり，一般的な陰謀論の内容が抽象的であることや BADE を Neutral に絞って実施したことが考えられる． COVID-19 の陰謀論は，感染状況に対する頻繁な情報更新が必要であり，個人の健康や生活に深く関与するという特徴を持っていた．これらの要因が，人々の信念形成と更新のプロセスをより活性化させ，信念更新の困難さの影響をより顕著にした可能性がある．また，本研究では BADE を Neutral な内容に絞って実施したが，陰謀論信念は感情的な要素や社会的文脈と強く結びつくことが多いため (Georgiou et al., 2021) ， Neutral な内容のみでは，陰謀論的思考のプロセスを十分に捉えられなかった可能性がある．

熟慮的思考は科学的推論能力と正の関連，疑似科学信念と負の関連が見られたのに対し，陰謀論信念とは関連が見られなかった． Hattrtsley et al. (2022) は，もっともらしい陰謀論は，熟慮的思考に耐えうるだけの説得力のある情報を有している可能性があるため，熟慮的思考の高い人であってももっともらしい陰謀論を信じる可能性が高いとした．また， van Prooijen (2019) は，熟慮的思考だけでは情報を正しく評価し，誤った陰謀推論を回避する能力につながらないと述べている．本研究の結果は，科学的推論能力が陰謀論を抑制するという Georgiou et al. (2021) の知見と一致しており，証拠の評価や論理的推論を通じて，陰謀論の妥当性を批判的に検討する能力が， ESB の抑制に重要だと考えられる．

表 2　各変数間のピアソンの積率相関係数

Parameter	疑似科学信奉尺度	CMQ-J	CRT	SRS	JPC	PRB
EII	.144	.124	-.081	.103	.067	.393***
PRB	.097	.177	-.078	-.010	.104	-
JPC	-.022	.247***	-.106	-.124	-	-
SRS	-.207*	-.200*	.321***	-	-	-
CRT	-.239**	-.173	-	-	-	-
CMQ-J	.339***	-	-	-	-	-

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

被害妄想は陰謀論信念を強めるが，疑似科学信念への影響は弱いことから， ESB によって影響する要因が異なることが示された．ただし，被害妄想と疑似科学信念の関連の欠如は，本研究で扱った疑似科学の種類による可能性も考えられる．菊池 (2017) は，科学の有害性に基づく悲観的な科学観・現代科学へのネガティブなイメージは非科学への肯定的な態度を促進させると述べた．本研究で扱った疑似科学は池内 (2008) の分類した超能力・超科学系や占い系を含む人間心理につけ込む非科学的主張に該当するため，陰謀論のように，「悪意を持った誰かから被害を受けている」と感じることが少ないことも考えられる．今後は，疑似科学信念の種類による関連要因の違いも検討する必要があるといえる．

Acer et al, (2022) では，妄想傾向が EII を介して COVID-19 の陰謀論信念に影響していたのに対し，本研究では被害妄想が一般的な陰謀論信念に直接影響を及ぼすことが示された．この差異は，本研究で用いた一般的な陰謀論の質問項目の特性による可能性がある．これらの項目は，権力構造への不信や隠蔽された真実の存在など，より抽象的で広範な陰謀の概念を扱っており，被害妄想を持つ個人の認知的傾向や経験と直接的に結びつきやすく，証拠統合プロセスを経ずに陰謀論信念に影響を与えた可能性がある．一方，COVID-19 の陰謀論のような具体的な事象に関する陰謀論では，より詳細な証拠の評価や統合が必要となり， EII を介した影響が見られやすくなると考えられる．このことは，陰謀論の内容や抽象度によって，被害妄想がその信念に与える影響が異なる可能性を示唆している．

EII と科学的推論能力では正の関連が見られた．科学的推論能力の高い者は，提示された情報をより慎重に，多角的に分析する傾向があるため，初期の判断を容易に変更しない結果につながった可能性がある．

5. おわりに

本研究では，陰謀論信念と疑似科学信念に影響を与える要因を検討した．その結果，科学的推論能力が両信念の抑制に重要であることが示された．一方，BADE と陰謀論信念との直接的な関連は見られず，被害妄想傾向は陰謀論信念のみを促進することが明らかになった．今後は，陰謀論や疑似科学信念の種類，文化差を考慮した，より包括的な検討が必要である．

文　献

Acar et al. (2022). COVID-19 conspiracy ideation is associated with the delusion proneness trait and resistance to update of beliefs. *scientific reports*

Bronstein & Cannon (2018). Measuring bias against disconfirmatory evidence: An evaluation of BADE task scoring methods and the case for a novel method. *Psychiatry Research, 261, 535-540*

Georgiou et al. (2021). Conspiracy theory beliefs, scientific reasoning and the analytical thinking paradox. *COGNITIVE PSYCOLOGY, 35, 6, 1523-1534*

後藤 崇志・塩瀬 隆之・加納 圭 (2023). 日本語版科学的推論尺度の心理測定的特徴の検討　大阪大学教育学年報, 28, 1-10

原田 佑規・原田 悦子・須藤 智 (2018). 認知的熟慮性検査 (CRT) における項目間等価性および呈示順序・教示効果の検証――大学生集団実験による検討――　筑波大学心理学研究, 56, 27-34

Hattersley et al. (2022). Of tinfoil hats and thinking caps: Reasoning is more strongly related to implausible than plausible conspiracy beliefs.*Cognition, 218, 104956*

池内 了 (2008). 疑似科学入門　岩波書店

菊池 聡 (2017). 中学高校生の疑似科学信奉と科学への態度の関連性 信州大学人文科学論集 4, 39-52

眞嶋 良全 (2022). 日本語版陰謀論的心性質問票の構造および信頼性，妥当性　日本心理学会第 86 回大会

三浦 麻子・小林 哲郎 (2018). オンライン調査における努力の最小限化が回答行動に及ぼす影響　行動計量学 第 45 巻 第 1 号, 1-11

縄田 健悟・大賀 哲・藤村 まこと (2023). COVID-19 に関する陰謀信念がもたらす感染防止政策の否定と感染リスク行動：感染リスク軽視の媒介的影響　実験社会心理学研究 第 62 巻 第 2 号

大薗 博記・榊原 良太 (2023). 陰謀論信念に影響を与える個人要因に対する熟慮的思考の調整機能の検討 *Applied Cognitive Psychology*

Sanford et al. (2014). Impaired integration of disambiguating evidence in delusional schizophrenia patients*Cambridge University Press*

van Prooijen (2019). Belief in Conspiracy Theories. *The Social Psychology of Gullibility, 319-332*

Woodward et al. (2006). The contribution of a cognitive bias against disconfirmatory evidence (BADE) to delusions in schizophrenia*J Clin Exp Neuropsychol, 605-617*

山内 貴史・須藤 杏寿・丹野 義彦 (2007). 日本語版 Paranoia Checklist の作成および信頼性・妥当性の検討　日本パーソナリティ心理学会 第 16 巻 第 1 号 114–116

強化学習の社会性：バンディット問題と目標設定理論
Sociality in Reinforcement Learning: Bandit problems and goal-setting theory

高橋 達二
Tatsuji Takahashi
東京電機大学, 理研 AIP
Tokyo Denki University, RIKEN AIP
tatsuji.takahashi@gmail.com

概要

不確実性の下の環境探索と適切な行動の学習に関し、従来は最も適切な (環境から得られる報酬を最大化) 行動の獲得が評価される。しかし実世界課題では多くの場合、単位を取る (60 点以上獲得)、黒字化する (損益を 0 以上に) などの目標の達成との関係で行動が評価される。そこで、バンディット問題において目標設定理論の予測 (具体的で高い目標がパフォーマンスを向上させる) が正しいかどうかを検証する。結果は、目標設定理論を弱く支持した。

キーワード：希求水準, 満足化, 限定合理性

1. はじめに

人間や動物の学習の大部分は個体群や社会の他個体から・他個体とともに行われ、また学習の結果も他個体に向けて・対して出力される。この意味で人間や動物の学習は本質的に社会的であるが、その点のモデリングはまだ萌芽段階である (例外として Najar et al. (2020)、レビューとして内藤 and 亀田 (2022) がある)。

学習の一形式として、エージェントが自ら試行錯誤をし、適切な行動の系列を学んでいく、という意味で、最も自律性の高い機械学習技術である強化学習は、デジタルゲームやボードゲームで人間のパフォーマンスを超え、また生成 AI のチューニングにも用いられる。ここでは、近年認知心理学でよく用いられるようになった、強化学習で最もシンプルな多本腕バンディット問題の実験を通じて、目標設定理論が不確実な強化学習形式でも妥当であるのかを検証する。

2. 目標設定理論

目標設定理論 (goal-setting theory) とは、タスクにおけるパフォーマンスと、タスク内での目標の設定との関係を扱う組織行動学・心理学の理論である (Locke and Latham (1990) の 1,2 章にこの理論の歴史と基本的な発見がまとまっている)。行動の理解には目標志向性が重要であり、人間の行動が目標や意図に導かれ、制御されている、という前提の下、目標に影響する要因や、目標が行動やパフォーマンスに対して持つ関係を特定しようとする。より概念的に言えば、エージェントが目標を設定し（不均衡を創造・導入し)、そしてその目標と現状との不均衡を解消しようとするプロセスに着目する。また目標（未来についての考え・欲される最終状態）が行動に因果的な役割を持つとする。

目標設定理論の基本的な経験的結果として、人間は「できる限り頑張れ」という非具体的な目標 (後述の実験条件では “最”) や、「楽な目標を達成せよ」と言われる (“易”) よりも、達成が困難だが不可能ではない、つまり野心的で、かつ具体的な「目標を達成せよ」と言われ (“適”)、それにコミットする方がパフォーマンスが上がる。目標は具体的・特定的である方が良く (“最” よりも “適” が良い)、また困難だが不可能ではないような高い目標がパフォーマンスを向上させる (“低” よりも “適” が良い)。

3. 多本腕バンディット問題

K 本腕バンディット問題 (K-armed bandit problems) (Sutton and Barto, 2018) は、人間や動物が、不確実性の下で、どのように環境を探索し、試行錯誤をして適応していくかを調べるためのタスクとして、神経科学や心理学でも最近盛んに用いられている (Daw et al., 2006; Ohta et al., 2021)。

本研究で扱う報酬が有りか無しかの二値的な場合 (ベルヌーイバンディット) は以下のようなものである。参加者の目の前には 4 つの異なる色のカードのデッキがある ($K = 4$)。各デッキには 10 枚の同色のカードが積まれている。カードは、裏面は単色であり、おもて面は「あたり」「はずれ」の 2 種類である。色 $i(= 1, 2, 3, 4)$ によって、当たりの枚数（つまり当たりの比率 $p_i \in [0, 1]$）が異なっているが、p_i は未知である。色を一つ選び、デッキの一番上のカードを裏返すという行動選択は、T 回行うことができる。おもて面がそのまま結果である。また、毎回全 4 デッキの左右の並びも、各デッキのカードの順序もシャッフルされる（復元抽出)。よって、p_i は常に一定である。

参加者が通常指示されるのは当たり獲得回数の最大化である。つまり、4 色のうちからいずれかの色を選んでいくことを通じて、どの色が当たりやすいのかを見極めつつ、当たりの獲得回数をなるべく多くしなくてはならない。ある色の選択に固執してしまうと、より当たりやすい色を見落とす必要がある。なので、ある程度は、これまで相対的に試してこなかったものを中心に、色々な色を試してみる必要がある (探索 exploration が必要である)。しかし他方で、常になるべく当たりを得る必要があるので、これまでの当たり外れの経験から、各色の当たりやすさを判断し、最も当たりやすそうな色をなるべく多く選択することも重要である (知識利用 exploitation が必要である)。

4. 実験

バンディット問題における目標設定の効果を調べた 2 つの実験設定とその結果について述べる。比較するのは、「適切な目標」、「低すぎる目標」、「具体的ではないできるだけ頑張れという目標 (最適化目標)」の三つの違いが様々な環境 (報酬確率の設定) においてパフォーマンスに与える効果であり、以下の実験の記述ではそれぞれ “適”、“低”、“最” と略記される。2 実験の共通項目を述べた上で、それぞれの結果を述べる。

4.1 実験 1, 2 の共通設定

実験参加者はクラウドソーシングサイト CrowdWorks で募集された。参加者の性別や年齢の情報は直接は取得しなかった。実験は AWS 上の自作プログラムで実施された。参加者は PC を操作してタスクを完遂した。

参加者は実験 1 (2) では表 1 の 9 (6) のグループの一つにランダムに割り当てられた。グループは二つの変数によって定義されており、「略号」はそれら 2 変数を二つの漢字で表したものとしている。その二つの変数とは、3 通りの環境（報酬確率）と 3 つの目標（希求水準の有無と値）であり、3×3 (2×3) で 9 (6) グループとなる。

行動数は前述の例同様 4 で、報酬確率は表では百分率で記している。三つの確率の 4 つ組があり “易” しいのが $(0.2, 0.2, 0.4, 0.8)$ である。最適である報酬確率 0.8 の行動は、0.2 または 0.4 を報酬確率とする他の 3 つの行動との区別が容易である。“難” しいのが $(0.7, 0.7, 0.8, 0.9)$ であり、“激” しく難しいのが $(0.8, 0.8, 0.8, 0.9)$ である。

目標は、与えられない場合 (“最”) は「なるべく多くの当たりを獲得するように」と指示される。目標は与えられる場合、“低” すぎるか、目標の達成が最適行動の選択を意味する「“適” 切」な場合かの 2 種類である。目標は、「行動選択」に対する当たり回数の比率の閾値として与えられる。具体的な目標の値は、それぞれの報酬確率に対して設定される。易環境では “低” はどの 4 つの行動の報酬確率よりも低い 0.1 であり、“適” はその目標を果たすには最高の報酬確率を持つ 0.8 の腕を選択する他ないような、 0.6 という比率として与えられる。同様に、難・激環境の “低” は 0.5 であり、“適” は 0.85 である。つまり “難適” と “激適” の 2 グループの参加者にとっては、報酬確率 0.9 の最適行動をある程度多く選択することだけが (長期的・平均的には) 目標達成の手段となりうる。

表 1: 実験 1,2 のデザイン。参加者は実験 1 では 9 グループ、実験 2 では 6 グループにランダムに割り当てられた。報酬確率は % 値、回数は行動選択回数、人数は参加者数である。

			実験 1		実験 2	
グループ	報酬確率	希求水準	回数	人数	回数	人数
易最	[20,20,40,80]	なし	150	99	—	0
易低	“	0.1	“	98	—	0
易適	“	0.6	“	102	—	0
難最	[70,70,80,90]	なし	“	109	600	113
難低	“	0.5	“	110	“	111
難適	“	0.85	“	133	“	102
激最	[80,80,80,90]	なし	“	103	“	103
激低	“	0.5	“	113	“	116
激適	“	0.85	“	108	“	112
		合計:		998		653

実験の流れは 3 段階で

1. 練習 1: デッキ、色、当たり外れの確率比較に基づく意思決定の基本の理解確認を行う (図 1a)。
2. 練習 2: 行動数 3（3 色）の易しいバンディット問題での練習 (図 1b) 。報酬確率は $(0.1, 0.1, 0.9)$ となっており、最適な行動である 0.9 のデッキは見つけやすい (その色はランダムに割り当てられている)。最適行動を 5 回連続で選択すると、この練習フェイズは終了する。
3. タスク: 割り当てグループ (表 1) に応じた本番のバンディット問題 (図 1c)。

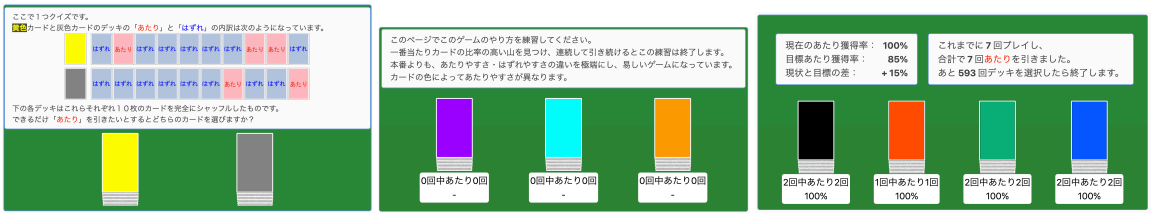
となる。

4.2 実験 1

1,000 人の参加者への謝金は 165 円 (税込) であった。このうち 2 人の実験実施に関してサーバー上の実験プログラム実行上の不具合があったため、998 人のデータを分析する。行動選択は 150 回であった。

4.2.1 結果

基本的な結果として、各グループの平均相対精度 (relative accuracy) を図 2 に示す。これは通常の精度 (accuracy) をより詳細にした指標であるので、精度から説明する。ある行動選択の精度は、その行動 i が最適行



(a) 練習 1 の画面 (b) 練習 2 の画面 (c) タスクの画面。

図 1: 練習 1 (a)、練習 2 (b)、本番タスク (c) の画面。(c) は希求水準は 0.85、選択回数は 600 回の例、つまり実験 2 のグループ “難適” や “激適” の場合である。

動 (もっとも報酬確率の高い行動、つまり $p_i = p_{\max}$) であれば 1、そうでなければ 0 である。相対精度は、その行動が最適行動でも報酬確率最低の行動でもない場合には、0 以上 1 以下の値として $(p_i - p_{\min})/(p_{\max} - p_{\min})$ とする。例えば $(0.2, 0.2, 0.4, 0.8)$ の環境で報酬確率 $0.2, 0.4, 0.8$ のそれぞれの行動を選んだ時の相対精度は $0, 1/3, 1$ となり、最適行動以外を選んでいるときの選択の相対的な良さも評価できる点で精度よりも優れている。他方で、後述のリグレットと異なり、値が $[0, 1]$ に収まり、学習が成功裡に進めば値が 1 に近づいていくという性質を持つため、異なる環境や参加者の間での比較がしやすい。

図 4 にタスク終了時の「最終リグレット」の値のグループごとの分布を示す。リグレットとは、タスクを見渡した立場からの「後悔」、期待損失の総計のことで、“易” 環境で報酬確率 $0.2, 0.4, 0.8$ のそれぞれの行動を一回選んだ場合の期待損失は $0.6, 0.2, 0$ となる。行動選択終了時点での累積 (実験 1 では 150 回) が最終リグレットである。

4.3 実験 2

実験 2 は、実験 1 の “難”・“激” 環境では選択回数 150 回という短さのため明確なパフォーマンス差が出なかったという可能性を検証するために行われた。660 人の参加者への謝金は 495 円 (税込) であった。実験プログラムの不具合のため、653 人分のデータを用いた。実験 1 との違いは、行動選択回数が 4 倍の 600 回となっており、また環境として “難” と “激” のみ扱っているという 2 点のみである。実験 1 と同様、平均相対精度と最終リグレット (600 回行動選択完了時) の結果をそれぞれ図 3, 5 に示す。

5. 議論

実験 1,2 の結果から、多本腕バンディット問題における目標設定の効果について議論する。実験 1 ではリグレットの比較により、パフォーマンスの高さ (リグレットの小ささを指標としている) では易適 > 易最 > 易低という結果が得られた。このうち t 検定 5% 水準で有意差があるものは「易適 > 易低」のみであった ($p = 0.0178$)。“難” 環境においても平均値では同様に難適 > 難最 > 難低という関係があるが、有意ではない。“激” 環境では激最 > 激適 > 激低と順位が入れ替わっているが、有意性はない。このようにはっきりした目標設定の効果が “易” においてのみ見られたのは、他の二つの環境では、行動ごとの報酬確率の差が微細なため、150 回の選択回数では不足していたことが理由として考えられる。

そこで、選択回数を 4 倍の 600 回に増やした実験 2 で同様の分析をしてみると、平均値では難適 > 難最 > 難低、激適 > 激最 > 激低という目標設定理論の予測通りの結果になっている。ただし同様の基準で有意差があるのは難適 > 難低のみ ($p = 0.001$) であった。

結果は目標設定理論の仮説に沿った傾向を見せているが、支持は弱い。その原因としては、そもそもベルヌーイバンディットの動作の分散の大きさがある。シミュレーションでアルゴリズムの性能を比較する際にも、シミュレーション数を 100 回以上にした上で、数千回以上の選択回数としないとはっきりした差が出ないのが通例である。この点については分散を抑えるために、実際の当たり外れが報酬確率と近くなるような確率の設定の仕方 (理論上の報酬の分布を作りシャッフルにより確率化) することができる。また、“易” 以外の “難”・“激” 環境ではそもそも、実験 2 のように選択回数を増やしても、最適行動を見つけることが難しすぎたということが考えられる。最適行動を見つける、つまりせいぜい 0.2 や 0.1 の報酬確率の差を検知し、それを確立する (最適行動が最適であることを十分に検証した上でその選択を続ける) ことに十分な意味が見出せなければ、そのような困難な行動方策を取ること自体が難しいと思われる。これらの点については今後の実験で操作・検証していく。

ところで、本研究では当たり率の表示が行動に与える影響についての分析を行わなかった。各グループの約半数には当たり率 (と頻度情報) が表示され、残り

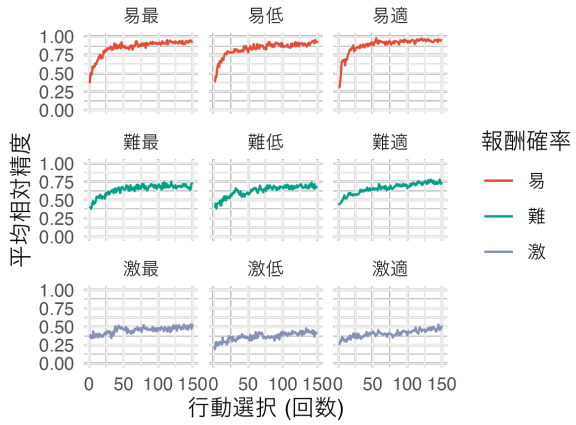


図 2: 実験 1 の各グループ平均相対精度の時間発展

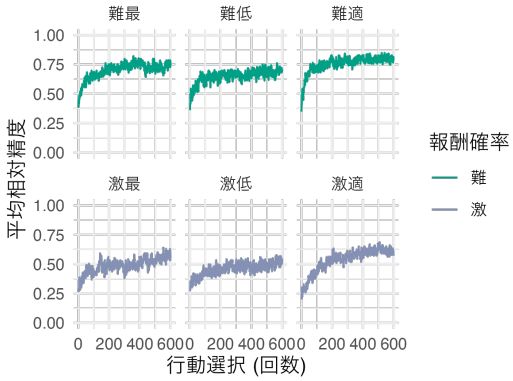


図 3: 実験 2 の平均相対精度の時間発展

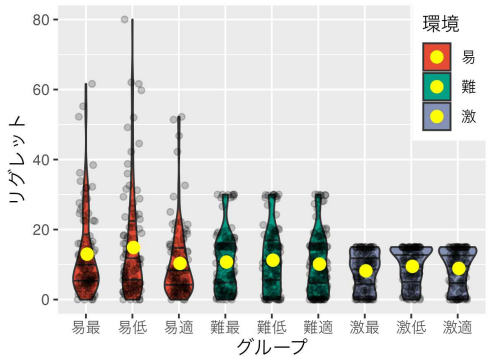


図 4: 実験 1 のタスク完了時 (行動選択 600 回完了) 時のリグレット、黄色の円は平均値。

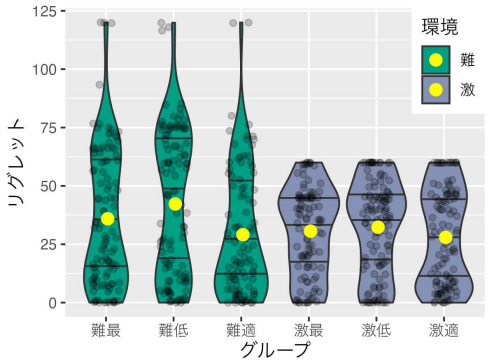


図 5: 実験 2 のタスク完了時 (行動選択 600 回完了) 時のリグレット、黄色の円は平均値。

には表示されない。表示の有無によるパフォーマンスの違いには一貫した傾向も有意差もなかったため、本論文では両者をマージして分析したが、両者で行動価値の更新方法や忘却の効果についての違いが予想される。また、本研究では、目標が参加者に与えられた場合は、その目標は「600 回の行動選択のうち (その 85% にあたる) 510 回の当たりを目指せ」のような、「報酬獲得率」についての閾値であった。これに対し、「当たり確率が 85% 以上の腕を見つけてください」という形式の目標 (希求水準) を与えることで、Simon のいう満足化 satisficing をターゲットとして扱うこともでき、強化学習状況における限定合理性についての研究が可能となる。この目的に対応するのは、従来の報酬最大化と異なる最適腕識別 (optimal arm identification) という問題枠組みで、A/B テストや臨床実験を含み、多くの実世界課題がこちらの目的を持つため重要であるが、先行研究がない。これら当たり率表示の有無や目的 (報酬最大化 vs. 最適腕識別) に関する違いの実験操作・分析を今後の課題とする。

文　献

Daw, N. D., O'Doherty, J. P., Dayan, P., Seymour, B., and Dolan, R. J. (2006). Cortical substrates for exploratory decisions in humans. *Nature*, 441(7095):876–9.

Locke, E. and Latham, G. (1990). *A Theory of Goal Setting & Task Performance*, volume 16. Prentice-Hall.

Najar, A., Bonnet, E., Bahrami, B., and Palminteri, S. (2020). The actions of others act as a pseudo-reward to drive imitation in the context of social reinforcement learning. *PLOS Biology*, 18(12):e3001028.

Ohta, H., Satori, K., Takarada, Y., Arake, M., Ishizuka, T., Morimoto, Y., and Takahashi, T. (2021). The asymmetric learning rates of murine exploratory behavior in sparse reward environments. *Neural Networks*, 143:218–229.

Sutton, R. S. and Barto, A. G. (2018). *Reinforcement Learning: An Introduction*. The MIT Press, 2 edition.

内藤, 碧. and 亀田, 達. (2022). 集合知を支える社会学習過程の合理的基礎. **認知科学**, 29(3):354–363.

連鎖型連想において産出される単語の意味的距離に対する見本の影響
The influence of samples on the semantic distance of words produced in the chain association

長尾 颯大[1,†] 安陪 梨沙[1] 服部 雅史[2,*]

Hayato Nagao[1] Lisa Abe[1] Masasi Hattori[2]

[1]立命館大学大学院人間科学研究科 [2]立命館大学総合心理学部

[†]cp0134hf@ed.ritsumei.ac.jp

概要

本研究では，単語対を手がかりとして呈示することのみで連鎖型連想の拡がりを示す指標である前向流動(FF)が変化するかを検討した．実験 1 では，自由連想を 2 回行うことによって FF が上昇したことが確認され，実験 2 では，単に 2 回連想を行う統制群より，意味的関連度の強い単語対を呈示した群で FF が低下することが示された．以上から，単語対の呈示によって人の創造性に介入できる可能性が示唆された．

キーワード : 連想, 創造性, 前向流動 (forward flow), 意味的距離

1. はじめに

創造性は，記憶における連想処理と深く関係することが知られている (Beaty & Kenett, 2023)．Mednick (1962) は，創造性とは連想要素から新奇な組み合わせを生み出すことであるとして，意味的に離れた単語を適切に結びつける媒介リンクを探す遠隔連想課題 (remote associates task) を開発した．また，連鎖型自由連想（任意のシード語から開始して次々に自由に連想される単語を産出する）課題において，産出される単語間の意味的距離が創造性の高さと関連することが知られている (Grey et al., 2019)．しかし，連想において産出される単語の意味的距離が何によって影響されるかは，まだ十分に明らかになっていない．そこで本研究は，特に無意識的で自動的な過程に関わる要因として，見本が自由連想に与える影響を調べた．

連想には，無意識的で自動的な処理と，意識的でコントロールされた処理の両方が関係していると考えられる．Mednick (1962) は，創造性の高い個人は低い個人よりも単語間の連想反応強度の違いが少なく，意味的距離が遠い単語でも連想反応強度が比較的強いと予想したが，Benedek & Neubauer (2013) は，両者の間に目立った違いがないことを示した．連想反応強度に大きな違いのないネットワークから異なる連想が生成されるメカニズムは十分に明らかになっていないが，自動的処理とコントロール処理という二つの異なる処理が関係している可能性がある．意味記憶ネットワークにおいて離れた概念に到達するメカニズムとして，結合の多いネットワークを用いた自動的処理によるものと，抑制を伴った高いコントロールによる処理によるものが考えられる (Volle, 2018)．同じ概念に到達する異なるメカニズムがあるのなら，同じネットワークから異なる連想も発生しうる．

自由連想において，無意識的で自動的な処理が，産出される単語の意味的距離にどう影響するかは明らかではない．Liu (2016) は，特定のカテゴリーにとらわれずに自由に連想を広げるよう指示して自由連想を行った後に実施する生成的問題解決で，作品の創造性が高まることを示した．この結果は，概念の境界を越えやすいように概念的注意の範囲を広げることが創造性を高めるためとされたが，Liu (2016) の実験では参加者への指示があったことから，これはコントロール処理による結果とも考えられる．しかし，洞察問題解決において潜在ヒントが無意識的に解決を促進することや (たとえば Hattori et al., 2013)，意味プライミングや概念プライミングといった記憶の現象が自動的であることを考えれば，自由連想についても自動的な促進があることは疑いないであろう．

自由連想のような拡散的思考課題には，潜在ヒントを呈示する方法は使えないことから，本研究では，見本を呈示する方法を使うことにした．創造的問題解決においては，呈示した見本が参加者が創作する作品に負の効果を及ぼすとされるが (Smith, et al., 1993)，自由連想課題においては，明示的な指示がなければ見本であることが顕著にはならないため，参加者が（見本と気づ

* 責任著者 hat@lt.ritsumei.ac.jp

かずに）意味的距離の遠い（または近い）単語対に接触することによって，正の効果（または負の効果）が得られるのではないかと考えた．

なお, 本研究では, 大規模言語コーパスから word2vec (Mikolov et al., 2013) 等の手法によって構成した分布意味モデル (distributional semantic model)，すなわち単語ベクトル (word vectors; 例えば Günter, et al., 2019 を参照) を用いて単語間の意味的距離（コサイン類似度を 1 から除した値）を算出した．連鎖型連想で産出された単語の意味的距離の指標としては，前向流動 (forward flow; FF; Gray et al., 2019) を使用した．FF スコアは，連鎖型自由連想課題において，シード語から順に，それまでに産出された全単語との距離の平均値を各単語にスコアとして割り当て，最後に各単語に割り当てられたスコアを平均することによって求めた値である．FF スコアは，意味的距離の離れた単語を記入するほど高くなる．見本として意味的距離の遠い（あるいは近い）単語対を呈示することによって，本人の自覚なしに高い（あるいは低い）得点に誘導される可能性を検討した．

2. 実験 1

特定の単語（シード語）から連鎖的に連想をする連鎖型連想（例 : りんご→果物→みかん→こたつ→…）を行う際に，意味的距離の遠い（近い）単語対を呈示することが，FF スコア（シード語からの連想の広がり）を上昇（低下）させるかを検討した．

2.1. 方法

2.1.1. 実験参加者

クラウドワークスでの募集に応じた 311 名が実験に参加した．うち，PC 以外のデバイスで参加しようとした 67 名，教示操作チェック (IMC) 課題に通過しなかった 18 名，制限時間 (210 秒) をオーバーした 64 名，途中で参加をやめた 32 名，実験終了後に ID を報告しなかった 1 名のデータを除外し，129 名（男性: 68 名, 女性: 55 名, 無回答: 6 名, 年齢: $M = 43.5$, $SD = 10.5$）のデータを分析した．実験群は，[意味的関連度が強い単語対を 1 つ呈示する群（N1）・意味的関連度が強い単語対を 5 つ呈示する群（N5）・意味的関連度が弱い単語対を 1 つ呈示する群（F1）・意味的関連度が弱い単語対を 5 つ呈示する群 (F5)]の 4 群から構成された．2（意味的関連度: N/F）×2（単語呈示数: 1/5）の参加者間計画で実施され，すべての参加者は 4 条件のうちの 1 つに無作為に割り当てられた．

2.1.2. 見本刺激（単語対）

意味的関連度の強い単語対 (N)として,「労働・雇用」「武装・軍備」「出版・書籍」「氾濫・洪水」「注目・関心」, 意味的関連度の弱い単語対 (F)として,「皮肉・会館」「台風・皮膚」「適応・豆腐」「恋人・法案」「王国・装置」を選定した．選定には JWSAN-1400（猪原・内海, 2018）収録の名詞単語対の関連度 (association)を用いた．続いて, 名詞単語対について, 単語ベクトルを用いて類似度 (similarity)を算出し, 関連度, 類似度の値を昇順に並べた際の順位が，JWSAN-1400 と朝日新聞単語ベクトルで近いものを抽出した．その後, 関連度と類似度がそれぞれ対応する値の上位と下位から 5 対ずつ選定し，見本刺激として採用した．

2.1.3. FF スコア

自由連想課題で産出された 15 個の単語から単語ベクトルに認識されない単語を除外し，最初から 10 個の単語を使って FF スコアを算出した．FF スコアの算出には chiVe ver. 1.3 (真鍋他, 2019) を使用した[1].

2.1.4. 手続き

参加者は，すべての課題を Qualtrics 上で実施した。年齢・性別等の回答をした後，1 回目の自由連想課題を行った．1 回目の連想のシード語は「トースター」であった．参加者はシード語から連想される語を産出し，以降は最後に算出された語から連想される語を 1 つずつ，計 15 語入力した．入力の制限時間を 210 秒とした．1 回目の課題終了後に見本として，意味的関連度の近い刺激対または遠い刺激，1 対または 5 対が呈示され，単語対の関連度の主観評価を 0–100（まったく関連がない〜非常に関連が強い）で求めた．その後，2 回目の自由連想課題を 1 回目と同じ要領で実施した．2 回目の課題のシード語は「テーブル」であった．

2. 2. 結果と考察

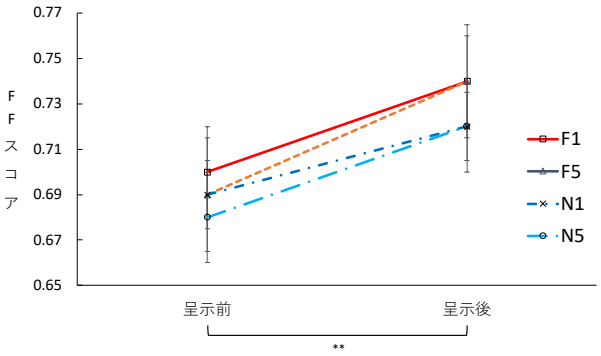
1 回目と 2 回目の自由連想課題において産出された連想語の FF スコアを算出した．その結果，条件の主効果は有意でなく，$F(3, 125) = 2.08, p = .11, \eta_p^2 = .03$，連想

[1] 実験 1 において各参加者が産出した単語列から作成した単語対を材料として，別の参加者に単語対の類似度を評価させた結果を複数の単語ベクトルによる類似度と比較した結果, Spearman 相関係数が最も高かった chiVe 1.3 を使用した. chiVe: https://github.com/WorksApplications/chiVe

の呈示タイミングの主効果が有意であり，$F(1, 125) = 35.78, p < .001, \eta_p^2 = .10$，交互作用が有意でなかった，$F(3, 125) = 0.19, p = .90, \eta_p^2 = .002$（図 1）．また，2 回目の連想における FF スコアから 1 回目の FF スコアを引いた変化量について，同様に 2 要因分散分析を行った結果，意味的距離の主効果，$F(1, 125) = 0.26, p = .61, \eta_p^2 = .002$，呈示単語数の主効果，$F(1, 125) = 0.29, p = .59, \eta_p^2 = .002$，交互作用，$F(1, 125) = 0.04, p = .85, \eta_p^2 < .001$ のいずれも有意でなかった．

図 1 から，意味的関連度の弱い単語対を呈示した場合，わずかに意味的関連度の強い単語対を呈示したときよりも FF スコアが高くなる傾向がみられるものの，有意な差ではなかった．また，どの条件も，自由連想課題を 2 回行うことで FF スコアが上昇しており，単純に 2 回課題を行ったことによる FF スコアの増加と単語対の呈示による FF スコアの増加の影響を切り分けることが困難であることが判明した．そこで，実験 2 では単語対を呈示することがないベースライン群を設けた際実験を行った．

図 1　単語対呈示後の FF スコアの変化



（**: $p < .01$，エラーバーは標準誤差を示す）

3.　実験 2

実験 1 では，連鎖型連想を行う際に手掛かりとなる単語対を呈示することによって，その後の連想課題において FF スコアに変化が生まれることを検討した．その結果意味的距離の主効果が有意でないことが確認された．しかし，異なる種類の単語対の刺激を呈示することが実験参加者における連想の FF スコアの変化に関与するかについて，刺激となる単語対を呈示しないベースラインを求める条件を設定していなかった．これによって，意味的距離の主効果が単語対の呈示によるものなのか，連想を 2 回実施したことによる慣れの効果なのか，明らかにすることが出来なかった．そのため，実験 2 では実験 1 の 4 群に単語対を呈示しない群（統制群）を追加することで，単語対の呈示による影響を検証した．

3.1.　方法

3.1.1.　実験参加者

クラウドワークスにおいて募集した 539 名が実験に参加した．PC 以外のデバイスで参加しようとした 7 名，IMC 課題にパスしなかった 96 名，母語が非日本語と回答した 1 名，短期間で自由連想課題に取り組むよう促すため，制限時間 (300 秒) をオーバーした 46 名，同一人物による重複回答と判明した 2 名，途中で参加を辞退した 40 名，実験終了後に ID を報告しなかった 2 名のデータを除外し，345 名（年齢：$M = 43.8, SD = 10.08$）のデータを分析対象とした．

3.1.2.　見本刺激（単語対）

実験 1 において設定した 1 回目の自由連想課題の後に呈示する[意味的関連度が強い単語対を 1 つ呈示する群（N1）・意味的関連度が強い単語対を 5 つ呈示する群（N5）・意味的関連度が弱い単語対を 1 つ呈示する群（F1）・意味的関連度が弱い単語対を 5 つ呈示する群(F5)]の 4 群の刺激に加え，刺激を呈示しない統制群を設けた．

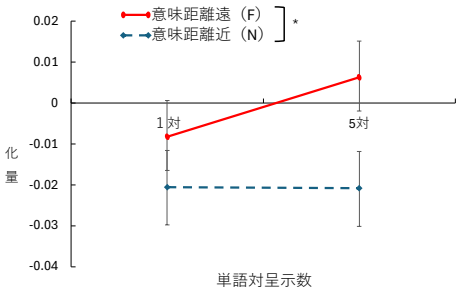
3.1.3.　手続き

実験 1 と同様であった．

4.　結果と考察

単語対を呈示した群の参加者個々の変化量から，統制群の変化量の平均を引いた値（図 2）をもとに分析を行った．

図 2　単語対の意味的距離と呈示数ごとの FF スコア変化量



（*: $p < .05$，エラーバーは標準誤差を示す）

実験 1 と同様に，2 要因分散分析を行ったところ，意味的距離の主効果が有意であり，$F(1, 272) = 5.30, p = .02$,

$\eta_p^2 = .02$，単語呈示数の主効果，$F(1, 272) = 0.68$, $p = .41$, $\eta_p^2 = .003$ および交互作用，$F(1, 272) = 0.74$, $p = .39$, $\eta_p^2 = .003$ は有意でなかった．このことから，意味的距離の異なる単語対を呈示することによって FF スコアが変化する可能性が示唆された．

5. 総合考察

本研究では，連想において産出される単語の意味的距離が何によって影響されるかを確認するため，人の創造性を示す指標の一つである FF スコアを用いて，見本として意味的距離の遠い（あるいは近い）単語対を呈示することによって，本人の自覚なしに高い（あるいは低い）得点に誘導されるか比較検討した．実験 1 では，単に意単語対を見本として呈示することによって連想の幅が変化するかを検討した．実験 2 では，実験 1 の条件に加え，手掛かりとなる単語対を呈示しない群を追加して FF スコアが変化するかを検討した．その結果，実験 1 においては自由連想を 2 回行うことで FF スコアが上昇することが確認され，実験 2 では意味的距離の近い単語対を呈示することにより FF スコアが下降することが示された．

実験では，FF スコアの下降は確認できたが，上昇は認められなかった．意味的関連度が強い単語対は，単語間の結びつきを容易に見出すことが可能である．そのため，参加者の自動的な思考過程に影響を与えやすく，2 回目の自由連想課題の回答時に FF スコアが下降したと考えられる．一方，意味的関連度の弱い単語対は，関連性を見出しにくく，関連性の考慮に努力を要する．これにより，2 回目の自由連想課題の際に，自発的に意味的関連度の弱い回答を行うまでに至らなかった可能性が考えられる．

以上から，意味的距離の異なる単語対の呈示によって，連想時に産出される単語の意味距離を近づけることができる，つまり，人の思考の幅を狭められる可能性が示唆された．

本研究では，単語対の呈示によって FF スコアを上昇させることはできなかった．今後の展望として，呈示される単語対の意味的関連度に依存しない，より効果的なアプローチの検討が求められる．具体的には，一つの概念が複数の側面を持つことに気づかせることで，意味的関連度が弱い単語対であっても，関連性を見出すことができる可能性を検討したい．

文献

朝日新聞メディア開発センター (2019). 朝日新聞単語ベクトル

Benedek, M., & Neubauer, C, A. (2013). Revisiting mednik's model on creativity-related differences in associatiove hierarchies. *Evidence for a Common Path to Uncommon Thought*, *47*(4), 273–289.https://doi.org/10.1002/jocb.35

Beaty, E, R,. & Kenett, N,Y. (2023). Associative thinking at the core of creativity. *Trends in cognitive sciences, 27*(7),671-683. https://doi.org/10.1016/j.tics.2023.04.004

Gray, K., Anderson, S., Chen, E. E., Kelly, J. M., Christian, M. S., Patrick, J., Huang, L., Kenett, Y. N., & Lewis, K. (2019). "Forward flow": A new measure to quantify free thought and predict creativity. *American Psychologist*, *74*(5), 539–554. https://doi.org/10/1037/amp0000391

Günther, F., Rinaldi, L., & Marelli, M. (2019). Vector-space models of semantic representation from a cognitive perspective: A discussion of common misconceptions. *Perspectives on Psychological Science*, *14*(6), 1006–1033. https://doi.org/10.1177/1745691619861372

Hattori, M., Sloman, A, S,. & Orita, R. (2013). Effects of subliminal hints on insight problem solving. *Psychonomic Bulletin & Review, 20,* 790–797. http://doi.org/10.3758/s13423-013-0389-0

猪原 圭介・内海 彰 (2018). 日本語類似度・関連度データセットの作成　言語処理学会第 24 回年次大会発表論文集, 1011‐1014.

Liu, S. (2016). Broaden the mind before ideation: The effect of conceptual attention scope on creativity. *Thinking Skills and Creativity*, *22*, 190–200. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2016.10.004

真鍋 陽俊・岡 照晃・海川 祥毅・髙岡 一馬・内田 佳孝・浅原 正幸 (2019). 複数粒度の分割結果に基づく日本語単語分散表現　言語処理学会第 25 回年次大会

Mednick, S. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological Review, 69*(3), 220–232. https://doi.org/10.1037/h0048850

Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In C. J. C. Burges, L. Bottou, M. Welling, Z. Ghahramani, & K. Q. Weinberger (Eds.), *Advances in neural information processing systems* (*NIPS*) (Vol. 26, pp. 3111–3119). Curran Associates. https://doi.org/10.48550/arXiv.1310.4546

Smith, M,S,. Ward, B, T,. & Schumacher, S,J. (1993). Constraining effects of examples in a creative generation task. *Memory & Cognition, 21,* 837–845 https://doi.org/10.3758/BF03202751

Volle, E. (2018). Associative and controlled cognition in divergent thinking: Theoretical, experimental, neuroimaging evidence, and new directions. In R. E. Jung & O. Vartanian (Eds.), *The Cambridge handbook of the neuroscience of creativity* (pp. 333–360). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316556238.020

聞き手に想像を促す相互行為的手続き
-コ系指示表現を使って-
Interactional procedure prompting listener's imagination
-focusing on uses of the Japanese proximal spatial expressions-

梅村 弥生
Yayoi Uemura
†千葉大学融合理工学府博士後期課程
Chiba University Graduate school of Science and Engineering
ume5184@chiba-u.jp

概要
仕事の現場では，社員らが図面や作りかけの部品を指し示しながら話し合う場面を頻繁に見かける．彼らはコ系指示表現を用いて，指さしや視線を配分しながら，実際にはそこには存在しない「水の流れ」や「製造機の故障」等について話し合っている．本研究は，最近の指示詞研究の分類枠を参考にしながら,相互行為の視点から,そこに「存在しないもの」がどのようにして「存在するもの」として参与者間で共有されるのかを分析する．

キーワード：コ系指示表現，会話分析，相互行為

1. はじめに

金水（1999，p. 77）は，日本語指示詞の 3 系列（コソア）はいずれも直示用法と非直示用法があるとした上で，典型的な直示とは，指差しや眼差し等によって焦点化できる話し手に近い眼前の空間に在る対象を指す場合とした．さらに，バーのマッチを取り出して「この店に行こう」と友人を馴染みの店に誘うときの「この」を「間接直示」とし，「マッチ→店」のように，マッピング・ルールを介在させることによって，実際にはそこに存在しない対象にたどり着くとした．そして，直示された対象（マッチ）は，真の対象（店）を代表し，真の対象と臨時的に同一視されるとした．臨時的にということは，本来は対象（店）と対象の知覚（見ること）との区別が前提となっている．そこで, 疑問になるのは, 誘った人は, どのようにして同伴者にマッチを見せて誘ったのか, 互いに見ているマッチと店は, その場では別物なのだろうか.

実際に工場で録画・録音された会話[1]を観察すると，参与者らは, 眼前の部品や図面を指差して, 互いに相手をモニターしつつ, コ系指示詞を伴う発話をしながら, そこには存在しない「水の流れ」や「製造機の故障」があたかもそこに在るかのように語り合っている. しかも、どれひとつ欠けても成立しない状況を作り出している. 本研究では，指示詞研究の枠組みを参考にして, 相互行為の視点から, 何かを「見て」「指して」「コ系指示詞」を用いた活動を相互行為の視点から分析する.

本項の構成は次の通りである．続く第２節では，先行研究を参照しながら分析の枠組みを述べる．第３節では取り上げる現象を説明する．第 4 節では，本稿で提示した事例を含めた研究全体の構成について説明してまとめとする．

2. 先行研究と分析の枠組み

2. 1. 日本語指示詞の研究枠組み

指示詞の使い分けを説明するものとして，伝統的には人称区分説と距離区分節がある. しかし, どちらも現実との矛盾点があることから, 近年は, 話し手や聞き手の認知の問題として解明しようとする理論が現れた. そのひとつが談話管理理論である（金水・田窪，1990, 田窪・金水，1996）. 堤（2002，p. 45）によると，この理論には（1）「聞き手の知識」を排除する，（2）複数の心的領域を設定する，といった 2 点が特徴とされ，特徴（2）は，先の「間接直示」にも窺われる．小川・野澤（2015，p. 120）は，指示詞が発話場面（いつ，どこで，誰が誰に対して）から切り離されると，話者の意図が解釈できなくなるという問題意識から，Levinson（2004）に従い, 日本語指示詞の用法を直示と非直示の 2 つに分けた. そして,「指示対象の所在」に焦点を当てた現場指示と観念指示という以下のような二層モデルを構築した（小川・野澤，2015, p.127）.

(i) 現場指示用法：
発話時において主体の周囲に対象物が存在し, 感覚器

[1] ２つの企業（在中国日系企業及び国内の企業）において合計約 45 時間の話し合い場面を収録した.

を通った刺激をもとに，対象物の表象が形成される場合の指示.

（ii）観念指示用法：

発話時において主体の周囲に対象はないが，海馬などの働きによって想起された記憶をもとに，対象物の表象が形成される場合の指示（従来の文脈指示や記憶指示が含まれる）.

さらに,小川・野澤（2015, p.147）は，発話の場に無い対象を指す場合を想定して，その場合,指示者自信が述べた対象を指示する場合はコ・ソ・ア系どれもが可能で在ることを示した.

（1）自分が述べた対象を指示する場合

A：三宮にいいイタリア料理店があるんです.

A1：**この**店はフォッカチオが美味しいんです.

A2：今度**その**店に行きましょう.

A3：**あの**店はフォッカチオが美味しかった.

A1 のように，料理店がそこに存在しなくてもコ系が可能な理由として, 1) 指示対象を話し手自身が話題に出したという優位性話，2) 「店」は話し手の領域に取り込めるといった 2 点を挙げ，そこ存在しない対象に対してコ系指示詞を使っても自然に聞こえることを示した．第 3 節で提示する自然会話でも，話し手が知識を有している対象に対して，コ系指示詞を伴う発話で対象を指すことができる.

2.2. 相互行為の中の指さしとは

相互行為とは, 文字通りに言えば, 参与者同士が行為を互いにやり取りすることである．ここで言う行為だが，例えば「おはよう」と言うことで挨拶であり，「それ，取って」といえば依頼という行為をする，それを行為と呼ぶ．Shegloff（2007）は，参与者が産出する行為には一定の秩序があるとし，それを「行為連鎖」と呼んだ．それは，話し手にとっては，聞き手の応答は直前の話し手の行為の反応であるので，話し手の発話やジェスチャーを聞き手がどのような行為として理解したかは，聞き手が次にそれの反応として産出する行為に観察可能な形で現れると言うわけだ．これが，相互行為秩序である.

2.3. 会話分析による指さしの分析

多くのジェスチャー研究では，発話と指さしとの関係だけに注目しがち（喜多, 2002 など）であるのに対し，会話分析による指さし研究は，参与者らの身体的配置や周囲の環境や行為の志向も取り込んで，行為の達成や連鎖の構成を研究してきた.

参与者が用いるジェスチャー，視線，表情，姿勢，人工物の扱い，発話の形式や韻律が包括的に行為を構成することを，数多くの事例で主張したのが Goodwin（2000, 2003a, 2003b, 2007 等）である．Goodwin（2007, p.195）は，ネットで買ったミキサーの部品が欠けていた為に作動しないことを説明するのに，指示詞を伴う発話とジェスチャーだけでなく，手に持ったミキサーも含めてやっと説明可能になることを，段階的に示した．人工物も含めた全ての資源のうちの，どれひとつ欠けても行為は構成されないというわけだ．金水（1999）が扱った「マッチ→店」を「誘い」という行為として捉えたならば，コ系指示詞だけでなく，ジェスチャーや視線など，全ての資源が記述に取り込まれなければならない.

Goodwin (2000，2003, 2007)は，このような直示的な指さしによるジェスチャーを「状況に埋め込まれた相互行為的な活動」（situated interactive activity）と呼び，Goodwin（2003b, p.2）では，(i) 指さしを行う話し手の身体 (ii) 指さしに伴う発話 (iii) 対象の特徴 (iv) 参与者同士の志向と対象への志向[2] (v) 進行中の活動などが周囲の環境を取り込んで，それぞれが関連することで，指さしが「環境に連接された身振り」（Environmentally coupled gesture）[3]のひとつになることを主張した.

3．分析

以上の先行研究を踏まえて，本稿では断片（2）のデータを分析する．断片（2）は，在中国のプラスチック製品を製造する日系企業内で収録したデータである．品質管理部の巡回員[4]は, 異常品検査のために工場内を

[2] 指さしにより，話し手は対象へと聞き手の注意を向けさせ，同時に注意が共有されていることを認識したときに，指さしの指示は達成したと見做される．ここに，話し手，聞き手，対象間の三項関係が成立する．これを発達心理学では「共同注意」（joint attention）（Tomasello, 1999）と呼ぶが，これは「環境に連接された身ぶり」では，「参加者同士の志向と対象への志向」に近いものと思われる.

[3] 「状況に埋め込まれた相互行為的活動」と「環境に連接された身振り」はいずれも西阪（2008）による訳である.

[4] 製造業にとって，不良品の出荷は最も避けなければならない．その為に同工場では機械の担当者とは別に数人の検査専門員が巡回する．巡回員は，異常を発見すると製造担当者に報告し，その後浦課長に報告した

巡回していた．そのとき，63 号製造機で温水洗便座の部品 4 個に白化異常[5]を見つけた．巡回員は上司の浦課長に報告する前に製造現場の太課長に先に報告している．この断片の前に太課長は 63 号製造機を開けて金型をチェックし，白化の原因を見ている(L13)．金型内のガスが充満して，ガスが昇華して白い粉となり金型排気口を詰まらせていた．そのため，製造物の表面に白化が生じていた．太課長が白化の原因を同定した頃，浦課長が現場に駆けつけ，太課長に異常品への対処を依頼する．データ（2）はそのときの会話である．

01 浦: 阿|太，嗯，找你确 认个 事项我们｜23 号机
|製品握ったまま |機械を指す
02 做这个｜产品的时候 在|巡视的[时候发现
|手を上に |製品握っている. |
03 |这一块地方| |有白化状｜
|白化部分指してつつく[写真 1]|太を見上げる|
太さん，うん，確認したい事 項があります 23 号機でこの製品を作る時，我々が巡視の時発見したのはこの箇所に白化があります.
04 太: [嗯
はい
05 浦: 你确认|一下，哦呢也|不是说每个都有 刚才
|身体は機械方向|機械の方に手
06. ｜机台上这边下来｜4 个，
|ベルトに手を置く|太を見る
確認してください．全部あるわけじゃないです ちょうど機械から出てきた 4 個の製品
07 |我随便看了一下，4 个当中有这么｜一个也不
|製品を見る 突いて |太を見る
08. ｜是每个都有，
|前方を見る
太 ｜浦を見る
適当に見たら，4 個の中の 1 つに白化がありました．全部にあるわけじゃありません.
09 浦 你看看 是[什么原因.
見てください．これは何が原因ですか.
10 太: [｜我来跟进一下
|工場内を見渡して→製品
私がやります
11 浦: |改善[一下=
|太→製品を見る 改善して下さい.
12 太: ｜刚刚我看了一下 ｜模具上面 看 看
|工場内→製品を見る |製品見ながら身体後退
13 → |这个地方白掉了
|製品の白化部分の上に小指→円[写真 2]後退
さっき私は金型の上部を見ました，見て，見て．この箇所が白くなっていた
14 ｜排气槽 都 堵掉了
|製品を見ながら身体後退
ガスベントが 全部詰まっています.
15 浦: 那｜行，我们 [模具 打开 看看.
|右手を上げて機械の裏の方向を指す
じゃあ，私たちは金型を開けてみましょう.
16 太: [现在 现在清扫一下
今，清掃しますよ.

この後二人は 63 号機の反対側に行き，金型が入っているところを開けて，金型を見る．太は楊枝のような棒で掃除を始める（写真３）．

写真 1.
浦が白化部分を指す

写真２.
太が白化部分に触らないで小指で空間に円を描く.

浦は発話に沿って製品や製造機に視線を送り，同時に指さしも行なっている．L6，L7, L8 で浦は，太に説明のポイントのところで太を見る．一方の太は L8 で浦をチラッと見るものの，L10 から工場内を見渡し，時々製品を見て浦と共同注意するが，浦には殆ど視線を向けない．太は，担当者を探すことにも志向しているためか，何度も工場内を見渡す．これは，それぞれの志向の異なりに起因している(Streek 2017)．また，L13 における太の指さしは特徴的だ．製品を触らずにその上空に円を描きながら「この箇所が白くなっていた」と言う．製品の白化は浦が既に述べている．太の言う「白い」は製品ではなく，「この箇所」である．太が製品を触らないのは，製品とは別の「白い」対象を指しているからだ．ここでの太の対象は，製品の白化部分に接触している金型の特定の箇所である．そのことは，浦も理解してい

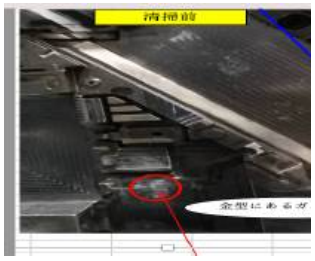
5 白化異常とは，金型内に流し込まれたプラスチック剤からガスが発生して，それが製品を乳白色に変色させる．この部品はもともと白色だが，製品の一部(浦が指している所)が乳白色になっていた.

ると見えて,「ガスベントの詰まり」(写真 4)と聞いて,一緒に製造機の金型を見に行く．浦が持っている製品にコ系を使うのは，自分の知識という優先性によるコ系指示詞の使用であろう（小川・野澤，2015, p.147)．

この場に金型がないにも関わらず,「この製品の白化部分が当たる金型のある特定部分」を指して,「この部分」とだけ述べている．それが可能なのは，製品に触らないで円を描く特徴的な指さしである．「この部分」が向こうにあるからだ．そう言いながら身体を後退させることも,「この部分」をこれから見に行く志向を示している．

このように，太はコ系指示詞の発話，指さし，製品，身体を使って，白化の原因を浦に示した．浦は，それを理解したからこそ，一緒に製造機の裏側に向かい，太が金型のベントの汚れを落とすのを後ろで見守るのである(写真 3).

写真 3. 金型を拭き取る太　　写真 4. 金型のガスベント



この現象は，円を描く指さしが，発話，それぞれの活動の志向性，そして人工物のプラスチック製品と結びつくことで,「環境に連接された身振り」(Environmentally coupled gesture）になったところで，その対象が金型の白化になったのである．

また，見逃してはならないのは，太と浦が「製造現場の管理職として異常品の対処をする」と言う共通の義務に携わっているという事である．西阪 (2001，p. 62) が指摘するように，指さしされた対象を見ると言うことは，行為や活動の中でそれを見るのであって，見ることが活動を構成している．太はあまり浦を見なかったが，浦が何をしたいかは理解している．浦は,「原因究明を即時やって欲しい，いつまでも生産を止めないで欲しい」という立場でここにきている．そのことを太も理解している．2 人の義務と立場を理解すると，この断片はさらに理解できる．

4. 本研究の今後の見通し

本稿では誌面の都合から事例を 1 つに留めたが，コ系指示表現（この，ここ，こう）を用いて，実際にはそこに存在しないが，存在するかのように参与者間で共有する事例が他にも数例ある．グラフや表に表象されるものを指して，そこには無い発電量が指さしの対象になるケースなどである．但し，それら対象の「見えなさ」や「存在しなさ」の程度が異なることから，程度の差に着目して，その理由や背景を事例の分析から見極めていきたい．

文献

Goodwin, C. (2000). Action and embodiment within situated human interaction. *Journal of Pragmatics*, 32-10, 1489-1522.

Goodwin, C. (2003a). The body in action. In Justine Coupland & Richard. Gywn (eds.). Discourse, Body and Identities, 19-42. Palgrave Macmillan.

Goodwin, C. (2003b). Pointing as situated practice. In S. Kita (Ed.), *Pointing: Where language, Culture and Cognition Meet.* 217-241. Lawrence Erlbaum.

Goodwin, C. (2007). Environmentally coupled gestures. In. S. D. Duncan, J. Cassel, & E. T. *Gesture and*. Levy (Eds.), *the Gestures and Dimension of Language: Essays on honor of David Mcneill* , 195-212, John Benjamins Publish Company.

喜多 壮太郎 (2002) . ジェスチャー: 考えるからだ. 金子書房.

金水 敏 (1999)．日本語の指示詞における直示用法と非直示用法の関係について 自然言語処理，6-4， 67-91.

金水 敏・田窪行則 (1990)．談話管理論から見た日本語の指示語．認知科学の発展，3，85-115.

Levinson, S. (2004)．“Deixis.” in Lurence R. Horn & Gregory Ward (eds.) *The Handbook Of Pragmatics.* Blackwell.

西阪 仰 (2001) 心と行為　岩波書店.

西阪 仰(2008)．分散する身体―エスノメソドロジー的相互行為分析の展開　勁草書房.

小川典子・野澤元 (2015). 認知言語学論考(12) ひつじ書房.

Shegloff, E. (2007) *Sequence Organization.* Cambridge.

Streek, J. (2017)．*Self-making Man: A day of action, life and Language*. Cambridge University Press.

においが自伝的記憶想起に及ぼす影響：刺激呈示時の感情状態に着目して

The Impact of Olfactory Stimulation on Autobiographical Memory Recall: Focusing on Emotional States During Stimulus Presentation

宮代 こずゑ†，白戸 陽菜
Kozue Miyashiro, Hina Shirato
†宇都宮大学
Utsunomiya University
miyashiro@cc.utsunomiya-u.ac.jp

概要

本研究は大学生を対象として，におい刺激の快-不快と，におい刺激を手掛かりとして想起された自伝的記憶の情動性の関連に焦点を当て，実験を行った．その結果，プルースト効果は見られなかったものの，5 つのにおい刺激のうち，固形ハッカ，コーヒー豆，カレー粉，および制汗剤において，においがもたらす快感情が肯定的感情に関連した自伝的記憶の想起を引き起こしていたこと，すなわち気分一致効果の生起が示唆された．

キーワード：プルースト現象, 気分一致効果, におい

1. はじめに

においが自伝的記憶の想起を引き起こす現象はよく知られており，プルーストの「失われた時を求めて」に描かれた，紅茶にマドレーヌを浸したときに子供時代を鮮やかに思い出したというシーンにちなんで，一般的にプルースト現象と呼ばれる．

Herz & Cupchik, (1995)［1］は，におい手掛かりによって想起された記憶は，言語ラベルを用いた場合と比較して, より情動性が高いと報告している. 山本（2008）［2］は，におい手がかりによって想起された自伝的記憶は情動的であり，かつ追憶体験を伴う等の特徴が見られることを示唆している. また山本・野村（2010）［3］は，におい刺激の命名，感情喚起度，および快-不快度が自伝的記憶の想起に影響を及ぼす可能性を示唆した. なかでもにおい刺激の快-不快度と自伝的記憶の快-不快度には高い相関があることや, におい刺激の命名および感情に関する特性が自伝的記憶の想起に影響を及ぼしうることが明らかになった．この結果は気分一致効果の生起を示唆するものである．

本研究は，一般感情尺度（小川・門地・菊谷・鈴木, 2000）［4］を用いることで，におい刺激の情動性が意図的に想起された自伝的記憶に及ぼす影響をより詳細に検討することを目的とする．また，想起された自伝的記憶の特性を包括的に評定するために，山本・杉山（2017）［5］が開発した自伝的記憶特性質問紙を用いる．仮説は以下の通り：におい刺激がもたらす快感情と，想起された自伝的記憶から引き起こされる肯定的感情との間に正の相関，否定的感情との間に負の相関が見られる．

2. 方法

倫理的配慮

本研究は，宇都宮大学ヒトを対象とする倫理審査委員会の承認を得ている．

参加者

大学生 13 名（平均年齢 20.08±0.64 歳；男性 3 名，女性 10 名）を対象として個別に実施された．参加者はにおい提示群（7 名；男性 3 名，女性 4 名）と言語ラベル提示群（6 名；すべて女性）のいずれかに割り振られた．

刺激

におい提示群の参加者へは，におい刺激として固形ハッカ, 培養土, ミルで砕いたコーヒー豆, カレー粉, 制汗剤（シーブリーズ スプラッシュマリン）を使用した．言語ラベル提示群の参加者へは，文字および音声にて「ミント」,「土」,「コーヒー」,「カレー」,「制汗剤」の提示を行った．

調査内容

・においい提示群

① **フェイスシート**：学年, 年齢, 性別の記入を求めた．

② **においい刺激の特性**：山本・猪俣（2011）の手続きをもとに, においの強度（1~10 の 10 段階評定）, においの熟知価, 感情喚起度, 快-不快度（いずれも 5 段階評定）を回答するよう教示した．

③ **想起された自伝的記憶**：山本・杉山（2017）の手続きを参考に,「今嗅いだにおいについて, それに関するこれまでの人生の中で自分自身が経験し

た出来事について思い出してください」と教示した．想起した出来事がいつ頃に起きたことことかおよび出来事の内容（自由記述）に加え，その記憶の鮮明度，感情喚起度，快-不快をそれぞれ 5 件法で回答を求めた．さらに，自伝的記憶特性質問紙（山本・杉山，2017 ; 21 項目 7 件法）についての回答を求めた．

④ **想起された自伝的記憶の情動性**：小川・門地・菊谷・鈴木（2000）の一般感情尺度 23 項目について，5 件法で回答を求めた．因子負荷量が.4 未満の「罪悪感」は除外した．

・言語ラベル提示群

上記の①，③，④の回答を求めた．ただし③は「今聞いた言葉について，それに関するこれまでの人生の中で自分自身が経験した出来事について思い出してください」と教示した．

手続き

全ての参加者へ，事前に説明書・同意書・返信用封筒を郵送した．加えてにおい提示群の参加者へは，事前ににおい刺激が自宅へ郵送された．各におい刺激は，30 ml のスクイズボトルの中に封入され，中身が見えないよう外側を黒いビニールテープで覆い，①～⑤の番号が付けられていた．参加者は，実験開始時に指示があるまでは郵送物を開封しないこと，実験を受ける際にはにおいの強いものを身につけないことを教示した．

あらかじめ知らされていた実験日時になると，実験者から各群の参加者へ，それぞれメールが送信された．各参加者は，そこに記載された URL から教示用の動画および web アンケート（Google フォーム）へアクセスした．動画では，倫理的配慮および実験についての説明の後，参加者の手元の同意書への記入についての指示があった．

両群の参加者に対して，web アンケートのフェイスシートに回答するよう指示があった．

におい提示群の動画においては，その後，①と振られたボトルのキャップを空けて側面を押しながら中のにおいを嗅ぎ，においを充分に嗅いだら web アンケートへ回答するように教示された．その後，②～⑤のボトルについても同様に教示された．各におい刺激についてのアンケートへ回答するたびに，手の甲のにおいを嗅ぐように教示した．

言語ラベル提示群の動画においては，動画において各言語ラベルの文字・音声提示を行った．１つの言語ラベルと提示するたびに web アンケートへ回答し，次の言語ラベル提示へと進んだ．

におい・言語ラベルいずれの提示順序も群内でカウンターバランスされていた．

3. 結果と考察

3.1 においの刺激についての確認

提示したにおいの強度が充分であったかを確認するため，におい刺激提示群のにおい強度評定値に対して，1（まったくにおいがしなかった）を基準とした 1 標本の *t* 検定を実施した．その結果，固形ハッカ，培養土，コーヒー豆，カレー粉，および制汗剤のすべてのにおい刺激において有意差が認められた（順に，$t(6)=6.784$, $p=.001$ ； $t(6)=7.249$, $p<.001$ ； $t(6)=7.753$, $p<.001$ ； $t(6)=12.910$, $p<.001$; $t(6)=9.871$, $p<.001$）．

また，においの熟知度評定についても同様に，1（まったく嗅いだことがない）を基準とした 1 標本の *t* 検定を実施した．その結果，固形ハッカ，培養土，コーヒー豆，カレー粉，および制汗剤のすべてのにおい刺激において有意差が認められた（順に，$t(6)=20.140$, $p<.001$; $t(6)=7.778$, $p<.001$; $t(6)=6.000$, $p=.001$; $t(6)=27.000$, $p<.001$; $t(6)=6.844$, $p<.001$）．

3.2 刺激提示モダリティによる自伝的記憶の違い

まずはプルースト効果の生起について確認するため，刺激提示モダリティ（におい／言語）を独立変数，自伝的記憶についての評定（鮮明度，感情喚起度，快-不快度）をそれぞれ従属変数とする対応のない *t* 検定を実施した．その結果，鮮明度において有意傾向の差が見られた（$t(11)=1.818$, $p=.096$, $d=0.941$）ものの，予測とは異なり，言語ラベル提示群のほうがより鮮明度が高いという結果となった（図１）．

一方で，自伝的記憶の感情喚起度および自伝的記憶の快-不快度においては有意差が見られず，効果量も小さかった(順に，$t(11)=0.153$, $p=.881$, $d=0.079$; $t(11)=0.401$, $p=.696$, $d=0.207$)．

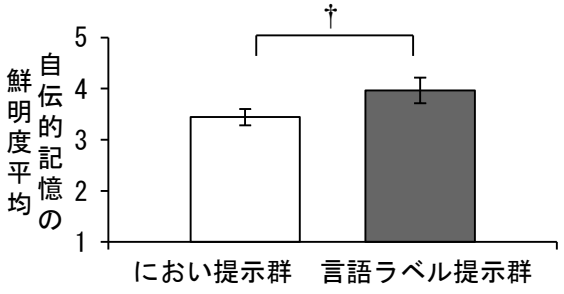


図 1 自伝的記憶の鮮明度の群間比較

また，自伝的記憶特性質問紙の各下位尺度得点についても同様に，対応のない t 検定を実施した．その結果，いずれの下位尺度（情動性，事後解釈，鮮明度時間情報，未来の行為，感覚知覚情報，ノスタルジー）においても有意差は認められなかった（順に，$t(11)=0.310$, $p=.762$, $d=0.160$; $t(11)=-0.676$, $p=.513$, $d=-0.350$; $t(11)=-1.498$, $p=.162$, $d=-0.775$; $t(11)=-0.799$, $p=.441$, $d=-0.413$; $t(11)=-0.408$, $p=.691$, $d=-0.211$; $t(11)=-0.513$, $p=.618$, $d=-0.266$; $t(11)=-0.466$, $p=.650$, $d=-0.241$）．

さらに，想起した自伝的記憶の感情価についても対応のない t 検定を実施した．その結果，いずれの下位尺度（肯定的感情，否定的感情，安静状態）のいても有意差は認められなかった（$t(11)=-0.796$, $p=.443$, $d=-0.412$; $t(11)=0.184$, $p=.857$, $d=0.095$; $t(11)=-0.876$, $p=.400$, $d=-0.453$）．

3.3 想起した自伝的記憶の特性と感情価の関連

想起手掛かり（におい／言語ラベル）によって想起された自伝的記憶の特性と，想起された自伝的記憶の感情価の関連について検討すべく，下位尺度得点ごとの相関分析を群別に実施した（表 1, 2）．

その結果，におい提示群および言語ラベル提示群のいずれにおいても，「ノスタルジー」と「ポジティブ感情」において有意あるいは有意傾向の強い正の相関が見られ（順に，$r=.895, p=.007$; $r=.733, p=.098$），同様に，「感覚知覚情報」と「安静状態」に有意あるいは有意傾向の強い正の相関が見られた（順に，$r=.794, p=.033$; $r=.791, p=.061$）．

におい提示群のみに有意あるいは有意傾向の相関が見られた箇所は，「情動性」と「肯定的感情」（$r=.916$, $p=.041$），「時間情報」と「安静状態」（$r=-.787, p=.036$），「ノスタルジー」と「否定的感情」（$r=-.730$, $p=.062$）であった．

一方で，言語ラベル提示群のみに有意な相関が見られた箇所は，「感覚知覚情報」と「肯定的感情」（$r=.829$, $p=.041$）のみであった．

上記以外の箇所には有意な相関は見られなかった．

表１　においい提示群における相関分析結果

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
自伝的記憶特性質問紙	①情動性	-									
	②事後解釈	.774 *	-								
	③鮮明度	-.384	-.055	-							
	④時間情報	-.397	-.258	.691 +	-						
	⑤未来の行為	.381	.228	.269	.179	-					
	⑥感覚知覚情報	.496	.503	-.314	-.824 *	.292	-				
	⑦ノスタルジー	.869 *	.405	-.468	-.242	.255	.152	-			
一般感情尺度	⑧肯定的感情	.916 **	.618	-.450	-.510	.085	.431	.895 **	-		
	⑨否定的感情	-.390	.152	.607	.025	-.016	.255	-.730 +	-.438	-	
	⑩安静状態	.490	.412	-.376	-.787 *	.144	.794 *	.274	.522	.230	-

** $p < .01$, * $p < .05$, + $p < .10$

表２　言語ラベル提示群における相関分析結果

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
自伝的記憶特性質問紙	①情動性	-									
	②事後解釈	.806 +	-								
	③鮮明度	.639	.300	-							
	④時間情報	.560	.269	.945 **	-						
	⑤未来の行為	.882 *	.972 **	.395	.299	-					
	⑥感覚知覚情報	.685	.480	.258	-.008	.645	-				
	⑦ノスタルジー	.637	.606	.639	.422	.706	.668	-			
一般感情尺度	⑧肯定的感情	.659	.361	.507	.305	.493	.829 *	.733 +	-		
	⑨否定的感情	-.165	.299	-.079	.133	.090	-.618	-.044	-.433	-	
	⑩安静状態	.458	.066	.392	.170	.230	.791 +	.560	.947 **	-.646	-

** $p < .01$, * $p < .05$, + $p < .10$

3.4 におい刺激と想起した自伝的記憶の関連

におい刺激についての「鮮明さ」「感情の喚起」「快-不快」評定値が，自伝的記憶特性質問紙得点および自伝的記憶についての一般情動尺度得点とどのように関連しているか調べるため，におい提示群のみのデータを用いてにおい刺激別に相関分析を実施した．

・固形ハッカ

においの「鮮明さ」において，自伝的記憶の「鮮明さ」および「感覚知覚」との間に有意な正の相関が見られた（順に，r=.976, p<.001; r=.825, p=.022）．においの「感情の喚起」と自伝的記憶の「肯定的感情」に負の相関が見られた（r=－.774, p=.041）．においの「快-不快」（得点が高いほうが「快」）と自伝的記憶の「情動性」に正の相関，「否定的感情」に負の相関が見られた（順に，r=.798, p=.032; r=－.712, p=.073）．

・培養土

においの「鮮明さ」において，自伝的記憶の「鮮明さ」「時間情報」との間に正の相関，自伝的記憶の「否定的感情」との間に負の相関が見られた（順に，r=.889, p=.018; r=.967, p=.002; r=－.878, p=.021）．においの「感情の喚起」においても同様に，自伝的記憶の「鮮明さ」「時間情報」との間に正の相関，自伝的記憶の「否定的感情」との間に負の相関が見られた（順に，r=.802, p=.055; r=.962, p=.002; r=－.786, p=.064）．においの「快-不快」において，自伝的記憶の「未来の行動」「ノスタルジー」との間に正の相関が見られた（順に，r=.960, p=.002; r=.745, p=.090）．

・コーヒー豆

においの「鮮明さ」において，自伝的記憶の「鮮明さ」「安静状態」との間に有意あるいは正の相関が見られた（順に， r=.928, p=.003; r=.741, p=.056）．においの「感情の喚起」において，自伝的記憶の「情動性」「事後解釈」「ノスタルジー」「肯定的感情」との間に正の相関が見られた（順に， r=.748, p=.053; r=.847, p=.016; r=.977, p<.001; r=.910, p=.004）．においの「快-不快」において，自伝的記憶の「情動性」「感覚知覚」「ノスタルジー」「肯定的感情」との間に正の相関が見られた（順に，r=.956, p=.001; r=.737, p=.059; r=.816, p=.025; r=.891, p=.007）．

・カレー粉

においの「鮮明さ」において，自伝的記憶の「鮮明さ」との間に正の相関，「安静状態」との間に負の相関が見られた（順に，r=.780, p=.068; r=－.836, p=.038）．においの「感情の喚起」と自伝的記憶の「時間情報」との間に正の相関，「安静状態」との間に負の相関が見られた（順に，r=.684, p=.090; r=－.709, p=.075）．においの「快-不快」において，自伝的記憶の「情動性」「肯定的感情」との間に正の相関，「安静状態」との間に負の相関が見られた（順に，r=.753, p=.050; r=.816, p=.025; r=－.844, p=.017）．

・制汗剤

においの「鮮明さ」と自伝的記憶の「鮮明さ」「時間情報」「感覚知覚」「ノスタルジー」の間に正の相関，「否定的感情」との間に負の相関が見られた（順に，r=.901, p=.006; r=.700, p=.080; r=.677, p=.094; r=.790, p=.035; r=－.784, p=.037）．においの「感情の喚起」は，自伝的記憶の「感覚知覚」とのみ正の相関が見られた（r=.901, p=.006）．においの「快-不快」において，自伝的記憶の「情動性」「肯定的感情」と正の相関が見られた（順に，r=.783, p=.065; r=.929, p=.007）．

4. 考察

5 つのにおい刺激のうち，固形ハッカ，コーヒー豆，カレー粉，および制汗剤において，においがもたらす快感情が肯定的感情に関連した自伝的記憶の想起を引き起こしていたこと，すなわち気分一致効果の生起が示唆された．

しかし培養土においてはそうした効果が見られなかった．これは，培養土のにおい強度（平均 5.875±0.670）が，固形ハッカ，コーヒー豆，カレー粉，および制汗剤（順に，平均 7.429±0.948，7.857±0.884，8.143±0.553，7.714±0.680）と比べて比較的低いことが影響している可能性もある．

5. 参照文献

[1] Herz,R. S., & Cupchik,G. C., (1995) “The emotional distinctiveness of odor-evoked memories.” Chemical Senses, Vol. 20, pp. 517-528.

[2] 小川 時洋・門地 里絵・菊谷 麻美・鈴木 直人，(2000) “一般感情尺度の作成”，心理学研究，Vol. 71，pp. 241-246.

[3] 山本 晃輔，（2008） “におい手がかりが自伝的記憶検索過程に及ぼす影響”，心理学研究，Vol. 79，pp.159-165.

[4] 山本 晃輔・野村 幸正，（2010） “におい手がかりの命名，感情喚起度，および快-不快度が自伝的記憶の想起に及ぼす影響”，認知心理学研究，Vol. 7，pp. 127-135.

[5] 山本 晃輔・杉山 東子，（2017） “匂い手がかりによって喚起される自伝的記憶特性質問紙（OEAMQ）の開発”，心理学研究，Vol. 88，pp. 478-487.

幾何学図形の位置情報と性格特性の違いがシミュラクラ現象の発現に与える影響

Influence of positional information and character traits of geometric figures on the manifestation of simulacra phenomenon

小宮山 晃央†，中谷 裕教†
Akihiro Komiyama, Hironori Nakatani

† 東海大学
Tokai University
3cjnm029@mail.u-tokai.ac.jp

概要

ヒトは目や口などの顔の部位がなくても顔のように認識することがある．例えば幾何学図形を顔のように認識することをシミュラクラ現象といい，雲や花の模様を顔のように認識することを顔パレイドリアという．また顔パレイドリアの発現には被験者の性格特性が影響している可能性が報告されている．従って本研究では，物体が規則的に配置されたシミュラクラ現象に着目し，3 つの丸が配置された刺激を用いて実験を行い，シミュラクラ現象と性格特性との関係性を調べた．その結果，性格特性の中でも外向性がシミュラクラ現象の発現に影響を与えている可能性が示唆された．

キーワード: シミュラクラ現象（Simulacra phenomenon），全体的処理（Holistic processing），性格特性 (Personality traits), 外向性（Extraversion）

1. はじめに

ヒトは，目や口といった顔の部位が無い画像や物体を顔のよう認識する時がある. 例えば, 逆正三角形の位置に配置した 3 つの幾何学図形を顔のよう認識することを，シミュラクラ現象という（佐藤・鈴木，2023）．

ヒトは 2 種類の処理方法を用いて顔を認識する（Maurer, D et al., 2002）．1 つ目は，顔の部位の形状情報から顔を認識する．この処理を直列型処理という（Maurer, D et al., 2002）．2 つ目は，顔の部位の位置情報から顔を認識する．この処理を全体的処理という（Maurer, D et al., 2002）．多くの研究では，直列型処理よりも全体的処理の方が優位に働くという仮説を支持している（Taubert, J et al., 2011）．その根拠の一つが，「倒立効果」による顔認識の精度の低下である（Taubert, J et al., 2011）．倒立効果とは，直立した顔に対して，180 度反転させた顔の認識率が著しく低下することである（Farah, M. J et al., 1995）．倒立効果が発見された当初，顔に対してのみ大きな影響を与えると考えられていた（Yin, R. K., 1969）．しかし Diamond & Carey (1986) は，倒立効果が顔以外にも作用する可能性を述べた．Diamond & Carey (1986) は，顔写真と犬のシルエットの再認記憶に対する倒立効果を，犬の専門家とそうでない人で比較した. その結果、犬の専門家ではない人が顔写真に対して強い倒立効果を示した．一方犬の専門家は，顔写真と犬のシルエットに対して同程度の倒立効果を示した. この結果から Diamond & Carey (1986) は，倒立効果は顔だけに対する特殊な効果ではなく，普段から見慣れているものに対して起きる効果だと述べた.

また顔認識には，顔の部位の形状情報や位置情報だけでなく，被験者の性格特性が影響している可能性が示唆されている. 性格特性とは, 性格をいくつかの変数で説明するもので, その人の変化しない特徴を示す（和田，1996）． Hull et al（2024）は顔パレイドリアに着目した. 顔パレイドリアとは, 花の模様や雲の形などを顔のよう認識する現象である（Zhou, L. F., & Meng, M, 2020）. Hull et al（2024）は，椅子や動物など 10 種類の画像を被験者に提示しそれに対して，顔に見える度合いを 7 段階で評価させた．その後被験者の性格特性と顔パレイドリアの発現度合いの相関を算出した．その結果，外向性が高い人ほど顔パレイドリアを発現することを報告した．また小宮山・中谷（2024）は，ランダムノイズの画像を被験者に提示し，それに対して顔に見える度合いと被験者の性格特性との関連性を調査した. その結果, 劣等感が強い人ほど顔パレイドリアの発現する可能性が報告された.

以上の知見から本研究では，幾何学図形の位置情報が顔認識に与える影響と，性格特性と顔認識との関連性を調査した. そのため, 幾何学図形が規則的に配置されているシミュラクラ現象に着目した実験を実施した. また倒立効果のような，実験刺激の見え方による顔認識の精度の違いを考慮ため，規則的に配置された幾何学図形を回転させて，回転角度の違いによる顔認識の精度の違いも検討した. 本研究を通じて, 顔認識に関する新たな知見を付与できると考えられる.

2. 実験方法

2.1 被験者

本研究には，正常な視機能を持つ学生，会社員の合計 11 名（男性 7 名，女性 4 名，平均年齢 23.55 歳，標準偏差 5.03）が被験者として実験に参加した．なお実験参加への同意を得られた被験者のみに対して，実験を実施した．本研究は，東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会で承認を受けている．（承認番号：23072）

2.2 実験環境

本研究はオンライン上で実施した．被験者に対して，実験はパソコンで実施すること，24 インチのモニタを用いることを指示した．またモニタを注視し続けることによる眼精疲労の影響を減らすため，モニタとの距離を最低 60cm にするよう指示した．

2.3 実験で提示した画像

本研究では，サイズが 1920×1080 の画像を 4 種類用いた（図 1）．画像は 3 つの丸が逆正三角形に配置されているものを利用した．3 つの丸が逆正三角形に配置されている状態を 0 度の状態（図 1（a））とし，そこから左に 30 度，60 度，90 度回転させた．これら 4 種類の角度で回転させることで，丸の位置情報を変化させた．

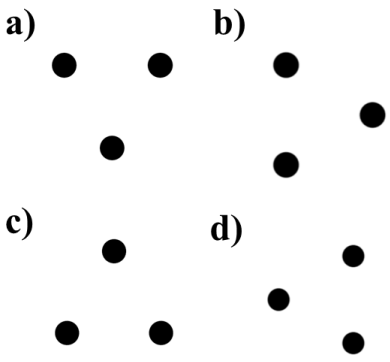


図 1 実験で提示した画像
（a）0 度（正立時）（b）30 度（c）60 度（d）90 度

2.4 性格特性の評価

性格特性で現在注目されているものは Big five である（和田，1996）．Big five とは，基本的なパーソナリティの特性の次元を，語彙や因子分析などによって，外向性，協調性（調和性），勤勉性（誠実性），神経症傾向（情緒不安定性），開放性という Big five の 5 つの因子に収束させたものである(John, O. P et al., 2008)．本研究では被験者の負担を減らしつつ性格特性を把握するため，Big five の 5 因子を各 2 項目で評価する(小塩・阿部，2012) TIPI-J（Ten Item Personality Inventory）を用いた．

2.5 実験の流れ

実験の流れを図 2 に示す．初めに TIPI-J を実施した．その後顔認識実験を実施した．顔認識実験は，初めに 2 秒間注視点を表示した後，画像が 1 枚ずつ 5 秒間提示した．画像は 1 枚の画像につき 10 回ずつ，合計 40 回提示した．また提示する画像の順番はランダムとした．その後画面が遷移し，提示画像に対する顔の見えやすさの 6 段階評価（6：顔に見える －1：顔に見えない）を実施させた．これらの注視点表示から 6 段階評価までの流れを合計 40 回実施した．顔認識実験終了後，事後アンケートを実施した．ここでは，顔に見えた画像に対して，それぞれの画像を顔のどの部位と対応させたのか調査した．

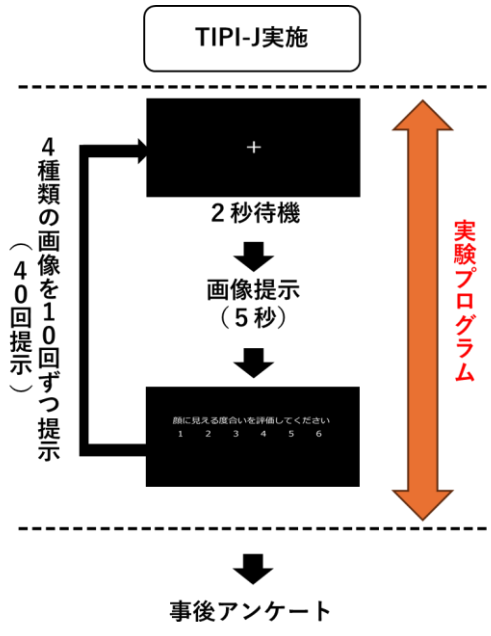


図 2 顔認識実験の流れ

2.6 解析方法

10 回の提示のうち，6 段階評価で 4 以上の評価をした回数を，シミュラクラ現象の発現確率として算出した．例えば 10 回の提示のうち，4 以上の評価をした回数が 5 回の場合，発現確率は 50%である．

次に，幾何学図形の回転角度とシミュラクラの発現確率の関係を評価した．

最後に性格特性の違いによって，発現確率に違いがあるかどうか調査した．初めに性格特性とシミュラクラ現象の発現確率の相関係数を求めた．次に TIPI-J の 5 項目の被験者のスコアを 2 つに分けて，スコアが高いほうを上位群（5 名），低いほうを下位群（6 名）とした．グループ分けをした後，それぞれの発現確率を用いて welch の t 検定を有意水準 5%で実施した．

3. 結果

3.1 幾何学図形の位置情報とシミュラクラ現象の発現確率

図 3 は，回転角度の違いとシミュラクラ現象の発現確率の関連性を示したグラフである．グラフの色は被験者 11 名それぞれの発現確率を示している．まず 0 度の時，すなわち幾何学図形の位置情報が正立の時，発現確率が 0%の被験者はおらず，1 回以上は顔だと認識した．次に 30 度の時，3 名の被験者が 1 回も顔だと認識せず，残りの被験者は最低 4 回以上顔だと認識した．60 度の時は，全被験者の半分以上である 6 名が 1 回も顔だと認識せず，残りの被験者は，最低 1 回顔だと認識した．最後に 90 度の時は，3 名の被験者は 1 回も顔だと認識せず，残りの被験者は，最低 3 回以上顔だと認識した．

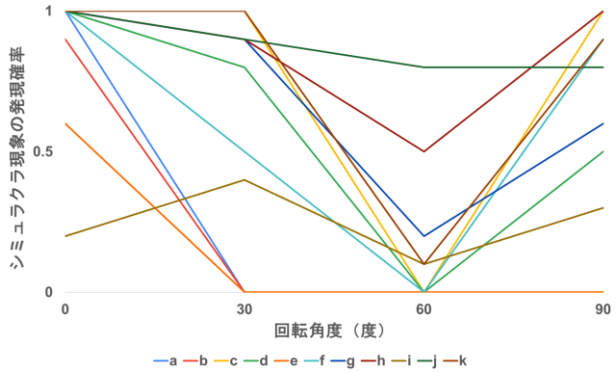


図 3 回転角度とシミュラクラ現象の発現確率

3.2 性格特性の違いによるシミュラクラ現象の発現確率の違い

図 4 は，0 度地点でのシミュラクラ現象の発現確率と外向性の得点の相関係数である．図 4 から，外向性が高いほどシミュラクラ現象の発現確率が高くなる可能性が示唆された（r = 0.63, p = 0.03）．また図 5 は，90 度地点での外向性が高い被験者と低い被験者のシミュラクラ現象の発現確率の差を，welch の t 検定（有意水準 : 5%）で算出した結果である．その結果 2 つの発現確率の間には有意差が見られた（$p = 0.011$）．

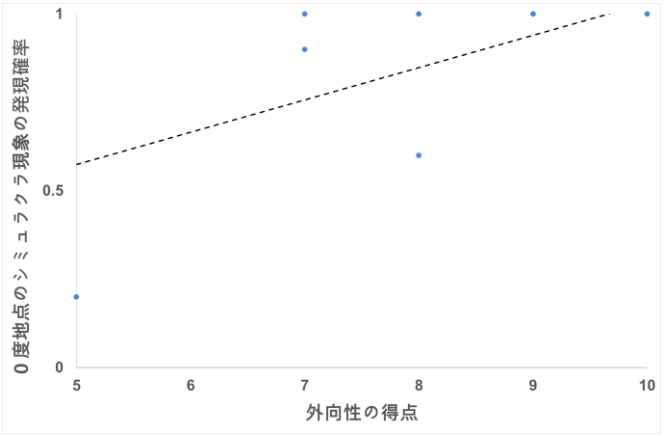


図 4 0 度地点におけるシミュラクラ現象の発現確率と外向性の得点との関連性（n = 11）

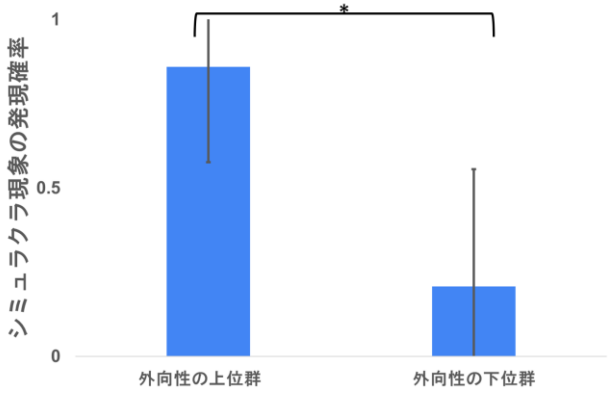


図 5 90 度地点における外向性の違いによるシミュラクラ現象の発現確率の差
（*$p < 0.05$, ひげは標準偏差を表す）

3.3 事後アンケートの回答

実験後に実施したアンケートでは，それぞれの丸が顔のどの部位と対応させたかを被験者に質問した．質問に対して，一度も顔に見えなかった角度に対しては，「顔に見えなかった」と回答するよう指示した．その結果 0 度の地点では被験者全員が上の 2 つの丸を目，下の 1 つの丸を口と認識したと回答した（図 6（a））．ま

た 30 度，60 度，90 度の地点では，上のほうに位置する丸を目，下に位置する丸を口と認識した（図 6（b），図 6（c），図 6（d））．

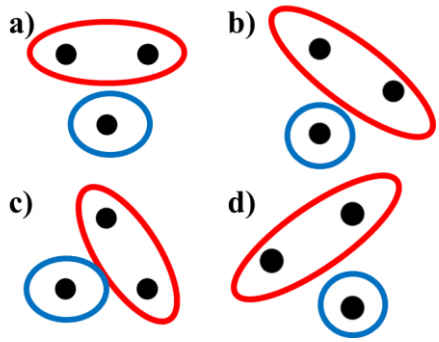


図 6 幾何学図形と顔の部位の対応関係
（赤丸は目，青丸は口だと認識したことを表す）
(a) 0 度 (b) 30 度 (c) 60 度 (d) 90 度

4. 考察

本研究では，幾何学図形の位置情報が顔認識に与える影響と，性格特性の違いによる顔認識の精度の差をシミュラクラ現象の発現確率から調査した．

幾何学図形の位置情報が顔認識に与える影響では，60 度地点で顔に見える被験者が半分以下の 5 名であった点から，顔以外のものすなわち幾何学図形の配置に対して倒立効果を示す傾向が示唆された．一方顔のように見えた被験者もいた点から，幾何学図形を倒立させると，顔の部位の情報がない分，顔の部位と幾何学図形の位置を対応させて，顔のように認識する可能性が示された．

次に性格特性の違いと顔認識の関連性では，0 度地点のシミュラクラ現象の発現確率と外向性との間で中程度の正の相関が認められた．またシミュラクラ現象の発現確率の差では，外向性のみ有意差が見られた．Li et al（2010）によれば，外向的な人は内向的な人と比較して顔を覚えることに長けている．また Hull et al（2024）は，外向性が高い人は提示された情報を自由に組み合わせる傾向が高く，顔以外のものに対しても被験者それぞれの「顔」を認識していると結論付けている．しかし本研究では，外向性の違いによって丸と顔の部位の対応関係に違いは見られなかった．この結果から，対応関係ではなく丸を認識する順番や回数などの視覚情報の処理プロセスが，顔パレイドリアと異なっている可能性がある．今後は視覚情報の処理プロセスの違いを，眼球運動を計測することで検討していく．

文献

佐藤 満里絵・鈴木 優. (2023). 逆三角形に配置された 3 要素の配置，形状，大きさの違いによる印象評価. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2023(12), 1-8.

Maurer, D., Le Grand, R., & Mondloch, C. J. (2002). The many faces of configural processing. Trends in cognitive sciences, 6(6), 255--260. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)01903-4

Taubert, J., Apthorp, D., Aagten-Murphy, D., & Alais, D. (2011). The role of holistic processing in face perception: evidence from the face inversion effect. Vision research, 51(11), 1273 -- 1278. https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.04.002

Farah, M. J., Tanaka, J. W., & Drain, H. M. (1995). What causes the face inversion effect? Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 21(3), 628--634. https://doi.org/10.1037/0096-1523.21.3.628

Yin, R. K. (1969). Looking at upside-down faces. Journal of Experimental Psychology, 81(1), 141--145. https://doi.org/10.1037/h0027474

Diamond, R., & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: an effect of expertise. Journal of experimental psychology. General, 115(2), 107--117. https://doi.org/10.1037//0096-3445.115.2.107

小宮山 晃央・中谷 裕教（2024）. 情緒不安定因子が顔パレイドリアの発現に与える影響 東海大学情報通信学部紀要, 16, 21--25.

Hull, K., Van Hedger, K. & Van Hedger, S.C. Absorption relates to individual differences in visual face pareidolia. Curr Psychol 43, 4458 -- 4474 (2024). https://doi.org/10.1007/s12144-023-04670-6

Zhou, L. F., & Meng, M. (2020). Do you see the “face”? Individual differences in face pareidolia. Journal of Pacific Rim Psychology, 14, Article e2. https://doi.org/10.1017/prp.2019.27

和田さゆり. (1996). 性格特性用語を用いた Big Five 尺度の作成. 心理学研究, 67(1), 61--67. https://doi.org/10.4992/jjpsy.67.61

John, O. P., Naumann, L. P., & Soto, C. J. (2008). Paradigm shift to the integrative big five trait taxonomy. Handbook of personality: Theory and research, 3(2), 114--158.

小塩 真司・阿部 晋吾. (2012). 日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J) 作成の試み. パーソナリティ研究, 21(1), 40--52. https://doi.org/10.2132/personality.21.40

Li J, Tian M, Fang H, Xu M, Li H, Liu J. (2010). Extraversion predicts individual differences in face recognition. Commun Integr Biol, 3(4), pp.295-298. https://doi.org/10.4161/cib.3.4.12093

複数のミュージアム経験は鑑賞のメタ認知や触発を促すのか？ —科学博物館と美術館におけるワークショップの事例—

澤田 和輝[†]，石黒 千晶[‡]
Kazuki SAWADA, Chiaki ISHIGURO
[†]京都大学，[‡]聖心女子大学
[†]Kyoto University, [‡]University of the Sacred Heart
sawada.kazuki.2p@kyoto-u.ac.jp

概要

本研究では，科学博物館と美術館の 2 種のミュージアムで，メタ認知に焦点を当てたワークショップを企画し，参加者にどのような学びが生まれるかを検討した．その結果，参加者は自らの鑑賞を俯瞰し，その特徴や方法を理解し，鑑賞方法を制御する，いわば鑑賞のメタ認知を働かせ，多様な触発を経験していたことが示された．これらの結果は，複数のミュージアムを往還する経験が自らの鑑賞のあり方をメタ的に考える機会となり，触発を促す可能性を示唆している．

キーワード：メタ認知 (metacognition)，博物的知能 (naturalist intelligence)，美的体験 (aesthetic experience)，博物館教育 (museum education)

1. 問題と目的

創造性 (creativity) は 21 世紀を生きる上で重要なコンピテンシーの一つであり [1]，社会全体として創造性を育むことが求められている．専門家や非専門家に関わらず多様な市民が多様な形で創造活動に参加する社会を実現する上で重要な役割を担うのがミュージアムの学びである [2, 3]．ミュージアムで芸術作品や科学技術などの文化の創造過程を知り，自らも創造活動に親しむことは創造的教養を育む上で重要な体験である．しかし，作品や展示物をただ「見る」だけでは，創造過程の理解や，鑑賞者自身の創造の触発 (inspiration) には至りにくいため，それらを促す鑑賞のための多様な教育的支援の方法が提案されている [2]．しかし，参加者が教育実践に参加した後も自律的に多様な鑑賞方法に挑戦し，自らの触発経験を探索していけるかどうかは不明である．そこで，本研究では，鑑賞の教育実践の中で参加者が自らの鑑賞を俯瞰するような，いわば鑑賞のメタ認知を促す教育実践をデザインする．その上で，参加者が鑑賞のメタ認知を働かせながら，自らの触発体験を探索するようになるかを検討する．

そもそも，メタ認知は，2 つの構成要素に大別される [4]．一つは，メタ認知的知識と呼ばれ，自分自身やヒトの認知一般に関する知識を指す．鑑賞の文脈で言えば，自分がどのような作品が好きか，作品について何を知っていて知る必要があるのか，鑑賞に必要な知識は何か，効果的な鑑賞方略は何か，などが挙げられる．もう一つは，メタ認知的経験であり，自分の認知状態に気づくモニタリングや，目標を設定したり修正したりするコントロールを指す．例えば，鑑賞者は，ある鑑賞体験にどの程度満足しているかを判断したり，満足するために鑑賞時間や鑑賞方略を調整したりする [5]．これら知識と経験が適切に作用することにより，メタ認知を働かせることが可能となる．

教科学習の文脈ではメタ認知を支援する介入研究は多い．例えば，自己質問や自己説明を促す教示介入が挙げられる [e.g., 6]．自己説明を試みることは，自身の理解や思考をモニタリングし，自分が何を理解しており，何を理解していないのか，次に何をどのように考えなければならないのかを考えることを促す．また，他者との協同的な学習もメタ認知の促進に有効な教育的介入とされる [e.g., 7]．他者との協同的な学習では，他者に自分の考えを説明するために，自己質問や自己説明と同様に，おのずと自分の理解や思考に対して目を向ける必要がある．その結果，自分の理解や考えを深めたり，新たな気づきを得たりすることができる．また，他者の議論を聞く中で，自分と他者の異なる点にメタ的に気づいたり，新たな方略や方略を使用するための手がかりを得たりもできる．美術教育でも鑑賞のメタ認知の重要性が指摘され，授業で学んだ鑑賞のメタ認知的知識を別の作品の鑑賞に転移させたり，問題可決学習に繋げたりする学習支援方法が検討されてきた [4]．

他にも鑑賞のメタ認知の促進に有効であると考えられることは，多様な作品や文脈での鑑賞を繰り返し，その体験を相対的に捉えることである．鑑賞の対象は美術館の芸術作品に限られたものではなく，博物館や科学館の展示も含む．さまざまな作品・展示物や文脈での体験を積み重ねることで鑑賞という行為そのものを相対化することがメタ認知の形成につながるであろう．

上記議論をもとに，本研究では複数のミュージアムでの鑑賞体験を通じて鑑賞のメタ認知を促す支援をデザインした．本ワークショップでは，参加者自身が自らの鑑賞中の感情や思考を俯瞰的に捉えることを促した

め,「自分自身をミュージアムにする」というコンセプトのもと参加者を募り, ワークシートに沿って, 展示物を鑑賞しながらそこで湧き上がった感情体験を分類するワークを行ってもらった. 自己質問や自己説明を促すために, ワークシートでは, どのような気持ちを感じたのか, 似たような気持ちを感じたことがあるか, なぜどのように感じたのか, などの質問に回答することが求められた. また, 鑑賞後に, 他者と鑑賞内容について対話することが求められた. 対話型鑑賞など他者との協同を用いた鑑賞の介入方法の有効性はこれまでにも検討されてきたが [e.g., 8], メタ認知的処理に着目したものはほとんどない. したがって, 本研究では, 複数のミュージアムで, 自己質問や自己説明および他者との協同に着目した鑑賞のワークショップを企画し, ワークショップを通して鑑賞のメタ認知が促進されるのか, そして触発体験が生じるのかどうかを検討した.

2. 方法

参加者と実施場所 本ワークショップは, 科学博物館と美術館の順に, 2 つの場所で実施された. 初回のワークショップは, 2023 年の 9 月 17 日に上野にある国立科学博物館の地球館 3 階で実施された. 科学博物館でのワークショップには, 12 名が参加した (平均年齢 42.90±20.41 歳, 範囲 11—73 歳). 2 回目のワークショップは, 2023 年 11 月 19 日に東京国立近代美術館の特別展 (MOMA コレクション『女性と抽象』) を題材に実施された. 美術館でのワークショップには, 1 回目のワークショップに参加した参加者のうち10名が参加した.

ワークショップの内容 ワークショップは表 1 の流れで実施された. 参加者は,「自分自身をミュージアムにする」というテーマについて説明を受けた後, ワークシートを携えて自由にフロアを探索した. ワークシートは, 参加者が自分自身の感情や思考をメタ認知的モニタリングするようにデザインされた. 例えば, どのような気持ちを抱いたのか, なぜそのような気持ちを抱いたのか, 似たような気持ちを抱いた経験があったかのかを回答するように求められた. その後, 展示室から講義室に移動して, ラッセルの円環モデルを用いて体験した感情の整理を行った [9]. ラッセルの円環モデルでは, 多様な感情が覚醒度と感情価の 2 軸でプロットされており, バインダーやポストイットを置いて, 参加者は床面やホワイトボード上に描かれたラッセルの円環モデル上に自身の感情体験をプロットした. 一人ずつ順番に 3 分程度で感情体験の内容を発表していき, どのような展示や出来事にどのような感情を抱いたのかを共有した. その後, 休憩時間をとりつつ, 参加者はもう一度展示フロアに行き, それぞれの参加者の発表内容の展示を鑑賞し直した. そして, 2 度の鑑賞を踏まえて, 気づいたことや他の参加者に聞きたいことなどを自由に対話した. 必要に応じて, ファシリテーターが参加者に発言を促すなどした. 最後に, アンケート調査に回答した.

アンケートの内容 第 1 回 (科学博物館) と第 2 回 (美術館) で共通して, ワークショップでの体験を振り返る質問をした. 質問項目では「本日のミュージアム探索のときに, 最も印象に残った感情体験について教えてください」.「他の参加者と話した後に, その体験について気づいたことはありましたか」「本日のワークショップを終えて, 新しく何かを考えたり, 行動しようと思ったことはありましたか」等であり, メタ認知の働きを直接的に問う質問項目は設けなかった. ただし, 第 2 回のワークショップのみ, ミュージアムの種類により体験の違いを尋ねる「第1回のミュージアムでの経験と, 第 2 回のミュージアムでの経験を踏まえて, 何か気づいたことや考えたことがあれば教えてください」「第 1 回のミュージアムでの鑑賞と, 第 2 回のミュージアムでの鑑賞を振り返って, ご自身の鑑賞の仕方や感じ方に変化はありましたか」という質問項目を設け, 2 回の鑑賞体験についての内省を尋ねた. これらの記述内容から, 参加者がワークショップの中で自発的にメタ認知的処理をしていたのか, また, 2 回のワークショップの内省でよりメタ認知的処理が行われたのかをボトムアップに検討した.

触発に関する項目 それぞれのワークショップで生じた触発の程度を検討するため, 先行研究を参考に [10],「ワクワクした」「単純に驚いたことがあった」「何か新しいイメージやアイディアがひらめいた」「自分も何か作ったり, 集めたり, 誰かに見せたくなった」「新しく何かを知ったり気づいたりした」という項目を体験した程度を 7 件法で尋ねた (1—全くなかった, 7—とてもよくあった; 科学博物館: $\alpha = .80$; 美術館: $\alpha = .90$).

表 1. ワークショップの流れ

段階	内容	時間(分)
概要説明	WS内容を説明（テーマは「自分自身をミュージアムにする」） ミュージアムの役割とは「収集・保存・展示」であり，自分の感じた気持ちを収集・保存・展示する	10
フロア探索	気持ちが大きく動いたものを探す（指定されたエリアの中のものであれば，展示物でなくても良い） ＜ワークシートに書き出す内容＞ ①気持ちが大きく動いたものは何か ②①を見た時の気持ちが何か，なぜその気持ちになったのか，似たような気持ちを感じたことがあるか ③②の気持ちの名前（すでにある気持ちの名前でも，新しく作った名前でも良い）	20
感情の整理	館内の俯瞰図を用意し，感情を感じた場所にカードと同じ色のシールやマグネットを並べマッピングする	5
マッピング	講義室に集まり， 床面の「ラッセルの円環モデル」よく見て，自分のワークシートの気持ちがどののあたりにあるのか考え，任意の場所にバインダーを置く	10
発表	1人づつ順番にワークシートの内容を発表する． 持ち時間は約3分で，発表が終わったら，拍手をして交代する．写真があれば見せ，全員が発言したら終わる．	30
休憩と確認	休憩，あるいは発表者が発言した内容が展示会場のどの部分なのか，それぞれ任意に確認しに行く．	15
自由対話	先ほどの共有を通して気づいたことや，他の人に聞いてみたいことを自由に対話する．気持ちに変化があった人は，バインダーを動かしても良い． 決めた時間が経過したら終わる．	30
アンケート	アンケート実施（メタ認知的処理や触発体験が促されたのかどうか自由記述や尺度項目で測定する）	5

3. 結果

アンケートの内容の分析 アンケートの自由記述回答の内容を分析した結果，以下の例のように，第 1 回のワークショップからすでにメタ認知的モニタリング・コントロール・知識と捉えられる処理を行なっていたことが明らかになった．また，2 つのワークショップでの経験を踏まえて，鑑賞の仕方や感じ方に変化があったと回答した過半数を超えており (はい 6 名，いいえ 3 名，無回答 1 名)，2 つのミュージアムでの鑑賞の違いに関してメタ的な視点から考察する記述も見られてた．

メタ認知的モニタリングに関する記述例

自分は作品をみた時に想像力を働かせられていないと感じた。L さんが草間彌生の絵を観た時に自分が幻視に悩まされていたら，と考えたとおっしゃっているのを聞いて，自分は作品を自分側に引き寄せられていないなと思った．新しい見方のヒントになった．(F さん，第2 回)

他の参加者の方も展示物よりもお子さんが気になったという方がいらして，私が今回抱いた感情は母親という生き物にある程度共通するものなのかもしれないと思った．(J さん，第1 回)

メタ認知的コントロールに関する記述例

展示を見た時，自分は何故このように感じるのだろうと，自分に矢印を向けてみたい．(G さん，第1 回)

作品を観る時に，その作品から想像をひろげて考えてみようと思った．(J さん，第2 回)

メタ認知的知識に関する記述例

私自身は作品を鑑賞するときに，作品について深く見ようとしていないし，嫌な色や作風の作品はスルーしがちだということが改めて気付いた．(B さん，第2 回)

H さんの私の前回との比較についての発言がその通りだと思った．だから，その魂が入った作品こそうまく距離をとって見た方が私は合うと思った．(C さん，第2 回)

一人の方の発言で「同じものをみても感じ方が外に向く人と内に向く人がいる」というのがあり，はっとした。私は内に向くことが多いと気付いた．今後は外に向く考え方や見方をしてみようと思った．(D さん，第1 回)

科学博物館と美術館での鑑賞の相違点に関する記述

今回 [2 回目] は重い雰囲気だった気がする．動物や多くの子供の声，家族連れなどがいないし，静かな場所で暗い色の絵がたくさんあったからかな。作品は周りの環境に左右されてしまうことに改めて気付いた．(B さん)

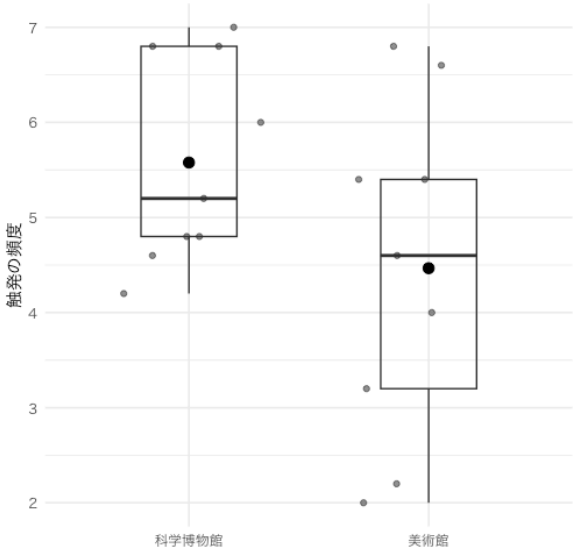
美術館は順路付けられていたり，空間が整っていたりしたので見づらかった．(F さん)

触発に関する項目の分析 欠損値は参加者ごとにリストワイズし，測定した 5 項目の平均評定値を触発の程度として算出したところ，科学博物館では平均 5.47 (SD = 1.00)，美術館では平均 4.47 (SD = 1.76) であり，いずれのワークショップにおいても少なからず触発体験が生じていたことが示された．科学博物館では触発体験

の生起がより顕著であった (図 1).

さらに, 半分以上の参加者が, ワークショップ後に新しく何かを考えたり行動しようと思い (科学博物館: はい 10 名，いいえ 2 名; 美術館: はい 6 名，いいえ 3 名，無回答 1 名). ワークショップ後にしようと思った行動には,「本の見せ方についてもっと考えたい」など参加者の日常生活に関わる触発から,「味を想像する鑑賞を試してみたい」など鑑賞方法に関する触発,「展示を見た時, 自分は何故このように感ずるのだろうと, 自分に矢印を向けてみたい」などの自己理解,「死の後に何があるのか考えたくなった」等の普遍的な問いなど様々な方向性があることも明らかになった.

図 1. 各ワークショップにおける触発の頻度



4. 考察

本研究では，自己質問と自己説明および他者との協同に焦点を当てたワークショップを企画し，科学博物館と美術館での 2 つのワークショップを通して鑑賞のメタ認知が促されるのかどうかを検討した．アンケートの記述内容を分析した結果, ワークショップ内で, 鑑賞のメタ認知的知識が獲得されたり，メタ認知的経験が促されることが示唆された. また, 異なるミュージアムで同様のワークショップに参加することにより，ミュージアムの相違点に関するメタ認知的処理も促されることが明らかになった. 本研究の結果は, 教科学習だけでなく [5, 6] 生涯学習で実践されるようなミュージアムでの鑑賞体験においても，学習者がメタ認知を働かせていること，および教育実践によりメタ認知の使用を促すことが有効である可能性を示唆している.

また, 本研究では, 鑑賞のメタ認知を促すワークショップを通して触発体験が生じうること示唆された．これまでの研究と同様 [2], 本研究の結果は，ミュージアムにおけるワークショップが鑑賞者の触発体験を促進する上で有効であることを示している. 2 回目の美術館でのワークショップよりも 1 回目の科学博物館でのワークショップにおいて顕著に触発体験が引き起こされていたことも興味深い．本研究では科学博物館と美術館で鑑賞の題材以外の手続き等のワークショップの内容はほとんど同じであった. 本研究では, 美術館の方が展示内容や雰囲気も暗いとの報告もあったことから, 展覧会の題材や展示空間等が触発体験に影響を及ぼしたのかもしれない.

本研究は，ミュージアムでの教育実践で自律的な鑑賞を促し，より多様な触発を促すための教育実践プログラムの開発に資する予備的知見を提供した．ただし, 現時点では鑑賞のメタ認知と触発体験の具体的な関係性や相互作用は十分に明らかになっていない．今後の研究では, それらを解明しつつ, 本研究で実施したワークショップを発展，洗練させる必要がある.

文献

[1] Wechsler, S. M., Saiz, C., Rivas, S. F., Vendramini, C. M. M., Almeida, L. S., Mundim, M. C., & Franco, A. (2018). Creative and critical thinking: Independent or overlapping components? *Thinking Skills and Creativity, 27*, 114–122.

[2] 石黒千晶・横地早和・岡田猛. (2023). 触発するアート・コミュニケーション. あいり出版.

[3] 岡田猛・縣拓充. (2020). 芸術表現の創造と鑑賞, およびその学びの支援. *教育心理学年報, 59*, 144–169.

[4] Flavell, J. H. (1987). Speculations about the nature and development of meta-cognition. *Metacognition, motivation, and understanding*, 21–29.

[5] 石崎和宏・王文純. (2010). 美術鑑賞学習におけるメタ認知の役割に関する一考察. *美術教育学: 美術科教育学会誌, 31*, 55–66.

[6] 岡本真彦. (2012). 教科学習におけるメタ認知–教科学習のメタ認知知識と理解モニタリング–. *教育心理学年報, 51*, 131–142.

[7] 秋田喜代美. (2007). 教室談話を通したメタ認知機能の育成. 心理学評論, 50(3), 285–296.

[8] Ishiguro, C., Sato, Y., Takahashi, A., Abe, Y., Kakizaki, H., Okada, H., ... & Takagishi, H. (2021). Comparing effects of visual thinking strategies in a classroom and a museum. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 15*, 735–745.

[9] Russell, J. A., & Barrett, L. F. (1999). Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: Dissecting the elephant. *Journal of Personality and Social Psychology, 76*, 805–819.

[10] 石黒千晶, & 岡田猛. (2019). 絵画鑑賞はどのように表現への触発を促進するのか? *心理学研究, 90*, 21–31.

LLMエージェントの集団インタラクションによる性格の分化
Personality Differentiation through Collective Interaction of LLM Agents

高田 亮介 †，升森 敦士 †，池上 高志 †
Ryosuke Takata, Atsushi Masumori, Takashi Ikegami
† 東京大学
University of Tokyo
takata@sacral.c.u-tokyo.ac.jp

概要

本研究では，初期状態やパラメータが同じ複数のLLM エージェントが仮想空間上を移動しながらコミュニケーションするシミュレーション実験を行った．実験の結果，同一のLLM エージェントであるにもかかわらず，エージェントの記憶や周囲へのメッセージ，行動パターン，性格が分化した．このことから，LLM エージェントの個性や性格は，エージェントが空間を移動することで生まれる集団の中でのインタラクションを通して創発し得ることが示唆された．

キーワード：Large Language Model，集団，性格

1. はじめに

GPT-4 (Achiam et al., 2023) などの大規模言語モデル（Large Language Model, LLM）や, ChatGPT などのユーザインタフェースの登場により，人間の生活の一部にLLM が介入するようになった．人間と会話しているかのように自然な会話が実現できるLLM によって，人間の言語的なインタラクションと，そこから創発する個性や社会性などを構成論的に理解することが可能となった．近年では，LLM は人間のユーザとのやり取りだけでなく，ロボットなどの機械における身体性に立脚した運動生成 (Zhang et al., 2023)(Yoshida et al., 2023) や，LLM によって実装されたマルチエージェントシミュレーションによって社会性を創発させる研究 (Park et al., 2023)(Qian et al., 2023) にも使われている．特に Park et al. (2023) の Generative Agents の研究は，25 体のLLM ベースのエージェントを仮想空間に配置しシミュレーションした結果，自律的に各エージェントが日常的な計画を立てたり，自発的にバレンタインパーティを企画するなど，LLM エージェントの集団から社会的な行動が出現した示唆的な研究である．しかし，この Generative Agents をはじめとするこれまでの研究では，LLM にあらかじめ性格などの個性を人間が与えており，個性自体がどのように創発するかは明らかになっていなかった．

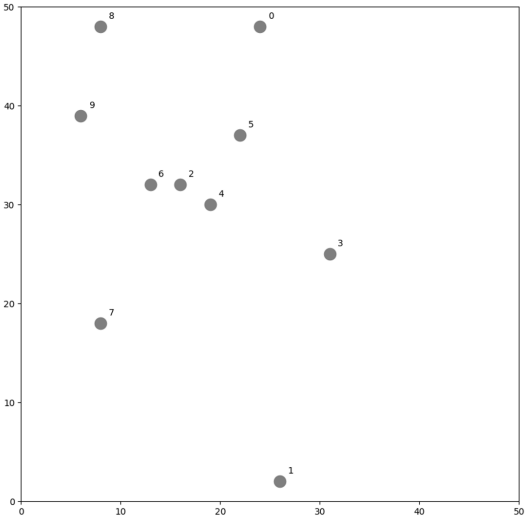


図 1　シミュレーション空間．50x50 の 2 次元グリッド空間に 10 体の LLM エージェントがいる．エージェントの初期配置はランダムに決定する．空間は周期的境界条件を持っている．

本研究では, 個性を持たないホモジーニアスなLLM エージェントの集団において，周囲のLLM エージェントとのインタラクションを通して個性や性格を分化させ得るか検証することを目的とする．同じLLM のパラメータを持ったホモジーニアスなエージェント集団を作成し，2 次元仮想空間上を移動させるシミュレーションを通して，各エージェントの行動特性や性格がどのように創発するかを分析した．

2. LLM エージェントとシミュレーション空間

本シミュレーションでは，50x50 の 2 次元グリッド空間内に同じパラメータを持つ LLM ベースの 10 体のエージェントを配置し（図 1），100 ステップのシミュレーションを行った．環境にはエージェント以外に何も配置せず，エージェントに対しては特にタスク

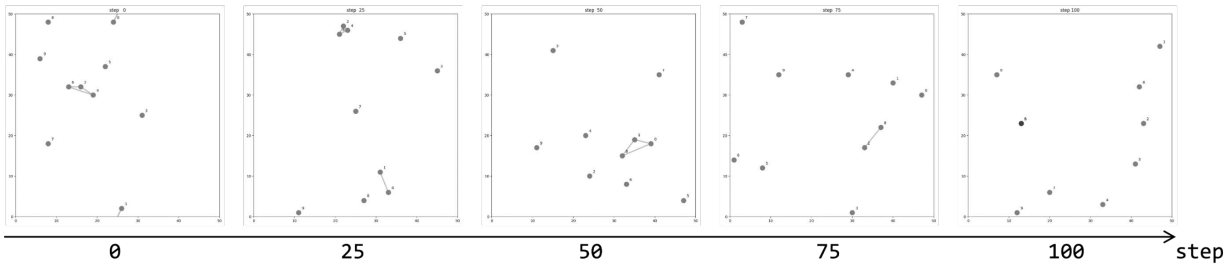


図 2　100 ステップのシミュレーションの結果，LLM エージェントの移動による位置変化．線で繋がっているエージェントはメッセージ交換の範囲内にいることを表す．メッセージ交換するエージェントのクラスタは動的に変化していることがわかる．

表 1　LLM のパラメータ一覧

パラメータ	値
モデル	Llama2-7b-chat-hf
温度	0.7
最大トークン数	256
top-p	0.95
top-k	40

を与えずそれぞれ自由に会話しながら動き回るように指示した．エージェントは各ステップで，(1) 周囲のエージェントへのメッセージ送信，(2) 自身の最近の活動を要約した状況的記憶の保存，(3) 次の行動（どこへ移動するか）の選択，という 3 つのアクションを行う．この 3 つのアクションを生成するために，LLM を使用した．

LLM エージェントは，周囲の距離 5 以内の LLM エージェントとメッセージを交換する．このとき当該範囲内に複数のエージェントが存在した場合は，その全てのエージェントとメッセージを交換する．また，エージェントの記憶は, LLM によって生成される自然言語の出力をそのまま保持するように設計した．エージェントの行動は，グリッド空間における上下左右の移動または静止のいずれかを LLM に選択させる形式で生成させた．ここで，LLM のプロンプトは，LLM エージェントの現状態（エージェント名，その時点での座標，記憶），周囲から受け取ったメッセージ，上述の (1) から (3) に対応する指示文によって構成した．

今回，LLM には Meta 社がリリースした Llama 2(Touvron et al., 2023) を使用した．Llama 2 は 2 兆個のトークンと 4096 のコンテキスト長で事前学習されている．ここでは，70 億パラメータのモデルを用いており，LLM のパラメータは表 1 の通りとした．

3. シミュレーション結果と分析

3.1 行動の変容

シミュレーションの結果, LLM エージェントは移動する行動を多く生成し，移動した先にいる LLM エージェントとメッセージを交換した．この LLM エージェントの移動に伴って，メッセージを交換するエージェント数やメッセージ内容は動的に変化した（図 2）．

生成された行動に注目すると，同一の LLM を用いているにもかかわらず，エージェントの “静止” などの行動の生成頻度に違いが見られ，それによってエージェントごとの移動パターンに差異が生じていた．さらに，この差異は他のエージェントとメッセージを交換した経験の有無に影響されていることがわかった．このことから，エージェントが周囲のエージェントとの相互作用によって自らの行動を変容させたことが示唆された．

3.2 記憶とメッセージの生成

LLM によって自律的に生成させたエージェントの記憶の全体的な変化を分析した．自然言語で記述された記憶とメッセージをそれぞれベクトル化し，その多次元ベクトルに対して 2 次元への埋め込み表現を行う UMAP(McInnes et al., 2018) を用いた．これにより，言語的に近い意味を持つ文章は近い位置にプロットされるため，シミュレーションを通して出現したトピックの全体像を捉えることができる．

分析の結果，LLM エージェントの保持する記憶はエージェントごとに全く異なっていたのに対し，LLM エージェントの発したメッセージは複数エージェントの間で近い内容に変化していた（図 3）．LLM エージェントの保持する記憶の情報流は内部状態として各エージェントの内部で閉じているのに対し，LLM エージェントの外部と送受信されるメッセージの情報流は開かれている．この情報流の性質によって，メッセージの UMAP はエージェント集団ごとに多様化し，

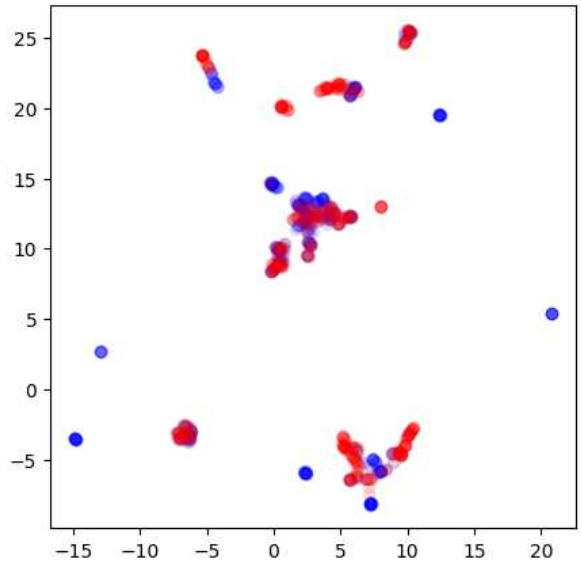


図 3　メッセージの UMAP．全てのエージェントが生成したメッセージをベクトルに変換し，その相対的な距離を保ったまま 2 次元に埋め込み圧縮した．青いプロットは前半ステップ，赤いプロットは後半ステップ．後半ステップでは前半ステップに比べてプロットのばらつきが少なくなっていることがわかる．

かつ集団内部では一様化したと考えられる．すなわち，開かれた情報源としてのメッセージは，エージェントが集団を形成したときに自己組織化しやすいのに対し，閉じた情報源としての記憶は自己組織化しにくいことが示唆された．

3.3　性格の分化

人間に対して特定の質問を行い性格を評価する方法と同様に，LLM に対しても特定の質問によって性格を評価する方法が有効である可能性が示唆されている (Jiang et al., 2024)．本研究では，MBTI 性格テストを用いた性格評価分析 (Boyle, 1995) により，初期状態ではほとんど同一の性格であったエージェントが，集団での相互作用を通じて異なる性格タイプに分化したことが認められた（表 2）．シミュレーション開始時（0 ステップ時点）とシミュレーション終了時（100 ステップ時点）のそれぞれの記憶を持つ 10 体の LLM エージェントに対して，Pan and Zeng (2023) で提案されている質問項目を用いて MBTI 性格評価を行った．0 ステップ時点では 10 体の LLM エージェントの差異は名前と初期位置だけであるためほとんど同じ性格と評価されたが，100 ステップ時点では 5 つの異なる性格評価に分かれた．LLM はモデルごとに性格が異なることが分かっており，本研究で初期状態の性格として評価された INFJ は，今回使用した Llama 2 における デフォルトの性格タイプとして知られている (Pan and Zeng, 2023)．一方で最終的に分化した性格は全て初期状態とは異なっており，大別して，リーダー的役割とフォロワー的役割に分類された．このように，同一の LLM エージェントにおいても，集団でのインタラクションを通して自律的に異なる性格を獲得したことは，性格などの個性は集団から創発し得ることを示唆している．

表 2　10 体の LLM エージェントにおける初期状態（0 ステップ時点）と最終状態（100 ステップ時点）の MBTI 性格テスト結果

Agent	MBTI Type	
	step 0	step 100
agent0	INFJ	ESFJ
agent1	INFJ	ISTJ
agent2	INFJ	ISTJ
agent3	INFJ	ENTJ
agent4	INFJ	ISTJ
agent5	INFJ	ISTJ
agent6	INFJ	ESTJ
agent7	INFJ	ENTJ
agent8	INFJ	ENTJ
agent9	INTJ	ISFJ

4.　まとめ

本研究では，仮想空間上を移動する LLM エージェントの集団シミュレーションを通して，集団インタラクションから創発する個性について議論した．分析結果から，各エージェントがメッセージを生成する際に，周囲のエージェントとの相互作用によって集団ごとに近い内容のメッセージを生成し自己組織化することが示唆された．また，全ての LLM エージェントは同一パラメータを持ったホモジーニアスな個体集団であるにもかかわらず，行動や性格が分化した．以上のことから，性格などの個性は集団インタラクションを通して創発することが示唆された．

今後の研究では，エージェント数やステップ数を増やし，より大規模なシミュレーションを行うことで，集団サイズと個性の関係について検討していく．また，空間内に壁などの障害物を配置することで，空間性と個性についての議論を行うことも可能となる．これらのシミュレーションに対して LLM エージェントの行動を意味論的に分析することで，集団を作る他者や環境とのインタラクションや，その中で個性や社会性を創発させる機序の解明に寄与し得る．

文 献

Achiam, J. et al. (2023). GPT-4 Technical Report. arXiv:2303.08774.

Zhang, Y. et al. (2023). MotionGPT: Finetuned LLMs are General-Purpose Motion Generators. arXiv:2306.10900.

Yoshida, T. et al. (2023). From Text to Motion: Grounding GPT-4 in a Humanoid Robot “Alter3”. arXiv:2312.06571.

Park, J. S. et al. (2023). Generative Agents: Interactive Simulacra of Human Behavior, *In Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 1–22.

Qian, C. et al. (2023). Communicative Agents for Software Development. arXiv:2307.07924.

Touvron, H. et al. (2023). LLaMA 2: Open Foundation and Fine-Tuned Chat Models. arXiv:2307.09288.

McInnes, L. et al. (2018). UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction. arXiv:1802.03426.

Jiang, G. et al. (2024). Evaluating and Inducing Personality in Pre-trained Language Models. Advances in Neural Information Processing Systems, 36.

Boyle (1995). Myers-Briggs Type Indicator (MBTI): Some Psychometric Limitations. Australian Psychologist, 30(1), 71-74.

Pan, K. and Zeng, Y. (2023). Do LLMs Possess a Personality? Making the MBTI Test an Amazing Evaluation for Large Language Models. arXiv:2307.16180.

注意の特性差が社会的促進/抑制に与える影響
The Effect of Individual Attentional Trait on Social Facilitation/Inhibition

大井 京，酒井 亮太朗
Misato Oi, Ryotaro Sakai

近畿大学
Kindai University
oimisato@gmail.com

概要

本研究は，他者存在によって生じる課題遂行量の促進と抑制，つまり社会的促進と抑制に，注意特性の個人差が影響するか否かを検討した．注意の制御を求めるストループ課題を，実験参加者が観察しない統制条件と，観察を実施する観察条件で実施した．また，注意特性を測定するため，日常的注意経験質問紙を用いた．ストループ課題の成績と日常的注意経験質問紙得点間での積率相関係数を算出したが，有意な相関係数は確認されなかった．

キーワード：社会的促進・抑制 (Social Facilitation/Inhibition)，注意特性 (Attentional Trait)

1. はじめに

すでに 100 年以上前に，Triplett（1898）が，他者の存在により運動パフォーマンスが促進する事を報告しているように，他者存在によって生じる課題遂行量の促進と抑制は広く知られ，現在に至るまで数多くの研究が実施されてきた（e.g., Guerin, 2010; Ruddock et al., 2019）．その機序に関する理論として，Zajonc（1965）による動機付けの理論に基づく動因説（drive theory）や，Baron（e.g., Baron, 1986）による注意の要因に注目した注意葛藤説（distraction-conflict theory）が挙げられる．

注意葛藤説を支持する研究は数多くあり（e.g., Huguet, 1999; Muller et al., 2004），また，古くは Travis（1925）が指摘しているように，個人差が社会的促進・抑制のメカニズムに影響していると考えられる．そこで，本研究では，社会的促進・抑制のメカニズムの根底をなす注意機能の個人差に注目した．具体的には，本研究では，日常的注意経験質問紙（篠原他, 2007）で測定される 4 種類の注意機能（注意集中能力，認知制御能力，ながら作業志向性，注意転導傾向）の高低が，他者の観察が有り・無しの各条件下で，注意の制御を求めるストループ課題の成績に影響しているか否かを検討する．

2. 方法

2.1 実験課題

日本語版のストループ課題（嶋田, 1994）を，120 試行を 1 ブロックとし，2 ブロックを統制条件，残る 2 ブロックを観察条件で実施した．120 試行のうち 100 試行が「色」と「読み」が一致しない不一致条件であり、残り 20 試行は「色」と「読み」が一致する一致条件であった。統制条件では，実験室に実験参加者のみが在室して課題を実施し，観察条件では，実験参加者の他に実験者である観察者 1 名が実験室に在室し，実験参加者の課題遂行を観察した．

注意特性は，ストループ課題実施後に日常的注意経験質問紙（篠原他, 2007）を用いて測定した．

2.2 実験参加者

大学生 22 名が実験に参加した（男性 19 名 女性 3 名 平均年齢 20.7 歳）．実験参加者には，謝礼金（1000 円）が支払われた．

2.3 手続き

実験参加者は，ストループ課題において，まず練習試行を遂行し，その後，本課題を遂行した．その際，統制と観察条件の実施順序は実験参加者で相殺した．

3. 結果と考察

統制・観察条件それぞれにおける一致・不一致条件の平均反応時間を図 1 に示す。2 要因（観察の有無，一致

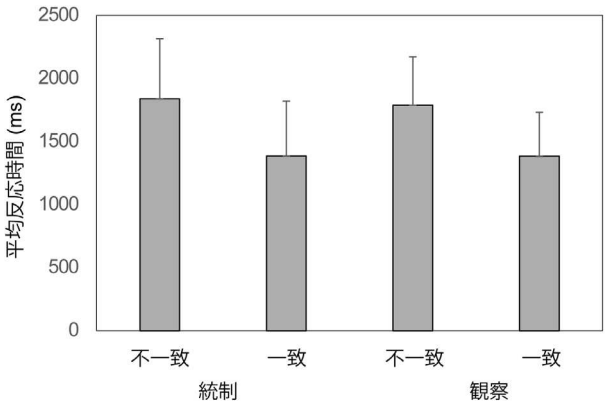


図 1 統制・観察条件それぞれにおける
一致・不一致条件の平均反応時間

性) 参加者内分散分析を実施したところ, 一致性の主効果のみが有意であった（観察の有無: $F(1, 21) = 0.40$, *n.s.*; 一致性: $F(1, 21) = 75.44$, $p < .01$; 交互作用: $F(1, 21) = 2.06$, *n.s.*）. この結果は, 不一致条件において一致条件よりも反応時間が遅延するストループ効果が確認されたことを示すが, 観察による社会的促進・抑制効果は確認されなかったことも示す.

次に, 注意の特性差と社会的促進・抑制の関係性を検証するために, まず, 反応時間が, 観察条件において統制条件よりも小さい値を示した場合を社会的促進, 大きい値を示した場合を社会的抑制と定義した. 各被験者の一致条件と, 不一致条件の平均反応時間のそれぞれに対して, 統制と観察条件間の差分を求めた. また, 不一致と一致条件間の差分も求め, これをストループ効果量と定義し, ストループ効果量においても統制と観察条件間の差分を求めた. これらの値と, 4 種類の注意特性得点と, 全注意特性の平均得点間の Pearson の積率相関係数を求めた結果を表 1 に示す. これらの相関係数に対して無相関検定を実施したが, 有意な値は確認されなかった.

本研究の結果は, 日常的注意経験質問紙で測定された注意特性とストループ課題で測定された社会的促進・抑制量との間には関連性が見られないことを示す. このことに対する最も極端な説明は, 個人の注意特性と社会的促進・抑制効果は関連しないというものであるが, それよりも, 以下の複数の可能性が指摘される. まず, 質問紙で測定される主観的な注意特性と社会的促進・抑制効果には関連が示されないが, 注意特性を測定する課題成績などを利用した客観的な指標を利用した場合は関連が示される可能性である. 第二に, 本研究では, 観察条件において実験者が最初に声をかけた後は背後から観察するのみであり, 実験参加者への関与が小さく, 社会的促進・抑制を生起させる程度が小さかった可能性である. また, この他にも, 観察者と実験参加者とが初対面であり関係性が弱かった可能性などが挙げられる. これらの可能性の検証については, 今後の検討課題である.

表 1 注意特性得点と社会的促進・抑制値間の Pearson の積率相関係数

	社会的促進・抑制		
	不一致条件	一致条件	ストループ効果量
注意集中	0.07	0.13	-0.13
認知制御	0.04	0.10	-0.10
ながら	-0.26	-0.06	-0.19
注意転導	0.00	-0.10	0.16
注意平均	-0.04	0.05	-0.12

文献

Baron, R. S. (1986). Distraction-conflict theory: Progress and problems. *Advances in Experimental Social Psychology*, *19*, 1–40.

Guerin, B. (2010). Social facilitation. In Weiner, I. B., & Craighead, W. E. (Eds.). *The Corsini encyclopedia of psychology (4th ed.)* John Wiley. https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0890

Huguet, P., Galvaing, M. P., Monteil, J. M., & Dumas, F. (1999). Social presence effects in the Stroop task: Further evidence for an attentional view of social facilitation. *Journal of Personality and Social Psychology*, *77*(5), 1011–1025. https://doi.org/10.1037/0022-3514.77.5.1011

Ruddock, H. K, Brunstrom, J. M, Vartanian, L. R., & Higgs, S. (2019). A systematic review and meta-analysis of the social facilitation of eating. *The American Journal of Clinical Nutrition*. *110*(4), 842-861. https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz155.

嶋田 博行 (1994). ストループ効果―認知心理学からのアプローチ 培風館

篠原 一光・山田 尚子・神田 幸治・臼井 伸之介 (2007). 日常生活における注意経験と主観的メンタルワークロードの個人差 人間工学, *43*(4), 201-211. https://doi.org/10.5100/jje.43.201

Travis, L.E. (1925). The effect of small audience upon eye-hand coordination. *Journal of abnormal and Social Psychology*, *20*, 142-146. https://doi.org/10.1037/h0071311

Triplett, N. (1898). The dynamogenic factors in pacemaking and competition. *American Journal of Psychology*, *9*(4), 507-533.

Zajonc, R. B. (1965). Social facilitation. *Science*, *149*(Whole No. 3681), 269–274. https://doi.org/10.1126/science.149.3681.269

嗅覚刺激による連想が反応時間課題に与える影響
Influence of olfactory stimulation on cognitive ability

渡邊　咲花[1]，林　勇吾[2]，下條　志厳[3]
Emika Watanabe, Yugo Hayashi, Shigen Shimojo
[1]立命館大学大学院人間科学研究科，[2]立命館大学総合心理学部，[3]立命館グローバル・イノベーション研究機構
[1]Graduate School of Human Science, Ritsumeikan University College of Comprehensive Psychology, [2]Ritsumeikan University Ritsumeikan University, [3]Ritsumeikan Global Innovation Research Organization
[1]gr0576fp@ed.ritsumei.ac.jp

概要
生理的反応以外にも認知機能や行動などに変化が生じることがあり，生理的な反応とされてきた変化が認知的要因であるスキーマの影響を受けている可能性がある．本実験では，継続的なスキーマの活性化のため，連続して摂取可能な刺激として嗅覚刺激を使い，スキーマの活性化が認知機能に影響を与えるのかを検討した．その結果，嗅覚刺激によって刺激への反応時間が減少した．本研究では，嗅覚刺激がスキーマを活性化させ，関連した行動や精神状態が生じる可能性を示唆した．

キーワード：注意, スキーマ, SRT 課題

1. 序論

生理的反応をひき起こす物質以外の外的要因によっても，認知機能や行動に変化が生じることがある．例えば，認知機能を強化すると聞かされた薬の摂取が実際に注意を高めたり（Colagiuri & Boakes, 2010），身体のバランスに影響があると聞かされたサプリメントの摂取が主観的、客観的な姿勢の安定性を変化させたりする（Russell et al., 2022）．このように，思い込みは，人の認知能力や行動といった心身の状態に影響を与える．これより，生理的メカニズムによって注意や記憶のような認知機能に影響を与える刺激物質においても，思い込みを始めとした認知的メカニズムによる影響があるのではないかと考える．外的要因による生理的な反応と考えられているものは，認知的要因の影響を受けている可能性がある．

生理的な反応として捉えられてきた注意や記憶といった認知機能の向上について，スキーマによって適した行動や精神状態，感情が変化しているのではないかと考える．スキーマとは，経験を基に長期記憶から生成された知識構造のことである（Ngu & Phan, 2022）．

そして，スキーマは活性化されると人の行動や感情，精神状態などを変化させる．Bertrams（2020）はスキーマについて，個人の内外の刺激を知覚することで関連するスキーマが活性化され，特定の感情や行動傾向へのアクセス性を高める，つまり特定の行動や感情を生じやすくすると説明している．例えば，スキーマが自制心に影響を与えるかについて検討した実験では，自制心を働かせることを想像することにより自制心の枯渇に関するスキーマを活性化させることで，その後の自制心を必要とする課題のパフォーマンスを低下させた（Ackerman et al., 2009; Graham et al., 2014）．ここから，スキーマが人の認知機能に影響を与えることがわかる．そのため，スキーマが活性化されることで，関連する行動や精神状態が生じているのではないかと考える．先行研究からは，自制心以外にも外的刺激によって行動や感情が変化することが示されている．例えば，魚の匂いがすると怪しまれるという文脈的表現がある国では，実際に魚のような匂いに晒されると他者に対する疑念が喚起され，協力性が低下した（Lee & Schwarz, 2010）．このように，外部刺激によって関連する感情や行動が生じることが示されている．この現象は，外部刺激によるスキーマの活性化が関連する感情や行動を生じさせているのではないかという考えを補強する．

2. 目的

以上のことから，外部刺激を用いてスキーマを活性化することで，行動や精神状態を変化させ，認知機能を高めることができるのかどうかを検討する．スキーマによる行動や精神状態，感情の変化を持続させるためには継続的にスキーマを活性化させる必要があると考える．そして，継続的にスキーマを活性化させるためには，継続的にスキーマ活性の刺激を呈示する必要がある．しかしそれには，薬のような物質や食べ物などの経口摂取するものは適していない．スキーマは長期記憶の保存形式の一種であり，スキーマの活性化には，記憶想起が必要になる．そのため，記憶を想起できる刺激であれば何であっても，プラセボ実験で見られるような物質の摂取がなくともスキーマの活性化に

つながるのではないかと予測できる．そこで，スキーマを活性化させる可能性のある刺激として嗅覚刺激を挙げる．本実験では，外部刺激として嗅覚刺激を用いてスキーマが活性化するのか，スキーマの活性化によって認知機能が高まるのかどうかについて検討する．

認知機能が向上するかを検討するためには，注意課題である SRT 課題（Simple response time task）と，記憶や学習を必要とする連続 RT 課題（Serial reaction time task）を用いて実験を行う．SRT 課題は刺激が呈示された後できるだけ素早くキーを押すという課題で，ここでは注意の高さが測定できる．連続 RT 課題は学習を扱う課題で，ここでは記憶が向上するかが測定できる．本研究では，まず SRT 課題を用いて実験を行う．

香り刺激のみで SRT 課題の反応時間が速くなれば，香り刺激はスキーマを活性化させてその香りと関連のある精神状態を生起させて認知機能を変化させる可能性がある．本研究では，注意状態や集中状態などのような課題に向かう際の精神状態との結びつきが強く，尚且つ日常的にそのようなスキーマが形成される可能性のある嗅覚刺激として，コーヒーの香りを用いる．Madzharov et al.（2018）でコーヒーの香りがコーヒーを連想させて課題パフォーマンスを高めたことが示唆されており，コーヒーの香り刺激はコーヒーを連想させる刺激となりうると考える．

これより，本研究では仮説として，コーヒーの香りによってスキーマが活性化され，注意が向上して SRT 課題のパフォーマンスが向上するのかを検討する．スキーマ活性が行動や精神状態，感情に影響を与えるという Bertrams（2020）に基づくと，コーヒーの香りがスキーマを活性化させ，課題遂行に適した精神状態が生起されることにより認知機能が向上すると考える．より具体的には，SRT 課題では香りなし条件では時間が経つにつれて反応時間が増加する（H1）のに対して，香りあり条件では刺激呈示直後のテストでは反応時間が短縮し（H2），その後の成績の低下が緩やかになる（H3）と考える．

3. 方法

3.1. 実験参加者

実験参加者は大学生 48 名（男性 15 名，女性 32 名，その他 1 名），平均年齢は 19.77 歳（*SD* = 1.83）であった．実験参加者は学内のシステムを用いて募集した．課題において，エラー数が多い参加者 7 名と外れ値であった参加者 2 名をデータから除外した．最終的な参加者は，香りあり条件 16 名（男性 7 名，女性 9 名），香りなし条件 23 名（男性 5 名，女性 17 名，その他 1 名）の計 39 名であった．

実験は，コーヒーの香り刺激の有無（あり・なし）とセッション回数（1、2、3）の 2 要因混合計画だった．

3.2. 装置

香り刺激を呈示するための Aroma shooter®2 にセットすることで香りを噴出できるようになるアロマカートリッジ，課題を行うためのノートパソコン（Windows OS, Surface）であった．刺激は，コーヒーの香りを用いた．

3.3. 材料

注意を測定するための SRT 課題と，コーヒーの摂取頻度や理由に関する質問紙を用いた．質問紙は，コーヒーの摂取頻度や摂取理由に関する質問で構成されており，7 段階のリッカート尺度だった．課題は SRT 課題を用いた．SRT 課題は，Fukuda & Aoyama（2017）で用いられた課題を模してプログラミング言語（C#）で作成した．パソコンの画面の中央にアスタリスクが表示され，実験参加者はアスタリスクが呈示されたらできるだけ速くスペースキーを押すというものであった．アスタリスクは，スペースキーが押された後，1 秒から 2.5 秒の間隔で呈示され，呈示間隔は毎回ランダムだった．試行は練習試行 10 試行，本試行 100 の計 110 試行からなり，この 110 試行を 1 セッションとした．スペースキーが押された時間とスペースキーが押されてから刺激が呈示されるまでの時間を記録し，実験参加者の刺激への反応時間を求めた．

3.4. 従属変数

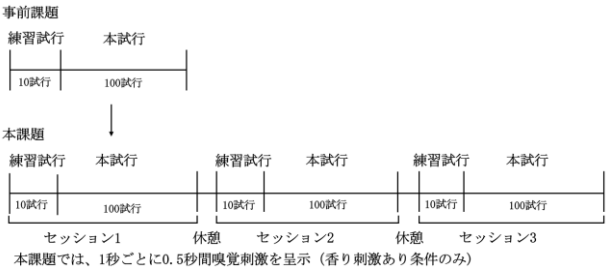
従属変数は課題成績，具体的には，SRT 課題の反応時間とエラー数であった．反応時間は，アスタリスクが呈示されてからスペースキーが押されるまでの時間を 1 試行ずつ算出した．1 セッションの全 100 試行から反応時間が 0 秒以下と 1 秒以上の試行を除外して平均した値であった．課題成績の指標には，事前課題と本課題のセッション毎の平均反応時

間の差（本課題－事前課題）を用いた．エラー数は，反応時間が 0 秒以下，あるいは 1 秒以上だった試行を対象とした．

3.5. 手続き

実験についての説明と同意を得た後，ベースとなる反応時間を測定するため香り刺激がない状態で SRT 課題を実施した．課題後，Aroma shooter®2 によりコーヒーの香りを呈示した．香り呈示は，1 秒間隔で 0.5 秒間呈示された．同時に，SRT 課題を 3 セッション行った．セッションの間には約 1 分の休憩があった．最後に，コーヒーの摂取頻度や摂取理由に関する質問紙に回答して実験は終了した．実験課題の手続きについては，図 1 にイメージ図を示した．Aroma shooter®2 は作動時の音が大きく，課題のパフォーマンスに影響を与える可能性が考えられたため，香りなし状態ではアロマカートリッジを挿入しない状態で Aroma shooter®2 を作動させた．

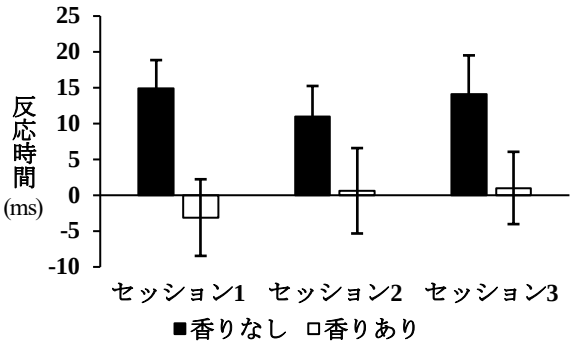
図 1 実験課題の手続き



4. 結果

SRT 課題において香りによって反応時間に差がでるかを確認するために，香りの有無とセッション（1 セッション目，2 セッション目，3 セッション目）の 1 要因混合分散分析を行った．その結果を図 2 に示す．セッション数による主効果（$F(2,74) = 0.23, p = .79, \eta_p^2 = .01$），交互作用（$F(2,74) = 0.93, p = .40, \eta_p^2 = .02$）がなく，香りの主効果（$F(1,37) = 4.82, p = .03, \eta_p^2 = .12$）のみが見られた．香りなし条件より，香りあり条件の方が，有意に反応時間が短かった．

図 2 条件とセッション毎の反応時間（平均値）



(注) エラーバーは標準誤差を示す．

エラー数について香り刺激の有無により違いが見られるかを確認するため，香りの有無とセッション数（セッション 1，セッション 2，セッション 3）の分散分析を行った．香りの有無による主効果（$F(1,37) = 0.60, p = .44, \eta_p^2 = .02$）と交互作用（$F(2,74) = 0.78, p = .46, \eta_p^2 = .02$）はなかったが，セッション数の主効果（$F(2,74) = 4.07, p = .02, \eta_p^2 = .09$）が見られた．Bonferroni 法を用いて多重比較を行った結果，セッション 1 よりセッション 3 の方で有意にエラー数が多かった（$t(38) = 2.51, p = .049$）．

5. 考察

香り刺激の有無による主効果が見られ，H2 が支持された．実験の結果から，コーヒーの香りが反応時間を短縮し，人の注意を高めることが分かった．しかし，セッション数との交互作用がなかったことから，H3 は否定された．コーヒーの香りはセッションを重ねることによる注意の低下を防ぐことはできないといえる．ただし本実験では，H1 も否定されていることは注意すべきである．SRT 課題では本来，時間が経つにつれて反応時間が長くなる（Berg & Neely, 2006）が，本実験の統制条件ではセッション数の主効果はなく，セッション回数と反応時間の長さが比例することはなかった．エラー数は，コーヒーの香りによって増減することはなかったが，セッションごとにエラー数が多くなる傾向があった．本実験では，セッションを重ねるごとに注意が低下してエラー数が増えるものの，反応時間に変化はなかった．香り刺激によるエラー数への影響は確認されなかったが，注意を高めることで，全体的に反応時間を短くする効果があったと考えられる．

本実験において嗅覚刺激によってエラー数が変化しなかった理由としては以下が考えられる．宮浦ら

（2010）は，覚醒効果のある香りによって，集中が低下している場合にエラー数を低下させることを示した．本実験では，エラー数はセッションを重ねるにつれて増加したものの，香り刺激の有無による変化はなかった．このことから，本実験中，両条件とも香りが影響を与えるほど集中が低下していなかったために，エラー数への香りの影響が見られなかった可能性がある．さらに，宮浦ら（2010）の研究では覚醒効果のある香りによる回答数への影響はなく，これは，本実験の反応時間短縮の効果が香りによる覚醒効果とは他のメカニズムによって生じたことを示唆していると考えられる．そのため，宮浦ら（2010）の実験は，本実験の結果がコーヒーの香りによって生理的覚醒などが生じたゆえのものではなく，認知的要因によって生じた可能性を補強する．

本実験での香りありの結果から，嗅覚刺激によってコーヒー関連のスキーマが活性化され，課題遂行に関する精神状態が生起することで，注意が高まる可能性が示された．しかしながら，この反応が真にスキーマによるものなのかは現在の分析状況からは確認することができず，質問紙の回答からの分析が必要である．

この研究の限界は，香り呈示時に反応時間が短縮する現象が香り自体の効果である可能性が否定できないことである．しかしながら前述の通り，本実験の結果はコーヒーの香りによって生じた効果であることが考えられ，香り自体の効果ではないと考える．

6. まとめ

本実験では，コーヒーの香りが条件刺激となり，注意を高めて SRT 課題の反応時間を速めるかどうかを検討した．その結果，セッションを重ねるごとに低下する注意を維持する効果はなかったものの，コーヒーの香りは全体的に注意を高めて反応時間を短くする効果が見られた．本研究からは，コーヒーの香りはスキーマ活性を促し，注意を高める可能性が示唆された．今後は，連続 RT 課題も用いて実験を行い，コーヒーの香りによるスキーマの活性化が注意だけでなくより高次の認知能力に影響を与えるのかどうかについて検討していく．

本研究は，日常経験の中で形成されるスキーマが，それを想起させる刺激によって活性化され，認知機能を高めるのかを嗅覚刺激を用いて検討した．その結果コーヒーの香りがスキーマを活性化させる刺激となり，人の注意を高めたことが示唆された．この結果は，日常での問題解決や仕事の場面などにおいて，実際に何かを摂取しなくともスキーマを活性化させて関連する行動や精神状態を喚起することでパフォーマンスを高める可能性を示唆している。これは，日常の問題解決場面でのより適した環境を検討，調整する際に役立つと考える．

文献

Ackerman, M. J., Goldstein, J. N., Shapiro, R. J., & Bargh, A. J. (2009). You Wear Me Out: The Vicarious Depletion of Self-Control. *Psychological science, 20*(3), 326-332.

Bertrams, A. (2020). A Schema-Activation Approach to Failure and Success in Self-Control. *Frontiers in psychology, 11*, 2256. 10.3389/fpsyg.2020.02256

Berg, Van den. J., & Neely, G. (2006). Performance on a Simple Reaction Time Task While Sleep Deprived. *Perceptual and Motor Skills, 102*, 589-599.

Englert, C., & Bertrams, A. (2014). What is self-control depleting in sports? Effects of vicarious experiences on performance. *International journal of sport psychology, 45*(1), 1-10, ref. 26.

川上 満幸・兼子 和香子・青木 真一 (2000). 自動車運転における作業負担に香りが及ぼす影響 日本経営工学会論文誌, *51*(3), 213-219.

Fukuda, M., & Aoyama, K. (2017). Decaffeinated coffee induces a faster conditioned reaction time even when participants know that the drink does not contain caffeine. *Learning and Motivation, 59*, 11-18. https://doi.org/10.1016/j.lmot.2017.07.002

Graham, D. J., Sonne, L. MW., & Bray, R. S. (2014). It wears me out just imagining it! Mental imagery leads to muscle fatigue and diminished performance of isometric exercise. *Biological psychology, 103*, 1-6.

Martin, G. N., & Chaudry, A. (2014). Working memory performance and exposure to pleasant and unpleasant ambient odor: Is spatial span special? *International Journal of Neuroscience, 124*(11), 806-811.

Madzharov, A., Ye, N., Morrin, M., & Block, L. (2018). The impact of coffee-like scent on expectations and performance. *Journal of Environmental Psychology, 57*, 83-86.

宮浦 理彰・鳴海 拓志・西村 邦裕・谷川 智洋・廣瀬 通孝 (2010). 嗅覚ディスプレイを用いた作業支援 電子情報通信学会, 137-142.

Russell, K., Duncan, M., Price, M., Mosewich, A., Ellmers, T., & Hill, M. (2022). A comparison of placebo and nocebo effects on objective and subjective postural stability: a double-edged sword? Frontiers in human neuroscience, 16, 967722. 10.3389/fnhum.2022.967722

Van den Berg, J., & Neely, G. (2006). Performance on a simple reaction time task while sleep deprived. *Perceptual and Motor Skills,, 102*, 589-599.

人に会うことを想定した格好とその人の性格特性が主観的な内面評価に与える影響とは

An investigation of dressing for meeting people and personality on their subjective internal evaluation

川上　春佳†, 小松　孝徳‡
Haruka Kawakami and Takanori Komatsu

†明治大学大学院先端数理科学研究科, ‡明治大学総合数理学部

† Graduate School of Advanced Mathematical Sciences, Meiji University

‡ School of Interdisciplinary Mathematical Sciences, Meiji University

† cs232011@meiji. ac. jp, ‡ tkomat@meiji. ac. jp

概要

気分とは、ある状況におけるその時の心の状態のことを指す. 本調査では, 気分が喚起される際にその個人の性格のどの要素がどのくらい関与しているのか検討を行うことを目的とした. ネガティブな気分状態を測定する POMS2 の TMD 得点, SUBI を用いた心の健康度と疲労度と TIPI-J で算出された性格特性との関係を調査した結果, 性格によって気分が一意に決定される訳ではないことが明らかとなった. この原因としては, 性格を構成する個々の要素が気分を決定しているのではなく, 性格を構成する要素の組み合わせが気分を決定しているからだと考えられた.

キーワード : 感情 意思決定 性格

1. はじめに

気分とは, ある状況におけるその時の心の状態のことを指す. そして, 人の気分は常に変化している. 例えば好きな音楽を聞いたり, 趣味に没頭したり, 人と話すことで明るい気分になることができる. さらに, このような気分の状態になると, 良い成果が発揮できると考えられる. 現在著者らは, 自分自身の「見た目」に気を使うことで自分の気分が前向きになれることが可能となり, 結果として能力が向上されると考えている.

一般的には, 人をその外見だけで判断することは, 良くないことだと言われている. しかしながら, 新しい人と出会ったとき, その人に対する印象はその人の外見に大きく影響されることは避けられず, 相手に好印象を与えるためには出会ってすぐの「第一印象」が重要だとされており, 「外見が良いこと」は他者からの印象も良くなり, 他者から期待されたりすることにも繋がるといえる. 人間にはこのような人の外見に関する認知バイアスが存在しているため, 人の外見はその人を取り巻く人間関係に多大な影響を与えていると考えられる. よって「見た目」に気を付けるという行為は, 周囲の人々との円滑な関係性を構築, 維持するためにも重要な事柄だと言える.

「見た目」に気をつかうことは対外的なものだけでなく, 自分に自信を感じられたりストレスを軽減したりするといった効果があることが報告されており, 例えば藤原[1]は, 参加者自身が化粧をした状態としていない状態を比較した結果, 気分状態, 生活の質, 心の健康度や自信といった内面に対する価値が異なること, さらに化粧をして過ごすことが判断の難しい問題に対して自信を持って解答することに繋がったと報告している. 「見た目に気を使っている」という状態は, それぞれ好みの服装やアクセサリを着用するなど, その人自身が「外見に気を使っている自分」「自分好みの外見でいる自分」と認識している状態であると考え, 本研究はその中でも「人に会うことを想定した格好をしている自分」という状態に着目した. そして, そのような格好をしている場合とそうでない場合とでその人の内面にどのような影響があるのかを実験的に調査した[2]. その結果, そのような恰好をしている場合, そうでない場合と比較してネガティブな気分を緩和する結果が得られた一方で, 陽性感情や怒り, 混乱, 抑うつ, 疲労, 緊張, 活気といった細かい気分状態に有意差は観察されなかった. その原因として, 通常時と比較して意識して外見を変化することで自分に自信を持てると思う参加者がいた一方で, 他人を意識した格好すること自体を負担に感じた参加者もいたため, 結果としてそれらの差異が平均化されていたことが考えられた. この調査は, 参加者の性別, 年代, 実験者との関係性を統制した上で実施されたが, その結果はその人の価値観, 嗜好および性格といったその人が持つ多くの内面的属性の影響を受けていたと想定された. 藤原のようにある行動における気分状態についての研究が多いなかで, 気分と性格との関係性を考慮して分析して研究を行っ

ているものは少ない. そこで本調査では, 気分というものが喚起される際にその個人の性格のどの要素がどのくらい関与しているのか検討を行うことを目的とした.

2. 調査概要

本調査では気分とその個人の性格の関連を調べるために, 調査対象者に対して POMS2, SUBI, TIPI-J といった尺度に回答させた. 調査参加者は 129 名（男性 98 名, 女性 31 名:年 19〜23 歳）であった. POMS2 (Profile of Mood Status) [3]とは, 現在の気分状態を把握することができる尺度, SUBI (The Subjective Well-being Inventory) [4]とは, 心の健康度と疲労度を把握する尺度, TIPI-J（日本語版 Ten Item Personality Inventory）[5]とは, 人の性格を把握する尺度である.

POMS2 は 65 問の質問項目から 所定の時間における怒り—敵意（AH）, 混乱—当惑(CB), 抑うつ—落込み(DD), 疲労—無気力(FI), 緊張—不安(TA), 活気—活力(VA), 友好(F)の 7 つの因子を合成した TMD 得点（高得点であればより強いネガティブ状態を指す）を算出することで回答者の内面状態を判定する気分プロフィール検査であり, その回答者の性格ではなく一時的な気分を測定することができるというメリットがある. なお本研究では, 質問項目を 35 問に短縮した POMS2 短縮版を使用した. POMS2 短縮版における項目数, 尺度ごとの素得点の最小値及び最大値, 高得点を示す人に共通する特徴は表 1 の通りである[6].

SUBI[4]は世界保健機関 WHO が開発した 40 問の質問項目に回答することで, 心の健康度と心の疲労度を把握することができる指標である. 陽性感情と陰性感情は独立して働くと考えられているため POMS2 では測定が不可能なポジティブな感情も測定できるのがメリットである. なお, 心の健康度の最大値は 57 点, 心の疲労度は 63 点である. 心の健康度は得点が高いと心の健康度は高いと言え, 心の疲労度は得点が高いと心の疲労度は低いと言える. 心の健康度について点数が 42 点以上の人は「まわりの人達と安定した関係が持てていて, 必要なときに必要な手助けが得られ, 毎日の生活に満足し, 自信を持って人生を生きることができている」といえる. 逆に 31 点未満の人は心の状態が安定で健康であるといえない. 同様に心の疲労度について, 48 点未満の人は精神的にも身体的にも疲れてきている可能性がある[7].

TIPI-J（日本語版 Ten Item Personality Inventory）は小塩ら[5]によって作成された人の性格を把握する尺度であり, Big Five 尺度[8]の 5 つの因子, Extraversion（外向性）, Agreeableness（協調性, 調和性）, Conscientiousness（勤勉性, 誠実性）, Neuroticism（神経症傾向, 情緒不安定性）, Openness to Experience（Openness ; 開放性）を 10 問の質問項目から算出する. TIPI-J は Big Five の各因子に対応する 2 項目（正方向と負方向）で構成され 60 項目の Big Five 尺と比べると遥かに参加者の負担が減ると考えられるため TIPI-J を性格を把握するための尺度として使用した.

表 1： 各尺度と TMD 得点の項目数, 最大値, 最小値, 高得点者に共通する特徴

	項目数	最小値	最大値	高得点者に共通する特徴
TMD	30	-20	100	現在, 情動機能に関する問題を抱えている
AH	5	0	20	いらいらしやすい, 不機嫌になりやすい, 他者に反感を抱きやすい, 怒りをあらわにする
CB	5	0	20	混乱する, 考えがまとまらない
DD	5	0	20	自分は価値のない人間であると感じる, ものごとに対処できない, 孤独を感じる, 悲しい, 罪悪感
FI	5	0	20	疲れ切って元気がない, 活力が低いと感じる
TA	5	0	20	身体的な緊張, 不安な動作
VA	5	0	20	活力があり, ポジティブな感情を感じる
F	5	0	20	他者に対して標準よりポジティブな感情を感じる

3. 調査結果

POMS2 におけるネガティブな気分状態を示す TMD 得点の結果を以下の図 1 に示す.

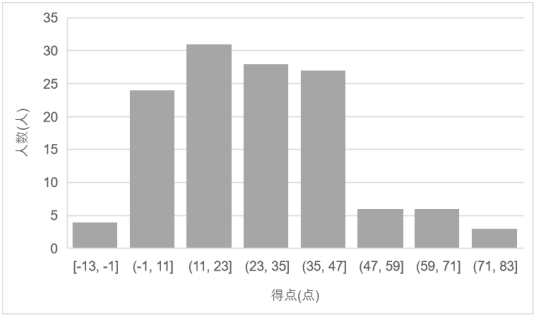


図 1：POMS2 総合的気分状態（TMD 得点）の人数別結果

また, SUBI で定義されている心の健康度において 42 点以上, 31 点以上 42 点未満, 31 点未満の人数を分類したものを図 2, 疲労度において 48 点以上, 48 点未満の人数を分類したものを図 3 に示す.

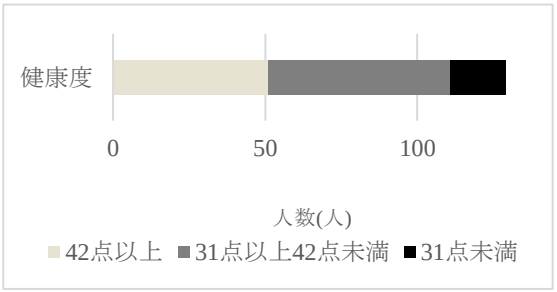


図 2：心の健康度の人数別結果

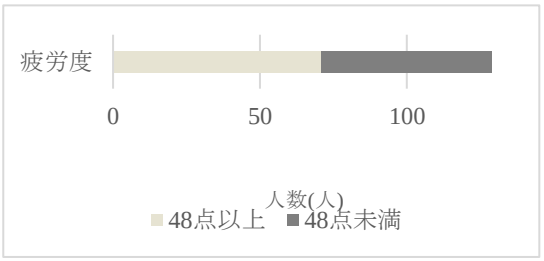


図 3：心の疲労度の人数別結果

まず, POMS2 の TMD 得点を目的変数, TIPI-J の各性格特性（外向性, 協調性, 勤勉性, 神経症傾向, 開放性の得点）を説明変数とし重回帰分析を行った. まず, TMD 得点に関する分析においては, 精度の高さの判断基準を示す説明変数の選択基準 Ru の値は 0. 23398 となった. これはネガティブな気分状態を示す TMD 得点のうち 23. 4%は性格と関連していると解釈できる. 目的変数に対する説明変数の影響度については, 勤勉性が最も大きな影響を与えており, 次いで開放性, 協調性, 外向性, 神経症傾向の順となっていることが明らかとなった（表 2）.

表 2：TMD 得点と各性格特性の重回帰分析の結果

	外向性	協調性	勤勉性	神経症傾向	開放性
影響度 (t 値)	-1. 835	-2. 016	5. 059	-1. 400	-2. 506

よって, この重回帰分析より TMD 得点は以下の式①から算出されることが明らかとなった.

$$TMD得点 = 42.092 - 1.638 \times [外向性] - 2.481 \times [協調性] + 5.087 \times [勤勉性] - 1.382 \times [神経症傾向] - 2.572 \times [開放性] \quad \cdots ①$$

次に心の健康度を目的変数, 性格特性を説明変数として重回帰分析を行った結果, Ru の値は 0. 21177 となった. 目的変数に対する説明変数の影響度については, 神経症傾向が最も大きな影響を与えており, 次いで外向性, 勤勉性, 開放性, 協調性の順となっていることが明らかとなった（表 3）.

表 3：心の健康度と各性格特性の重回帰分析の結果

	外向性	協調性	勤勉性	神経症傾向	開放性
影響度 (t 値)	3. 090	1, 201	3. 029	-3. 161	2. 287

よって, この重回帰分析より心の健康度は以下の式②から算出されることが明らかとなった.

$$心の健康度 = = 29.605 + 1.037 \times [外向性] + 0.556 \times [協調性] + 1.123 \times [勤勉性] - 1.195 \times [神経症傾向] + 0.882 \times [開放性] \quad \cdots ②$$

最後に心の疲労度を目的変数, 性格特性を説明変数とした重回帰分析を行った結果, Ru の値は 0. 26397 となった. 目的変数に対する説明変数の影響度については, 神経症傾向が最も大きな影響を与えており, 次いで協調性, 外向性, 勤勉性, 開放性の順となっていることが明らかとなった（表 4）

表 4：心の疲労度と各性格特性の重回帰分析の結果

	外向性	協調性	勤勉性	神経症傾向	開放性
影響度 (t 値)	1. 468	2. 471	1. 445	-6. 129	0. 119

よって，この重回帰分析より心の疲労度は以下の式③から算出されることが明らかとなった.

$$心の疲労度 = 48.103 + 0.454 \times [外向性] + 1.054 \times [協調性] + 0.4938 \times [勤勉性] - 2.135 \times [神経症傾向] + 0.042 \times [開放性] \cdots ③$$

4. 考察

ネガティブな気分状態を測定する POMS2 の TMD 得点, SUBI を用いた心の健康度と疲労度と TIPI-J で算出された性格特性との関係を調査した結果, 性格によって気分が一意に決定される訳ではないことが明らかとなった. この原因としては, 性格を構成する個々の要素が気分を決定しているのではなく, 性格を構成する要素の組み合わせが気分を決定しているからだと考えられた. よって, TIPI-J によって 5 次元で表現された性格をクラスタリングするなどして性格のパターンを分類し, その分類と気分との関係を分析する必要があることが示唆された.

気分状態における人数別結果より, 同じ環境下や条件でも人によって気分が大きく異なることも分かった. 「ある状態の時の気分」というのは平均値の比較で分析するのではなく，どのような性格の人にどのような気分の変化をもたらすのか各個人で判断する必要がある. それだけでなく，そもそも性格というのは周囲の環境や価値観で形成されるため, 年齢や性別によっても細かく分析していく必要があるとも考えられる.

文献

[1] 藤原寿理 (2017). 化粧がもたらす自己の価値および社会行動における価値の変化. 『福島県立医科大学医学部システム神経科学講座 コスメトロジー研究報告』, 25, 170-175.
[2] 川上春佳・小松孝徳・小林稔. (2023). 見た目を気に掛けることがその人の主観的な内面評価に与える影響. 『信学技報』, 123(165), 70-75.
[3] McNair. D. M, Lorr M & Droppleman L F (1992): Profile of mood states, Educational and Industrial Testing Service, San Diego
[4] Nagpal, D. R. , & Sell, D. H. (1985) Subjective Well-being. New Delhi: World Health Organization.
[5] 小塩真司・阿部晋吾・カトローニ ピノ (2012). 日本語版 Ten Item Personality Inventory（TIPI-J）作成の試み, パーソナリティ研究 21 (1), 40-52.
[6] Heuchert, J. P. , & McNair, D. M. (2021). POMS2 日本語版マニュアル. 東京: 金子書房.
[7] 大野裕・吉村公雄. (2020). WHO SUBI 手引 第２版. 東京: 金子書房.
[8] Costa, P. T. , & McCrae, R. R. (1992). The five-factor model of personality and its relevance to personality disorders. Journal of Personality Disorders, 6(4), 343-359.

「丁寧な字」とは何か？児童と書字指導者の認識の比較
What is “neat handwriting”? Comparing Perceptions between Children and Calligraphy Instructors

川原 名見[†]，犬塚 美輪[‡]
Nami Kawahara, Miwa Inuzuka
[†]東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科，[‡]東京学芸大学
The United Graduate School of Education Tokyo Gakugei University, Tokyo Gakugei University
r241003g@st.u-gakugei.ac.jp

概要
本研究では児童（n = 27）と書字指導者（n = 13）に分類課題とインタビューを実施し，文字の丁寧さの認識について分析した。分類課題では書字指導者と児童は一致した。インタビューでは，両者ともに丁寧さの判定に書字要素の「配列・配置」をよく使用していた。両者に有意な差がみられたのは「字形」であり，書字指導者は，画間の均整さなどをよく発語したが，児童は少なかった。書字要素の「字形」は児童には認知しづらいか記憶しづらい可能性が示唆された。

キーワード：文字の丁寧さ，児童，指導者，書字教育

1. 問題と目的

きれいに書かれた文字は，人に好印象を与えるが，文字をきれいに書くことは難しい。学習中の児童から「なぜ，きれいな文字を書かなければいけないの？」と尋ねられることもあるかもしれない。その問いに文化庁（2016）は，「読む人を気遣って，整った読みやすい字形で書くように配慮することは大切です。」と答えている。書字には，文字による情報伝達を円滑なものにするために，読む側を思いやり，自分が意図したとおりに正しく読み取ってもらえるような配慮が重要ということであろう。

では，整った読みやすい字とは何だろうか。礒野ら（2002）は，手書きの文字を見たときの印象を表す語を調査した。結果，「読みやすい」「整っている」「きれい」「丁寧」の 4 語は相関が高かった。この結果からは，整った読みやすい字を書くには，字を丁寧に書くことが有効だといえるだろう。「字を丁寧に書きなさい」とは児童の書字指導によく使われる言葉である。

しかし，「丁寧」という言葉の意味や求められる丁寧さの基準は曖昧である。例えば相手に対して「下手でもいいから丁寧に書きなさい」と言う場合と，「履歴書は丁寧に書かねばならない」と言う場合では，前者より後者の方が求められるスキルは高いだろう。児童に対して「字を丁寧に書きなさい」という指示を与えたとき，児童の認識としての「字の丁寧さ」と，指導者の認識とに齟齬がある場合には，学習の到達基準を児童へ適切に示せていないことになる。

先行研究では，児童の学習到達度（どのくらい字を丁寧に書けているか）は，学習の後に，書字指導者が児童の成果物を見て判断することが多い（e.g.，小野瀬・福山，1987）。判断には，全国大学書写書道教育学会（2006）の 5 つの学習事項（「姿勢・持ち方」，「筆使い・運筆」，「筆順」，「字形」，「配列・配置」）を参考とした基準が広く使用されている。

成果物として表現される以前の，児童が教師の指示をどのようにとらえたかを児童に調査した研究は管見の限りではみられない。児童の持つ「字の丁寧さ」への認識と指導者の持つ「字の丁寧さ」への認識には差があるのか，またあるとしたらどのような違いがみられるのだろうか。本研究は，児童の字を見たときの字の丁寧さの，児童のメタ認知的知識と，書字指導者のメタ認知的知識を収集し検証することで，児童にとって効果的な書字指導につなげることを目的とした。

2. 方法

2.1 材料

児童の成果物 421 枚をもとに指導者用刺激と児童用刺激を作成した。児童の成果物は，237 字の縦書きの文章を児童が 1 分間黙読し「だれもが読めるように丁寧に，でもなるべく速く書き写してください」の教示のもとに，3 分間で視写したものであった。書字指導者 3 名が，字の丁寧さを基準とし，成果物を 5 段階に分類した。書字指導者 3 名の評価が一致した成果物を使用し，以下の 2 つの刺激を作成した。

指導者用刺激　丁寧さの段階の異なる成果物 50 枚。

児童用刺激　丁寧さの段階の異なる成果物 4 枚。4 枚の段階は，書字指導者の 5 段階評価のうち中央値の「普通」を除いた上位判定の 2 枚（「大変丁寧で読みやすい」・「丁寧で読みやすい」）と下位判定の 2 枚（「やや丁寧さに欠ける」・「丁寧さに欠ける」）であった。

2.2 手続き

2.2.1 書字指導者が考える字の丁寧さの調査

書字指導者 13 名を対象とした。書字指導者に指導者用刺激を，丁寧さを基準として 5 段階に分類させた。その後，児童の字の丁寧さをどのような視点で分類したのかについて半構造化面接を実施した。

2.2.2 児童が考える字の丁寧さの調査

第 1 学年～第 6 学年の 27 名の児童を対象とし，2.1 と同様に視写させた後，半構造化面接を実施した。児童は丁寧に書けたか，また自分にとって字の丁寧さとはどういうものかを言葉で説明した。次に，児童は児童用刺激を丁寧に書けていると思う順番に分類した。その後，分類の理由を児童に語ってもらった。

3. 結果

3.1 児童用刺激の分析

書字指導者と児童の字の丁寧さの判断が一致しているか，児童用刺激の分類を検証した（表 1）。カッパ係数を求めたところ，k＝.531 となり中程度の一致であった。なお，上位と下位に分けた場合，カッパ係数は k＝1 となり両者は一致した。児童は，書字指導者とほぼ同じ「丁寧さ」の感覚を持っていると推察された。

表 1 書字指導者と児童による児童用刺激の分類

		児童				
		上 1	上 2	下 3	下 4	合計
書字指導者	上 1	17	10	0	0	27
	上 2	10	17	0	0	27
	下 3	0	0	18	09	27
	下 4	0	0	09	18	27
合計		27	27	27	27	108

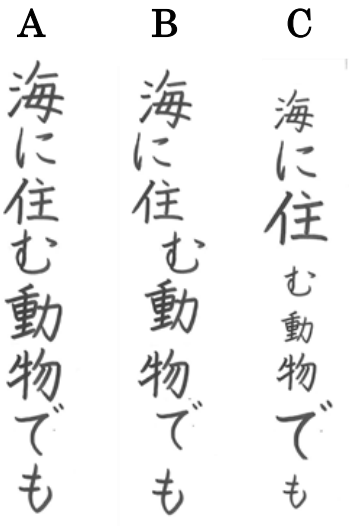
註）表内は児童数。上 1＝大変丁寧，上 2＝丁寧，下 3＝丁寧さにやや欠ける，下 4＝丁寧さに欠ける

3.2 発話プロトコル分析

KH coder を使用しテキストマイニングで書字指導者と児童の発言を分析した。書字指導者の専門用語や児童の発語の意味を確認し用語の統一を行った後，形態素解析し語を抽出した。抽出語を 13 種に分類した。分類には、全国大学書写書道教育学会（2006）の 5 種の学習事項に，達富・青山（2019）の，小中学生へのインタビューから採取した書字活動で重要な 6 要素を加え，さらに本研究の抽出語から 2 種（「不明」，「労力」）を追加したものを「書字要素」として使用した。例として，「字形」と「配列・配置」の説明文章を示す（図 1）。各要素に属する抽出語の発語回数をカウントし表 2 にまとめた。以後の分析には R（4.3.2）を用いた。

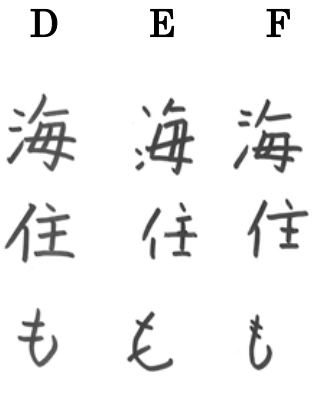
図 1 「配列・配置」要素と「字形」要素の説明文章

a.「配列・配置」要素



A は丁寧に見えるが，B は字がはみ出ており，C は字の大きさに大小があってばらばらなので丁寧に見えない。

b.「字形」要素



D は丁寧に見えるが，E,F は字の中の空間が等しくなく，また線の長短も不自然なので丁寧に見えない。

表 2　書字指導者と児童の発語回数

書字要素	抽出語例	書字指導者		児童		合計	
姿勢・持ち方	持つ	14	(1.29%)	0	(0.00%)	14	(0.90%)
筆使い・運筆	ハネ・払い	147	(13.56%)	56	(11.74%)	203	(13.00%)
筆順	画目	9	(0.83%)	4	(0.84%)	13	(0.83%)
字形	空間，長い	**172**	**(15.87%)**	**36**	**(7.55%)**	208	(13.32%)
配列・配置	位置，中心	180	(16.61%)	100	(20.96%)	280	(17.94%)
コミュニケーション(伝達性)	誤字, 間違い	37	(3.41%)	12	(2.52%)	49	(3.14%)
コミュニケーション(判読性)	読める	103	(9.50%)	56	(11.74%)	159	(10.19%)
コミュニケーション(印象性)	綺麗，上手	164	(15.13%)	86	(18.03%)	250	(16.02%)
コミュニケーション(相手意識)	学校，先生	13	(1.20%)	10	(2.10%)	23	(1.47%)
メンタリティ	難しい, 急ぐ	131	(12.08%)	58	(12.16%)	189	(12.11%)
ツール	鉛筆	46	(4.24%)	15	(3.14%)	61	(3.91%)
不明	わからない	**11**	**(1.01%)**	**17**	**(3.56%)**	28	(1.79%)
労力	頑張る	57	(5.26%)	27	(5.66%)	84	(5.38%)
合計		1084		477		1561	
段落数		490		350		840	

註）下線太字は残差分析（α = .01)により期待度数より有意であることを示す。

書字指導者と児童の発語回数の検証のため，13 の書字要素と書字指導者，児童の発語回数のクロス集計表（表 2）で分析を行った。χ 二乗検定を行ったところ，発語回数の出現頻度に偏りがみられた（$\chi 2(12) = 46.876, p < .001, w = .173$）期待度数 5 未満のセルがあり，$\chi$ 二乗値の理論分布への近似は十分ではないが，当該セル数は全体の 8%で全体の 20%以下であり，許容される範囲内と判断した。

3.2.1　書字要素の分析

どの要素が最も発語されたのか, Fisher の正確検定を用い要素ごとの多重比較（$\alpha = .05$, 両側検定）を行った。要素間の有意差を検証したところ，書字指導者・児童ともに書字の丁寧さの判断には「配列・配置」要素を最も頻繁に使用していた（adjusted ps $\leqq$ .047）。

3.2.2　発話出現頻度の分析

書字指導者と児童の発語出現頻度に偏りがあるかを検証した。各セルの残差について両側検定（α = .01 ）を行った結果，最も偏りがあったのは「字形」要素であり，書写指導者の度数が期待度数より有意に多く（$z = 4.456$, adjusted $p < .001$ ），児童の度数が期待度数より有意に少なかった（$z = -4.456$, adjusted $p < .001$)。書字指導者は評価に「字形」の要素を頻繁に使用していたが，児童はそうではなかった。抽出語を確認すると，特に “画間”，つまり「字の中の空間を等しくする」ことを表す語は，書字指導者では 42 回発語されたが，児童は 0 回であった。書字指導者と児童の発語回数の偏りに発達による変化の傾向がみられる可能性を考え，字形要素の学年ごとの発語回数を調査した（表 3）。

表 3　「字形」要素の児童学年別発語回数

	発語回数
第 1 学年	5（10.87）
第 2 学年	7（ 7.07）
第 3 学年	6（ 4.58）
第 4 学年	3（ 5.56）
第 5 学年	11（13.25）
第 6 学年	4（ 6.25）

註）括弧内は，分類後の全体に占める語の割合（%）

4. 考察・今後の課題

児童は自分あるいは他者の書字を評価する際に,「配列・配置」より「字形」に注目しにくいという可能性が示唆された。それは成人と児童の違いで,発達段階が進むことで解消する可能性も考えられたが,本研究では発語回数に学年の特徴はみられなかった。

この,児童が「配列・配置」より「字形」に注目しにくいという可能性には,4 つの理由が考えられた。

第 1 は,児童は「字の中の空間を等しくする」などの「字形」要素を学習した時に理解しておらず,それゆえに判断もできなかったという理由である。

第 2 は,児童は指導者と同じように判断をしていたが,語るべき言葉が見つからなかったという理由である。児童用刺激の分類結果が,書字指導者と同じであったことは,この説明と一致する。しかし,児童の分類には,「字形」以外の他の要素が影響した可能性もある。指導者からは,普段「字形」要素の「字の中の空間を等しくする」ことを指導されているはずであり、その内容を表す語が児童から得られなかったのは,別の理由があるのかもしれない。

第 3 の理由として「児童は,学習とは別の,日常の経験によって丁寧さを判断した。」ということが考えられる。人はシンメトリーや秩序性など,均整で,本来生存的な価値を持っているものを見たときに美を感じやすい (Ramachandran, 2012 山下訳 2013)。児童は学習した「字形」要素やその用語は忘れたが,空間の均整さを,言葉ではなく感覚的に見取って字の丁寧さを判断したのかもしれない。そのため発語は少なかったのかもしれない。「配列・配置」要素は,均斉に物を並べるなど普段の生活に結びついており,判断材料として想起しやすかった可能性はあるだろう。

また,本研究では,材料をマス目に書かせたことも影響するかもしれない。児童は日常でマス目に字を書くことがよくあり,マス目の縦横の整斉とした線が,「配列・配置」要素の「はみ出す」などの判定を促進した可能性もある。この点は,マス目ではない,たとえば白紙に書かせた字を児童に判定させることで検証できる可能性がある。

第 4 の理由は、字形の判断よりも文章を読もうとした可能性である。字を読む時は,線の集合から自身の記憶に合致する字の骨組みを探し,字として認識するパターン認知を行う (Selfridge, 1959)。本研究での「字形」の書字要素は,字の骨組みを字としてパターン認知した後,さらに字の細部の整斉さに注目する要素である。川崎 (2017) の日本語の読み獲得 3 段階モデルによると,児童の文章の読みは段階を追って発達し,8,9 歳ごろにやっと完成する。児童は,文章の読みが未完成か完成して間もなくであり,読みの認知負荷の高い状態にある。そのため,児童は,字の骨組みのパターンを認知した後,注目を字の細部に向けず字の並べ方に向け,「配列・配置」に注目して文章の意味をくみ取ろうとしたのかもしれない。以上の 4 つの理由の検証は本研究の今後の課題である。

現在の書写教育は,児童は低学年で「字形」要素を先に学んでから高学年で「配列・配置」要素を学ぶカリキュラムである。児童が書字評価の際に「字形」要素に注目しにくい可能性を考えると,低学年から,児童は書字の指導に解りにくさを感じ,書字に苦手意識を持ち始めるかもしれない。書字の学習順序や,学習の提示の方法には検討の余地があると思われる。児童・書字指導者の認識という面から書字教育を捉え直すことが,児童の効率的な書字の学びにつながる可能性があるだろう。

文献

文化庁 (2017). 常用漢字表の字体・字形に関する指針: 文化審議会国語分科会報告 三省堂 88.

礒野 美佳・澤田 恵理子・押木 秀樹 (2002). 手書き文字に対する読みやすさ等の感覚とその世代差に関する研究 書写書道教育研究, 14, 21-30.

川崎 聡大 (2017). ディスレクシア. 日本児童研究所 (監修). 高橋惠子・山祐嗣 (編). 児童心理学の進歩 2017 年版, 56, 158-177.

小野瀬 雅人・福沢 周亮(1987). 書字技能 (handwriting skills) の発達に関する研究. 筑波大学心理学研究, 9, 67-72.

Ramachandran, V. S. (2012). The tell-tale brain: Unlocking the mystery of human nature. Random House. (ラマチャンドラン, V.S. 山下篤子訳 (2013). 「脳のなかの天使」角川書店 328-333.)

Selfridge, O. G. (1959). Pandemonium: A paradigm for learning. In D. V. Blake, & A. M. Uttley (Eds.), Proceedings of the symposium on mechanisation of thought processes. Her Majesty's Stationery Office.

達富 悠介・青山 浩之 (2019). 小中学生を対象としたメタ認知書字方略に関する研究 書写書道教育研究 34, 21-30.

全国大学書写書道教育学会 (2006). 新編 書写指導 株式会社萱原書房 9.

VRET 中の注意誘導がスピーチ不安に与える影響：主観評価に着目した実験的検討

Effect of Attention guidance in VRET on the Public Speaking Anxiety: An Investigation on Subjective Evaluation

堀野　康輔†，林 勇吾‡
Kosuke Horino, Yugo Hayashi

†立命館大学大学院人間科学研究科，‡立命館大学総合心理学部
†Graduate School of Human Science, Ritsumeikan University
‡College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University
†cp0111ri@ed.ritsumei.ac.jp ‡yhayashi@fc.ritsumei.ac.jp

概要

本研究では VRET(Virtual Reality Exposure Therapy)中の注意誘導が，プレゼン中の不安，スピーチ不安，社交不安に及ぼす影響について検討した．VR 要因(あり vs. なし)と注意誘導要因(あり vs.なし)の 2×2 の参加者間計画で行った. 結果, 各指標について練習前後での変化量に条件間で差は見られなかった．練習中の不安の高さとプレゼン中の不安の減少量については正の相関が見られた．今後，スピーチ不安に対する VRET の効果の要因を明らかにするため，様々な練習環境や練習方法を比較検討する必要がある．

キーワード：VR，曝露療法，スピーチ不安,

1. はじめに

人前で話すことに不安を抱える人は少なくない．社交不安症の特徴として他人の注視をあびるかもしれない社会的状況に対しての顕著な恐怖もしくは不安が挙げられる(American Psychiatric Association, 2013).

社交不安の克服方法として曝露療法が有用である(NICE Clinical Guidelines, 2013)．曝露療法は段階的に不安場面に直接向き合い，その刺激に慣れることで不安を取り除く心理療法である．近年では，VR 環境で刺激を提示する，VR 曝露療法(VRET：Virtual Reality Exposure Therapy)が注目されている．社交不安に対する VRET は通常の認知行動療法と同等の効果が認められている(Anderson et al, 2013 ; Bouchard et al, 2017)，しかし, VR 環境や実施方法の違いがスピーチ不安に与える影響について, 不明瞭な部分が多い. そこで本研究では, VR 環境や実施方法の違いがスピーチ不安に与える影響とその要因を検討する. 今回, 検討するにあたり, 曝露療法と社交不安のメカニズムに着目した.

曝露療法の理論に基づくと VRET では VR の刺激に対して不安や恐怖を感じる必要がある．VR 環境でのスピーチは心拍数の増加を誘発することや(Owens & Beidel, 2014)，VR 環境に対する臨場感がスピーチ時の不安に影響を与えていること(Price, 2007) が明らかになっている．スピーチ不安の低減には, 練習環境での不安や VR 環境の臨場感が影響していると考えられる.

また，社交不安の要因として自己注目という考えがある(Clark & Wells, 1995)．自己注目とは自分の心音や声, 他者から見た自分など, 注意が自分に向いている状態のことを指す. この理論をもとに, (吉永・清水, 2016)は注意の偏りを減らし，注意を外部へ柔軟に切り替える手法を提案している．スピーチ不安への介入を考える際に自己注目へのアプローチは重要な要素であると考えられる．しかし, VRET 中の外部への注意誘導がスピーチ不安に与える影響については検証されていない.

以上より本研究では，VRET 中の注意誘導がスピーチ不安, 社交不安, プレゼン中の不安に与える影響, 及び練習環境での不安や臨場感が VRET の効果に与える影響について検討することを目的とする．仮説は以下の 3 つである．VR 及び注意誘導を用いたプレゼン練習ではスピーチ不安，社交不安，プレゼン中不安が低下する (H1). 練習環境での不安感と臨場感の主観的評価はスピーチ不安，社交不安，プレゼン中の状態不安の変化量と相関する(H2). VR 及び注意誘導を用いたプレゼン練習は, 練習での不安が高い(H3).

2. 方法

2.1. 実験参加者

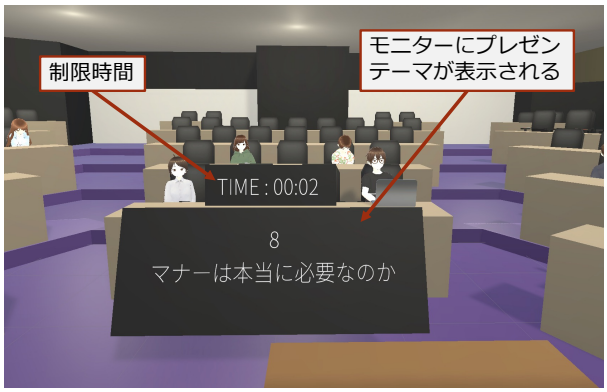
大学生 76 名が参加した(男性 32 名・女性 43 名・その他 1 名)．平均年齢は 19.4 歳(SD = 0.87)であった．VR あり vs なし，注意誘導あり vs なしの 2×2 の 4 条件(各条件 19 人ずつ)を設定した.

2.2. 実験材料

VR あり条件では VR 環境の提示に Meta Quest2 を使用した．Figure 1 は実験で使用した VR 環境である．VR

教室には聴衆アバタと発表者アバタを存在させた．聴衆アバタには複数パターンの姿勢や動きをつけた．ただし，聴衆アバタとのリアルタイムの相互作用は設定しなかった．発表者のアバターはVR環境内に存在しており，手にコントローラーを持ってもらうことで，実際の手の動きがVR環境内の手の動きと連動するようにした．VR環境内にプレゼンのトピックを表示させるためのモニターを設置した．VRなし条件ではPCを使用した．

Figure 1　実験参加者から見えるVR教室の映像



2.3. 従属変数

スピーチ不安の主観的評価として Public Speaking Anxiety Scale(PSAS; Bartholomay & Houlihan, 2016)を用いた．PSASは5段階評価で，17項目で構成されている．社交不安の主観的評価として Fear of Negative Evaluation Scale (FNE; 笹川他, 2004)を用いた．社交不安の特徴として他者からの否定的評価への恐れがあり，FNEはこの評価懸念の強さを測定する尺度である．FNEは5段階評価で，12項目で構成されている．プレゼン課題中の不安評価として State-Trait Anxiety Inventory(STAI; 清水・今栄, 1981) の状態不安尺度を用いた．STAIの状態不安尺度は特定の場面で一過性に感じられる不安を測ることが可能あり，4段階評価で，20項目で構成されている．VR環境に対する臨場感について Igroup Presence Questionnaire (IPQ)を用いた．IPQは総合的な臨場感，仮想空間に対する臨場感，外界への意識，現実感の4つの意識から構成されている．IPQは5段階評価で11項目で構成されている．練習中の不安評価について主観的苦痛尺度(Subjective Units of Distress Scale: SUDS)を用いた．SUDSは現在の苦痛を0〜100点で評価する尺度である．

2.4. 実験計画

VR環境及び，練習中の注意誘導がスピーチ不安の低減に及ぼす影響について明らかにするため，本実験ではVR要因(VR使用・VR不使用)と注意誘導要因(注意誘導あり・注意誘導なし)の2要因参加者間計画で行なった(VRあり+注意誘導あり条件，VRあり+注意誘導なし条件，VRなし+注意誘導あり条件，VRなし+注意誘導なし)．従属変数は練習前後でのスピーチ不安に関する主観的評価の変化とした．

2.5. 手続き

実験開始後，まずPSAS及びFNEの評価を行ったその後，プレゼン課題として実際の聴衆の前で一つのトピックについて即興で3分間のプレゼンを行った．プレゼン課題では，聴衆の反応が発表者のプレゼンに影響を与えると考えられるため，聴衆の頷きや動きをなくし，終始中立な表情で聞いてもらった．プレゼン課題直後，STAIの評価を行なった．その後，練習段階があり，各条件で異なる環境でプレゼン練習を行った．練習後，はじめと同様にPSAS，FNEの評価，プレゼン課題，STAIの評価という順で行い，実験を終了した．

練習段階ではVR環境あるいはPCのモニターに提示されるトピックについて即興のプレゼンを行った．1トピック3分で9トピック行った．また，練習開始直後，3トピック目，6トピック目，9トピック目終了後にはSUDS(現在の不安を0〜100で評価)を行った．これは全条件共通の練習の流れである．VRあり条件では，HMDを装着しながら練習を行なった．トピックはVR環境内にあるモニターに表示され，SUDSはVR環境内で行った．練習終了後はVR環境の臨場感に関する質問紙調査を行った．VRなし条件では，HMDを使用せず，トピックを PC画面に表示した．注意誘導あり条件では，注意を自分の外側に向けてもらうため，1つのトピックが開始して，30秒後，1分30秒後，2分30秒後に「オーディエンスを意識しましょう」というアナウンスを流した．注意誘導なし条件では特にアナウンスを流さなかった．

3. 結果

プレポスト間におけるPSAS，FNE，STAIの得点の減少量(プレ - ポスト)について，注意誘導要因とVR要因の二要因分散分析を行なった．Figure 2はPSASの得点の減少量を条件ごとに比較したグラフである．二要因の参加者間分散分析を行った結果，注意誘導要因の主効果($F(1,72) = 0.371$, $p=0.544$, $\eta_p^2=0.005$)，VR要因の主効果($F(1,72) = 0.138$, $p = 0.711$, $\eta_p^2 = 0.002$)，交互作用($F(1,72)$

$=0.371, p=0.544, \eta_p^2=0.005$)のいずれも有意でなかった.

Figure 3 は FNE の得点の減少量を条件ごとに比較したグラフである．二要因の参加者間分散分析を行った結果，注意誘導要因の主効果 ($F(1,72)=0.059, p=0.808, \eta_p^2=0.001$)，VR 要因の主効果 $F(1,72)=0.42, p=0.518, \eta_p^2=0.006$)，交互作用 ($F(1,72)=0.007, p=0.935, \eta_p^2=0.000$) のいずれも有意でなかった.

Figure 4 は STAI の得点の減少量を条件ごとに比較したものである．二要因の参加者間分散分析を行った結果，注意誘導要因の主効果($F(1,72)=0.513, p=0.476, \eta_p^2=0.007$)，VR 要因の主効果($F(1,72)=0.545, p=0.462, \eta_p^2=0.007$)，交互作用 ($F(1,72)=0.001, p=0.973, \eta_p^2=0.000$) いずれも有意でなかった.

Figure2　PSAS 得点の減少量の条件間比較

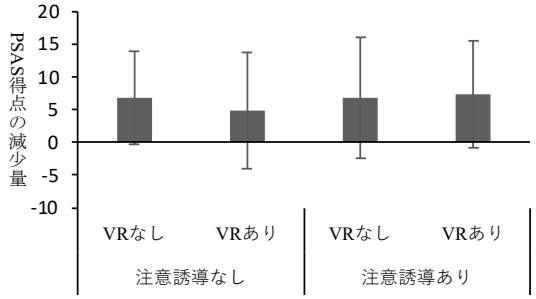


Figure3　FNE 得点の減少量の条件間比較

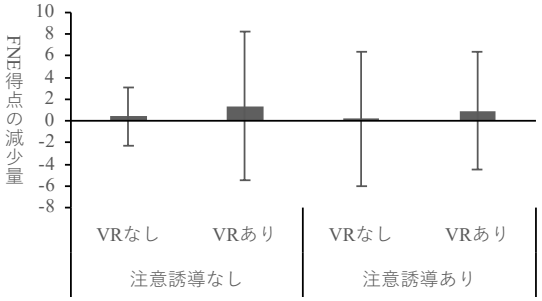
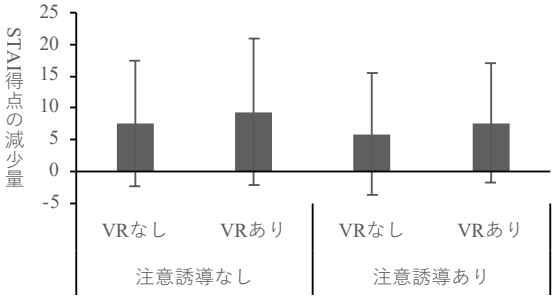
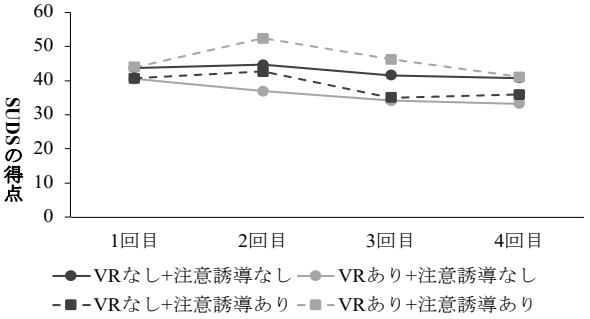


Figure4　STAI 得点の減少量の条件間比較



続いて，練習中の不安(SUDS)について，注意誘導要因，VR 要因に練習中の経過時間要因を加えた三要因分散分析を行なった．Figure 5 は練習中の不安評価(SUDS)の得点の推移を条件間で比較したものである．SUDS の得点（4 回の平均）について，注意誘導なし+VR なし条件の平均は 42.6($SD=27.9$)，注意誘導なし+VR あり条件の平均は 36.2($SD=29.2$)，注意誘導あり+VR なし条件の平均は 38.6($SD=28.4$)，注意誘導あり+VR あり条件の平均は 45.9($SD=25.8$)であった．三要因分散分析を行なった結果，注意誘導要因の主効果が有意でなく ($F(1,72)=0.196, p=0.659, \eta_p^2=0.003$)，VR 要因の主効果が有意でなく ($F(1,72)=0.004$, p = 0.947, $\eta_p^2=0$)，経過時間要因の主効果が有意であった ($F(3,216)=4.718, p=0.003, \eta_p^2=0.062$)．また一次の交互作用については，注意誘導要因・VR 要因が有意でなく ($F(1,72)=1.174, p=0.282, \eta_p^2=0.016$)，注意誘導要因・経過時間要因が有意でなく($F(3,216)=1.136, p=0.335, \eta_p^2=0.016$)，VR 要因・経過時間要因が有意でなかった ($F(3,216)=0.255, p=0.857, \eta_p^2=0.004$)．二次の交互作用は有意でなかった ($F(3,216)=1.081, p=0.358, \eta_p^2=0.015$)．有意性を示した経過時間要因の主効果について，Bonferroni の多重比較 を行った結果，2 回目の平均 44.118 が 4 回目の平均 37.711 よりも有意に大きいことが見いだされた ($t(75)=3.568$, p=0.003).

Figure5　練習中の不安(SUDS)得点の推移の条件間比較



練習中の SUDS(4 回の平均値)，臨場感，及び PSAS, FNE, STAI の減少量(プレ - ポスト)について相関分析を行った．臨場感の項目は VR あり+注意誘導なし条件と VR あり+注意誘導あり条件のみを対象とした. その結果, SUDS については, STAI の評価との相関係数は 0.55 で, 中程度の正の相関が見られ($p<.001$)，PSAS, FNE との相関は見られなかった(PSAS：r = -.02，FNE：r = -.09)．臨場感についてはいずれも相関が見られなかった(PSAS：r = -.23，FNE：r = -.25，STAI = -.04).

考察

まず，H1 について検討する．PSAS について，全体としてプレポストでスピーチ不安の程度が下がってい

るが，条件間での差は見られなかった．FNE についてはプレポスト間で変化が見られなかった．STAI については全体としてプレポスト間で不安の程度が下がったが, 条件間での差は見られなかった. 以上の結果について，今回は 1 度の練習でかつ，すべての条件でプレゼンの練習を行っているため，条件間での差が大きく出なかった可能性がある. 通常, 曝露療法は複数回のセッションで行うものであるため，継続的な練習の効果について検討する必要があるだろう．

H2 について，全体として練習中の不安は中盤から後半にかけて低下する傾向が見られたが，練習中の不安の高さについて条件間で差は見られなかった．この結果から，仮想聴衆がスピーチ不安を掻き立てられていないと考えられる．これについて仮想聴衆との対人的な相互作用がないこと影響も考えられるだろう．また，SUDS 得点の標準偏差が 25 以上であり，個人差の要因も考慮する必要がある．

H3 について，SUDS と STAI のプレポストでの変化量との間に中程度の正の相関が見られ，練習中の不安が高いと, 本番での不安が低下することが示された. 一方で，PSAS と FNE については SUDS と相関は見られず，臨場感はいずれの指標とも相関が見られなかった．また，SUDS と臨場感との間に相関も見られなかったことから，(Price, 2007)と反する結果であった．この点については，課題の難易度が関連していると考えられる. 課題に割り当てる認知資源が大きいと, 周りの環境へ割り当てる認知資源が少なくなり，臨場感が下がると考えられている(Nash et al, 2000)．本実験で扱った即興でのプレゼンは難易度が高く，不安を高めるほどの臨場感を感じられなかったと考えられる．

今回，VRET 中の注意誘導がスピーチ不安に与える影響について検討した. 結果, スピーチ不安と本番での不安は練習前後で低減したが，条件間で差は見られなかった．社交不安は全ての条件で変化しなかった．また，練習中の不安が本番での不安の低減と相関することがわかった．一方，VR 環境の臨場感と練習中の不安に相関がなく，この要因には課題の難易度の影響が考えられた. また, 条件間で練習中の不安で差がなかったことについて，今後は臨場感だけでなく VR 環境における聴衆アバターとの対人的な相互作用が発表者に与える影響など多角的な視点から調査する必要がある．その際，比較的低次な認知的インタラクションの問題を基盤に，理論的な枠組みを整備していくことが必要となるだろう. そして, 理論的な枠組みに基づいてスピーチ不安に役立つシステムを検討していきたい.

謝辞

本研究は一部，立命館大学グローバルイノベーション機構(R-GIRO)による助成を受けた．ここに感謝の意を記したい.

文献

American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). American Psychiatric Association.

Anderson, P. L., Price, M., Edwards, S. M., Obasaju, M. A., Schmertz, S. K., Zimand, E., & Calamaras, M. R. (2013). Virtual reality exposure therapy for social anxiety disorder: A randomized controlled trial. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *81*(5), 751-760. https://doi.org/10.1037/a0033559

Bartholomay, E. M., & Houlihan, D. (2016). Public speaking anxiety scale: Preliminary psychometric data and scale validation. Personality and Individual Differences, *94*, 211-215. https://doi.org/10.1016/j.paid.2016.01.026

Bouchard, S., Dumoulin, S., Robillard, G., Guitard, T., Klinger, É., Forget, H., Loranger, C., & Roucaut, F. X. (2017). Virtual reality compared with in vivo exposure in the treatment of social anxiety disorder: A three-arm randomized controlled trial. *The British Journal of Psychiatry*, *210*(4), 276-283. https://doi.org/10.1192/bjp.bp.116.184234

Clark, D. M., & Wells, A. (1995). A cognitive model of social phobia. In R. G. Heimberg, M. R. Liebowitz, D. A. Hope, F. R. Schneier (Eds.), *Social Phobia: Diagnosis, assessment, and treatment* (pp.69-93). The Guilford Press.

Nash, E. B., Edwards, G. W., Thompson, J. A., & Barfield, W. (2000). A Review of Presence and Performance in Virtual Environments. *International Journal of Human–Computer Interaction*, *12*(1), 1–41. https://doi.org/10.1207/S15327590IJHC1201_1

National Institute for Health and Care Excellence (2013). Social anxiety disorder: Recognition, assessment and treatment. NICE. Retrieved July 20,2023,from https://www.nice.org.uk/guidance/cg159

Owens, M. E., & Beidel, D. C. (2015). Can virtual reality effectively elicit distress associated with social anxiety disorder. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, *37*, 296-305.

Price, M., & Anderson, P. (2007). The role of presence in virtual reality exposure therapy. Journal of Anxiety Disorders, *21*(5), 742-751. https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2006.11.002

笹川 智子・金井 嘉宏・村中 泰子・鈴木 伸一・島田 洋徳・坂野 雄二(2004). 他者からの否定的評価に対する社会的不安測定尺度(FNE)短縮版作成の試みー項目反応理論による検討ー 行動療法研究, *30*(2), 87-98. https://doi.org/10.24468/jjbt.30.2_87

清水 秀美・今栄 国晴(1981). STATE-TREAT ANXIETY INVENTORY の日本語版(大学生用)の作成 教育心理学研究, *29*(4), 62-67. https://doi.org/10.5926/jjep1953.29.4_348

吉永 尚樹・清水 栄司(2016). 社交不安障害(社交不安症)の認知行動療法マニュアル 不安症研究, *7*, 42-93. https://doi.org/10.14389/jsad.7.Special_issue_42

瞳孔反応に対する検索依存性について：再認記憶におけるトップダウン検索に着目した実験的検討

Task Dependence on Pupillary Responses Experimental Investigation from top-down retrieval in Recognition Memory

大石 充希[†]，林 勇吾[‡]
Mitsuki Oishi, Yugo Hayashi

[†] 立命館大学大学院人間科学研究科，[‡] 立命館大学総合心理学部
[†] Graduate School of Human Science, Ritsumeikan University
[‡] College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University
[†] cp0095pf@ed.ritsumei.ac.jp [‡] yhayashi@fc.ritsumei.ac.jp

概要

近年，長期記憶において瞳孔反応が課題に依存することが確認されている．しかし，この課題依存性の原因である検索の違い(ボトムアップとトップダウン)に関する検討は十分でない．本研究では両検索を促すことができる fan 課題に着目し，トップダウン検索における情報量の多さに対する瞳孔反応を検討した．結果として，情報量の多さに対する認知負荷により瞳孔が散大した．今後は，ボトムアップ検索で検討された瞳孔散大を本研究手法から調べていく．

キーワード：瞳孔計測, fan 課題, トップダウン検索

1. はじめに

瞳孔径が長期記憶における記憶の強さに反応することは新旧効果として確認されている．新旧効果とは学習の有無を判断する再認課題において，非学習刺激よりも学習刺激で瞳孔が散大する現象(Vo et al, 2008)である．Otero et al(2011)は，意味処理のような深い符号化では知覚情報への処理といった浅い符号化に比べて，再認判断時の瞳孔が散大することを示した．また，Siefert et al.(2024)は単純な記憶の強さだけでなく，記憶内における視空間的文脈(色や位置情報)にも瞳孔が反応することを示した．記憶内における文脈情報の参照量に伴う瞳孔散大は synergistic ecphory(Tulving, 1972)というプロセスに対する瞳孔の役割を新たに示唆する結果であった．synergistic ecphory とは，エピソード記憶を想起する際に外部刺激から適切な情報を抽出し，記憶された利用可能な情報と組み合わせる相互作用的なボトムアッププロセスのことである．

上記の通り瞳孔径と記憶の強さには正の関係が確認されているが，負の関係も存在する．例えば，再生課題において，再生すべき情報量が単純に多い場合や同じカテゴリーに属す単語を再生し続けた際に瞳孔の散大が確認された(van Rijn et al., 2012; Johansson et al, 2018)．Siefert et al. (2024)は，この結果は知識間の干渉による弱い記憶に対して瞳孔が散大していると捉え，再認課題と再生課題が持つ記憶プロセスの違いが瞳孔と記憶の強さの関係を変化させていると考えた．具体的に，再認課題においては外部刺激と利用可能な記憶情報の相互作用的なボトムアップ検索に，再生課題では記憶情報そのものを生成する努力的なトップダウン検索に依存するという．また，2 つの記憶プロセスの相対的な重要性による瞳孔役割の変化はどのような記憶パラダイムにおいても成り立つことが推察される(Siefert et al, 2024)．

記憶プロセスと瞳孔反応の関係性は最近になり焦点が当てられ，実験的検討は十分でない．例えば，パラダイムや心理的要因において統制されておらず，記憶プロセスの相対的な重要性による瞳孔への影響は不明瞭である．そこで，本研究では，先行研究(Siefert, et al, 2024; van Rijn et al., 2012)において共通して注目される情報量に対する記憶プロセスの交絡に着目し，記憶プロセスと瞳孔反応の関係性を捉えていく．

fan 課題はこの目的を達成するにあたり有用だと考える．情報量の多さがもつ再認判断への影響には抑制効果と促進効果が fan 課題を通して確認されており，それぞれの効果が各記憶プロセスと対応づくことが考えられるからだ．fan 課題では概念の連想数(fan)が異なる複数の文を記憶することが求められ，連想数の多い概念を含む文ほど干渉が大きく，反応時間は増加する(Anderson., 1974)．この連想数に伴う干渉は活性化拡散モデルで説明される．具体的には，主語と述語に対応するノードが活性化し，さらに関連ノードへの均一な活性化が生じる．そのため，リンクの数が増加することによりノード一つ当たりの検索時間が増加し，反応時間も増える．しかし，連想数が多いほど手掛かりの増

加に伴い反応時間は短くなることも示されている (Reder & Wible, 1984). 上記の結果を踏まえて連想数に伴う抑制効果は Siefert et al. (2024)の考察における努力的なトップダウン検索に，利用可能な記憶情報が増加することに伴う促進効果はボトムアップ検索に対応すると考える. そのため, 先行研究の考察が正しければ，いずれも連想数の高さが瞳孔散大につながることが推測される．本研究は情報量の多さが持つ抑制効果と瞳孔の関係性を検討した結果を取り扱う.

fan 課題における連想数がもたらす干渉効果はワーキングメモリ容量(WMC: Working Memory Capacity)や符号化方略によって変化する．本研究はそれらの要因を考慮して fan 課題を瞳孔から評価する．WMC がもたらす干渉効果への影響は，WMC の差が注意資源の分配能力の差異と関連しているため生じるとされている(Bunting et al., 2004)．また，符号化方略においては符号化時に記憶されるメンタルモデルの数が記憶想起に影響を与えるとされている(Radvansky & Zacks., 1991). 例えば，単一の場所が複数のものと関連している場合と単一のものが複数の場所と関連している場合では後者の方が情報の統合は難しい. なぜなら, 前者は符号化時に物と場所に関して 1 つのメンタルモデルを作ればよいが，後者は場所ごとの複数のメンタルモデルを作る必要があり, 干渉の影響を強く受ける. 本実験では前者を単一場所条件，後者を複数場所条件とする.

本研究では，情報量に対するトップダウン検索に伴う瞳孔反応について検討していく．具体的にはトップダウン検索における干渉効果と瞳孔径の関連について, WMC と符号化方略を実験に取り入れ確認する. 実験条件は WMC を参加者間要因, 符号化方略が含まれた fan の大きさを参加者内要因とした 2 要因混合計画で行う. 仮説としては fan が大きくなるほど瞳孔が散大する (H1)，複数場所条件において瞳孔が散大する (H2), WMC が低い人ほど fan の増加が瞳孔の散大をもたらすこと (H3)が考えられる.

2. 方法

2.1. 実験参加者

立命館大学生 42 名(女性 : 30 名，男性 : 12 名) が実験に参加した．実験参加者の半数は WMC 高群，残り半数を WMC 群とした．実験参加者は学内のシステムを使って募集した.

2.2. 装置

実験装置は，実験用 PC・60Hz で動作する Tobii Pro nano(トビー・テクノロジー株式会社)によって構成される．実験用 PC 内部では，実験参加者が行う fan 課題と日本語オペレーションスパンテストのプログラムを動作させる．fan 課題は JavaScript を，オペレーションスパンテストは小林・大久保 (2014)が Java を用いて構築したプログラムを利用した．実験は遮光カーテンを取り付けた実験室で実施した.

2.3. 刺激

「ものが場所にある.」という 24 の学習文が 15 のもの単語と場所単語をランダムに組み合わせて作成された．また同じ単語を用いて同数の非学習文を作成した．上記の学習文・非学習文では文間における単語の重複度が設定されており，この連想数が干渉の程度に対応している．具体的には，3 つの条件を用意した．1 つ目がもの単語と場所単語いずれも重複のない fan 低条件，2 つ目がもの単語の重複はなく，場所単語の重複が 3 つある単一場所条件，3 つ目が場所単語の重複はなく，もの単語の重複が 3 つある複数場所条件である．文の作成には大学生 26 名に対して行ったアンケート調査の結果を利用した.

2.4. 手続き

実験は fan 課題(学習セッションと再認記憶課題)とオペレーションスパンテストを行った．学習セッションでは実験参加者に 24 の文に対して確認テストに通過できるような暗記を求めた．確認テストは学習項目で使われていた 15 のもの単語と 15 の場所単語に関する計 30 個の手がかり再生テストを行った．再認記憶課題では，画面中央部に 1 つずつ提示される 48 個の単語組が学習項目か非学習項目かをキー押しで判断させた．また，瞳孔径を個人で比較できるようにベースラインの瞳孔径からの変化率を算出した．ベースラインは刺激が提示される前の 200ms 間の平均瞳孔径とした．オペレーションスパンテストは練習段階と本番段階から構成されており，記憶課題(記銘課題と再生課題)と計算課題，2 つの複合課題からなる練習段階ののちに本番段階として複合課題を行わせた．再生課題において提示された文字を選択する際に提示された順で選ぶよう求めた．複合課題では記憶課題における記銘

と計算課題を 2~7 回繰り返し，その後，再生課題が行われた．繰り返し回数の 6 パターンはランダムな順で 1 回ずつ提示され，この 6 試行を 1 ブロックとし，3 ブロック計 18 試行が行われた．計算課題においては正解率を 85%以上で維持するように伝えた．

2.5. 実験計画

参加者間要因として 2 種類の WMC(低・高)，参加者内要因として符号化方略を含む 3 種類の fan(低・高(単一場所条件・複数場所条件))からなる 2(WMC の程度)×3(fan の程度)の 2 要因混合計画である．従属変数は瞳孔変化率の平均，ピーク値後の瞳孔変化率とした．

2.6. 分析

WMC(小・大)と fan 数(低・高(単一場所条件・複数場所条件))の組み合わせごとに瞳孔変化率の平均値，ピーク値後の瞳孔変化率の比較を行った. Fan 数が低い文はもの単語と場所単語が 1 対 1 で組み合わせたものであり，高い文は 3 対 1(単一場所条件)か 1 対 3(複数場所条件)で組み合わせたものである．ベースラインの瞳孔径からの変化率を算出し, 2 要因混合要因の分散分析を行った．ベースラインは刺激が提示される前の 200ms 間の平均瞳孔径とした．瞳孔データの前処理として 2mm を下回るもしくは 8mm を上回る瞳孔径データ，2 点前 (1/30 秒前) の計測データと比べて 0.1mm 以上異なるデータ点はアーチファクトとして消去した．さらに, 誤再認, 瞳孔データを適切に得ることが出来なかった実験参加者 2 名は分析から外した．WMC が小さいデータとしてオペレーションスパンテストの成績が下位 50%，大きいデータとして上位 50%とした．低群と高群の平均値は 55.15 点, 71.80 点で, 標準偏差は 7.54, 3.11 であった.

3. 結果

Figure1 は条件ごとの瞳孔変化率に対する平均を示したグラフである．2 要因混合要因の分散分析を行った結果，fan の主効果のみが有意($F(2,76)=5.952$, $p<.01$, $\eta_p^2=0.135$)であった．Bonferroni 法を用いた多重比較を行った結果，fan1 の平均 1.041 が複数場所の平均 1.056 よりも有意に小さく ($t(39)=3.118$, $p<.01$)，単一場所の平均 1.048 が複数場所の平均 1.056 よりも有意に小さい傾向があった ($t(39)=2.42$, $p<.1$).

Figure 1 条件ごとの瞳孔変化率の平均． エラーバーは標準誤差を示す．+は p<.1 **は p<.01 を示す.

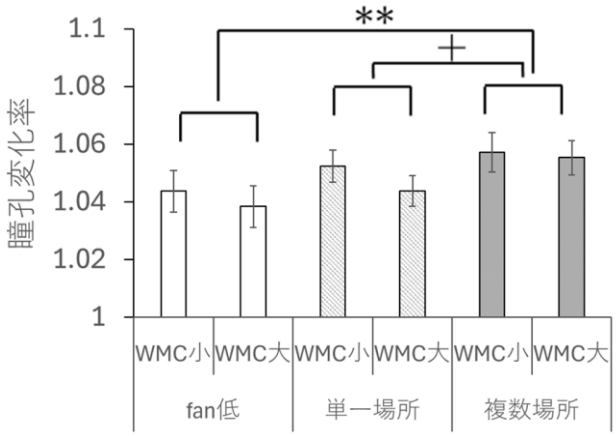
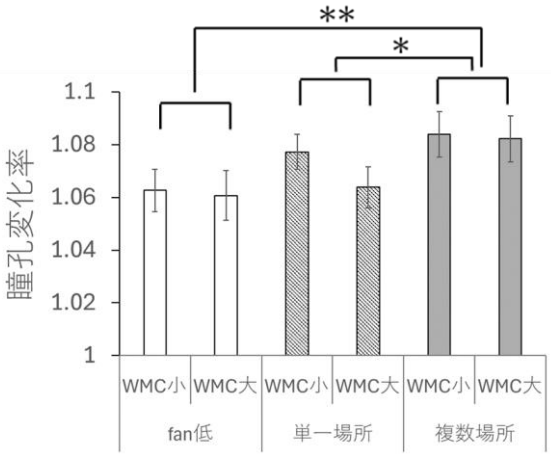


Figure 2 は条件ごとのピーク値後の瞳孔変化率の平均を示したグラフである．2 要因混合要因の分散分析を行った結果，fan の主効果のみが有意($F(2,76)=6.427$, $p<.01$, $\eta_p^2=0.145$)であった．Bonferroni 法を用いた多重比較 (α=0.05, 両側検定) を行った結果，fan 低の平均 1.062 が複数場所の平均 1.083 よりも有意に小さく ($t(39)=3.133$, $p<.01$)，単一場所の平均 1.07 が複数場所の平均 1.083 よりも有意に小さかった($t(39)=2.694$, $p<.05$).

Figure 2 条件ごとのピーク値後の瞳孔変化率の平均． エラーバーは標準誤差を示す． *は p<.05, **は p<.01 を示す.



考察

本研究は再認課題において再認課題時の連想数の多さが持つ効果と瞳孔反応の関係を検討することが目的

である．結果として，H1 と H2 が支持された．この結果から再認課題においても，同じ手掛かりから多くの記憶を思い出せる干渉効果の高い条件で瞳孔が大きくなることが示された．瞳孔が反応した理由として以下のメカニズムが考えられる(Johansson et al., 2018)．瞳孔は青斑核からのノルエピネフリンの放出と密接に関与しており，LC-NE 系は前頭前皮質を含む認知制御系に影響を与える. そして, 複数の情報からの選択が生じる競合状態において前帯状皮質からの投射が青斑核と前頭前皮質の反応性を同時に増加させるため，本研究において瞳孔が散大したとされている. また, 補足的な結果として Figure2 からメンタルモデルのような記憶表象に対しても瞳孔が反応することが示唆された.

本研究にて fan 課題における干渉効果に瞳孔が反応することが明らかとなった．これまでの再認研究(McLaughlin et al., 2022; Montefinese et al., 2018)では干渉と瞳孔の関係性は十分に確認されなかったことを踏まえると本研究結果は意外かもしれない．一つの要因として 2 重過程モデルが考えられる．fan 課題は，特に回想性(recollection)に基づいた処理が主であり，親近性(familiarity)の性質は少ないように思われる．回想性とは記憶項目を学習したときの詳細を想起することであり，親近性は学習時の詳細まで想起することはできないが学習したことは認識できることを表している．そのため，十分に学習する時間が与えられる fan 課題では，数秒の学習しか行われない再認研究に比べて回想性を持った判断が多くなることが考えられる．そのため、トップダウン検索が高まり、情報量の多さが干渉を引き起こすことで、瞳孔が散大したと推測する.

今後は, 先行研究に則り, ボトムアップ検索を高めた fan 課題に対して瞳孔から評価し，Siefert et al. (2024)が示した利用可能な情報量の増加が瞳孔を散大させることを調べる． 2 種類の記憶プロセスがもたらす瞳孔への影響を再認判断時の情報量という 1 つの要因から捉えることで，記憶プロセスに応じて瞳孔反応の原因が変わることを実験的に示せると考える.

4. まとめ

本研究ではトップダウン検索がもたらす情報量に対する瞳孔反応を検討した．結果的に，トップダウン検索の性質が強いとされる再生研究と同様に再認課題においても記憶間の干渉に対して瞳孔が反応した．今後は，同じ課題を用いて，ボトムアップ検索がもたらす情報量に対する瞳孔反応を検討する.

謝辞

本研究は一部，立命館大学グローバルイノベーション機構(R-GIRO)による助成を受けた．ここに感謝の意を記したい.

引用文献

Anderson, J. R. (1974). Retrieval of propositional information from long-term memory. *Cognitive Psychology*, *6*, 451–474. https://doi.org/10.1016/0010-0285(74)90021-8

Bunting, M. F., Conway, A. R.A., & Heitz, R. P. (2004). Individual differences in the fan effect and working memory capacity, *Journal of Memory and Language*, *51*, 604-622. https://doi.org/10.1016/j.jml.2004.07.007

Johansson, R., Pärnamets, P., Bjernestedt, A., & Johansson, M. (2018). Pupil dilation tracks the dynamics of mnemonic interference resolution. *Scientific Reports*, *8*. https://doi.org/10.1038/s41598-018-23297-3

小林 晃洋・大久保 街亜 (2014).日本語版オペレーションスパンテストによるワーキングメモリの測定 心理学研究, *85*, 60-68. https://doi.org/10.4992/jjpsy.85.60

McLaughlin, D. J., Zink, M. E., Gaunt, L., Brent, Spehar, Van Engen, K. J., Sommers, M. S., & Peelle, J. E. (2022.) Pupillometry reveals cognitive demands of lexical competition during spoken word recognition in young and older adults. *Psychon Bull Rev, 29*, 268-280. https://doi.org/10.3758/s13423-021-01991-0

Montefinese, M., Vinson, D., & Ambrosini, E. (2018). Recognition memory and featural similarity between concepts: The pupil's point of view. *Biological Psychology*, 135, 159–169. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.04.004

Otero, S. C., Weekes, B. S., & Hutton, S. B. (2011). Pupil size changes during recognition memory. *Psychophysiology*, *48*, 1346-1353. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01217.x

Radvansky, G. A., & Zacks, R. T. (1991). Mental models and the fan effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *17*, 940–953. https://doi.org/10.1037/0278-7393.17.5.940

Reder, L.M., & Wible, C. (1984). Strategy use in question-answering: Memory strength and task constraints on fan effects. *Memory & Cognition*, *12*, 411–419. https://doi.org/10.3758/BF03198302

Siefert E. M., He, M., Festa, E. K., & Heindel, W. C. (2024). Pupil size tracks cue-trace interactions during episodic memory retrieval. *Psychophysiology*, *61*. 10.1111/psyp.14409

van Rijn, H., Dalenberg J. R., Borst J.P., & Sprenger S.A. (2012). Pupil dilation co-varies with memory strength of individual traces in a delayed response paired-associate task. *PLoS One*, *7*. 10.1371/journal.pone.0051134

Vo, M.L., Jacobs, A.M., Kuchinke, L., Hofmann, M., Conrad, M., Schacht, A., Hutzler, F. (2008). The coupling of emotion and cognition in the eye: introducing the pupil old/new effect. *Psychophysiology*, *45*, 130–140. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00606.x

ハノイの塔を用いた問題解決におけるプロテウス効果に関する実験的検討：課題解決パフォーマンスと動機づけとの関係

An Experimental Study of the Proteus Effect in the Tower of Hanoi: Relationships Between Task Performance and Motivation

肖 楠[†],林 勇吾[‡]

Xiao Nan, Yugo Hayashi

[†]立命館大学大学院人間科学研究科, [‡]立命館大学総合心理学部

[†]Graduate School of Human Science, Ritsumeikan University

[‡]College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University

[†]gr0630sv@ed.ritsumei.ac.jp [‡]yhayashi@fc.ritsumei.ac.jp

概要

Banakou ら（2018）の研究では, VR 空間における自分のアバターに対して持つ印象が内的動機付けや課題の成績に影響を与えることが示されている. これまで, プロテウス効果に関する研究では, アインシュタインなどの科学者のアバターが主に使用されているが, 高次の認知情報処理を有する課題のパフォーマンスにどのように影響を与えるのかというメカニズムは未だに解明されていない. そこで, 本研究では, アインシュタインのアバターによる, ハノイの塔課題に取り組む際の実験参加者の印象評価と内的動機付けへの影響を検討した. その結果, アバターに対して実験参加者の印象評価と関係なく, 成績が向上することが示された.

キーワード:バーチャルリアリティー, プロテウス効果, ハノイの塔

1. はじめに

近年,バーチャルリアリティー（Virtual Reality: VR）と人間とのインタラクションが心理学領域で研究されている.VR では,ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を通して第一人称視点で見た仮想体（アバター）を,実際の体の様に感じさせる.また,実験参加者の体の動きはリアルタイムでアバターにマッピングされる.VR 内では,アバターを実際の身体と認識する身体所有感の錯覚が起きる（Slater et al., 2010）.身体所有感の錯覚とは,個人が自分の身体または身体の一部ではないものを自分の身体の一部と認識する心理的な現象である.現在,身体所有感はバーチャルリアリティー（VR）や拡張現実（AR）の文脈で研究されている.過去の研究では,身体所有感の錯覚が,認知や行動に影響を与えることが報告されている.例えば,アバターの利用は使用者の内的動機付けを変えることがある（Birk et al., 2016）.また,Yee & Bailenson（2007）により,実験参加者の行動はアバターの特徴に影響を受けることを報告している.これらの研究によれば,アバターにおける身体所有感の錯覚が単なる感覚的な現象にとどまらず,人の態度や行動にも影響を及ぼす効果があることを示唆している.アバターが実験参加者の態度や行動に与える影響をプロテウス効果と呼ぶ(Yee & Bailenson, 2007).

プロテウス効果とは,仮想環境（例：ビデオゲームや仮想現実）内での実験参加者のアバターの特性が,実験参加者の行動や態度にどのように影響を与えるかに関する概念である.この概念は,実験参加者が自分のアバターの外見や属性を変更することで,そのアバターに合わせた行動や態度に変容することを示している.Lee & Bailenson（2014）の研究において,プロテウス効果の理論が拡張され,アバターに対するステレオタイプも実験参加者の行動や能力に影響を与えることが明らかになった.その上,プロテウス効果はアバターの特徴の一部をユーザに投影し,それによってユーザの課題におけるパフォーマンスに影響を与えることが指摘された.例えば Leung et al.（2021）のプロテウス効果によれば,実験参加者が実際の身長より高いアバターを利用する時,「身長が高い人はより強い」のステレオタイプにより自尊心が一時的に上昇した.また,プロテウス効果によって,空間高次の認知情報処理を有する課題（Steed et al., 2016）と記憶課題（Goldin-Meadow et al., 2001）のパフォーマンスが高くなることが分かった.

さらにアインシュタインのイメージをキャラクターとして用いたアバターの検討がある.アインシュタインは一般的に著名な科学者として認識されている.Banakou ら（2018）の研究では,アインシュタインに対するステレオタイプを利用して検討している.実験の結果,アインシュタインのアバターを用いることによって,ハノイの塔課題においてパフォーマンスが高くなることが示された.同時に Birk ら（2016）の研究によれば,「私はこの人になりたい」,「この人は私にとって理想的な人」などの質問が含まれている印象評価のアンケートが使用されて,実験参加者は印象評価（Wishful）が高いアバターを使用する際も,内発的動機づけが高まり,課題におけるパフォー

マンスが上昇することが示された.印象評価による内的動機付けの変化はプロテウス効果が課題のパフォーマンスに影響を及ぼす原因なのかがこれまでのプロテウス効果に関する研究でまだ検討されていない.

上記の背景を踏まえて,本研究では,仮想現実内のアバターの外見によるプロテウス効果が,問題解決課題にどのような影響を及ぼすのかを検討する.具体的には,ハノイの塔課題に取り込む間に,アバターの印象評価において実験参加者の内的動機付けがどう変化していくか.また,課題に向けてパフォーマンスが内的動機付けによりどう変わるのかを検証する.

本研究の仮説としてアインシュタインアバターのプロテウス条件では自分のアバターを利用する非プロテウス条件と比較して,ハノイの塔課題の試行回数がより少ないと期待される(H1).アバターのイメージについて,プロテウス効果条件では自分のアバターを利用する非プロテウス条件と比較して,印象得点（Wishful）の得点がより高いと期待される(H2).モチベーション尺度について,プロテウス条件では非プロテウス条件と比較して,楽しさと努力の得点がより高いと期待される(H3).独立変数は参加者間要因であるアインシュタインのアバターと自分のアバターの使用であり,従属変数は,ハノイの塔の試行回数,課題完成までの時間,内的動機付けとアバターの印象評価とした.

2 方法

2.1 実験参加者

実験参加者は平均年齢 19.8 歳（SD＝1.84）の立命館大学生 25 名（男性： 7 名,女性：18 名）が実験に参加した.

2.2 装置

実験装置は,実験用 PC・ヘッドマウントディスプレイ（Meta Quest2）によって構成される.実験用 PC 内部では,ハノイの塔を含む VR のプログラムが動作していた.実験参加者の目標は,ディスクを別のポールに移動させることで,制約条件を逸脱しないように,すべてのディスクを別のポールに移動させる.なお,制約条件とは,（1）一度に一つのディスクのみを移動できる,(2) 小さいディスクの上に大きいディスクを置くことはできない,(3) ディスクの上に何かある場合は,そのディスクは動かせない.実験参加者は,VR のコントローラーに反映された手でハノイの塔の課題を行う.

2.3 刺激

表示ソフトウェアは Unity を用いて開発した.実験参加者は理科教室で設定された仮想環境で,ハノイの塔に取り組んだ（Figure 1）.

実験参加者はアインシュタインのアバターと自分のアバターいずれかを使用し課題に取り組んだ.

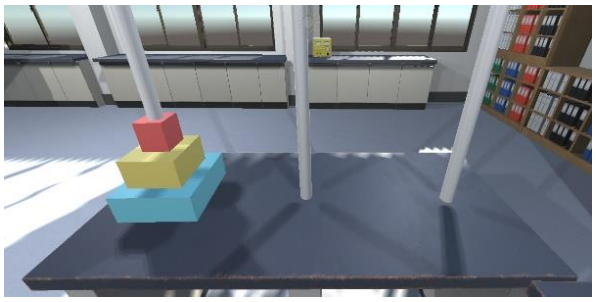


Figure 1.ハノイの塔課題

2.4 手続き

実験参加者は自分のアバターかアインシュタインのアバターのどちらかを体験させた.プロテウス条件ではアインシュタインの外見特徴を持っていて,プロテウス効果が生じやすいアバターが設定された.これに対して,非プロテウス条件ではプロテウス効果が生じしにくい一般的なアジア人の外見特徴を持っているアバターが設定された.実験参加者は 5 分間歩行して VR 空間に慣れた.5 分後,実験参加者にアバターが自分の身体と認識させるように実験参加者は最大 10 分間で簡単なものを取る練習をした.練習が完了した後,プロテウス効果が引き起こされるのかを確かめるために,実験参加者は身体所有感のアンケートを受けた.身体所有感のアンケートは 7 段階で評価され,5 項目で構成されていた.その後,ハノイの塔の課題を行った.制限時間は 5 分間だった.課題が完了したあと,5 分間の休憩があり,休憩後に Intrinsic Motivation Inventory テスト（IMI）と Player Identification Scale テスト（PIS）を受けて,実験を終了した.

2.5 従属変数

本実験の結果は課題の難易度や課題の経験により,左右される. 従って, 今回の分析から, ハノイの塔課題を知っている実験参加者のデータを除外した.本研究は実験参加者の行動データ,ハノイの塔のパフォーマンス（試行回数と所用時間）を測定した.IMI は実験参加者のモチベーションを測定するため,7 段階のリッカート式の 12 項目で構成されている.PIS テストで実験参加者のアバターのイメージ（Wishful）を評価してもらった.PIS は 7 段階 5 項目で構成されていた.

アバターが内発的動機づけを通じて課題の成績にどのように影響するかに関する先行研究では,Intrinsic Motivation Inventory (IMI) と Player Identification Scale（PIS） が使用された.PIS は,アバターの印象に関して実験参加者が「どれくらいそのアバターの人物になりたいと思うか」を調査するための質問で構成されている.IMI は ,enjoyment,effort,tension 、

competence の４つの構成要素で定義されている.先行研究により,enjoyment,effort,tension の三つの要因がアバターの印象と関連していることがわかっている.enjoyment は課題中の楽しさを意味し、effort は課題に入れる力を意味する.最後に、tension は負の要因として,課題中に感じたプレッシャーを表す.

2.6 分析

全てのデータは Shapiro-Wilk 検定により,正規分布を仮定できることで, t 検定を行った。プロテウス条件と非プロテウス条件,二つ条件でのハノイの塔の試行回数,IMI テストと PIS テストに対してそれぞれ対応のない t 検定を行った.

3. 結果

まず,課題のパフォーマンスについて, 2 つの条件でのハノイの塔の試行回数を比較した（Figure 2）. プロテウス条件でのハノイの塔の試行回数の平均値と非プロテウス条件でのハノイの塔の試行回数の平均値との間には,*5*%水準で有意な差が見られた(t(23)=-2.26,p=.016,d=.942).また, 2 つの条件でのハノイの塔の所要時間を比較した（Figure 3）. プロテウス条件でのハノイの塔の所要時間の平均値と非プロテウス条件でのハノイの塔の所要時間の平均値との間には,*10*%水準未満で有意傾向が見られて,有意な差が見られなかった(t(23) = -1.567, p = .069,d=-.809).

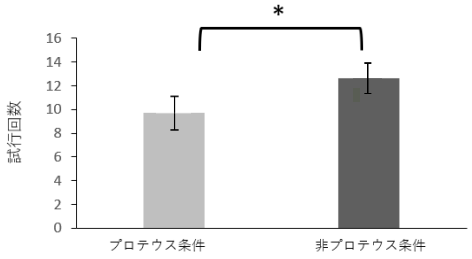


Figure 2. ハノイの塔におけるプロテウス条件・非プロテウス条件の試行回数,*は p<.05 を示す.

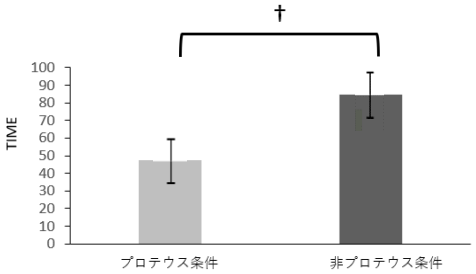


Figure 3. ハノイの塔におけるプロテウス条件・非プロテウス条件の所要時間（秒）, † は p<. 1 を示す.

プロテウス条件と非プロテウス条件での内的動機づけを比較した. プロテウス条件と非プロテウス条件との間には Enjoyment 項目（Figure 4）の差が見られなかった(t(23) = -0.529, p = .300,d=-.225). プロテウス条件と非プロテウス条件との間には Effort 項目（Figure 4）の差が見られなかった(t(23) = -0.259, p = .398,d=.113). プロテウス条件と非プロテウス条件との間には Tension 項目（Figure 4）の差が見られなかった(t(23) = -1.013, p = .161,d=-.422).

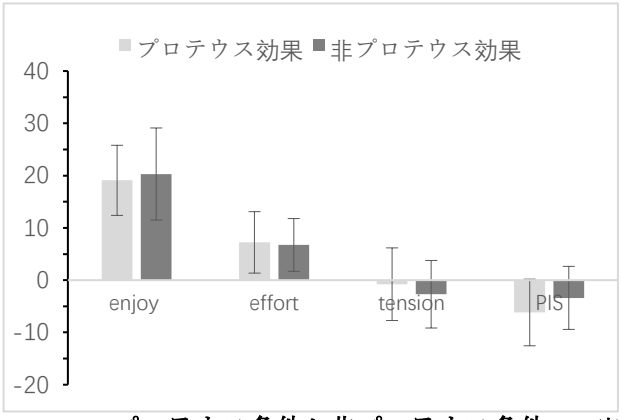


Figure 4. プロテウス条件と非プロテウス条件での実験参加者の内的動機づけ

実験参加者におけるアインシュタインアバターと自分アバターの印象評価を比較した結果(Figure 4), プロテウス条件と非プロテウス条件との間には印象評価の得点の差が見られなかった(t(23) = -1.023, p = .158,d=-.426).

4. 考察

本研究はアバターの外見が,使用者の内的動機付けと課題のパフォーマンスに与える影響に着目して検討した.H１に関して,ハノイの塔のパフォーマンスは Banakou et al.（2018）と同様に,プロテウス条件の方が課題に対する試行回数が少なく,パフォーマンスが高いと示された.しかし,IMI と PIS テストの結果では,プロテウス条件で使用者の内発的動機は高まらず,プロテウス非条件とプロテウスアバター条件との間に印象評価の差が見られなかった（H2 と H3）.即ち,実験参加者のパフォーマンスとアバターの印象や内的動機付けとの関連性が低いことが示された.今回の実験結果によれば,アバターは確かに実験参加者の課題のパフォーマンスに影響を及ぼすが, アバターの印象評価と実験参加者の内的動機付けはプロテウス効果がパフォーマンスに影響する媒介変数ではないことが示された.ハノイの塔のパフォーマンスに関して今回の実験参加者は大学生によって, 課題の難易度に関連している可能性がある. 一部の実験参加者は,アルゴリズム的アプローチを用いて, サブゴールを設定し系統的にディスクを移動させる方法を採用しているが,他の参加者はランダムな動きや試行錯誤などのより探索的な方法で問題を解決することもある.本実験の予定人数に満たしていなかったと同時に,本実験は Birk ら（2016）の研究を参考にしてアンケート調査をハノイの塔課題を行った後に実施したため,IMI と PIS の結果はハノイの塔課題のパフォーマンスに影響された可能性がある.今後,異なるアバターが参加者の問題解決戦略のタイ

プにどのように影響するかを調査する.例えば,エインシュタインのようなアバターを使用する実験参加者は,認知的向上が認識されるため,アルゴリズム戦略をより多く用いる傾向があるかどうかを検討する.

5. まとめ

バーチャルリアリティーと人間とのインタラクションが研究されている.本研究の目的では,仮想現実におけるプロテウス効果が問題解決課題にどのような影響を及ぼすのかを検討した.先行研究では,使用者にとって印象評価が高いアバターを使用する場合,内発的動機付けが高まり,結果として成績が向上するとされていた.これはプロテウス効果が成績に影響を与える一つの経路である可能性があると考えられる.しかし,本研究の結果によると,使用者の印象評価と関係なく,アバターによって,使用者の成績は向上することが示された.今回の研究はプロテウス効果の仕組を解明できなかったが,課題の取り込みがアンケート調査の結果に影響を与える可能性がある.今後,プロテウス効果がどの認知プロセスで使用者のパフォーマンスを影響するのかを明らかにするために,実験の手続きを変えて,またアバターの印象や内発的動機付け以外の要因を検討する.

文 献

Banakou, D., Kishore, S., & Slater, M. (2018). Virtually being Einstein results in an improvement in cognitive task performance and a decrease in age bias. *Frontiers in Psychology*,9,917. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00917

Birk, M. V., Atkins, C., Bowey, J. T., & Mandryk, R. L. (2016). Fostering intrinsic motivation through avatar identification in digital.In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2982-2995). https://doi.org/10.1145/2858036.2858062

Goldin-Meadow, S., Nusbaum, H., Kelly, S.D., Wagner, S. (2001). Explaining math: Gesturing lightens the load. *Psychological science, 12*(6), 516-522. https://doi.org/10.1111/1467-9280.00395

Lin, J. H. T., Wu, D. Y., & Yang, J. W. (2021). Exercising with a six pack in virtual reality: Examining the proteus effect of avatar body shape and sex on self-efficacy for core-muscle exercise, self-concept of body shape, and actual physical activity. *Frontiers in Psychology*, 12, 693543. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.693543

Lee, J. E. R., Nass, C. I., & Bailenson, J. N. (2014). Does the mask govern the mind?: Effects of arbitrary gender representation on quantitative task performance in avatar-represented virtual groups. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, *17*(4), 248-254. https://doi.org/10.1089/cyber.2013.0358

Leung, G. Y., Ng, A. K., & Lau, H. Y. (2021). Effect of height perception on state self-esteem and cognitive performance in virtual reality. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 172-184). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77932-0_15

Slater, M., Spanlang, B., Sanchez-Vives, M. V., & Blanke, O. (2010). First person experience of body transfer in virtual reality. *PloS one*, *5*(5), e10564. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010564

Steed, A., Pan, Y., Zisch, F., Steptoe, W. (2016). The impact of a self-avatar on cognitive load in immersive virtual reality. In *2016 IEEE virtual reality (VR)* (pp. 67-76). IEEE. https://doi.org/10.1109/VR.2016.7504689

Yee, N., & Bailenson, J. (2007). The Proteus effect: The effect of transformed self-representation on behavior. *Human Communication Research*, *33*(3), 271-290. https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2007.00299.

シルエット錯視の認識における視線位置と視線移動の影響について
Effect of sight position and eye movement on the silhouette illusion

別荘 貴信[†]，小堀 聡[‡]
Takanobu Bessho, Satoshi Kobori

[†]龍谷大学大学院理工学研究科，[‡]龍谷大学先端理工学部
[†]Graduate School of Science and Technology, Ryukoku University, [‡]Faculty of Advanced Science and Technology, Ryukoku University
t23m014@mail.ryukoku.ac.jp

概要

シルエット錯視においては女性ダンサーの回転方向（時計回りまたは反時計回り）が切り替わることがあるが，本研究ではその回転方向の切り替わりの回数に影響を与える要因として視線位置と視線移動に着目して実験を行った．その結果，視線固定よりも視線移動の方が切り替わりが起こりやすく，また，移動の向きも上向きよりも下向きの方が切り替わりが起こりやすいことが示された．

キーワード：錯視，視覚的曖昧性，視線，視覚と運動

1. はじめに

本研究では，女性ダンサーのシルエットの図形を用いる．この図形が連続的に変化することで，女性ダンサーが回転しているように見えるが，見方によっては時計回りにも反時計回りにも見える．この多義的解釈が生じる現象をシルエット錯視という．この錯視はウェブデザイナーの茅原伸幸氏によって最初に作られたものであり，視覚的曖昧性を利用した双安定性錯視の一例である．

シルエット錯視についての研究としては，多義的解釈に観察者の身体動作が影響を与えるという報告（阿部, 2012）がある．また，反時計回りよりも時計回りに感じられる割合が高いことの理由として「上方からの視線のバイアス」(viewing-from-above bias)」を提唱している報告（Troje et al., 2010）もある．

こうした研究例を踏まえて，本研究では視線位置や視線移動（眼球運動）が主観的な回転方向の切り替わりの回数に影響を与えるのではないかと推察した．

本研究では，被験者には，ダンサーの回転がどちら向きに見えるかを答えさせる実験を実施し，そのデータを解析し，シルエット錯視の認識における視線位置と視線移動の影響について検討した．

その結果，視線固定よりも視線移動の方が切り替わりが起こりやすく，また，移動の向きも上向きよりも下向きの方が切り替わりが起こりやすいことが示された．

2. 実験の方法

2.1 実験課題

本実験では，被験者にディスプレイに表示されたシルエット錯視の画像を 120s 間提示し，ダンサーの回転がどちら回りに見えるのかをテンキーの入力により答えさせる．

刺激提示用のディスプレイの画素数は 1024×768px であるのに対して，シルエット錯視の画像のグレーの四角形の背景は 400×300px であり，画面上のサイズは 153×115mm になる．視距離が 57cm であるので，この画像は視角では縦 15°，横 12° に相当する．

本実験では茅原伸幸氏が作成したオリジナルの 34 フレームからなる画像を用いており，1 周期の 1s の間にその 34 フレームの画像を表示させている．

2.2 実験条件

21 歳から 23 歳までの大学生 16 名（男性 14 名，女性 2 名）を被験者とし，視線条件を説明変数とした実験を行う．図 1 に示した位置に視線位置を指示するマーカ（赤い十字）を表示する．

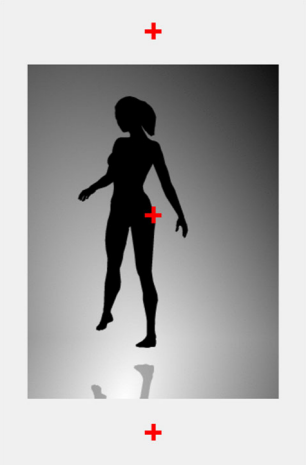


図 1　シルエット錯視における視線位置

視線条件としては，以下の 7 つの条件（大別すると，視線を固定した状態で画像を見るものと，視線を動かしながら画像を見るものの 2 種類）がある．視線を動かしながら見る条件は，さらに下→上の移動（UP 条件）と，上→下の移動（DOWN 条件）に分けられる．

A：視線位置を画像の上部に固定

B：視線位置を女性ダンサーの腰部に固定

C：視線位置を画像の下部に固定

DU：下部，腰部，上部の順に視線移動を繰り返す（それぞれの箇所で 8-4-4-1(s) 注視する．最後の 1s はマーカの表示なし．以下においても同様．）

DD：上部，腰部，下部の順に視線移動を繰り返す（それぞれの箇所で 8-4-4-1(s) 注視する．）

EU：下部，腰部，上部の順に視線移動を繰り返す（それぞれの箇所で 4-4-8-1(s) 注視する．）

ED：上部，腰部，下部の順に視線移動を繰り返す（それぞれの箇所で 4-4-8-1(s) 注視する．）

3. 解析の方法

被験者が入力したデータを用い，遷移回数を求める．遷移回数は，被験者が主観的に感じる回転方向が切り替わった回数である．さらに，それぞれの条件において，時計回り，反時計回りに見えた時間の割合も算出する．

4. 結果

遷移回数を 7 つの視線条件別に示したものが図 2，視線条件を固定と移動別に示したものが図 3 である．

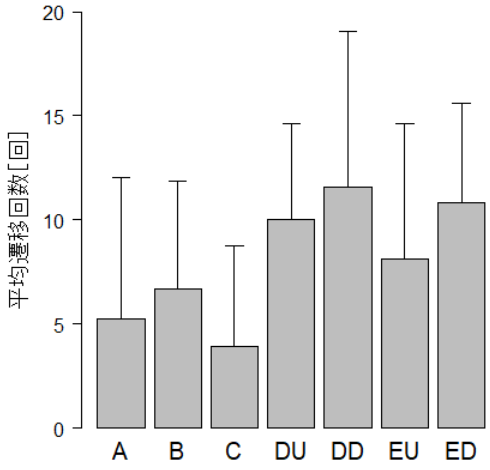


図 2　平均遷移回数（視線条件別）

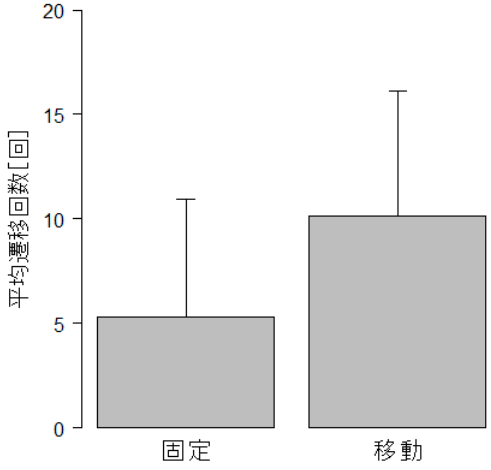


図 3　平均遷移回数（視線固定／視線移動）

図 3 より固定と移動では，移動の方が遷移回数が多い結果となった（$F(1,110) = 34.191, p < 0.001$）．図 2 より，固定条件（A，B，C）を要因とした分散分析を行ったところ，有意な主効果は認められなかった．一方で，移動条件（DU，DD，EU，DE）を要因とした分散分析を行ったところ，有意傾向が認められた（$F(3,60) = 2.795, p < 0.1$）．さらに t 検定を行ったところ，固定条件では B-C 間（$t(15) = 1.792, p < 0.05$）に，移動条件では DD-EU 間（$t(15) = 2.807, p < 0.01$），EU-ED 間（$t(15) = -2.439, p < 0.05$）に有意差が認められた．

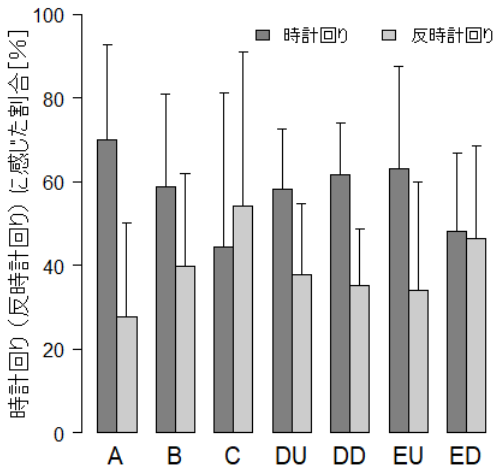


図 4　時計回りに見える割合（視線条件別）

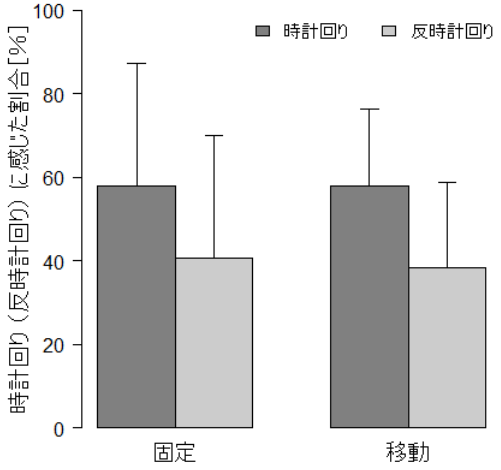


図 5　時計回りに見える割合（視線固定／視線移動）

また 7 つの視線条件別の時計回りと反時計回りに見える時間の割合を示したものが図 4, 視線条件を固定と移動別に時計回りと反時計回りに見える時間の割合を示したものが図 5 である.

図 5 より固定と移動の両方において時計回りの方が反時計回りよりも有意に割合が多かった（固定 : $t(47)=2.036$, $p<0.05$, 移動 : $t(63)=4.076$, $p<0.001$）. 図 4 より，視線条件別に見てもほとんどの場合で時計回りの方が反時計回りよりも有意に割合が多かった. しかし, C と ED に関しては有意差は認められなかった.

5.　考察

図 3 の結果から，視線を移動させながら見た方が. 視線を固定させながら見たときより回転方向が切り替わりやすくなるというのは明らかである.

固定位置による差については，本研究では分散分析の結果, 有意差は確認できなかったが, 画像の下部に視線を固定させた場合、それ以外の箇所に視線を固定させた場合に比べ，回転が切り替わりにくくなることが示唆される.

視線移動についても移動パターンによる差は本研究では確認できなかったが，t 検定の結果，DD-EU 間, EU-ED 間で有意差が見られたことから，上から下へ視線を動かしたとき（Down 条件）の方が，下から上へ視線を動かしたとき（Up 条件）より回転方向が切り替わりやすくなることが示唆される.

図 4 と図 5 より，時計回りと反時計回りの割合はおおむね 6:4 で安定している. ただし, C と ED のみは例外である. この 2 つの条件に共通していることは，画像の下部を見る時間が長いということである. 下部を見る時間が長いほど反時計回りの割合が多くなる傾向がある.

6.　おわりに

視線を移動させながら見た場合，視線を固定させて見た場合より，回転方向が切り替わりやすい.

固定位置による違いについては，画像の下部に視線を固定させた場合，それ以外の場所に視線を固定させた場合に比べ, 回転が切り替わった後, その回転方向が維持されやすいので遷移回数は少なくなる傾向がある.

視線の移動パターンによる違いについては，上部から下部（Down 条件）の方が，上部から下部（Up 条件）よりも回転が切り替わりやすい傾向がある. また, 移動の場合においても下部を見る時間が長いほど回転の切り替わりが起きやすい傾向にある.

今後の研究としては，実験結果の個人差がかなり大きいことから被験者数をさらに増やすべきという課題がある. また, 実験条件としては多義的解釈に利き手が影響を与えるという報告（朱，2012）があり，視線移動についても左右方向で差違が見られる可能性がある. そのため，視線を左から右へ動かした場合と右から左へ動かした場合を比較する実験についても実施を予定している.

文献

阿部 慶賀 (2012). 多義的図形解釈における身体動作の影響. 認知科学, *19* (2), 226-229

Troje, N., & McAdam, M. (2010). The Viewing-from-Above Bias and the Silhouette Illusion. *i-Perception*, *1* (3), 143-148

朱 寅, 伊藤 博晃, 田山 忠行 (2012). 回転刺激における両義性の知覚について. 日本心理学会第 76 回大会発表論文集

オノマトペを用いた香り識別能力向上に関する研究
Study on Improvement of Performance of Odor Discrimination Using Onomatopoeia

松倉 悠†，荻野 峻輔†，坂本 真樹†，
Haruka Matsukura, Shunsuke Ogino, Maki Sakamoto
†電気通信大学
The University of Electro-Communications
maki.sakamoto@uec.ac.jp

概要
本研究では，嗅覚識別能力を向上させるための手段の一つとして，直感的に感性の機微を表現可能なオノマトペに着目する.「ラベンダーよりもややスッキリした香り」や「ふわっとした印象が強いバラの香り」のように，細やかな香りの表現が可能になり，嗅覚感覚を向上させる効果があると期待される．本発表では，よく似ているが微妙に異なる香りを対象とし，オノマトペを用いることで香り識別能力が向上するか確認する実験を行った結果について報告する.

キーワード : 嗅覚, 香り, オノマトペ

1. はじめに

我々は様々な場面において、香りと関わりながら日常を送っている．何かの香りを嗅いでその香りを他者に伝える際には，多くの人は香りの発生源の名称を用いること（例えば、「コーヒーの香り」や「バラの香り」のように）がほとんどであり，それ以上に細やかな表現を追加することはあまりないように見受けられる．この場合，何の香りを嗅いだのか理解することはできても，香りの微細な印象までは想像できない．一方で調香師などの香りの専門家は，長年の厳しい訓練により香りを鋭敏に嗅ぎ分けることができ，専門家同士で共通認識が持てる表現を駆使して嗅いだ香りの印象を細やかに評価し，他者に伝えることができる.

本研究では，専門家が有する高度な能力を，特別な訓練なしに何らかの手段で代替し，非専門家の香りの識別能力を向上することを目指す．香りを嗅ぐ際に，事前に提示した情報の内容や香りに関する経験によって，香りの感じ方が変化するといった報告がこれまでに複数なされている[1][2][3]．本研究では，嗅覚識別能力を向上させるための手段の一つとして，直感的に感性の機微を表現可能なオノマトペに着目する．例えば，「ラベンダーよりもややスッキリした香り」や「ふわっとした印象が強いバラの香り」のように，オノマトペを添えるだけで，細やかな香りの表現が可能になり，嗅覚感覚が研ぎ澄まされるのではないかと期待される．本発表では，よく似ているが微妙に異なる香りを対象とし，オノマトペを用いることで香り識別能力が向上するか確認する実験を行った結果について報告する.

2. 実験方法

実験に先立ち，よく似ている香りを選定するために，さまざまな種類の精油を購入し，著者らが嗅ぎ比べを行った．特に香りが似ていると思われた「ラベンダー・フランス」「ラベンダー・ブルガリア」「ラバンジン・アブリアス」「ラベンダー・タスマニア」の 4 種類のラベンダー精油を，本実験で用いることとした．いずれも大別するとラベンダーの精油であり，実際に嗅いでみるとどの香りもよく似ており，区別するのが難しい．特に何も意識せずに香りを嗅いだ場合には，同じ香りであると感じてしまうこともある．しかし，香りの特徴を端的に表すオノマトペを教示した上で香りを嗅ぐことで，嗅ぎ分るべきポイントが明確になり，嗅ぎ分け能力が疑似的に向上すると期待した．なお比較のために，形容詞対評価値をヒントとして教示した場合についても同様に実験を行うことにした.

本実験では三点比較法を用いた．上述した 4 種類の精油を順に A〜D として，AAB，CCB，DDB，BBA，…，CCD のように 12 通りの組み合わせを用意した．1 回の試行において，1 組の 3 つの香りを嗅ぎ，1 つだけ異なる香りを回答してもらった．例えば，AAB の組み合わせの時に，B を回答できれば正答したことになる.

香りの提示は，精油を微量だけニオイ紙に滴下して容量 6 mL のバイアル瓶に封入し，被験者が好きなタイミングおよび長さだけ瓶の蓋を開けて香りを嗅いでもらうことで行った．香りを嗅ぎ終わったらバイアル瓶の蓋は閉じてもらった．香りを嗅ぐ順番や時間，回数に制限は設けなかった.

被験者として 9 名の大学生（男性 : 7 名，女性 : 2 名，年齢 : 21.9±1.54 歳）に実験に参加してもらった．各被験者は，まず何もヒントを教示せずに上述した 12 通り

の組み合わせについて香りを嗅ぎ，それぞれ回答を行った．その後，選択すべき精油についてのオノマトペまたは形容詞対評価値のヒントを教示した上で，12 通りのパターンについて回答を行った．

実験で被験者に教示したオノマトペと形容詞対評価値のヒントを，表 1 と図 1 にそれぞれ示す．オノマトペヒントは，予備実験において A〜D の香りを嗅いでもらった時に回答されたオノマトペを並べたものである．形容詞対評価値ヒントは，過去に著者らが開発したオノマトペ数値化システム[4]を用いて，表 1 のオノマトペを数値化して平均した値である．被験者 1 人につき，教示なし，オノマトペヒントの教示あり，形容詞対評価値ヒントの教示ありをそれぞれ 12 通り，計 36 回について回答を行ってもらった．なお，順序効果の影響を排除するため，12 通りの組み合わせの提示順番は，被験者ごとに変えた．また，全ての被験者が教示なしの実験から開始するが，その後にオノマトペヒントを教示するか，形容詞対評価値ヒントを教示するかは，被験者を 2 グループ（4 人と 5 人）に分けた．

3. 実験結果

図 2 にそれぞれの香りの組み合わせにおける正答率を示す．二項検定を行い，ランダムに正解を選ぶ確率（1/3）に対して有意差を確認したところ，オノマトペを教示した場合では 1 通り（DDC），形容詞対評価値を教示した場合には 4 通り（AAC，AAD，BBD，CCD）で有意差（$p < 0.05$）が確認された．一方，教示なしの場合には，いずれの組み合わせでも有意差は確認されなかった．有意差の判定に用いた有意水準は Bonferroni の補正法を適用している．

この結果を見ると，形容詞対評価値ヒントほどではないものの，オノマトペヒントを教示した場合の方が教示なしに比べて正答率が高くなる傾向が見られた．特に，精油 C（ラバンジン・アブリアス）や精油 D（ラベンダー・タスマニア）を嗅ぎ分ける組み合わせにおいて，正答率が有意に高くなっており，これらの精油の香りの特徴を，今回教示したオノマトペや形容詞対評価値でうまく捉えられていたものと推測される．

オノマトペ教示に比べて，形容詞対評価値教示の方が正答率が高くなったのは，図 1 に示すように全てのヒントを 1 つのグラフで示しており，違いが一目で比べやすかったことが一つの要因であると考えられる．また表 1 に示す通り，それぞれの精油に対して 5 個以

表 1　実験で教示したオノマトペヒント

精油			
A	B	C	D
ちゅーちゅー	きーすー	ズンズン	しおしお
うっとり	すやすや	ツーツー	つんつん
さらさら	ほわほわ	すっきり	スーック
ほんわり	ぽわーっ	もわっ	サワサワ
しぁー	すぁーん	ムースー	ポカポカ
			さっぱり

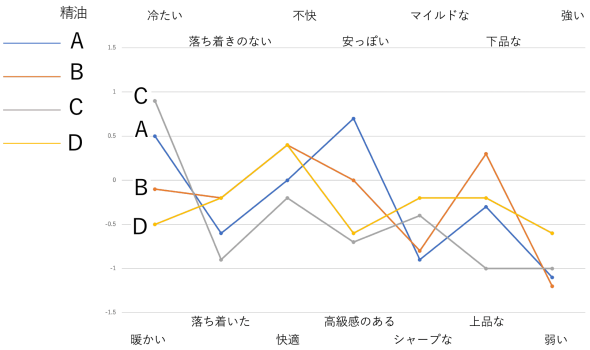


図 1　実験で教示した形容詞対評価値ヒント

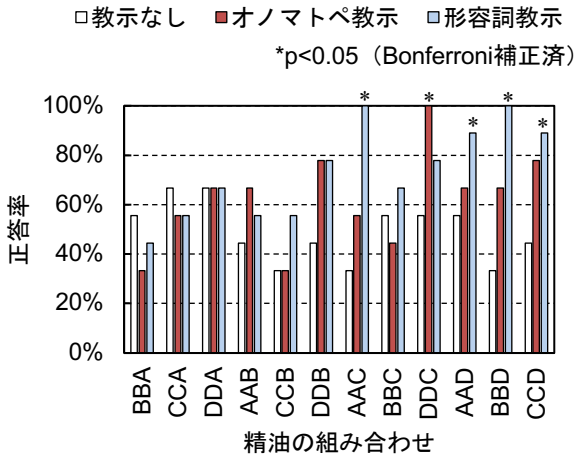


図 2　ヒントの教示および香りの組み合わせごとの正答率

上のオノマトペを教示しており，教示するオノマトペの個数が多すぎて香りの印象を絞り込めなかった可能性も考えられる．オノマトペをさらに効果的に香り表現に利用するためには，香りの印象を的確に表すオノマトペを一つないしは二つだけに厳選して提示する方法や，端的に香り印象を表現可能な新たなオノマトペを作り出すなどの方法を検討する必要があるかもしれ

ない.

以上より，一見すると曖昧で香りの表現には適していないと思われるオノマトペであっても，形容詞による詳細な評価値のように細かなニュアンスを持たせることができ，嗅覚識別能力が向上することを示唆する結果が得られた.

4. まとめ

本稿では，オノマトペを用いることで香り識別能力が向上するか確認することを目的として，よく似た 4 種のラベンダー精油の香りを嗅ぎ分ける実験について報告した．実験の結果，形容詞対評価値ほどではないものの，オノマトペによるヒントを与えることで，よく似た香りを嗅ぎ分ける能力が向上することを示す結果が得られた．香りを言葉で他者に的確に伝えることは難しいが，直感的に感性を表現可能なオノマトペを利用することで，特別な訓練なく香りの微細な違いを感じ取ることができるようになると期待される．今後は，香りを端的に表現可能なオノマトペ教示法の検討や，オノマトペを利用することにより所望の香りを他者と的確に共有できるか確認する実験の実施などを通して，香り表現におけるオノマトペの有効な利用法についてさらに探索を行う.

本研究は，JSPS 科研費 JP20H05957 および JP22K12124 の助成を受けて実施した．また，本稿で記載した実験は電気通信大学の人を対象とする研究に関する倫理委員会の承認を受けて行った（管理番号 H23065）.

文献

[1] 小林剛史, （2009）“におい刺激に対する教示の効果の研究法”, 感情心理学研究, Vol. 17, No. 2, pp. 94-102.
[2] 坂井信之, 小早川達, 斉藤幸子, （2004）“認知的要因がにおいの知覚と順応過程に及ぼす影響”, におい・かおり環境学会誌, Vol. 35, No. 1, pp. 22-25.
[3] 綾部早穂, 斉藤幸子, 菊池正, （2002）“ニオイの知覚に及ぼす経験の影響”, 筑波大学心理学研究, Vol. 24, pp. 1-5.
[4] 清水祐一郎, 土斐崎龍一, 坂本真樹, （2014）“オノマトペごとの微細な印象を推定するシステム”, 人工知能学会論文誌, Vol. 29, pp. 41-52.

絵画の種類と処理水準の違いが鑑賞者の時間知覚に与える影響 ―口頭による報告課題についての検討―

Effect of levels of processing and different types of paintings on time perception: Examination by using oral report task

櫻井 佑樹[†]，伊丸岡 俊秀[‡]
Yuki Sakurai, Toshihide Imaruoka
[†]金沢工業大学大学院，[‡]金沢工業大学
Kanazawa Institute of Technology
c6301309@st.kanazawa-it.ac.jp

概要

時間の知覚は，与えられた刺激に向けられる注意の量と課題の難易度に依存することがわかっている．これらの研究は，言語刺激で処理の抽象度を操作した研究が多い. 本研究では, 刺激の抽象度が異なる絵画を用いて，処理の抽象度が時間知覚に影響するかどうかを調べた. 刺激として具象絵画と抽象絵画の両方を用い，絵画の鑑賞条件と解釈条件で実験を行った. その結果，予想に反して，鑑賞条件では再生時間が短くなることが示された.

キーワード:絵画 (painting), 時間知覚 (time perception), 解釈 (interpretation)

1. 目的

楽しい時は時間が瞬く間に過ぎたと感じ，退屈な時は，時間の進みが遅いと感じる場合がある．このような, ある事象の持続時間を推定し, ある事象の持続時間と別の事象の持続時間とを比較する能力を時間知覚という（Nuyens et al, 2021）.

時間知覚は様々な要因で変化する. その中でも, 時間処理に向ける注意の量の影響を示した研究が多い. Sucala et al.（2011）は，呈示された文章の中からSで始まる単語を見つける課題を行い，課題の難しさが時間を短く感じさせることを明らかにした.

またHansen & Trope (2013) は，実験参加者を具体的解釈条件と抽象的解釈条件に分け，単語の解釈をする実験を行った．具体的解釈と抽象的解釈の違いについて, ピアノを弾いている人を例にして説明すると, 具体的解釈をする人はピアノを弾いている人が鍵盤を押している，腕を動かしていると細かくその様子を解釈し，抽象的解釈をする人はピアノを弾いている人が音楽を奏でているとその様子全体を大まかに解釈する. 抽象的解釈条件に比べ，具体的解釈条件では実験参加者が刺激を細かく解釈するため，刺激に対してより注意を向け，時間が早く過ぎると感じることを明らかにした．以上より先行研究は言語処理等を対象としたものが多かった.

日常の中で，Hansen and Trope (2013)の実験操作である具体的解釈と抽象的解釈と同様の体験が得られるものに，絵画の鑑賞あるいは解釈がある．単語とは違い，絵画の場合は風景や人などの対象を具体的に描いた具象画と，実際には存在しないものを表現した抽象画に分類できる. 具象画では, 描かれたものと絵画の主題の一致性が高いと考えられるため，単に見るだけの場合と，それを解釈しようという場合で感じる時間に大きな違いはなさそうである. なぜなら, 具象画は見るだけの場合も解釈する場合も，処理すべき対象はどちらも絵に描いてあるものだからである. 一方で, 抽象画では，描かれたものとそこに込められた主題には大きな違いがあり, 時間の長さに違いがありそうに思える. 解釈しようとすると意味がないパターンに見えていたものが，実は作者が表現しようとしていたことに繋がるのではないのだろうかと，意味を考える働きが生じ，見てるだけのときには存在しなかった対象が「見えて」くる可能性がある. そのため, 抽象画では，見る条件と解釈する条件で処理すべき対象が，意味がよくわからない形や線から，作者が何か表現しようとしているものの一部に変わり, また解釈の難しさも相まって, 時間知覚に大きな差が見られるのではないだろうか.

そこで，本研究では具象画と抽象画を対象に鑑賞課題と解釈課題を行うことで，絵画の鑑賞においても処理の抽象度が時間知覚に影響するかどうかを調べることとする.

2. 方法

要因計画　絵画の見方(鑑賞・解釈)，絵画の種類(具象画・抽象画)，呈示時間(10 秒から 18 秒まで 5 段階)を要因とした 3 要因の実験を行った．実験の流れは，

Li and Tian(2020)の実験を参考にした.

実験参加者　学生 43 名(鑑賞条件 21 名, 解釈条件 22 名)であった.

刺激　Sidhu et al. (2018)が用いた具象画 240 枚と抽象画 240 枚の中から，それぞれ 30 枚ずつを使用した.

機材　刺激を呈示するためのディスプレイと，回答を記録するためのタブレット端末を使用した.

手続き　時間再生法を用いて絵画呈示についての主観的な時間を計測した. 実験は，練習試行 5 回と本試行 60 回で構成された. 各試行では固視点が表示された後，絵画が 5 種類の呈示時間からランダムで選ばれた時間, 呈示された. 実験参加者は呈示された絵画を解釈した後，キー操作によって絵画が呈示されていたと感じた主観的な時間を再現した. その後, 実験参加者は絵画についての質問に口頭で回答した. 鑑賞条件では見た絵画について，実験者が zoom アプリを介し，「今見た絵画は好きでしたか？」「今見た絵画を買いたいと思いましたか？」と, 実験参加者に対して 2 つ質問した. 実験参加者には, はい, いいえのどちらかを口頭で言ってもらい, 質問に答えてもらった. 解釈条件では「今見た絵画について解釈してください」と実験者が zoom アプリを介して実験参加者に指示し，解釈内容を自由に口頭で答えてもらった.

3. 結果

鑑賞条件と解釈条件別に，具象画呈示時における実験参加者による平均再生時間と抽象画呈示時における平均再生時間を Figure1 に示す. 得られた再生時間が正規分布に従い，絵画の見方要因(鑑賞・解釈)，絵画の種類要因(具象画・抽象画)，実験参加者の個人差によって変化すると想定した. そのため, 固定効果として絵画の見方要因, 絵画の種類要因, ランダム効果として参加者間の個人差を用いた一般化線型混合モデルを作成し，MCMC によるパラメータ推定を行った. 推定には統計ソフトウェア R(4．3．1)および BRMS パッケージ(2.18．0)を用いた. その結果，絵画の見方要因である鑑賞条件で再生時間の間に負の影響が見られた((-0. 81: 95% CI [-1．14，-0．46])；値は各固定効果の係数推定値). 絵画の種類要因は再生時間に影響を与えないことが示された(-0．05: 95% CI [-0．40，0．30]).

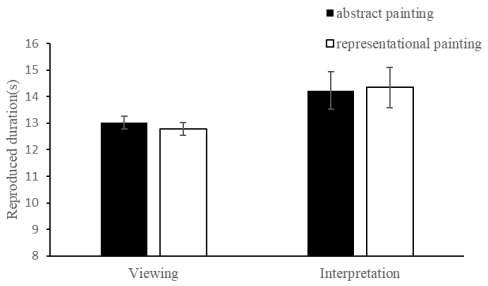


Figure 1 Average reproduced durations for abstract and representational paintings in the viewing and interpretation condition.

4. 考察

本研究では，絵画の見方と絵画の種類の違いが時間知覚に影響するか検討することが目的であった．本研究の仮説は，具体的解釈と抽象的解釈の違いによる効果があるならば，抽象画を解釈する場合は時間を短く感じるというものであった. しかし結果として, 仮説とは違い，鑑賞条件で再生時間が短くなることが示された．絵画の種類の違いによる再生時間の変化は見られなかった.

解釈条件よりも鑑賞条件で時間を短く感じていたという結果は事前の仮説とは逆の結果である．この結果にはいくつかの原因が推測できる. まず, 事前の計画では絵画の解釈を求めるかどうかという実験操作によって，実験中に絵画の解釈を行うかどうかをコントロールすることとしていた. しかしこの操作は, 解釈を求めていない鑑賞条件で自然な解釈を行うことを妨げるものではなく，両条件で解釈が行われていたという可能性がある．さらに教示で解釈を求めた解釈条件よりも，特にそれを求めなかった鑑賞条件の方が自然に絵画に向かうことができ，そのことがより深い絵画の解釈を可能にし，結果として時間を短く感じさせたのかもしれない.

絵画の種類の違いによる再生時間の変化は見られなかった. その原因として, 具象画では参加者が絵画に描かれた個々の物体を見るのではなく，全体から感じる印象のみ判断する方略をとっていた可能性が考えられた．具象画は何が描かれているか分かりやすい絵画であり，描かれた１つ１つの対象物を判断しやすいことから，具体的解釈が行われ時間を短く感じるとしていた．しかし，具体的解釈が行われず，全体から感じる印象で判断されたことで，抽象画と同じような見方が行

われた. その結果, 絵画の種類による違いが見られなかったのではないか.

本実験で得られた実験参加者の平均再生時間は，実際の絵画の呈示時間に近かった．本実験は経過時間を答える課題であることが明示されていた．時間を答えることを, 絵を見ることより集中することができた. その結果，全ての条件で絵画を見ることよりも時間を数えることが優先されてしまった可能性があることも指摘しなければいけないだろう.

5. 文献

Hansen, J., & Trope, Y. (2013). When time flies: How abstract and concrete mental construal affect the perception of time. *Journal of Experimental Psychology: General, 142*(2), 336-347.

Li, L., & Tian, Y. (2020). Aesthetic preference and time: preferred painting dilates time perception. *Sage Open*

Nuyens, P., Lopez-Fernandez, O., Kuss, D., & Griffiths, M.D. (2021). The arousing and attentional effects of facial expressions on time perception: A systematic review. *BPS Cognitive Psychology Bulletin*, 6, 25-33.

Sidhu, D. M., McDougall, K.H., Jalava, S.H., & Bodner, G.E. (2018). Prediction of beauty and liking ratings for abstract and representational paintings using subjective and objective measures. PLoS One, 13, e0200431

Sucala, M., Scheckner, B., & David, D. (2011). Psychological time: Interval length judgments and subjective passage of time judgments. *Current Psychology Letters. Behaviour, Brain & Cognition, 26*(2), 1-10.

6. 付録

Center for open science にある Sidhu et al. (2018)が用いた具象画 240 枚と抽象画 240 枚のリンクを添付する.

https://osf.io/2sy4f/

IBLエージェントを用いたローカルエコーチェンバー形成メカニズムとフェイクニュース拡散のシミュレーション
Simulation of the local echo chamber formation and fake news diffusion using IBL agents

佐々木 健矢 †，森田 純哉 †
Kenya Sasaki, Junya Morita

† 静岡大学
Shizuoka University
sasaki.kenya.21@shizuoka.ac.jp, j-morita@inf.shozuoka.ac.jp

概要

近年ではSNS (Social Networking Service) 上におけるフェイクニュースの拡散による意見の分極化などが問題視されている．その原因の一つとして，小さな閉じた社会での意見の偏りが挙げられる．本研究では，これをローカルエコーチェンバーと呼び，その性質を理解するため，IBLT (Instance Base Learning Theory) に基づいて，ローカルエコーチェンバーの形成と，フェイクニュース拡散のシミュレーションを行う．

キーワード：認知モデル，マルチエージェントシミュレーション，事例ベース推論

1. 背景・目的

SNS 上で自身と似た意見を持つユーザーと繋がることで，自身の発信と似た意見や情報のみ返ってくる状況であるエコーチェンバー (総務省，2019) の存在が指摘されている．エコーチェンバーの性質として，森田 (2023) は，閉じた小規模の集団内での過信に基づく意見の偏りが生じることに注目し，この側面を強調したローカルエコーチェンバー という用語を導入した．ローカルエコーチェンバーは極化を導き，社会全体として見たときに，流通する情報の信頼を脅かすと考えられる．

この考えは，人間が進化的に獲得されたとされる「開かれた警戒メカニズム」を用いて，得られた情報を評価するという Mercier (2020) の考えと一致する．このメカニズムは，社会における個人は，自身の立場を強化する情報に対する過信（開かれた性質）と自身の信念に反する情報への不信（警戒）を併せ持つとする．開かれた警戒心の存在により，ローカルエコーチェンバーが進展すると同時に，フェイクニュースの拡散も導かれる．人間の開かれた性質は，自身の直感に合う情報への過信を導き，誤情報の拡散につながる (Vosoughi et al. 2018) .

これらを踏まえた上で，本研究ではローカルエコーチェンバーの存在を確かめ，その性質を理解するシミュレーションを実施する．その特徴は，次の 3 点にまとめられる．(1) オンラインと実世界の二層性に焦点を置く，(2) マイクロワールドとしてメッセージ付きジレンマゲームを用いる．(3) 複数エージェント間での同期の生起とフェイクニュース拡散の関連を検討する．

2. 先行研究

人間の言語は現実世界における実際の距離とは無関係に，回数の制限もなく情報を拡散させる．これにより，個人が知覚する周辺世界の現実との乖離が生じる．冒頭で述べたインターネット上の問題は，こういった言語の性質が引き起こすオンライン（サイバー世界）とオフライン（物理世界）の二重性の問題と考えられている (Mercier, 2020).

上記のような二重性を実験室にて再現する研究として，メッセージ付きジレンマゲームにおけるコミュニケーションの研究 (Inoue & Morita, 2021) が挙げられる．この研究は，集団内での記号の発生を実験的に捉える実験記号論の流れを汲む．実験記号論に基づく実験パラダイムにおいて，プレイヤーは，通常のコミュニケーション手段が制限された状態で，他のプレイヤーとの協調ゲームを繰り返す．協調を達成するためには，意思疎通の手段が必要となる．この必要により，実験記号論に基づく研究では，ゲームの進行に伴う新たな記号体系の出現が観察される．

実験記号論は，インターネットを含むあらゆる人間のコミュニケーション状況に適用可能な抽象化されたマイクロワールド環境である．言語，すなわち集団内の記号体系は，成員間の信頼関係によって支えられ，集団に固有であり，かつ変化を前提としている．Inoue & Morita (2021) は，そのようなコミュニケーションの変化にフォーカスし，通常の実験記号論における協

調ゲームに，裏切りや競争の要素を含めたメッセージ付きジレンマゲームを提案した．

メッセージ付きジレンマゲームは，環境内の資源を探索し，それを他のプレイヤーと同時に取得する，もしくは単独で取得することによって得点を得る課題である．他者との協調により，環境探索のコストが軽減され，より多くの報酬を取得することができる．しかし，コミュニケーションにかかるコスト次第で，単独で報酬を取得することのほうが効率がよい状況もありえる．また，他者との協調関係を維持したまま，単独で報酬を取得することができれば，より多くの報酬が得られる可能性もある．この可能性は，誤情報による他者の誘導，すなわちフェイクニュースの発信として実現できる．そして，誤情報による誘導は，単独で得る報酬が協調で得る報酬に比べて顕著に大きく，かつ利用される記号体系に，裏切りの意図を隠蔽する曖昧性が存在するときに生起すると考えられる．

上記のようにメッセージ付きジレンマゲームの構造を操作することで，構築される記号体系とプレイヤー間の人間関係に関する多様な状況をシミュレーションできる．本研究では，メッセージ付きジレンマゲームのこういった性質を利用し，ローカルエコーチェンバーの形成の背後にある認知機構を分析する．その際，コミュニケーションの形成に共通する一般的な認知機構として，事例ベースの学習理論 (IBLT, Gonzalez et al. 2003) を仮定する．つまり，過去のうまくいったコミュニケーション事例を繰り返すことで，送信する他者に送信するメッセージを選択し，解釈し，行動を決定するエージェントを構築する．

3. モデル

著者らは，コミュニケーションにおけるローカルエコーチェンバーは，エージェントの配置に局所性を持たせた試行が蓄積されることで出現すると考えている．IBLT に基づくエージェントは，隣接するエージェントと共通の経験を蓄積し，特定のエージェントのクラスタ内でのみ共有される記号体系に至る．クラスタ内で共通する記号体系は，クラスタ外のエージェントを排斥する原因となる．こういった極化のプロセスを実現するために，IBLT を実装した Python ライブラリである PyIBL [*1] (Morrison & Gonzalez, 2024) をプラットフォームとした．このライブラリは，ACT-R (Anderson, 2007) などを用いた従来の認知モデルに比べ，高速な処理による大規模な IBL エージェントを用いたシミュレーションを可能とする．

[*1] http://pyibl.ddmlab.com/

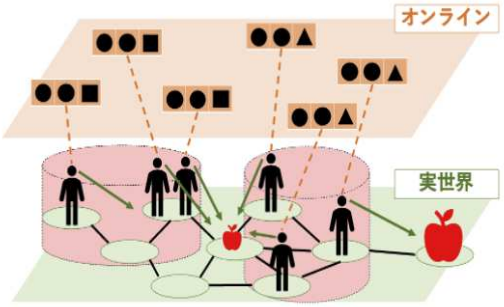


図 1: モデル全体の構想図

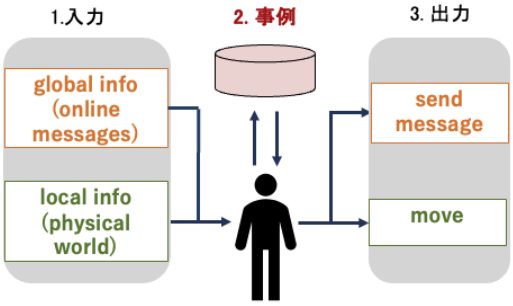


図 2: IBL エージェントの意思決定

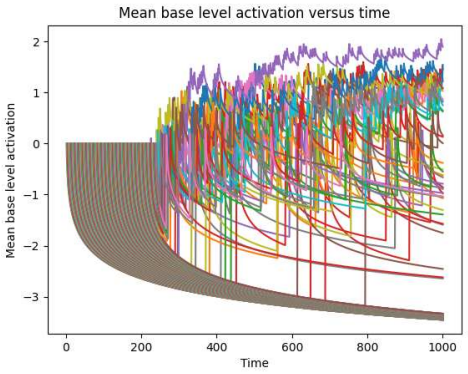


図 3: Inoue & Morita (2021) を模した課題において得られた各事例のベースレベル活性値の推移

モデルの全体の構想を図 1 に示す．メッセージの交換が行われるオンライン，エージェントが実際に移動することが可能な実世界の 2 つの層が存在する．各エージェントはオンライン層の全てのメッセージを閲覧することが可能だが，実世界層の情報は自身の現在いる部屋とそれに隣接する部屋のもののみ観測可能である．図 2 で示すように，エージェントはグローバルな情報（オンライン層のメッセージ情報）とローカルな情報（実世界の部屋情報）を入力として受け取り，次に送信するメッセージと行動先を決める．

IBLT に基づいた意思決定を行うため，エージェントは，過去の事例を文脈に応じて連想することが可能である（図 2）．各事例はその思い出しやすさに影響

する活性値を保持しており，行動に応じて報酬を与えることで活性値を操作する．図 3 で示すように，活性値は事例を連想することで上昇し，使用されない事例の活性値は時間の経過と共に減少する．これを繰り返すことで，エージェントは経験を通して獲得したメッセージと行動結果を学習し，先行研究と同様にコミュニケーションシステムを確立することが期待される．

提案するモデルにおいては，局所的に異なるコミュニケーションシステムを持つローカルエコーチェンバーが生成されること，エージェント間で誤情報の送信などにより得点の独占が生じる過程を観測する．

4. 予備的シミュレーション

4.1 目的

前節のモデルを用いたシミュレーションの前段階として，単純化された状況での IBL エージェントの振る舞いを検討した．この予備的シミュレーションの設定では，環境内に資源を配置しなかった．エージェントのみが存在する環境で，エージェント同士が出会うことで報酬を獲得することとした．ただし，ゲームに参加するエージェントは 3 体以上とし，2 体以上のエージェントの部屋の一致をスコア獲得の条件とした．これにより，特定エージェント間のクラスタが形成され，クラスタ外のエージェントとの間で獲得報酬に差が生じる可能性がある．

4.2 方法

グリッドサイズ 3*3 の環境にて，3 体のエージェントがメッセージを送受信し，移動した．このステップの結果として，2 体のエージェントの位置が一致した場合に，3 体のエージェントの位置はランダムに配置され直した．各エージェントは，6 種類の図形を 3 つ組み合わせた系列をメッセージとして送信した．メッセージの送信順序は，3 体のエージェントの間でランダムであった．送信されたメッセージは，全エージェントに共有された．なお，この予備シミュレーションで，エージェントは周辺の環境を知覚することはできず，自身の位置と自身のメッセージ決定以前に受信した他プレイヤーからのメッセージに基づいて送信メッセージを決定した．そして，3 体のエージェントがメッセージを送信し終えた後，自己の初期位置と受信されたメッセージを条件として行動を決定した．

提案手法である IBLT モデルでは，各ステップの行動決定の結果が記憶として保持され，続くステップにおいて利用された．本研究では，この IBL モデルをランダムに移動するモデルと比較した．それぞれのモデルは，100step のシミュレーションを 5 回実行した

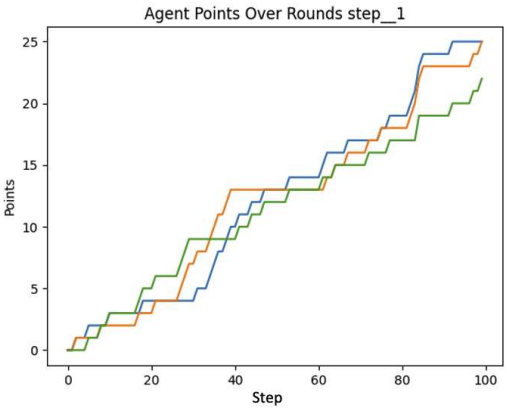


図 4: チェンバー化が生じないシミュレーションの事例 (エージェント 3 体の得点の推移)

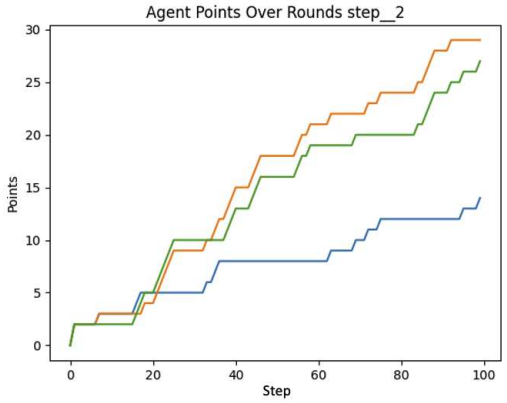


図 5: チェンバー化が示唆されるシミュレーションの事例 (エージェント 3 体の得点の推移)

4.3 結果・考察

エージェント単体の平均獲得スコアは IBL モデル=24.27，ランダムモデル=20.00 となった．これらの間には有意な差が見られた ($t\left(27\right) = 4.7, p < 0.01$)．この結果は IBL エージェントがランダムで意思決定を行うエージェントと比較して獲得スコアが高く, IBLT に基づいた学習が実際に行われていることを示す．ここからは，IBL エージェントの間に，何らかのコミュニケーションシステムが形成されたことが示唆される．

本研究の目的であるローカルエコーチェンバーの生起を検討するために，具体的なシミュレーション事例を検討した．エージェント 3 体でのシミュレーションにおけるスコアの推移を分析した結果，エージェント間のスコアに差が生じなかった事例と，差が生じた事例が確認された．図 4 はスコアに差が生じなかった事例，図 5 はスコアに差が生じた事例であり，どちらも IBL モデルの結果である．図 4 ではエージェント 3 体全員が近いスコアの推移を示しており，エージェント同士が偏りなく接触していることが推測できる．したがって，この事例においてはチェンバー化が進行して

いないことが示唆される．図 5 では 2 体のエージェントが近いスコアの推移を示している一方，1 体のみ他 2 体とは異なる推移を示しており，エージェントの接触に偏りが見られる．これは，この事例においてはチェンバー化が進んでいる可能性を示唆する．

詳細なメッセージの分析は将来的な検討を待たねばならないものの，チェンバー化が示唆される事例では，チェンバー内のエージェントのみで共有される記号体系が形成された可能性がある．また，この記号体系は，クラスタ外のエージェントにとって，誤情報として機能したと解釈することもできる．

5. まとめ・今後の課題

本研究ではオンラインコミュニケーションに対する信頼の再構築に向けて，メッセージ付きジレンマゲームを IBLT に基づいて拡張するモデルの構想を議論し，ローカルエコーチェンバー形成メカニズムとフェイクニュース拡散のシミュレーションを行うための枠組みを示した．

本研究で示した予備的シミュレーションは，提示された枠組みを実現するものではないものの，エージェント間の局所化の事例は示した．今後，本研究では省略されたエージェントの機能（環境情報の取得）の実装および環境を操作するシミュレーションを実施することで，ローカルエコーチェンバーの生起に関する検討を進めていく予定である．将来的には，シミュレーションの規模を拡大し，ネットワーク分析などの手法を用いたより詳細な分析が求められる．

6. 謝辞

本研究は，JST RISTEX JPMJRS23L3 の支援を受けたものである．

文 献

Anderson, J. (2007). *How can the human mind occur in the physical universe?*: Oxford University Press.

DDML (2024). *PyIBL 5.1.4 Manual*, URL: http://pyibl.ddmlab.com/, Accessed: 2024-04-26.

Gonzalez, C., Lerch, J. F., & Lebiere, C. (2003). “Instance based learning in dynamic decision making,” *Cognitive Science*, 27(4), 591–635.

Inoue, N., & Morita, J. (2021). “A behavioral task for exploring dynamics of communication system in dilemma situations,” *Artificial Life and Robotics*, 26(3), 329–337.

Mercier, H. (2020). *Not born yesterday: The science of who we trust and what we believe*: Princeton University Press.

Vosoughi, S., Roy, D., & Aral, S. (2018). “The spread of true and false news online,” *Science*, 359(6380), 1146–1151.

森田純哉 (2023). ローカルエコーチェンバーをステアリングするトラスト調和メカニズムの認知的検討, URL：https://www.jst.go.jp/ristex/digist/projects/r05-pi-b01.html，Accessed: 2024-04-26.

総務省 (2019). インターネット上での情報流通の特徴と言われているもの, URL：https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/html/nd114210.html，Accessed: 2024-07-19.

歯擦音の L2 発話の音響的分析
ベトナム語母語話者の日本語歯擦音の習得研究
Acoustic Analysis of L2 Fricatives: A Study on the Acquisition of Japanese Fricatives by Vietnamese Native Speakers

川﨑貴子，田中邦佳，ギエムゴックチャム
Takako Kawasaki, Kuniyoshi Tanaka, Ngoc Tram Nghiem
法政大学
Hosei University
kawasaki@hosei.ac.jp

概要

本研究では, ベトナム語を母語とする日本語 L2 学習者が日本語の歯擦音をどのように区別して発話するのか, 音響分析により調査した．その結果，学習者は CoG と F2 の一方，または両方を用いて日本語の歯擦音を区別することが分かった．また学習者は，日本語の ɕ とベトナム語の ʂ の音の区別を行っており，その区別の方法は学習者により異なり, CoG を用いる学習者と F2 を用いる学習者，そして両方を用いる学習者いることが分かった.

キーワード : 第二言語習得，音声習得，歯擦音

1. はじめに

日本語とベトナム語はどちらも無声歯擦音が２つ存在する言語である．日本語では，無声の歯擦音として [s] と [ɕ] が存在し，ベトナム語では [s] と [ɕ] が存在する．以下の図1（Flemming (2018) を改編）で示すように，これらの歯擦音は音響的には摩擦音のエネルギーの重心の周波数帯域である CoG（Center of Gravity）と，後続母音の最初のF2（第2フォルマントの周波数）によって区別されているという．

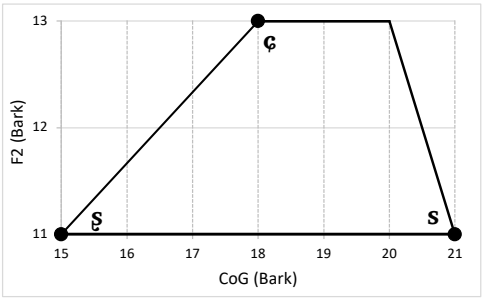


図 1 ベトナム語と日本語に表れる歯擦音の CoG および F2 値（Flemming, 2018 を改編）

日本語での [s] と [ɕ] の音響的な分布を確認するため，2 名の日本語母語話者による [s]，[ɕ]（後続母音は [a] ）の 15 回分の発話の CoG と F2 を計測した．以下の図 2 と 3 は, その分布をグラフに表したものである.

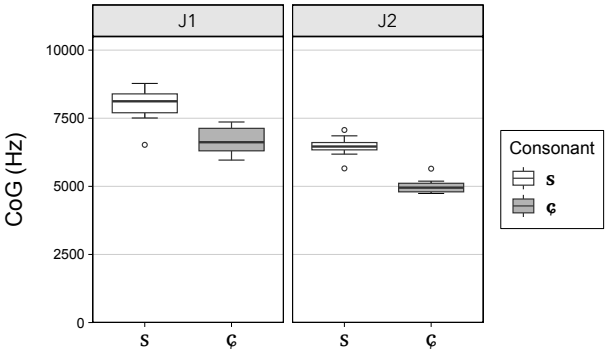


図 2 日本語母語話者の CoG の分布

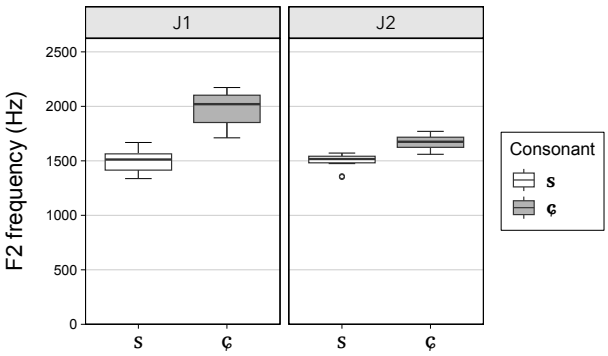


図 3 日本語母語話者の F2 の分布

話者により CoG と F2 の分布範囲は異なるものの，[ɕ] よりも [s] で CoG が高く（図 2），F2 の値については [ɕ] の方が [s] よりも高いことがわかる (図 3).

ベトナム語にも日本語と同じく 2 つの無声歯擦音がある. 一つは日本語にも存在する [s] であり, もう一つは

反り舌音の [ʂ] である．これらの 2 音は Flemming によれば主に CoG で区別されるという（図 1）．

本研究は，ベトナム語母語話者が，母語（L1）と同じように 2 つの無声歯擦音を持つ日本語を第二言語（L2）として習得した場合，日本語の歯擦音の 2 つをどのように音響的に区別されるのかを調査するものである．川﨑ら（2023）の研究では，2 名のベトナム語を母語とする上級日本語学習者 2 名の 3 回分の発話を分析する予備調査を行った．その結果，日本語発話では 2 つの歯擦音が CoG により区別されているとの結果が得られた．本研究では，7 名のベトナム語母語話者によるベトナム語および日本語の歯擦音を含む語のそれぞれ 15 回分の発話を録音し，ベトナム語を母語とする日本語学習者が，日本語の歯擦音をどのように区別し，その発話の音響的な分布がどのようなものかを調査した．

日本語の 2 つの歯擦音は，CoG と F2 の両方で区別されている一方で，ベトナム語にある 2 つの歯擦音 [s, ʂ] は主に CoG で区別されると先行研究では示されている（図 1）．ベトナム語母語話者が日本語を習得する際には，L1 と同様に CoG のみを用いて 2 音を区別するのか，それともより音響的に明確な区別をするため，F2 のディメンションをも利用した区別を行うのかを明らかにすることが本研究の目的であった．

日本語の習得が進んでいない段階では，L2 の日本語の [ɕ] に対して L1 のベトナム語の [ʂ] が代用され，ベトナム語と日本語の [s]，ベトナム語の [ʂ] と日本語の [ɕ] の音響的特徴が類似したものとなり，CoG のみによる区別がなされるのではないか．そして L2 の学習が進んだ後，ベトナム語と日本語の歯擦音の違いを獲得した学習者は，ベトナム語の 2 つの歯擦音の場合とは異なり，日本語の [ɕ] を CoG のみならず F2 でも区別して発話するようになるのではないかと考えた．

2. 方法

本研究では，ベトナム語を母語とする日本語 L2 学習者を参加者とした発話実験を行った．実験では日本語のフレーム文に入れた日本語の[s, ɕ] を含む語の発話，ベトナム語のフレーム文に入れたベトナム語の [s, ʂ] を含む語の発話をそれぞれ 15 回分録音した．実験に使用した刺激語は V_iCV_i の形の無意味語とし，そのうち，aCa の形の語を分析対象とした．収録した音声は，Jongman et al (2000) での方法を参考に歯擦音部分の CoG と子音に後続する母音の先頭の F2 を計測した．

3. 結果

日本語の s, ɕ ベトナム語の s, ʂ の発話部分を同定し，それぞれの CoG と F2 の計測結果を話者ごとにグラフに表したものが図 4 および図 5 である．

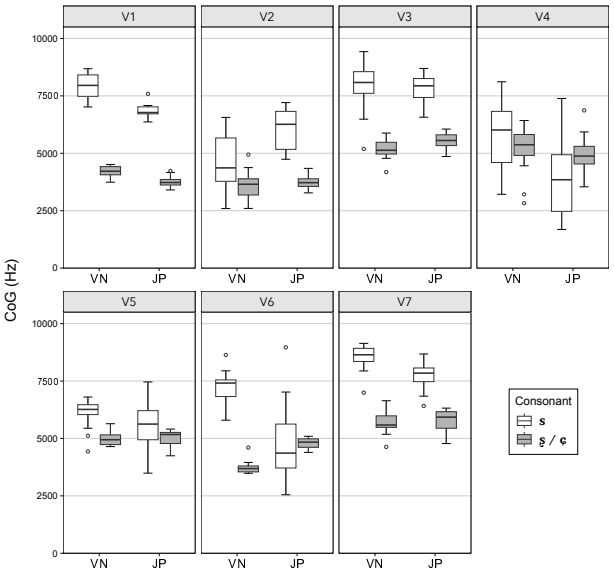


図 4 ベトナム語母語話者によるベトナム語 [s, ʂ]と日本語 [s, ɕ] の歯擦音の CoG 値

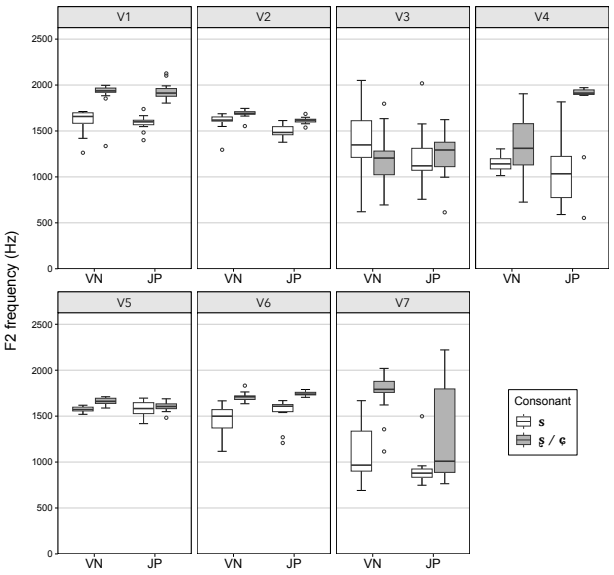


図 5 ベトナム語母語話者によるベトナム語 [s, ʂ]と日本語 [s, ɕ] の歯擦音の F2 値

図 4 から，ベトナム語の歯擦音の区別は主に CoG でなされていることが分かる．参加者 V4 を除き，7 名中 6 名でベトナム語の s と ʂ の CoG，および F2 の分布に違いが見られた．V4 では CoG による区別は見られ

なかったものの，F2 では違いが見られ，s と ʂ の区別が F2 によりなされていることがうかがえる．一方で，F2 での 2 音の分布が安定せず，重なりがみられる V3 では，ベトナム語の 2 音は CoG で明確に区別されていることが分かる. このようにベトナム語の2音のCoG，F2 の分布から，ベトナム語母語話者の s と ʂ の区別は CoG か F2 の少なくともいずれかによりなされているようである．さらに，ベトナム語母語話者による L2 日本語発話での s と ɕ の音響的特徴を比較したところ，どの学習者も CoG か F2 のいずれかで 2 音の区別がなされていることが分かった. このことは，どの学習者も日本語の 2 音を異なる音として発話していることを示している.

次に日本語発話において、ɕ がベトナム語の ʂ で代用されているのかを確認するため，図 6 および図 7 にて ɕ と ʂ の CoG および F2 を比較した.

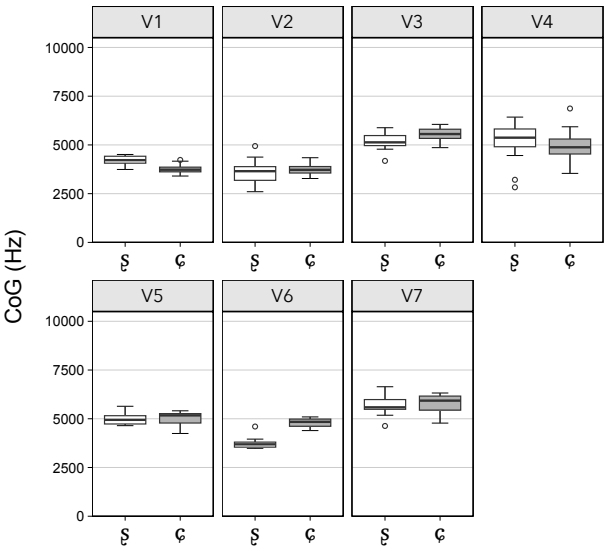


図 6 ベトナム語母語話者によるベトナム語 [ʂ]と日本語 [ɕ] の歯擦音の CoG 値

比較の結果、ɕ と ʂ は CoG，F2 のいずれかで区別されていたことがわかった. 本研究では，ベトナム語を母語とする日本語 L2 学習者は，学習の初期段階では L2 音の ɕ を L1 音の ʂ で代用するが、次の習得段階では母語で利用している CoG で日本語の ɕ との区別を行うのではないかと考えた.

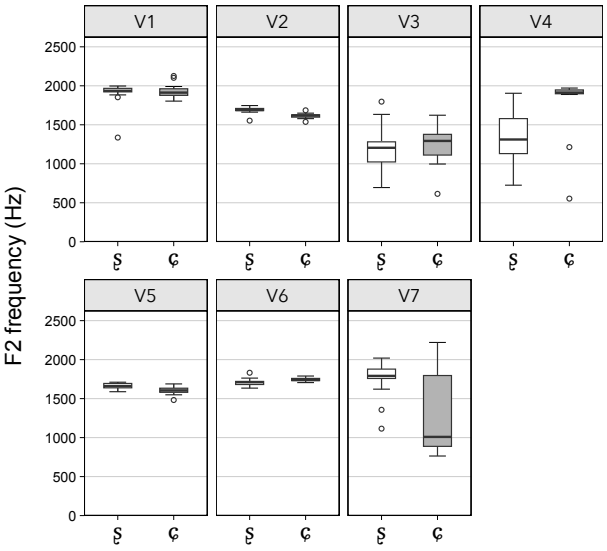


図 7 ベトナム語母語話者によるベトナム語 [ʂ]と日本語 [ɕ] の歯擦音の F2 値

そしてそれに次いで，F2 による区別も行われるようになるのではないかと予想した. しかし，学習者の中には CoG のみで 2 音を区別している学習者も(V1，V3)，F2 のみで区別している学習者も（V2，V4，V5，V7），そして両方で区別している学習者も見られた（V6）. 音響分析の結果，ベトナム語の s と ʂ の区別は必ずしも CoG のみによって行われるのではなく，CoG と F2 の両方で異なる分布を見せる話者が多く見られた．ベトナム語母語話者は CoG，F2 の両方のディメンションで歯擦音を区別していることが示され，日本語の ɕ の習得においても両方が利用されていることがわかった.

本研究では，ベトナム語を母語とする日本語 L2 学習者が日本語の歯擦音をどのように区別して発話するのか，音響分析を行い調査した. その結果，学習者は CoG と F2 のどちらを用いて傾向にあることが分かった．さらに，ベトナム語母語話者は，日本語の ɕ とベトナム語の ʂ の区別を行っており，その区別の方法は学習者により異なり，CoG を用いる学習者と F2 を用いる学習者，そして両方を用いる学習者いることが分かった.

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究C)「第二言語習得における知覚的距離の制約と音韻文法の変化」（研究代表者：川﨑貴子, 課題番号：22K00826）の助成を受けたものである.

文献

Boersma, Paul & Weenink, David (2022) Praat: doing phonetics by computer [Computer program] Version 6.2.14. http://www.praat.org/

Flemming, Edward (2018) Systemic Markedness in Sibilant Inventories, Poster presented at AMP 2018, UCSD.

Jongman, Allard, Ratree Wayland, Serena Wong (2000) Acoustic characteristics of English fricatives. Journal of Acoustical Society of America 108 (3), 1252-1262.

川﨑貴子・田中邦佳・ギエムゴックチャム (2023) ベトナム語母語話者の日本語歯擦音発話の音響的分析, 2023 年度日本認知科学会第 40 回大会, はこだて未来大学.

対面空間とハイブリッド空間におけるコミュニケーション: 指示詞使用における違い
Communication in face-to-face and hybrid spaces: Differences in use of demonstratives

市川 雄也[†], 小林 春美[‡], 安田 哲也[§]
Yuya Ichikawa, Harumi Kobayashi, Tetsuya Yasuda
[†]東京電機大学大学院, [‡]東京電機大学, [§]東京大学
Graduate School of Tokyo Denki University, Tokyo Denki University, The University of Tokyo
24rmd04@ms.dendai.ac.jp, h-koba@mail.dendai.ac.jp, t-yasuda@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要
現在, 対面状況と共に遠隔対話ツールを利用する「ハイブリッド空間」の利用が一般化してきているが, こうした新たな空間における指示詞使用についてはあまり調べられていない. 本実験では, 対面状況とハイブリッド状況でそれぞれ家具が配置された部屋の図を再現する課題を参加者に行ってもらい, 指示詞産出頻度を比較した. 結果, 対面状況では「こ系」指示詞が多く, ハイブリッド状況では「そ系」指示詞が多く使用された.

キーワード：指示詞, 共通基盤, ハイブリッド空間

1. 目的

会話コミュニケーションにおいては, コミュニケーションの相手と自分が会話内容に関する情報をどの程度共有できているかという共通基盤を考慮することが重要であるとされている(Clark, 2003; Grice, 1989). 共通基盤には, 相手がそもそもどのような対象を見ることができているかを考慮し, 視覚的に共通基盤を構築することも含まれているとされる. 互いの共通基盤が成り立っている時, 発話者の使用する単語数が減少することが示されている(Holler & Bavelas, 2017). 共通基盤の知見を検討している多くの研究は, 主に実験状況が対面状況, もしくは非対面状況のいずれかで行われている. 昨今は新型コロナウィルスによる環境の変容により, 会話参加者のうちの一部の人々が対面状況で参加し, 他の人々が非対面ツールで参加する場合も珍しくなくなってきた. しかしながら, 対面状況と非対面ツールを用いた状況が併用されている状況, つまりハイブリッド空間についての知見の蓄積は少ない. これらのことを考慮に入れると, ハイブリッド空間における言語コミュニケーションについて, 言語使用の観点から調べる必要がある.

本研究では, ハイブリッドな空間における言語情報の使用について指示詞に焦点を当てて調べることを目的とした. 指示詞は他者と迅速かつ容易にコミュニケーションの対象物を共有するために使われることが知られている(Diessel, 1999). 日本語の指示詞には, 「こ系」指示詞として, 「これ」, 「この」, 「こう」, 「そ系」指示詞には「それ」「その」, 「そう」, 「あ系」指示詞には, 「あれ」, 「あの」, 「ああ」などが含まれる(吉本, 2004).

指示詞には現場指示と非現場指示の 2 つの用法があるとされている(吉本, 2004). 現場指示とは, 直接目の前で他者と共有することができる事物を指し示す際に用いられる用法であり, 一方非現場指示とは, 会話の中や文章の中の話題を指し示す際に用いられる用法であり, 文脈指示とも呼ばれる(ただし「あ系」指示詞に記憶指示用法があるとする説(澤田, 2016)もある). いずれの用法も, 話者間でどのような共通基盤が構築されているかにより, 適切な指示詞が選択され使用されると考えられる.

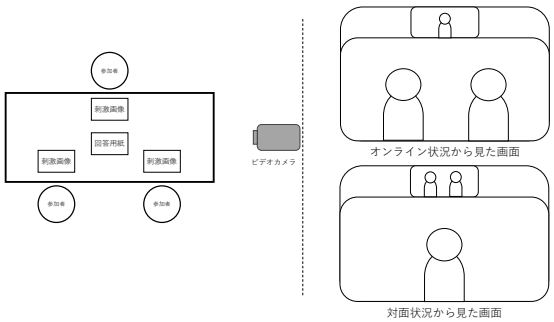
現場指示では会話の参加者が互いに見ている事物に関する共通基盤を構築しやすいため, 「これ」などの「こ系」指示詞により指示しやすいと考えられる. 一方, ハイブリッド空間では参加者全員が実空間を共有しているのではないため, 事物に関する情報について共通基盤を構築しづらく, 現場指示もしづらいことが予想される. そのため他の指示詞「そ系」, 「あ系」の指示詞が比較的多く使われる可能性がある. Coventry et al. (2014)は, 目の前にあってもカバーが被されたために見えない事物については, 発話者から近くにある事物であっても, ”this”ではなく”that”がよく使われたことを実験により示している. ハイブリッド空間では, 相手の空間にある事物は直接は見ることができず, モニター映像の中に見えたとしても対面時に比べて十分見ることは難しいため, Coventry et al.の研究を考慮すると, 日本語の「そ系」指示詞が使われる可能性がある.

本研究における参加者の課題としては, 参加者が互いにコミュニケーションを行いながら, 家具を配置したパソコン画面上の「部屋」の図を再現する制作課題を行うこととした. 発話データは全て書き起こし, 分析の目標としては, 参加者が自発的にどのような指示詞をどの程度利用するかを調べ, 対面の参加者グループと, 対面とオンラインツールを用いた参加者が混在するハイブリッド状況の参加者グループとで比較することにした.

予測として, 参加者が互いに対面コミュニケーションを行える空間にいる場合は, 目の前で他者と対象物を共有するときによく使用される「こ系」指示詞が多く発せられると予測した. 一方, ハイブリッド空間では, 一部参加者の参加環境が異なるため, 参加者全員が実空間を

図 1. 実験で使用した刺激画像. A は壁がある部屋, B は壁のない部屋). それぞれの参加者はいずれか1つの印刷された紙の図版が割り当てられ, 手元に保持していた.

図 2. 左が対面条件, 右がハイブリッド条件の実験場面. ハイブリッド条件では 2 人または 1 人が, それぞれパソコンが置かれたテーブルに向かって座っていた. 2 人の場合は対面コミュニケーションが可能な状態であった.



共有していないため,「そ系」指示詞の使用を用いて事物の共有を行うのではないかと予測した.

刺激作成においては家具の配置について壁を基準とした場合に話しやすいと考えたため, 部屋の1面に壁がある状態で部屋が提示される「壁あり」状況と, 部屋の壁が全く提示されない「壁なし」状況の 2 種類を用意した. ただし本研究では課題における話しやすさについてグループ間で差が出ないようにするため,「壁あり」状況のデータのみを分析の対象とした.

2. 方法

2.1. 実験参加者

理工系大学に所属する 20 歳から 25 歳の学生 18 人(男性 15 人, 女性 3 人, 平均年齢: 22.06 歳)であった. 参加者は3人ずつのグループで参加し, 計 6 グループであった. 参加者は全員実験前に実験参加同意書に同意して実験に参加した. また, グループメンバーは会話がなるべく円滑に行われるようにするため, 互いに友人または知り合いの関係とした.

2.2. 実験条件

実験条件は, 参加環境(2: 対面/ハイブリッド 環境), 基準(2: 壁がある/壁がない)であった.

参加環境は, 参加者間要因であり, 参加者が全員対面によって参加する場合(対面)と, 3 名中 2 名が対面で参加し, 1 名がオンライン上で参加する場合(ハイブリッド)とを設けた.

基準条件は, 参加者内要因であり, 部屋の基準となる壁がある場合と, ない場合とした. 部屋の基準となる壁がある場合, 壁を基準として部屋に配置された家具の位置や方向が参加者間で一致させやすいと予想した. 一方で壁がない場合は部屋の家具の配置のみの情報で位置や方向の一致を行うことになると考えられた.

2.3. 実験刺激

刺激は Tinker CAD(Autodesk 社)を利用して, 部屋を作成し, 異なる 3 方向からの見えを示すような図版を 3 種類作成した. 刺激は事物同士の関係により, ある事物について, 1 人の参加者からは見えるが, 他の参加者からは一部, あるいは全部が見えないというようにした. これにより見え方が異なるそれぞれの参加者が情報共有のためにコミュニケーションを行う必要性が高まるように配慮した.

配置した家具・事物については, 大型の家具 3 個(テーブルなど), 向きや方向のある家具・事物 4 個(パソコンなど), 縦横対照の家具・事物 7 個(ランプなど)から構成される 14 個の家具等を配置した. これらの家具等を配置した部屋に, 壁がある/壁がない場合の刺激を作成した(図 1).

2.4. 実験手順

対面条件の参加者は同じ室内で1つのテーブルを挟んで着席した. ハイブリッド条件では, 対面参加者 2 人は並んで着席し, 1人は同じ建物の別室のテーブルに着席した. はじめに実験者は参加者 3 人で協力して部屋の家具配置をあてるゲームを行うことを説明し, ゲームを行う上で円滑な会話ができるよう緊張を和らげるために 1 分間アイスブレイクを設けた.

アイスブレイク後, 実験者がゲームの説明を行った. 参加者一人ずつに 1 枚の紙に印刷した画像を渡し, 次の 3 点について説明した. 1)印刷された画像はそれぞれ1つの部屋を別々の角度から撮影したものであり, 3 枚から得られる情報をまとめると部屋の家具が全て配置できる. 2)画像の共有に関しては, 実空間を共有している対面同士では共有しても構わないが対面, オンライン間では双方で画像の共有はしてはならない. 3)解答は対面での参加者が解答用紙に描き込むが, これはオンラインに対して共有しても良いものとする. また, オンラインの参加者がいた場合にも同様に紙に印刷した画像を渡した. 実験時間に関しては, 特に制限をしなかった. 解答用紙はそれぞれ 1)オブジェクトの配置, 2)描き込まれたオブジェクト, 3)描き込まれたオブジェクトの向き, の 3 項目についてそれぞれ正しいかについて, 最大 5 点として, 実験者が実験終了後に採点を行った.

3. 分析方法

得られたデータのうち，配置の手がかりがある「壁あり」の状態でのデータを分析対象とした．対面状況の参加者については，ビデオカメラを用いて参加者から見て斜め前の方向からやり取りの様子を記録した．ハイブリッドの参加者については zoom の録画機能により映像を記録した．発話は whisper (Open AI)を利用し，書き起こしを行なった．この書き起こしが出力された後，録画したデータを再生し，出力された文字列が発話と合っているかを 1 名のコーダーが確認した．出力された文字列が誤っていた場合には，発話に合わせて文字列の修正を行なった．その後日本語の形態素解析器として公開されている Janome(ver.0.4)を用いて，形態素分析を行なった．得られた語をもとにコーダーが指示詞を抽出・分類し，各指示詞の合計頻度(総トークン数)を算出した．

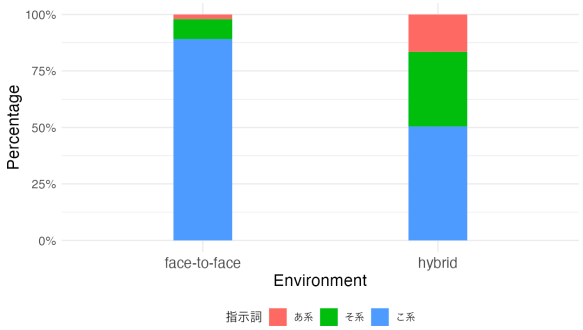
なお，独立変数は，環境(対面，ハイブリッド)，指示詞(こ系，そ系，あ系)であった．これらの頻度が各要因において偏りがあるかを調べるために χ^2 検定を行った．なお，χ^2 検定で有意な偏りが認められた場合に，下位検定として調整済み残差を算出した．なお，計算には統計ソフトウェア R (R core team, 2023)を用いた．

4. 結果

最初に家具等の配置について完成された図を検討したところ，1)オブジェクトの配置，2)描き込まれたオブジェクト，3)描き込まれたオブジェクトの向き，のいずれもがどのグループでもほぼ完全に正しく，参加者が適切に課題を遂行したことが確かめられた．指示詞使用について調べたところ，環境と指示詞における合計頻度に有意な偏りが認められた(χ^2 (df = 2, case = 371)= 59.583, $p < .001$).

有意な偏りが認められたため，調整済み残差を算出したところ，こ系は，対面状況の方がハイブリッド状況よりも多く使用していた($z = \pm 4.3975$). また，そ系は，ハイブリッド状況の方が対面状況よりも多く使用していた($z = \pm 7.6778$). よって，参加者全員が実空間を共有している対面状況ではこ系を使用し，一部参加者が実空間を他の参加者と共有できていない場合，そ系を用いて会話を行う可能性がある.加えて，あ系は，そ系と同様に，ハイブリット状況の方が多く使用していた($z = \pm 5.3793$).

図 3. 環境と指示詞における合計頻度の割合



ハイブリッド状況の場合に「こ系」指示詞が少なく「そ系」や「あ系」指示詞が多かったために，ハイブリッド状況での実際の発話事例を検討した．図4の事例は，グループ 1 の試行 2 の後半で，ちゃぶ台の上に設置された雪だるまの飾り物について言及をしている場面である．雪だるまには目と鼻がついていた．対面参加者のうち，片方の図版にのみ雪だるまが設置されているのが確認できるが，設置された具体的な方向はわからない状況であった．1 人の対面参加者(T1 とする)がオンライン参加者へ「雪だるまが乗っているのが T2(もう 1 人の対面参加者)くんの方で見える」(発話行 01)と情報の共有を行ったのに対し，オンライン参加者(O1 とする)は指示詞「こ系」を使用して，雪だるまの方向を対面参加者へ「えっとね:，なんか顔付いてて:こっち側向いてるんだよね.」(04)と伝えた．それに対し，T1 は「あ:，そっち側向いてるのか.」(07)と指示詞「そ系」を用いて返答した．また，対面参加者同士では，T1 が「こう向いてるってことだよね?」(10)と指示詞「こ系」を用いて T2 へ情報の共有を行った．

図 4. 事例：ハイブリッド状況のグループ 1 試行 2 の発話事例　赤字で自分の空間に（図版の中に）ある事物や，相手の空間にある事物に，指示詞を使って言及している様子を示す．

01	T1	:	で，あ，そうだなんか机の上に雪だるまみたいなのが乗ってるのが T2 くんの方で見える.((T2 の図版を見ながら))
02	T2	:	[うん.
03	O1	:	[うんうん.　((頷きながら))
04	O1	:	えっとね:，なんか顔付いてて:こっち側向いてるんだよね.((下を向いて自身の図版を見ながら))
05	T2	:	[うん.((机に置いてある図版を見ながら))
06	T2	:	あ:.
07	T1	:	[あ:，そっち側向いてるのか.　((T2 の図版を見ながら))
08	O1	:	うんえ:とだからそう，わ，わかる？，わかる？((図版を再度確認し、顔を画面に向ける)
09	T2	:	[こうか.　((下の図版を見ながら左手で指差しを左から右へ流すようなジェスチャーと共に))
10	T1	:	あーな，多分こ，こう向いてるってことだよね？((手元の回答用紙に描き込みながら))
11	T2	:	[うん.　[うんうん.((解答用紙に描き込まれる図を見ながら))

5. 考察

環境と各指示詞における合計頻度について，対面状況とハイブリッド状況を比べたところ，予測した通りに，対面状況では指示詞「こ系」が多く使用されていた．これは，対面状況は実空間を参加者全員が共有していたため，参加者間で共通基盤が成り立ちやすく，現場指示詞用法としての指示詞「こ系」を用いることで十分に情報を伝えられていたと考える．一方で，ハイブリッド状況の場合，参加者全員で実空間を共有できているわけではなかったため，指示詞「こ系」を用いた会話ではオンライン参加者へ情報を十分に伝えられない可能性があると判断されたと考えられる．そのためハイブリッド状況の方が指示詞「そ系」，「あ系」の使用が多くなった可能性がある．とりわけそ系指示詞の使用が多かった．ハイブリッド状況では，参加者全員で実空間を共有していたのではなかったため，対象物を互いに見ることができず，指示詞「こ系」が使いづらくなり，見えていない事物に対して他者と共有を行うためにそ系指示詞が多く使われた可能性がある．ただし，ハイブリッド状況でも対面状況よりは少ないものの，こ系の指示詞使用もある程度多く観察された．これは対面参加者同士での使用だけでなく，「空間を跨がない」使用における「こ系」指示詞の特徴的使用があったことによる可能性がある．

オンライン参加者が発話を行う際，発話と共に自身の手元にある図版を確認しながら発話を行なっていた事例があった．その際，「こっち側・・・だよね」や「こうか」と自分自身に対し使用しつつ同時に異なる空間の人にも伝えようとするような「こ系」の使用があったと考えられる．加えて，ハイブリッド状況における対面参加者では，同じ参加環境の参加者には「こ系」を用いた発話を行なっていたのに対し，オンライン参加者の発話に対しては，「そ系」を使用していたことが事例から推測された．同じ空間で共有している場合は現場指示としての「こ系」を用いるのに対し，空間を跨ぐ状況では指示詞「そ系」を使用する傾向がある可能性も考えられる．Dieesel and Coventry (2020)では，指示詞について，従来基準となるとされてきた距離は実はあまり関係がなく，主に社会的・相互作用的な目的で使用されると述べている．ハイブリット状況では事物との距離などを対面状態と同一にすることは困難である．よって，相互作用的な基準により指示詞「それ」が使用されていた可能性がある．

対面状況では視点からは見えない家具について言及を行う際，相手の図版を特に気にする様子がない発話があったが，ハイブリッド状況では空間を跨いだ相手に確認をとる行動が観察された．対面状況では全員が同じ空間にいるため，参加者らの図版を互いに目視で容易に確認することができ，わざわざ確認をとらなかった可能性がある．その一方，ハイブリッド状況では，空間を跨いだ相手とは図版の共有ができない状況であったため，自分の見えているものと相手の見ているものが一致していない可能性を考慮して，話題となる家具の説明を行ってから相手の図版からも見えるかどうかについて都度確認をしていた可能性がある．

今後，空間を跨ぐ場合では「そ系」，跨がない状況では「こ系」指示詞が使用されるかについて，データに基づきより詳しく調べると同時に，その理由についてもより詳細に検討する必要がある．また，空間を跨ぐと言っても相手の空間にある事物がどのぐらい見えるかなど，共有のしやすさに違いがあることが指示詞使用にも影響する可能性がある．オンライン状況と対面状況をさらに指示詞使用について比較することで，ハイブリッドなど新たな対話ツールを用いた場合の指示詞使用を含む言語使用の特徴について，より詳しく調べていく必要がある．

6. 結論

本研究の目的は，環境が共有できる人とできない人が同時にコミュニケーションをする場合，どのような指示詞を利用するかを明らかにすることであった．実空間の共有ができていない参加者がいた場合，対面にいる人数が比較的多くても，指示詞「こ系」の使用が減少し，指示詞「そ系」，「あ系」の利用が増えることが分かった．ハイブリッド状況では対面状況における指示詞使用が単純に拡張されるのではなく，会話の相手との情報共有のあり方を考慮した指示詞使用がされると言える．

7. 文献

Clark， A. (2003). Natural-Born Cyborgs: Minds，Technologies， and the Future of Human Intelligence. Oxford University Press.

Grice， P. (1989). Studies in the way of words. Harvard University Press.

Holler， J.， & Bavelas， J. (2017). Multi-modal communication of common ground: A review of social functions. In R. B. Church， M. W. Alibali， & S. D. Kelly (Eds.)， Why gesture? How the hands function in speaking， thinking and communicating (pp.213-240). John Benjamins Publishing Company. https://doi.org/10.1075/gs.7.11hol

Diessel， H. (1999). Demonstratives: Form， function, and grammaticalization. John Benjamins Publishing Company. https://doi.org/10.1075/tsl.42

吉本 啓 (2004). 日本語の指示詞コソアの体系 金水 敏・田窪 行則 (編) 日本語研究資料集第 1 期第 7 巻:指示詞第 2 版 (pp.105-122) ひつじ書房

Diessel， H.， & Coventry， K. R. (2020). Demonstratives in spatial language and social interaction: An interdisciplinary review. *Frontiers in Psychology*， *11*， 555265.

高梨 克也 (2016).『基礎から分かる会話コミュニケーションの分析法』. 京都: ナカニシヤ出版

澤田 淳 (2016). 語用論研究法ガイドブック 加藤重広・滝浦真人(編) (pp.49-76) ひつじ書房

オンライン対話システムを介した集団同士において創造的なアイデア形成を実現するインタラクションデザイン

Interaction Design for Facilitating Creative Idea Formation Among Groups via Online Communication System

市川 雅也 †, 竹内 勇剛 †
Masanari Ichikawa & Yugo Takeuchi
† 静岡大学
Shizuoka University
ichikawa.masanari.18@shizuoka.ac.jp

概要

本研究ではオンライン対話環境において創造的な議論を実践するための環境要因を探るために，複数の集団が互いにオンライン対話システムを介して接続していない／常時接続している／時間限定で接続している状況においてアイデア出しを課題とする実験を行った．その結果，常時接続している集団では問題解決に有用な発想の伝播が生じ，時間限定で接続していた条件では互いの案出偏向が類似する傾向がみられた．

キーワード：Computer Mediated Communication (CMC)，協同問題解決，エコーチェンバー

1. はじめに

対面状況の会議室や教室では単一の空間に複数の対話の場（以降「対話場」）が存在させることが可能である．このことは近傍の他者との対話を通して，他者の意見や発想を容易に利用できる機会を与えており，同一空間で問題解決を行う集団全体の議論に対して創造性や了解性の向上に貢献していると考えられる．ところが多くのオンライン対話環境では，その構造上，外部の対話やその情報を利用する機会が喪失しており，問題解決において各グループ内の能力やリソースのみに依存した議論にとどまってしまい，他者との協調によって創造性を発揮することが難しい．またこうした閉鎖的な環境は，その場の外からの刺激を傍受しづらく，類似した情報と接触する機会が増加する結果，エコーチェンバーの温床になる可能性がある [1, 2].

対話を伴う協働的な問題解決に関しては，特定の対話を行うグループメンバーが異なる背景知識 [3]，役割 [4]，視点 [5] などを有している場合には協働活動においてパフォーマンスが高まり，そうではなくメンバーが同質である場合には協働において正の効果が得られないことが示されている．これらの研究は，一方で単一の対話場における有効な協調手法を提示しているが，他方で対話する集団間の協調については十分に検討されていない．本研究は学習科学や協同問題解決に位置付けられ，オンライン環境／サイバー空間など対面状況とは異なる認知環境におけるインタラクションに注目する．

本研究の目的は集団間が創造的な問題解決を実践するためのオンライン対話環境の仕組みを解明することである．次章では複数の集団が互いにオンライン対話システムを介して接続していない／常時接続している／時間限定で接続している状況においてアイデア出しを課題とする実験を行った．本研究はオンライン対話を利用した授業や会議における議論の創造性や了解性を向上させる対話場のデザイン提案に資することが期待される．

2. 接触機会が異なる集団間の問題解決実験

2.1 実験目的

本実験の目的は，他集団を傍観することが許容された環境が，アイデア出しを行うグループの創造性を向上させるかを検証することである．本実験における創造性は 2.5 で定義している．

2.2 実験環境

参加者は大学生 27 名（平均年齢: 18.78 歳，SD: 0.42）であり，全員が共通の講義を履修する顔見知りであったが，各個の交友関係にはばらつきがあった．参加者は 9 名を 1 組とする 3 つの群に分けられ，各群が 3 つある実験条件に割り当てられた．さらに各群の参加者は 3 人を 1 組とする 3 つのグループに分かれ，それぞれ異なる部屋に配置された．

実験はホワイトボードが設置された大学の講義室を 3 部屋使用して実施した．各部屋のホワイトボード

の様子は常に Web カメラで撮影され（音声は OFF），オンラインビデオ会議サービス ZOOM を介して各グループのラップトップ PC に中継されていた．各部屋の作業机にはラップトップ PC に加えて，十分な量の回答用紙と，文房具が入った道具箱が設置されていた．

2.3 実験課題：一筆書き課題

一筆書き課題は制限時間 30 分のあいだにより多くの一筆書きパターンを案出することを目的とした課題であった．参加者は一筆書きを案出するたびに，それを回答用紙に書いて，各部屋のホワイトボードに掲示することで，最終的により多くの報酬の獲得を目指すように指示されていた．各部屋に駐在する実験者は作品が 1 つ貼り出されるたびに，表 1 に基づいて作品を採点し，参加者に得点分の報酬（トークン）を付与した．なお一筆書きには以下のルール (1)〜(3) の制約が設けられており，これに従わない作品は無得点とした．したがって上述のルールと得点換算法に基けば，参加者が高得点を獲得するには，1 に示すように先入観を逸脱した方法によって 4 本の辺で構成された一筆書き（以降「4 本辺作品」）を案出する必要があった．

(1) 9 つの点を一度だけ通る一筆書きであること
(2) 線が点の上で交差してはいけない
(3) グループ内での既出案の線対称体，回転対称体，鏡写しおよび同一案は無得点

2.4 実験条件

実験は 1 要因被験者間計画において実施された．実験要因は一筆書き課題中の ZOOM を介して他グループを傍観可能な時間の長さであり，無接続条件（なし），常時接続条件（30 分），限定接続条件（3 分）の 3 つの水準を設けた．

無接続条件は ZOOM によるグループ間の中継をしない条件であった．したがって無接続条件においては特定のグループで創出されたアイデアが他グループに流出することはなかった．

常時接続条件は ZOOM によるグループ間の中継を 30 分間常時実施する条件であった．常時接続条件では特定のグループで創出されたアイデアが他グループに流出する可能性があった．またルール (3) より，自身のグループにはない他グループの作品の書き写しは認められており，参加者はそれを認識していた．

限定接続条件は任意の 90 秒間 ×2 回のみ ZOOM によるグループ間の中継映像を見ることができた．また常時接続条件と同様，他グループの作品の書き写しは認められており，参加者はそれを認識していた．

表 1: 一筆書きの得点換算表

辺の数	得点
≤3	0
4	500
5	5
6	10
≥7	0

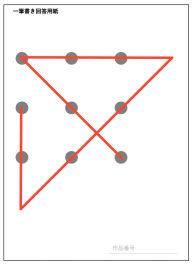


図 1: 先入観を逸脱した一筆書きの例

2.5 創造性の評価指標および観測項目

本実験では Finke(1990) に基づいてアイデア出しにおける創造性の評価指標をアイデアの「応用性[1]」と「独創性」の 2 要素とした [6, 7].

アイデアの応用性を評価するための観察項目は，図 1 に示したような「4 本辺作品の出現グループ数」であった．4 本辺作品は一筆書きにおいて案出の探索範囲を 9 点の枠外へと拡張させる発想であり，以後の案出に対して応用が可能である．

アイデアの独創性を評価するための観察項目は，同一条件 3 グループで創出した一筆書きの「運筆経路の多様性」であった．運筆経路が多様であることは，作品それぞれがユニークであることを意味しており，反対に運筆経路が一様であることは作品それぞれが固有の特徴を持っておらず，類似したアイデアばかりが生成されていたことを意味している．

2.6 仮説と予測

4 本辺作品の出現グループ数は接触機会の多さに応じて多くなると予測する．3 条件間に 4 本辺作品を単独で編み出せる確率に差はないが，接続がある 2 条件では他グループの作品の傍観によって自身のグループでも 4 本辺作品を生成可能だと考えられる．

運筆経路の多様性は接触機会の多さに応じて低くなると予測する．他グループの作品を書き写し可能な状況は，模写だけでなく，それに類似したアイデアを着想しやすくさせると考えられる．

2.7 分析方法

運筆経路の多様性の評価に際して，各グループの各作品[2]が ID 化された．ID 化の手続きは図 2 に示すように，回答用紙上の 9 つの点をに 1〜9，その上右下の領

[1]三輪ら (2004) は「実用性」と和訳しているが，本実験における実用性とはすなわちアイデアの応用性であり，分かりやすさを重視して「応用性」と表記する．

[2]分析方法の都合により 2.3 のルール (1) または (2) に反していた作品は除外した．

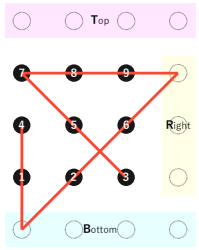


図 2: ID 化の手順

表 2: 4 本辺作品が出現したグループ数および 9 点の外での屈折が出現したグループ数

	無接	常時	限定
4 本辺作品	1/3	2/3	0/3
9 点外の屈折	1/3	3/3	0/3

表 3: 同一条件 3 グループの状態遷移確率の標準偏差における外れ値のセルの数

	無接	常時	限定
セル値 ≥2SD の数	6	5	2

域をそれぞれ T，R，B と定義し，一筆書きの端点のうち上左に近い点を始筆点とし，テンキーをなぞることで実行した．例えば図 1 の一筆書きであれば，端点のうち上左に近い「4」の位置からテンキーをなぞることで「41B26R98753」という ID を得ることができる．さらに一筆書きにおける点繋ぎを，初期状態 S，終了状態 G を含む 14 状態 $\{S, G, 1, \cdots, 9, T, R, B\}$ の状態遷移とみなした．例えば図 1 の作品であれば，([現在状態], [次状態]) $= \{(S, 4), (4, 1), \cdots, (5, 3), (3, G)\}$ のように，現在状態から次状態への状態遷移として記述することができる．すると全てのグループの総作品に対して，各点から別の点に線が繋がれる確率を得ることができる．例えば 10 作品中 6 作品が「4」の位置を始点とする作品であった場合，状態遷移 $(S, 4)$ に対して 0.6 という確率が得られる．

運筆経路の多様性の判定では，同一条件 3 グループ間での運筆における状態遷移確率の非類似性を比較した．具体的には全てのグループの総作品に対して点繋ぎの状態遷移確率を出力し（図 3），同一条件 3 グループにおける各状態遷移の標準偏差（図 4）が大きければ，当該状態遷移に関して多様性があると解釈した．

3. 結果

表 2 より 4 本辺作品の出現グループ数は，各条件 3 グループ中，無接続条件が 1，常時接続条件が 2，限定接続条件が 0 グループであった．また常時接続条件では 4 本辺作品こそ出現しなかったが，9 点の外で辺を屈折させた作品を生成していたグループが 1 つあった．

図 3 は 3 条件 ×3 グループの総作品における点繋ぎの状態遷移確率を示している．図 3 は上から無接続，常時接続，限定接続条件で，横に並んだ 3 つのヒートマップは同一条件の 3 グループに対応している．各図の縦軸は現在状態（上から S, 1, $\cdots$, 9, T, R, B），横軸は次状態（左から G, 1, $\cdots$, 9, T, R, B）であり，セルが濃青色で示されているほど状態遷移確率が高く，運筆経路として辿られがちであったことを表している（max: 0.69, min: 0.0）．さらに図 4 は図 3 の同一条件 3 グループの各セルの標準偏差を表しており，上から無接続，常時接続，限定接続条件である．セルが濃青色で示されているほど標準偏差が大きく，グループごとの状態遷移確率にばらつきがあったことを意味している（max: 0.33, min: 0.0）．図 4 から限定接続条件では無接続・常時接続条件と比較して濃青色のセルが少ないことが読み取れる．図 4 の全てのセルの平均に対して標準偏差の 2 倍となる値を閾値とするときの外れ値の数に注目すると，表 3 の通りとなり，限定接続条件では他の 2 条件に比べグループごとの状態遷移確率が類似していたことが読み取れる．

したがって図 4，表 3 より運筆経路の多様性は，無接続と常時接続条件が概ね同程度，それと比較して限定接続条が低くなるという結果が得られた．

4. 考察

アイデアの応用性の観点において，無接続条件と常時接続条件の 2 条件の結果に着目すると，予測の通り，常時接続条件ではあるグループで出現した有益なアイデアが他のグループに伝播するという状況が生じていた．このことは問題解決する集団間が相互に傍観可能な状況は，ある優れた発想の共有に役立てられる可能性を示唆している．一方で本実験における限定接続条件のように，その萌芽となる発想が生じない場合，集団が相互に傍観可能であるというだけでは集団全体の問題解決の水準を向上させることは困難であると考えられる．

アイデアの独創性の観点において，無接続条件と常時接続条件の 2 条件の結果に着目すると，予測と異なり，両者の間に差は見られなかった．一方で注目すべき点として，接続機会において両条件の中間的な位置付けの限定接続条件は，接触機会／時間に比例してグループ各個の案出傾向が類似するという仮説と異なり，他の 2 条件と比較してアイデアの独創性が低下し，集団間のアイデアの類似性が高くなった．本実験で参

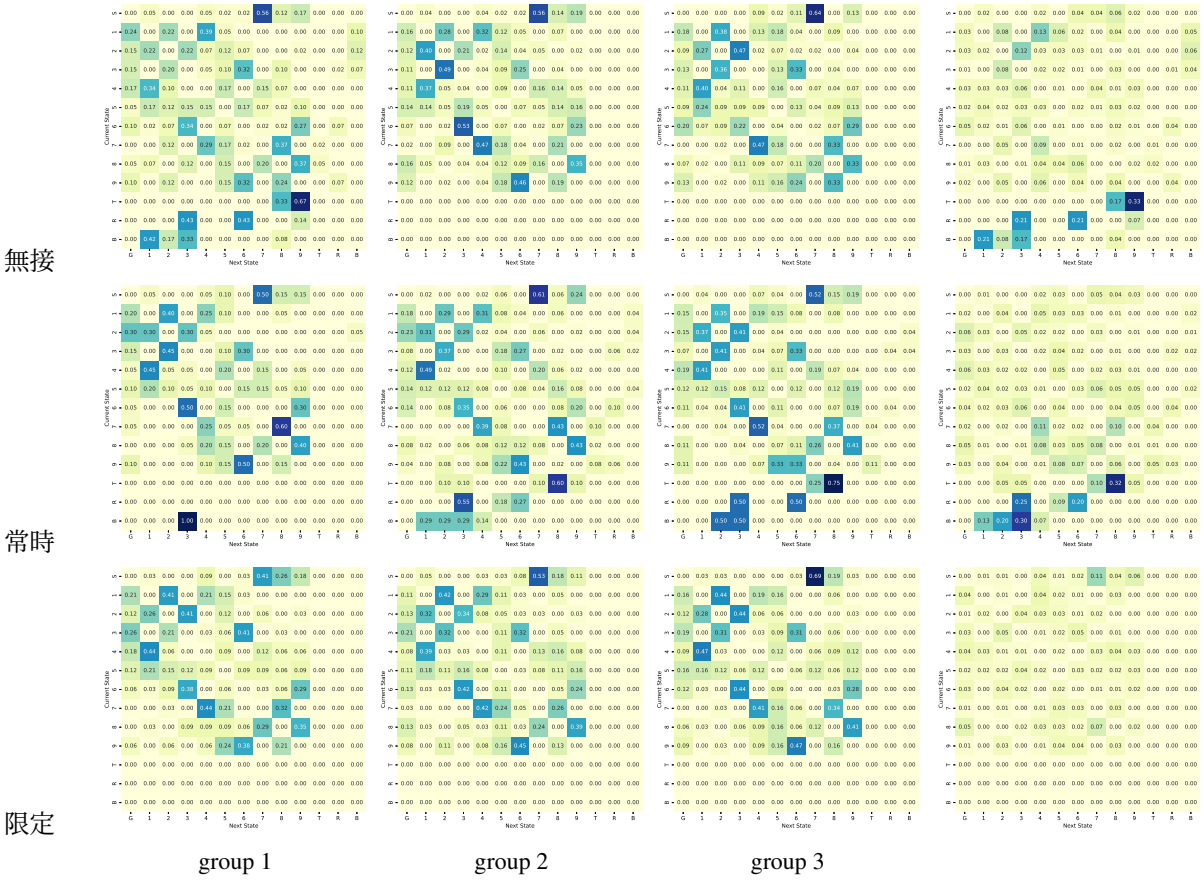


図 3: 3 条件 ×3 グループの一筆書きにおける運筆の状態遷移確率

上列から無接続，常時接続，限定接続条件．図 4 も同様．同列内は同一条件の 3 グループ．

図 4: 同一条件 3 グループの遷移確率の標準偏差

加者は他グループの作品を書き写しが認められており，限定接続条件の参加者は常時接続条件の参加者と比較して，限られた傍観時間の中で多くの発想を取り入れる必要があった．よって他グループのアイデアに対して，よく精査することなく，盲目的にそれを書き写しては得点に反映させようという戦略が取られていた可能性がある．それぞれのグループが手当たり次第に他グループのアイデアを取り入れることが，結果として集団各個の個性を低下させることに影響したと考えられる．また実験課題において共通の目的を持った集団間が，積極的のその目的を達成するための情報にアクセスし，その結果集団全体が類似した情報で満たされている様相はエコーチェンバーが生じていた可能性を暗に示している．ただし限定接続条件では 9 点の外で辺を屈折させるという発想が生じなかったことから，案出における探索範囲が他の 2 条件に比べて狭くなっており，結果としてアイデアの多様性が低くなっていた可能性はよく検討する必要がある．本実験の結果は少ない事例を通して，オンライン環境での集団間の協同機会の設計における利点と懸念を提供した．

謝辞

本研究の実験に際して多大な御支援を賜りました常葉大学の山田雅敏先生，静岡大学の市川淳先生，ならびに実験に参加していただいた常葉大学社会環境学部 1 年生の皆さまに謝意を申し上げる．また本研究は JST RISTEX JPMJRS23L3 の支援を受けたものである．

文献

[1] Garrett, R. K. (2009). Echo chambers online?: Politically motivated selective exposure among Internet news users. Journal of computer-mediated communication, 14(2), 265-285.
[2] 名倉卓弥, 秋山英三. (2023). SNS におけるトピックス数の増加が意見の分極化とエコーチェンバーに与える影響. 人工知能学会論文誌, 38(4), B-N11-1.
[3] Dunbar, K. (1994). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories.
[4] Shirouzu, H., Miyake, & N., Masukawa, H. (2002). Cognitively active externalization for situated reflection. Cognitive science, 26(4), 469-501.
[5] 林勇吾, 三輪和久, 森田純哉. (2007). 異なる視点に基づく協同問題解決に関する実験的検討. 認知科学, 14(4), 604-619.
[6] 三輪和久, 石井成郎. (2004). 創造的活動への認知的アプローチ ([特集] 創造的活動の理解と支援). 人工知能, 19(2), 196-204.
[7] Finke, R. A. (1990). Creative imagery: Discoveries and inventions in visualization. Psychology press.

LSTMを用いた時系列筆跡データからのASD識別特徴抽出
ASD discriminative feature extraction from time series handwriting data using LSTM

山本 博暉 †, 大本 義正 †, 熊崎 博一 ‡, 岩永 竜一郎 ‡, 今村 明 ‡, 清水 日智 ‡, 寺田 和憲 ‡2
Hiroki Yamamoto, Yoshimasa Ohmoto,Hirokazu Kumazaki,Ryoichirou Iwanaga,Akira Imamura,Hitomi Shimizu,Kazunori Terada
† 静岡大学, ‡ 長崎大学,‡2 岐阜大学
Shizuoka University, Nagasaki University,Gifu University
yamamoto.hiroki.19@shizuoka.ac.jp

概要

ASD 高リスク児が手指微細調整運動を苦手とすることに着目し図形描画における時系列筆跡データからASD 識別特徴量を抽出した。LSTM を用いて筆圧、ペンの傾き、速度などの時系列データから特徴量を抽出し、従来の検査結果を目的変数として ASD 分類モデルを作成した。その結果、高い識別率を示した。ASD 低リスク児との乖離度を DTW 距離を利用して表現することで、ASD 高リスク児を識別することが可能であることが示唆された。

キーワード：ASD, 協調運動

1. はじめに

自閉スペクトラム症 (Autism spectrum disorder: 以下 ASD と記載) は、社会的コミュニケーションと相互作用の障害、限定された反復的な興味や行動パターンの存在が特徴的な生涯続く発達障害の一つである。2013 年にアメリカ精神医学会 (American Psychiatric Association:APA) が、以前の「精神疾患の診断・統計マニュアル」を改訂した DSM-5 を発表し、自閉症の症状を連続した障害であるという見方が採用された影響もあり、世界的に ASD の認知度が向上した [1]。

このように ASD に関する理解が進んでいる一方で、現在のところ ASD のための信頼できる定量的な診断基準は信頼できる定量的な診断基準は無い。現在の ASD の評価ツールである「gold standards」は ADOS-2(Autism Diagnositc Observation Schedule,Second Edition) と ADI-R(AUtism Diagnostic INterview-Revised) の二種類がある [2]。どちらも、定性的な診断基準で評価を行っているため、保護者からの詳細なインタビューに多くの時間を費やす必要がある。ASD を診断可能な医師は限られており、現在では、医師による診察の前にスクリーニングを行うことで待機時間の改善を図っている。しかしながら、多くのスクリーニングは医師や保護者の主観に依存しているためバイアスの影響を受けやすいことが問題点として挙げられる [3]。ASD の早期発見を実現するには、定量的な手掛かりを見つけることが重要である。一方、ASD 児は個々人によって様々な症状を示すため、一貫性のあるデータを収集することが困難であるという課題がある [4]。

そこで本論文では、定性的な診断には長い時間がかかるということと、ASD 児から一貫性のあるデータを収集することが困難であるという問題点を、定型発達児 (typycal development: 以下 TD と呼ぶ) から得られるデータに対して深層学習を使って TD 児のモデルを作成し、異常検出アプローチを応用することによって改善する。また、我々は、ASD 児がしばしば手指の微細調整運動が困難であることに着目した [5]。

筆記には身体的、認知的、感覚的なシステム間の複雑な相互作用が含まれており、これらのシステムの障害は ASD と関連付けられることが報告されている [5]。また、ASD 児の運動障害は併存する疾患、障害を含む症状の重症度が増加するほどにリスクが増加するとされており、運動障害の程度が ASD 傾向を表す可能性が示唆されている [6]。ASD 児の筆記時に現れる運動障害は、単純な身体障碍ではなく、身体的、認知的、感覚的情報の統合、処理能力の欠如が原因と考えられる。手指の微細調整運動が困難であることによって、筆記行動に影響を与え、TD 児と筆記パターンが異なると推測した。

2. 方法

我々は ASD 低リスク児の筆記運動中の時系列変化の予測モデル (以下、低リスク児モデルと呼ぶ) を時系列データに適用できる柔軟性をもったニューラルネットワークのアーキテクチャである LSTM を用いて作成する。作成した低リスク児モデルによって、未学習

の低リスク児と ASD 高リスク児の時系列変化を予測させた後に、予測した時系列変化と実際の時系列変化の距離を動的時間伸縮法 (DTW) でそれぞれ計算する。このとき、予測した時系列変化と実際の時系列変化の DTW 距離は、ASD 低リスク児よりも高リスク児のほうが大きくなると考えた。その後、出力された DTW 距離を説明変数として、ASD 低リスクか ASD 高リスクであるかを予測する分類モデルを作成し、どの筆記項目が ASD 高リスク予測に寄与するか検討した。我々は、長崎県佐々町の 5 歳児検診の ASD スクリーニング項目として採用され、運動スクリーニングの一つとして有効である「図形描画」に注目した。

2.1 参加者

2022 年 8 月から 2024 年 5 月までの間に、長崎県佐々町において実施された 5 歳児検診に訪れた 164 名の児童を対象に図形描画を行ってもらった。この児童のデータのうち最終的な分析の対象となったのは、男児 82 名、女児 66 名の合計 149 名であった。保護者には ASD リスクの判断に利用される社会的反応性尺度第二版 (Social Responsiveness Scale, Second Edition: 以下 SRS-2 と呼ぶ) と呼ばれるアンケートに回答してもらった。SRS-2 から算出されるスコアは、日本人幼児の場合で男性は 53.5 点、女性は 52.5 をカットオフにすることで高い ASD 検出率を示すことが示唆されている [7]。そのため、このカットオフに従ったところ、ASD 低リスク児が 25 名、ASD 高リスク児が 124 名であった。保護者が記入する SRS-2 スコアに欠損があったものや、図形の筆記が明らかにお手本図形と比べて逸脱しているデータは分析から除外した。参加者はシステム上で指示された図形 (三角形、逆三角形、四角形、太陽) をペンタブレットに描画するように指示され、その様子が撮影された。

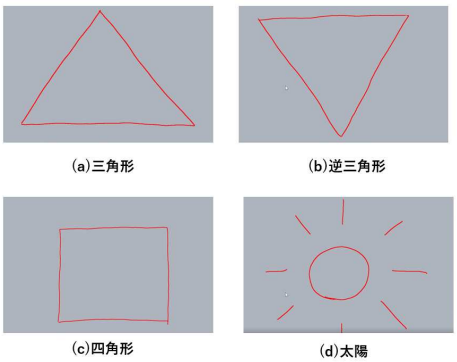


図 1 お手本図形

2.2 取得データ

システムにより取得したデータは描画された X 座標、Y 座標、筆圧、方位、傾き、時間および、描画中の顔画像である。X 座標、Y 座標はタブレットの幅を 0 から 1 に正規化したうえで取得された。方位は描画時のペンの向きであり、数値は 0.0 から 1.0 をとる。(参加者から見て前方を 0.0 とし、時計回りに値が増加) 傾きは描画時のペンの傾きであり、数値は 0.0 から 0.5 をとる。(ペンをまっすぐ立てるほど値は 0.5 に近づき、横に寝かせるほど値は 0.0 に近づく)。時間はデータ取得時の時間であり、ミリ秒まで取得している。データの取得はペンタブレットにペンが振れているときのみ行われるため、タブレットからペンが離れ、筆記していない間のデータは自動的に除外される。また、筆跡だけでなく、ASD 児の視線の動きと症状の関連については、これまで多くの研究がなされている [8]。こうした研究により、視線の推移も症状の判定に寄与すると考えられるため、画像データを分析して視線方向も抽出した。画像データは openface という表情検出ソフトを用いて、タスク中の X 軸と Y 軸の視線方向を算出して利用された。そのため、最終的に、X 座標、Y 座標、筆圧、方位、傾き、X 軸視線方向、Y 軸視線方向、速度の 8 次元の時系列データを取得した。

2.3 手続き

初めに、ペンタブレットに慣れるため自由に描画を行ってもらう画面に遷移した。この間筆跡情報の取得は行わなかった。参加者がペンタブレットに慣れたことが確認できた後、指定した図形が描画される様子が収録された動画を表示した。お手本には書き順を示す数字と描画方向を示すキャプションが 1 画ごとに表示されるようになっていた。参加者が指定した図形を書かないなど、本調査で得る想定のデータから著しく逸脱している場合、担当者が判断して筆跡情報の削除を行い、再度指定した図形の描画をするように促した。

2.4 低リスク児モデルの作成と DTW 距離

本研究では参加者 148 人を 3 つのグループ、ASD 低リスク児グループ (SRS-2 スコア：0〜49)、ASD 中リスクグループ (SRS-2 スコア:50〜52)、ASD 高リスクグループ (SRS-2 スコア:53〜) に分けた。LSTM には図形描画を行った際の時系列データを 8 次元すべて入

力する。しかし、実験参加者によって、時系列データの長さが異なるため、線形補間を利用してデータの長さをすべて 250 フレームに統一した。入力には 8 次元の 200 フレームを用いて、出力は特定の 1 次元の 50 フレームとして、合計 8 個のモデルを各図形で作成した。そのため、8 × 3 で 24 の LSTM モデルが作成された。双方向 LSTM で隠れ層は 64 個のノードによって構成されているため、128 個のデータが LSTM 層から出力される。その値を全結合層を通じて、50 フレーム分の筆跡推移を出力する。過学習を防ぐために、全結合層からの出力を Dropout 層 (p=0.5) に通して、最終的な出力として特定の項目の推移を予測した。

中間グループと ASD 高リスク児グループの時系列データをテストデータとした場合には、学習データに ASD 低リスク児グループの全時系列データを使用して学習したモデルを適用した。ASD 低リスク児グループの時系列データをテストデータとした場合には、Leave-One-Out 交差検証により、モデルを適用した。作成した低リスク児モデルがテストデータに基づいた筆跡変動と実際の筆跡変動の距離を動的時間伸縮法 (DTW) によって算出した。DTW 距離とは 2 つの時系列データの間の各点を最小コストで一致させる経路の長さである。図形ごとに同様のモデルを作成した。また、太陽は図形が複雑で LSTM を用いて予測することが困難であったため、利用しなかった。そのため、三角形、逆三角形、四角形の 3 つのモデルが作成された。

2.5 DTW 距離を用いた ASD 分類モデル

本研究において、LSTM モデルを用いて抽出された 8 つの変数を説明変数として採用し、ASD の分類モデルを構築する。具体的には、SRS-2 スコアを目的変数とし、ASD 低リスクグループおよび中リスクグループを定型発達（TD）と見なし、高リスクグループを ASD と定義した。分類器としては、サポートベクターマシン（Support Vector Machine, SVM）を用いる。SVM は比較的少ないデータでも高い精度を誇るため選定した。SVM モデルには RBF カーネルを使用し、Leave-One-Out 交差検証でハイパーパラメータチューニングを行った。パラメータ探索範囲は以下の通りである。

```
'C': [0.0001,0.001, 0.01, 0.1, 1, 10, 100],
'gamma': [0.0001,0.001, 0.01, 0.1, 1, 10]
```

また、不均衡データであるため、クラスの重みを balanced に設定してモデルを構築した。これにより、各クラスのサンプル数に応じて重みを調整し、モデルのバイアスを軽減した。さらに、Leave-One-Out 交差検証を繰り返し、最も精度が低下する説明変数を一つずつ除くプロセスをたどることで変数削減を行った。変数リストは表 1 のとおりである。また、LSTM を利用した ASD 分類モデル作成の流れを図 2 にまとめる。

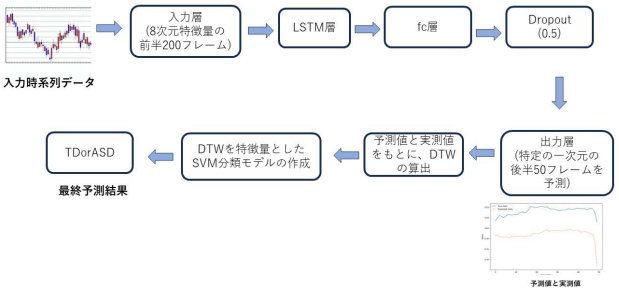


図 2　LSTM を利用した ASD 分類モデル作成フロー

表 1　説明変数リスト

説明変数	概要
X 座標	描画された X 座標
Y 座標	描画された Y 座標
速度	ペンの移動速度
筆圧	ペンがペンタブレットに対して加える圧力の強さ
方位	ペンの水平面上での角度
傾き	ペンの水平面に対する角度
視線角度 $_X$	視線の水平方向の角度
視線角度 $_Y$	視線の垂直方向の角度

3. 結果

LSTM を通じて出力された説明変数を用いて、変数削減を行い最も精度が高かったモデルとハイパーパラメータを表 2 にまとめる。

表 2　各形状の評価指標とハイパーパラメータ

形状	正解率	特異度	感度	F1	C,gamma
三角	0.993	1.00	0.96	0.980	(0.001,1.00)
逆三角	0.923	0.949	0.800	0.784	(0.100,1.00)
四角	0.993	1.00	0.957	0.978	(0.001,0.100)

各モデルで最終的に採用された説明変数と shap 値は図 3,4,5 のとおりである。

どの図形を用いた分類モデルでも正解率が 9 割を上回り、感度も高く、ASD 識別ができていることがわかる。しかし、逆三角形のみ少しどの指標においても値が下回る結果となった。逆三角形は見慣れない図形であったため、ASD 低リスク児、ASD 高リスク児関わらずお手本通り書けていないことが多かった。そのため、作成した LSTM による TD モデルが ASD 高リス

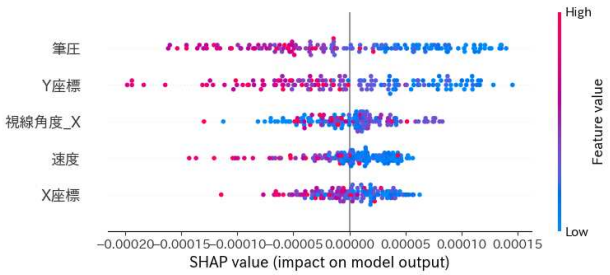


図 3　三角形 shap 値

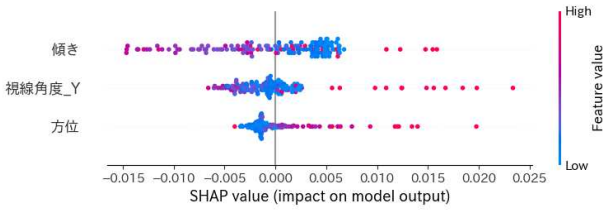


図 4　逆三角形 shap 値

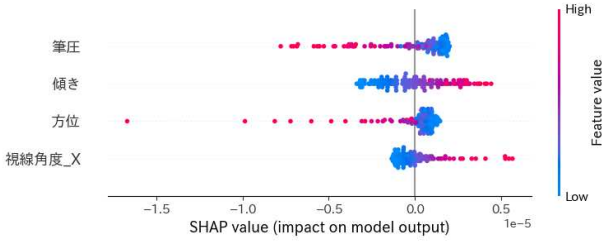


図 5　四角形 shap 値

ク児のみならず、TD 低リスク児に対しても予測値が実測値よりも乖離してしまった可能性が示唆された。

4.　議論

次に、どの特徴量が分類に寄与していたかを議論するために、shap 値に着目する。三角形の shap 値を見てみると、筆圧の DTW 距離が予測精度に最も大きな影響を与えていることがわかる。また、他の図形では X 座標や Y 座標の DTW 距離が採用されていないが、三角形のみ採用されモデルの精度に大きな影響を与えていることがわかる。これは、比較的 ASD 低リスク児は三角形を筆記するパターンが統一されているため、座標の予測ができるが ASD 高リスク児は特有の筆記パターンを所持しているため、予測がうまくできていなかったことが DTW 距離としてうまく表現されているといえる。また、逆三角形の場合は、傾きの DTW 距離が精度に大きくかかわっている。四角形は筆圧の DTW 距離が最も精度に寄与していることがわかる。三角形と同様に見慣れている図形であるため、三角形と同じ筆圧が分類精度に寄与していた。視線角度に関する変数がどの図形モデルにも採用されているから、先行研究の通り視線も ASD 識別の手掛かりであることがわかった。また、これらのことから図形ごとに、精度に貢献する特徴量が異なることがわかり、すべての図形において特定の筆記項目のみに注目するだけでは ASD 分類が困難であることが示唆された。

5.　まとめ

LSTM を用いることで、ASD 識別を可能にする特徴量の抽出を行える可能性が本研究から示唆された。また、描画するすべての図形において共通する特徴量が ASD 識別に寄与したわけではなく、図形ごとに着目すべき項目があることが示唆された。三角形、四角形は筆圧、逆三角形は傾きの予測値と実測値の DTW が分類精度に大きく寄与していた。今後はさらにデータを収集しつつ、今回作成したモデルの出力結果をまとめるアンサンブルアプローチの応用も行い、堅牢なモデルを作成していく予定である。

文献

[1] Matthew J Maenner. Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among children aged 8 years—autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, united states, 2018. *MMWR. Surveillance Summaries*, Vol. 70, , 2021.

[2] Catherine Lord. Autism diagnostic observation schedule. *(No Title)*, 1999.

[3] Cora M Taylor, Alison Vehorn, Hylan Noble, Amy S Weitlauf, and Zachary E Warren. Brief report: can metrics of reporting bias enhance early autism screening measures? *Journal of autism and developmental disorders*, Vol. 44, pp. 2375–2380, 2014.

[4] John N Constantino. The quantitative nature of autistic social impairment. *Pediatric research*, Vol. 69, No. 8, pp. 55–62, 2011.

[5] Azadeh Kushki, Tom Chau, and Evdokia Anagnostou. Handwriting difficulties in children with autism spectrum disorders: A scoping review. *Journal of autism and developmental disorders*, Vol. 41, pp. 1706–1716, 2011.

[6] Anjana N Bhat. Motor impairment increases in children with autism spectrum disorder as a function of social communication, cognitive and functional impairment, repetitive behavior severity, and comorbid diagnoses: A spark study report. *Autism research*, Vol. 14, No. 1, pp. 202–219, 2021.

[7] Yoko Kamio, Naoko Inada, Aiko Moriwaki, Miho Kuroda, Tomonori Koyama, Hiromi Tsujii, Yuki Kawakubo, Hitoshi Kuwabara, Kenji J Tsuchiya, Yota Uno, et al. Quantitative autistic traits ascertained in a national survey of 22 529 j apanese schoolchildren. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, Vol. 128, No. 1, pp. 45–53, 2013.

[8] Sara Rosenblum, Jumana Aassy Margieh, and Batya Engel-Yeger. Handwriting features of children with developmental coordination disorder–results of triangular evaluation. *Research in developmental disabilities*, Vol. 34, No. 11, pp. 4134–4141, 2013.

マンガにおける集中線が移動表現の解釈に与える影響
Effects of comic's action lines on the interpretation of movement expression

鎌田 昂明[†]，小林 春美[‡]，安田 哲也[§]
Koumei Kamata, Harumi Kobayashi, Tetsuya Yasuda
[†]東京電機大学大学院，[‡]東京電機大学，[§]東京大学
Graduate School of Tokyo Denki University, Tokyo Denki University, The University of Tokyo
24rmd15@ms.dendai.ac.jp, h-koba@mail.dendai.ac.jp, t-yasuda@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要
本研究では，集中線が球の運動速度の予測に与える影響, 加えて, 集中線が示唆する方向と球の方向の差による影響の差を調べた. 参加者は刺激を見て, 絵に描かれた球の運動速度を予測し，球が障害物にぶつかるまでの時間をボタン押しにより答えた. 結果として, 集中線が付加された場合に運動速度が速く知覚されること, 集中線が示唆する方向と物体の運動方向が一致する場合はより速く知覚されることが示唆された.

キーワード：マンガ，効果線，集中線

1. 目的

マンガは連続性を持つ複数の静止画と文字で構成される視覚表現の一つであり，現代ではストーリーテリングを伴う娯楽として幅広い年代の読者に世界中で親しまれている.

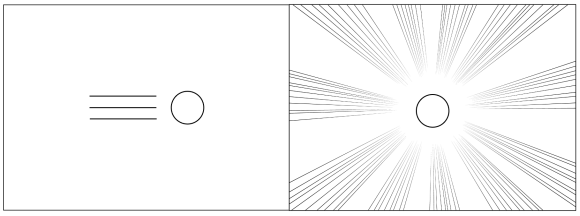
視覚表現の中でもマンガに多く見られる特徴として, 効果線が挙げられる. 効果線とは, 現実では目に見えて存在しないものの，絵と文字だけでは表現できない人物の感情や場の雰囲気の演出，または物体の運動の特徴を伝えるために描かれる線のことである.

マンガにおける効果線の一つとして，スピード線(motion lines)や集中線(action lines)がある（図 1）. スピード線を球に付加すると，同程度の物理量の図形(球の運動方向が奥行方向の線)を付加した場合よりも空間的注意を喚起することが林他(2013)の研究で明らかにされている. さらに，Kawabe et al. (2007)の実験では, 参加者に水平に移動する円を見せ，最後に付加したスピード線が運動方向と逆向きであった場合，参加者の記憶した円の位置を順向きの場合より強く変位させることが示されている. また, スピード線を物体に付加することで，物体を見た人が認識する物体の運動の速さに影響を与えられることが林他(2012)の研究からわかっている.

集中線は，画面の一点を消失点として絵の枠から線を描くことで, 主に人物の精神状態における集中, 事物などの強調，空間の奥行き表現や物体の奥行方向における運動の 3 つを表現する演出法である. マンガ家は求める演出の程度に合わせて消失点の位置や線の本数, 密度を経験と照らし合わせて集中線を描いている.

本多(2023)によって集中線が驚き感情の認知を強めることがわかっているが，その他の集中線の代表的な機能についての研究はまだ少ない. また, 効果線が画像に描写された運動の理解を助ける(Hacımusaoğlu & Cohn, 2023)が，集中線に関して同じことがいえるかはわかっていない. そのため本研究では, 集中線がスピード線と同じように球の将来の位置を予測させることを想定した上で，集中線の有無が球の運動速度の予測に与える影響, さらに, 集中線が示唆する方向と球の運動方向が一致する場合と不一致な場合における影響を調べることにした. 集中線は放射状に伸びているため, 事物が動く方向と一致する場合は奥行きを感じさせることが可能と考えられる. 集中線の方向と事物の運動方向が一致している場合は，一致していない場合よりも事物の動きをより速く知覚する可能性がある. そのため, 集中線が対象物の動きと空間の奥行きについて, 時間知覚に与える効果を確認することを目的に実験を行った. ただし, 絵に人が描かれている場合は事物の動きに関する予測がしやすい可能性があるため，刺激には人が描かれている場合と描かれていない場合の絵を使用し, 人が描かれる効果も調べることにした. 加えて, 集中線が示す方向が絵から知覚される運動方向と一致しているか分かり易い場合とそうでない場合で集中線

図 1:スピード線が付加された球(左)と集中線が付加された球(右)



の効果が異なる可能性があるため，これらを踏まえた刺激作成を行なった.

2. 実験

2.1. 参加者

理工系大学に通う 20 歳から 27 歳の学生 20 名であった（男性 15 名，女性 5 名:平均年齢 22.9 歳）．実験参加者は全員実験前に実験同意書に同意し実験に参加した.

2.2. 実験条件

実験条件は，スポーツ(4 水準: 野球，ゴルフ，ボウリング，フィラー)，球の運動方向(2 水準: 集中線の示唆する方向との一致(奥行)，不一致(水平))，集中線 (2 水準: 有，無)であった.

スポーツ条件は，球の運動の様子を参加者が想像しやすいよう，球技をモチーフとして構成されたものであった. 例えば, 野球であればピッチャーが球を投げたポーズと投げられた球，キャッチャーが描かれていた.

球の運動方向条件は，集中線が付加された場合に球の運動方向が集中線の示唆する方向と一致する（球が手前または奥に向かって運動する）場合と，一致しない場合（球が左右の水平方向に運動する）の 2 種類とした．水平方向への運動を示唆する効果線は流線と呼ばれる集中線とは別種のものであるため，実験条件に含めなかった.

集中線条件は，集中線の付加された絵と付加されていない絵の 2 種類とした．付加された集中線は，球を消失点として描かれたものであり，球の運動方向と一致する条件の場合では球の運動方向を示す解釈が可能であった.

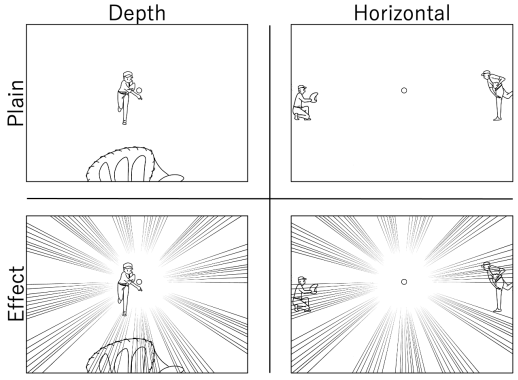
2.3. 実験刺激

刺激は運動する球が描かれているスポーツの一場面の絵に，集中線が付加されたものとされていないものを用いた.

スポーツが 3 種類(野球, ゴルフ, ボウリング)に加え，フィラー1 種類, 集中線の示唆する方向と球の運動方向が不一致(Horizontal)と一致(Depth)の 2 種類，集中線の有無 (Effect/Plain)で 2 種類から構成される 16 種類の絵を作成した.

各スポーツの絵において，野球は人物(投手と捕手)が描かれており，球の運動方向が理解しやすいもの，ゴルフは人物が描かれておらず球の運動方向が理解しにくいもの，ボウリングは人物が描かれておらず球の運動方向（ピンがある場所までの移動）が理解しやすいものとした．これらの異なるパターンを用意することで，マンガにおける集中線の効果が場面に描かれた他の要素との関係でより明確になる場合についての情報も探索的に得ることを目指した. フィラーは, 振り子が単に建物にぶつかる様子を描いたものであった．練習試行に使うためと，実験刺激に変化を持たせるために追加した．同じスポーツの一致条件と不一致条件の場合において比較を行うために重要であるため，画面の中での球の位置と大きさを揃えた. 加えて, 球と障害物の距離が各視点で等しくなるように，縮尺を考慮して以下のように描いた. 野球の場合, 描かれる人物と球が小さいと, 参加者がそれらを発見するのに時間がかかり, 絵の内容を理解するのが遅れる可能性がある．それを考慮して，ピッチャーとキャッチャーの間の距離を狭く，球を大きく描いた. そのため, ピッチャーとキャッチャーの間の距離を 7m 程度と想定して刺激を作成した.

図 2:集中線の有無と視点の各水準における刺激



ゴルフ（パット）の場合も，野球と同じ理由で実際の縮尺より球を大きくし，球と穴の距離を 1m 程度と想定して刺激を作成した．また，Depth 条件においてゴルフの絵であることが分かりやすいよう，穴を大きく描いた. ボウリングは球とピンの距離を 60cm 程度と想定して刺激を作成した. このように, スポーツのタイプによって球と障害物までの想定された距離や想定された球のスピードは多様であったが，こうした多様性がある中で集中線の効果を調べることは意義があると考えた.

集中線は CLIP STUDIO PAINT(ver.1.10.12)を用いて，以下の設定で描画した．A4 サイズ，解像度:350dpi，ブ

ラシサイズ:10，線の間隔(角度):2.0，まとまり:10，基準位置のずれ:100．球の運動方向条件が違い，スポーツが同一である絵では球の位置と付加する集中線を揃えた．

また，実験参加者が実験の意図を予想しづらくするとともに試行回数を確保するため，それぞれの絵に対して色を変えた絵を黒に加えて 3 色(赤#FF0000，緑#00FF00，青#0000FF)用意し，合計 64 個の絵を作成した．これらは CLIP STUDIO PAINT を用いて作成した．

2.4. 実験手順

参加者は刺激を出力するモニターの前に座った．実験者は，モニターに絵が出力されることを確認してから試行の説明を以下のように行った．「マウスをクリックすると白い画面が 3 秒間表示されます．その後，動くボールを含む絵が表示されます．ボールがいずれ何かにぶつかる動きをしている絵になっているので，それまでにかかる時間を想定してください．絵には最初紫の枠が表示されています．絵が表示されてから想定した時間が経過したと思ったタイミングでマウスボタンを押してください．」その後練習試行を 2 回行った．

試行ではモニターにブランク画像を 3 秒間提示した後，参加者に時間経過に伴う球の動きを想像し始めるタイミングを明示するために，紫色の縁取りをした絵を提示した．紫の縁取りは 1 秒経過した後に非表示にした．参加者は球が障害物にぶつかるまでの時間を予測し，マウスをクリックすると次の試行に移り，ブランク画像が表示された．

ブランク画像が表示された後に絵が表示され，参加者がクリックするまでを 1 試行とした．2 回の練習の後に刺激をランダムな順序で表示し 62 回試行を行った．

2.5. 分析方法

分析は，統計ソフトウェア R(ver.4.3.2)，lme4(ver.1.1.35.1), lmerTest(ver.3.1.3)，ggeffects(ver.1.3.4)を用いた．

水平／奥行方向(Horizontal/Depth)と集中線あり／なし(Effect/Plain)の各条件における刺激が提示されてから参加者がマウスをクリックするまでにかかった時間(Reaction Time, RT)を比較し，集中線が参加者の時間知覚にどのような効果を与えているのかを調べた．

独立変数をスポーツ（野球，ゴルフ，ボウリング），集中線（有無），事物の運動方向（不一致，一致）とそれらの交互作用とし参加者と各水準をランダム効果とした最大モデルの線形混合モデルで分析した(lmer(RT ~ sports * position * line + (1 + position + line | participant) + (1|trial), data = coding)．集中線や方向の要因に関してもエフェクトコーディングを行った(e.g., -0.5, 0.5).

3. 結果

図 3 には，スポーツと方向の水準ごとの反応時間を示す．図 4 には，集中線の水準ごとの反応時間を示す．

図 3:スポーツごとの方向による反応時間の違い

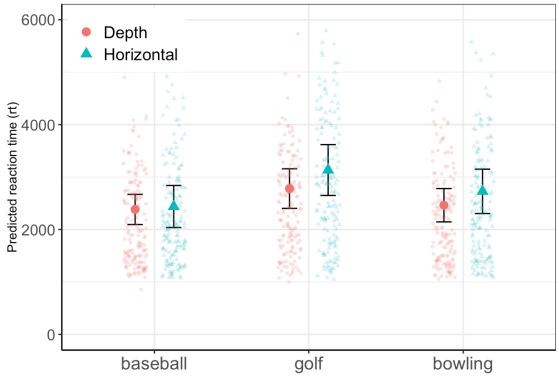
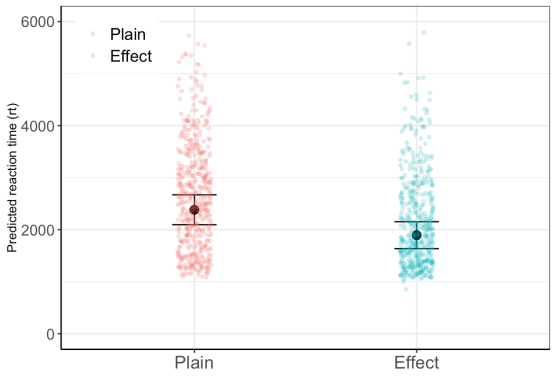


図 4:集中線の有無による反応時間の違い



線形混合モデルを利用した分析の結果，野球(β=-222.588, t=-4.301, p<0.05)，ゴルフ(β=268.265, t=5.331, p<0.05)，方向(β=-128.246, t=-2.837, p<0.05)，集中線(β=229.975, t=2.654, p<0.05)，野球と方向の交互作用(β=64.810, t=1.969, p<0.05)，が有意であり，ゴルフと方向の交互作用(β=-58.427, t=-1.773, p=0.07657)，が有意傾向であった．交互作用が有意であったことに関しては，方向の効果が有意であることの影響が考えられる．

スポーツごとに方向水準間で平均効果をペアワイズ比較した結果，ゴルフ(β=-373, t=-3.333, p<0.05)とボウリング(β=-269, t=-2.405, p<0.05)で奥行方向の場合に水平方向より有意に反応時間が短くなった．方向ごとに

スポーツ水準間で同様の比較を行なった結果，奥行水準において野球とゴルフ(β=-368, t=-3.204, p<0.05)では野球，ゴルフとボウリング(β=262, t=2.930, p<0.05)ではボウリングの反応時間がもう片方のスポーツより有意に短くなった．水平水準においては，野球とゴルフ(β=-614, t=-5.371, p<0.05)では野球，野球とボウリング(β=-248, t=-2.549, p<0.05)では野球，ゴルフとボウリング(β=-366, t=4.110, p<0.05)ではボウリングの反応時間がもう片方のスポーツより有意に短くなった．

4. 考察

4.1. 集中線の影響

集中線が付加された刺激へのRTの結果から，集中線が加わると反応時間が短くなることが予想される．スピード線と同じように，集中線が付加されると対象の運動が速く知覚されるようになることが考えられる．

放射状に広がる線はオプティカルフロー(Gibson, 1986)として知覚され，奥行方向への運動を予期させる．Changizi et al. (2008)は，放射状に広がる線が平面上の絵などで表されると，奥行方向への動きが起きているような錯覚を生じさせる場合を示している．よって，本研究で用いた放射状に広がる線である集中線は，それ自体が引き起こす錯覚の他，絵で加わった運動方向に影響され，知覚される速度を増加させた可能性がある．今後は，スピード線と同じように，集中線の本数や密度によって効果が変わるかを詳しく調べ，さらにオプティカルフローの知覚との関係も検討していく必要がある．

4.2. 集中線と視点の影響

提示された球の運動方向が見る人の視点に対して奥行方向（集中線の示唆する方向と一致）の場合では，水平方向（集中線の示唆する方向と不一致）の場合より，集中線が付加されていない場合でも速い運動を感じさせていた．また，集中線が付加された場合は付加されていない場合に比べてより速い速度を知覚させていたため，集中線を奥行方向への強調として付加した場合，運動速度をより速く感じさせることが考えられる．しかし，球が横方向に移動する場合と奥行方向に移動する場合では，画面上での遠近感の違いからスピードを適切に評価できなかった可能性があるため，観察する距離によるスピード感の知覚に関する知見を含めて慎重に検討する必要がある．

スポーツ間で差が生じたのは，参加者が想定した球の運動速度に差が元からあったためだと思われる．同じスポーツごとに比較した場合，集中線が付加された刺激，集中線の示唆する方向と球の運動方向が一致した刺激のRTが短くなった．しかしながら，参加者の参加事後の報告で，マンガ上で集中線が付加されると，登場人物や読者の集中によって体感する時間が伸びるように感じたという感想があった．このことから，集中線が，注意を示す場合も考えられるため，どのような状況下でこのような現象が起きるかを調べる必要がある．

集中線の効果の一つである人物の精神状態における集中を表現する効果によって，とりわけゴルフのパットのような球の運動速度が比較的遅い場合には，集中線がスローモーションの表現と解釈されることが考えられる．そのため，人物の描写の有無や対象の状況を強調する程度によって集中線の効果がどのように変わるかを調査する必要がある．

5. 結論

マンガにおける集中線は対象物の動きの知覚に影響を与えること，空間の奥行きの表現に関して，集中線が示唆する方向と物体の運動方向が一致する場合には，一致しない場合よりも速い運動を知覚させる可能性が示された．

主要参考文献

Changizi, M. A., Hsieh, A., Nijhawan, R., Kanai, R., & Shimojo, S. (2008). Perceiving the present and a systematization of illusions. *Cognitive science*, *32*(3), 459–503.

Hacımusaoğlu, I., & Cohn, N. (2023). The Meaning of Motion Lines?: A Review of Theoretical and Empirical Research on Static Depiction of Motion. *Cognitive Science*, 47(11), e13377.

林聖将，松田剛，玉宮義之，開一夫．(2012)．スピード線描写の違いが速さ知覚に及ぼす影響．*日本認知科学会第29回大会*, 647–651.

林聖将，松田剛，玉宮義之，開一夫 (2013)．マンガのスピード線の視覚的効果：空間的注意喚起の実験的検討．*認知科学*, 20(1), 79–89.

本多明生．(2023)．集中線が線画表情の感情認知に及ぼす影響．*マンガ研究 vol.29*, 119–131.

Kawabe, T., Yamada, Y., & Miura, K. (2007). Memory displacement of an object with motion lines. *Visual cognition*, *15*(3), 305–3

含意推論タスクにおいて大規模言語モデル(LLM)の出力は対話相手の特性の影響を受けるか?

Are outputs of the Large Language Model affected by addressees' characters in the task of scalar implicature?

西畑 千哲[†], 小林 春美[‡], 安田 哲也[§]
Chisato Nishihata, Harumi Kobayashi, Tetsuya Yasuda
[†]東京電機大学大学院, [‡]東京電機大学, [§]東京大学
Graduate School of Tokyo Denki University, Tokyo Denki University, The University of Tokyo
23rmd37@ms.dendai.ac.jp, h-koba@mail.dendai.ac.jp, t-yasuda@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

本研究では，大規模言語モデル(LLM) がどのような含意推論を出力するかについて調べた．利用した LLM は OpenAI 社の chat GPT-3.5 であった．この GPT-3.5 に実験参加者としての役割を与え，Nishihata, Kobayashi, & Yasuda (2023)の手順を利用し，含意推定に関するタスクを行った．人間の実験参加者のデータ(Nishihata et al.)と比較した結果，GPT-3.5 では人間とは異なり，コミュニケーション相手によって含意推論を変えない場合が多い可能性と，文脈が交絡した場合，文脈情報を利用しない可能性が示された．

キーワード : 大規模言語モデル(LLM)，chatGPT-3.5，含意推定，ロボットエージェント

1. 目的

現在，Large Language Model (LLM: 大規模言語)が台頭し，ロボットに実装し，人との相互作用を調べようとする試みがある(Kim et al., 2024)．また，LLM の語用論における推論能力を明らかにしようとする研究 (Bojic et al., 2023)や Grice の協調原則のフレームワークから調べる研究 (Park et al., 2024)がある．本研究では，chatGPT に実験参加者の役割を人間として与え，エージェント(i.e., robot)や人間の発話 (i.e., プロンプト)に対し，含意をどの程度推定するのかを調べ，人間のデータ(Nishihata et al., HAI2023)と比較した．

Grice の協調原則に基づく 4 つの格率 (Grice, 1989)は，語用的推論の処理を考えるうえで重要な指標になり得る．4 つの格率は量，質，関係，様態があり，会話の相手に与える情報について，過不足のない情報であること，偽りなく正確な情報であること，関連した情報であること，これらの情報を適切な形式で伝えることを要請する．これらの格率は含意を導出する際に寄与する(Horn, 2013)．含意とは文のそのものの意味だけでなく，他の意味を包含することである．たとえば，「It's hot today.」という発話は字義通りの解釈を促すのに対し，「It's warm today.」という発話では「hot]という語を選ばず「warm」という語を選んでいる事実から，「hot というほどではない」という含意が含まれることになる．これは尺度含意(scalar implicature)と呼ばれている(Horn, 2013)．尺度含意 (量的含意と言われる場合もある)は，弱い意味(e.g., warm, some)を持つ語と強い意味 (e.g., hot, all)を持つ語で構成されている．

Nishihata et al. (2023)は，量的含意を利用し，人間が発話する場合とロボットエージェントが発話する場合に，参加者である人間がどのようにそれぞれの発話において量的含意を推測するのかを調べた．なお，Nishihata et al.は他者の内的状態の推定程度が含意解釈に寄与するという予測のもとに，ロボットエージェントの内的状態を推定しやすい場合(アルゴリズムがわかりやすい; 100%のキー操作反映) / しにくい場合(50%のキー操作反映)の違いを調べた．その結果，求められた量は文脈の影響を受けた量を推定していた．エージェントに着目してみると，内的状態を推定しにくいロボットと人間エージェントを比較した場合は，参加者はほぼ同じ量を見積もった．しかしながら，内的状態を推定しやすいロボットの方が内的状態を推定しにくいロボットを比較した場合，参加者は，量の見積もりはロボットの違いに影響された．これは予測を支持し，人間は含意を導出する際に，会話相手が持つ特徴の影響を受けていた可能性を示唆する．

現在，LLM が人間の言語能力と同等になり得るのかを多くの研究者が調べている．Bojic et al. (2023)では，文脈や暗示的意味を考慮する必要がある表現を解釈する能力を調べるために，複数の LLM を利用し，Grice の格率に関する質問をした．タスクに関しては，Grice の格率や関連性理論 (Sperber & Wilson, 1995)に基づくものであり，正

誤を判断させた．例えば，A young man approaches a person at a party and says “Hello, my name is Stefano”. The person replies: “Mine isn’t”というプロンプトは. The person replies: “Mine isn’t”という箇所が, 正しい名前の情報に言及していないため量の基準に違反する．結果として，LLM，特にchatGPT 4.0 は適切に解釈を行い，反応速度も速いことが示された．これらの評価は，Grice や Sperber and Wilson の理論に基づいて LLM を評価した結果であると考えられる．Nishihata et al. (2023)でも Grice の枠組みから人間を参加者として研究を行っているが，LLM を「参加者」として回答させた場合，Bojic et al. の知見と同様の知見が得られるのだろうか．LLM にキャラクターを演じさせる研究には，RPG に見立てたもの(Park et al., 2023)や，物語のシナリオをプロンプトに使用したもの(Xu et al., 2024)などがあるため, LLM が参加者の役割を演じれる可能性はある．

本研究では chatGPT を使用し，特に尺度含意について LLM ではどのような推論が行われるのかを調べた．人間と同じような解釈, 出力が行われるのか, それとも人間とは全く違う解釈, 出力が行われるのか, すでに得られている人間のデータと比較した．実験手順は，Nishihata et al. (2023)をもとにプロンプトを設定した．実験では chatGPT は参加者の役割を与えられた上で，未知の乗り物にエネルギーがすでに入っているが，その量はわからないという場面を設定され，その乗り物に入れるべきエネルギー量を決定する課題を行った．参加者は乗り物に入っているエネルギーの量について「十分ある」または「ほとんどない」ということばで伝えられ, この乗り物にエネルギーを「たくさん」または「少し」入れて欲しいと登場したエージェントにより頼まれた．その後補給するエネルギーの量を，数値として読み上げるよう指示された．

人間の場合の結果では, 少ない量を要求された場合，人間に要求された時とロボットに要求された時では，補給するエネルギー量に差があった．では GPT-3.5 では，コミュニケーションの相手によって，含意の解釈は変わるのだろうか．また，LLM は学習データから，文脈を考慮した処理を行うはずだと考えられるが, エネルギーが「十分ある」のに「たくさん」要求されるような，言語と状況が不一致しているように見える（コンフリクト）場合に，人間と同じような値を出力するのだろうか．chatGPT では，特性を指定するとその役になりきったような挙動を見せることが報告されている. そのため, コミュニケーションの相手によって，推論を使い分けてエネルギー量を調整するだろうと予測した. また, 状況がコンフリクトした場合も，文脈を考慮し人間データと同じようなエネルギー量を出力すると予測した.

2. 方法

2.1. 使用したデータセット

LLM データ (16 chats, chatGPT-3.5), 人間データ (13 人, Nishihata et al., HAI2023)であった．LLM は chatGPT-3.5 (OpenAI; 2024 年 4 月使用)を利用した.

2.2. プロンプト

HAI のデータは，13 人の理系の大学生，大学院生であった．参加者は，PC に表示された人，ロボット，ロボットアームの３種類のキャラクターを操作し，その動き方を経験した. その後, 画面に人間またはロボットが表示され，「(人間/ロボット）は次のように言っています．エネルギーの量を決めてください.」と実験者に指示された. セリフの例は，文脈条件 Abundant と指示文条件 Little の場合では，「この乗り物にはエネルギーが十分あります」「エネルギーを少し入れてください」と表示された. 参加者は未知の乗り物に補給するエネルギー量を PC を操作し決定した．本実験では、ChatGPT に参加者になりきらせるためのプロンプトを設定した．また，HAI の手順に沿うように，登場した人間とロボットをモデレーターとして設定し，その特性を記述した.

図 1使用したプロンプト

```
#命令文
あなたは，#実験参加者になりきって，#制約条件に従って，次の回答から，私の質問に答えてください.
私が#ロボットモデレーターと#人モデレーターを演じます.
#制約条件
*空欄の箇所がある場合は，適切に設定を作り出して回答すること
*キャラクターの特性を分析して対象の視点から回答すること
*対象の特性に基づいた情報や視点から回答すること
*あなたは，実験参加者で，エネルギーを補給する人です.
*エネルギーは，液体ですが，未知なエネルギーです.
*あなたは，エネルギーを補給できる場所にいます.
*エネルギーは，無限です.
*あなたは乗り物にどの程度エネルギーが入っているかを知ることができません.
*あなたは0から３００まで補給するエネルギーを選び，数値を伝える義務があります.
#実験参加者の設定
*名前：{}
*年齢：{20}
*性別：{男性}
*種族：{人間}
*役割：{エネルギーを入れる担当}
*性格の特徴：{}
*言葉遣い：{}
*国籍：{日本}
```

2.3. 手順

ChatGPT に制約条件，実験参加者の特性，モデレーターの特性を送信した. 次に, 実験参加者を演じているかを確認した．その後，(ロボット A:「この乗り物にはエネルギーが十分あります.」ロボット A:「エネルギーを少し入れてください.」あなたは，補給したエネルギー量を読み上げてください．) と送信し，出力された値を記録した.

2.4. 条件

条件は，データ条件 (Data: Human (HAI)/LMM (chatGPT))，モデレータ条件 (Agent: Human/Robot)，文脈条件(Context: Abundant (十分あります) / Scarce (ほとんどありません))，指示文条件(Requesting: Much (たくさん) / Little (少し))の 2 つであった．実験参加者として役割を与えられた GPT は，年齢が 20 歳で統一され，男性または女性の性別が与えられた．

2.5. 分析方法

実験参加者として役割を与えられた chatGPT に，補給したエネルギー量を読み上げさせ記録した．統計モデリングには，R software を用いた．

参加者がエージェントの主体性や協力的な体験の存在が含意推論に関わっているかどうかを調べるために，統計モデルを使ってエネルギー量を推定した．統計モデルには，線形混合モデル（LMM: Liner Mixed Model）を用いた．この統計モデルは，lme4 パッケージの lmer 関数を用いて構築した．まず，実験条件とその交互作用を固定効果，個人差と人間の主体性の影響をランダム効果として含む最大モデルを構築した．次に，赤池情報量規準に基づく前向きのステップワイズ法を用いて，データに適合するモデル候補を検討した．

結果，分析に用いるモデルは固定効果として，Data，Agent，Context，Requesting およびそれらの相互作用を適用することが提案された（lmer(The-amount-of-energy ~ Data × Agent × Context × Requesting + (1|Participants) + (1|Trial))）．なお，統計モデルで交互作用効果が認められた場合，ダミーコーディングによるポストホック検定で単純主効果を検討した．

3. 結果

図 2 に各条件におけるエネルギーの量を示す．各エネルギーの量を従属変数とした LMM の結果を表 1 に示す．Intercept ($\beta = 153.10, t_{27.00} = 44.35, p < .001$)，Data ($\beta = -20.21, t_{27.00} = -2.93, p < .001$)，Context ($\beta = -39.40, t_{653.00} = -14.22, p < .001$)，Requesting ($\beta = 179.85, t_{653.00} = 64.89, p < .001$)，Data と Context 間の相互作用 ($\beta = -52.65, t_{653.00} = -9.50, p < .001$)，Data と Requesting の相互作用 ($\beta = -72.48, t_{653.00} = -13.08, p < .001$)，Context と Requesting の交互作用 ($\beta = -72.48, t_{653.00} = -13.08, p < .001$)，Data，Agent，Requesting の二次の交互作用 ($\beta = -23.58, t_{653.00} = -2.13, p = .034$)，Data，Context，Requesting の二次の交互作用 ($\beta = -44{,}34, t_{653.00} = -4.00, p < .001$)は有意であった．しかし，Agent ($\beta = -0.97, t_{653.00} = -0.35, p = .73$)は有意でなかった．

Human/Little では，Human に指示された方が，LLM に指示された時より，有意に多くエネルギー見積もった ($t_{653.00} = 2.08, p = .039$)．しかし，LLM/Little では，Human に指示された方よりも，Robot に指示された時の方が，エネルギー量を多く見積もる傾向であった($t_{653.00} = -1.69, p = .091$)．また，Abundant/Much の時，LLM の方が，Human よりも有意に多くエネルギーを見積もった($t_{58.86} = -11.16, p < .001$)．さらに，Scarce/Much の時，LLM の方が，Human よりも有意に多くエネルギーを見積もった($t_{58.86} = -2.27, p = .027$)．Scarce/Little の時，LLM の方が，Human よりも有意に少なくエネルギーを見積もった($t_{58.86} = 3.72, p < .001$)．

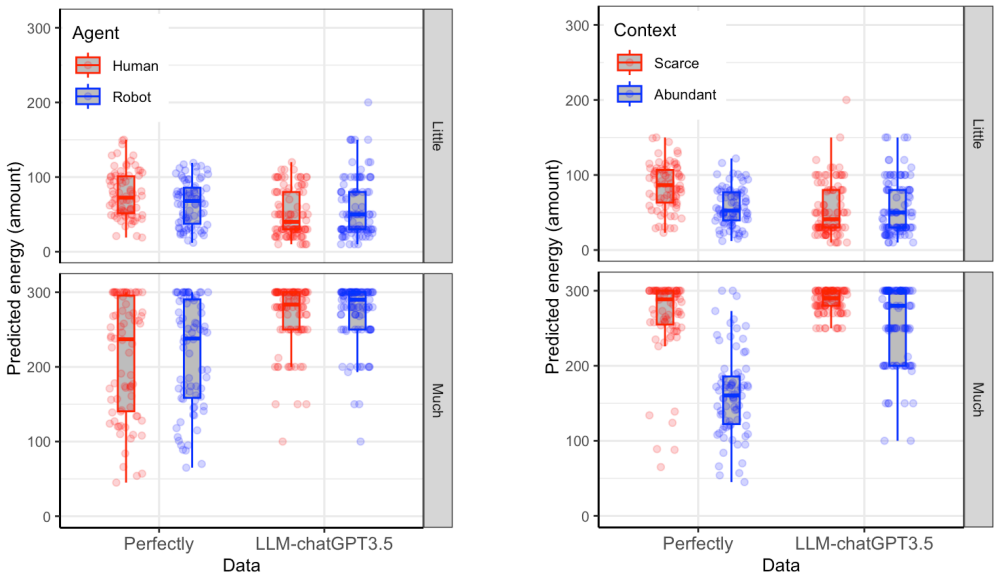
4. 考察

本研究は，GPT-3.5 に人間と同様の含意推論を行うかに関して，Nishihata et al. (2023)のデータと比較した．

表 1: 線形混合モデルを用いた結果

Fixed effects:						
	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(>|t|)	
(Intercept)	153.096	3.4517	27	44.354	< 2e-16	***
Data	-20.2143	6.9033	27	-2.928	0.00685	**
Agent	-0.9667	2.7717	653	-0.349	0.72736	
Context	-39.4002	2.7717	653	-14.215	< 2e-16	***
Request	179.853	2.7717	653	64.89	< 2e-16	***
Data:Agent	9.1707	5.5434	653	1.654	0.09854	.
Data:Context	-52.6546	5.5434	653	-9.499	< 2e-16	***
Agent:Context	-7.5954	5.5434	653	-1.37	0.1711	
Data:Request	-72.4816	5.5434	653	-13.075	< 2e-16	***
Agent:Request	-5.1418	5.5434	653	-0.928	0.35398	
Context:Request	-54.5264	5.5434	653	-9.836	< 2e-16	***
Data:Agent:Context	-9.5657	11.0867	653	-0.863	0.38856	
Data:Agent:Request	-23.5753	11.0867	653	-2.126	0.03384	*
Data:Context:Request	-44.3446	11.0867	653	-4	7.06E-05	***
Agent:Context:Request	-6.9663	11.0867	653	-0.628	0.52999	
Data:Agent:Context:Request	-3.016	22.1734	653	-0.136	0.89185	

図 2 見積もったエネルギー量



GPT-3.5 は文脈が利用できる「ほとんどない」と指示文「たくさん」の場合に，人間よりも少なく量を見積もった．このことを考えると，GPT-3.5 は文脈を考慮していないことが推察される．しかしながら，GPT-3.5 は「十分ある」という文脈があり，指示文が「少し」の場合に人間と同様に量の推定を行っていた．この文脈においては，文脈情報の指示文への寄与はあるため，なぜ GPT-3.5 が人間と同様のパフォーマンスを示していたかを調べる必要がある．

GPT-3.5 は指示文が「少し」の時に，ロボットエージェントの方が人間エージェントよりも多く量を見積もっていた傾向にあった．この文脈において，人間は人間エージェントの方がロボットエージェントよりも多く量を見積もっていた．可能性として，自身の属性の方が量の推定を見積もりやすいため，人間なら人間エージェントの方が量を見積もりやすいことが考えられる．LLM は，言語データによる学習がなされているため，人間を模していると考えることも可能である．しかしながら，人間は状況に合わせて意図的に言語を使用することや，視線，表情，ジェスチャーなど非言語情報による意図明示とともに提示する場合がある．このような意図明示情報は，LLM で学習できるデータには明示的には含まれない．よって，この点を明らかにする必要は大いにある．

含意をどの程度推定するのか，人間の実験参加者のデータと比較した結果，GPT-3.5 では文脈が交絡した場合，文脈情報を人間の程度に比べて適用しない可能性があった．今後，人は文脈情報を過剰に利用しているのか，GPT-3.5 が過度に利用していないのかに関して，検討する必要がある．また，GPT-3.5 以外の LLM での検証や，今回使用したプロンプトは Zero-shot prompting に近い，自由回答の形をとっていた．プロンプトによる学習方法や回答方法を検討することも重要である．さらに，LLM の身体性について，Hardy et al. (2023)は CogSci 2023 でのワークショップにて，LLM は身体性をもつ人間の言語を学習データとしているため，完全に身体性がないとは言い切れないという議論を行っていた．また，実際に LLM を身体性を持つヒューマノイドに実装させた試みもある(Yoshida et al., 2024)．この身体性の議論は，今後も行う必要がある．

謝辞

本研究は科研費 JP20H01763 (H.K.)，科研費 JP20K03375 (T.Y.)の助成を受けた．

主要参考文献

Bojic, L., Kovacevic, P., & Cabarkapa, M. (2023). GPT-4 Surpassing Human Performance in Linguistic Pragmatics. *arXiv preprint arXiv:2312.09545*.

Grice, P. (1989). *Studies in the Way of Words*. Harvard University Press.

Kim, C. Y., Lee, C. P., & Mutlu, B. (2024, March). Understanding Large-Language Model (LLM)-powered Human-Robot Interaction. In *Proceedings of the 2024 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (pp. 371-380).

Nishihata, C., Kobayashi, H., & Yasuda, T. (2023, December). Human-like “agents” or “tools”?: Exploring the implicature-of-quantity in HAI. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Agent Interaction* (pp. 387-389).

Park, D., Lee, J., Jeong, H., Park, S., & Lee, S. (2024). Pragmatic Competence Evaluation of Large Language Models for Korean. *arXiv preprint arXiv:2403.12675*.

Yoshida, T., Baba, S., Masumori, A., & Ikegami, T. (2024). Minimal Self in Humanoid Robot" Alter3" Driven by Large Language Model. *arXiv preprint arXiv:2406.11420*.

英単語の発音と綴りの，HDP を使った教師なしパターン抽出

Unsupervised extraction of sound and spelling patterns for English words using HDP

黒田　航 (杏林大学医学部)

1　はじめに[1)]

1.1　英語習得の効率化に更に何が必要か？

多くの日本人は，中学校で 3 年，高校で 3 年，大学で少なくとも 2 年の合計 8 年間，英語を学ぶ．なのに，日本人の平均的な英語の習熟度は決して高くない (自分の知っている範囲で言えば，研究者であっても，英語が得意でないと言う人は多い)．なぜか？ 原因は，認知科学/学習科学の観点から考えると次だろう？

(1)　a. 英語が必修科目として否応なく学ぶのに，
　　b. 学習指導に，英語が学習者の母語である日本語と大きく違っている事から来る不利が反映されていない．

認知科学/学習科学が問題 (1a) の解決のためにできる事はないが，問題 (1b) の解決のためにできる事はそれなりにあると筆者は考える．本研究の究極の目標は，問題 (1b) の解決に貢献する事である．

現実的な目標として，本研究は次を定める．

(2) 英単語の構成パターンを，発音と綴りの両方の側面で抽出し，広く参照可能なデータとする．

このような目標を定めている理由は，日々の自分の英語教員としての活動，自分自身を観察対象者とした実験を通じて，次の事を日々実感している[2)]からである:

(3) (日本語を母語とする) 英語学習者が抱える最大の困難は，英単語がなかなか覚えられない事である[3)]．

端的に言うと，英語の語彙要素は明らかに日本語の語彙要素と似ていない[4)]．これが日本人が英語の修得に苦労する根本的な理由だろうと推測する[5)]．

語彙要素の獲得が困難である時，それには二つの側面がある．第一に，学習対象の言語と学習者の母語が語彙要素を共有する程度ある．これには発音と綴りの二つの面があるが，その区別をここでは問題にしない．英語と語彙要素を共有する度合いが高い言語は印欧語派の言語に限られる．これは，これに該当する言語を母語とする学習者は相対的に有利である事を意味する．

第二に，英語では綴りと発音の対応が (並外れて) 悪い事である [1, 2][6)7)]．これは英語を異国語として学ぶ学習者の母語が何語であっても成立するが，母語の発音体系が英語のそれに似ている程度に応じて緩和される．とは言え，発音体系が似ている言語は，系統も近く，語彙要素を共有する傾向があるので，印欧語を母語する話者が相対的に英語学習で有利なのは，明らかである．このように不利な状況で (3) の制約を緩和するには何ができるか？ を考える必要がある．

これは今までにない新しい単語帳を作れば解決する問題ではない．どんなに良い単語帳でも，それは根本的には (3) の解決にはならない．本研究ではそれに代わり**語彙獲得に必要だが，単語帳に欠落している情報を補う**方略を考える．具体的に言うと，**英語の単語の発音と綴りのパターンを抽出し，それを学習者に一緒の辞書として提示する**方法を試す．それが (2) に示した目標である．

1.2　パターン抽出の方法

抽出したパターンが有効かは検討は独立に行う事にして，パターン抽出の要件はパターン抽出は大規模データから，実質的に自動で行えるものでなければならない．現実問題として，そうでない条件で抽出されたパターンに実用的は期待できない．この要件を満足する手法は自

[1)] 発表応募原稿に対する二名の匿名査読者からのコメントに感謝する．一名のそれは特に改訂に役立った．

[2)] 今のところ実証的な根拠を示す事はできない．

[3)] これは見方を変えると，異国語修得の際の文法規則の重要性は (理論言語学の主張とは裏腹に) 語彙要素 (e.g,. 単語) の獲得の重要性には及ばないという事を意味する．

[4)] 異国語の修得で語彙要素が似ていると学習がどれ程楽になるか，筆者は日本語と系統の異なる言語を 10 種類以上学んだ後に最近になって中国語を学び始め，それを実感した．中国語の音韻は日本語に全然似ていないが，統語的には語順がほんの少し違う日本語と言って良い．

[5)] 日本人が英語の修得で苦労している根本的な理由は，第二言語習得の語彙障壁 (lexical barriers to second language acqusition) に阻まれているからである．

[6)] 黒田 [3] は英語の綴りと発音の乖離の定量評価を試みた萌芽的研究である．

[7)] 筆者は長く英語より発音と綴りの対応が悪い言語はないと思っていたが，アイルランド語を学び始めて状況が英語より酷いと知った．

明でないが，黒田 [4] の成果を応用できる．ただし，本研究では Latent Dirichlet Allocation (LDA) [5] の代わりに，そのパラメターなし版の Hierarchical Dirichlet Process (HDP) [6] を使う．

2 抽出法とその結果

解析には上述の通り，LDA のパラメータなし版である HDP [6] を用いた．HDP の実装は `gensim` [8] の `gensim.models.HdpModel` を利用した．Jupyter Notebook 上の実行コード (Python 3.9 以上での利用を想定) は筆者の GitHub site [9] 公開してある．

英語の単語の発音記号と文字綴りのデータは `open-dict-ipa` [10] が提供している `en_US.csv` データを使った．発音記号の場合，単語の発音の IPA 記号列を document，IPA 記号の n-gram を term に設定したが，n-gram が連続する場合と不連性を許容する場合 (skippy n-gram と呼ぶ) で抽出されるパターンが異なる事がわかった．文字綴りの場合，単語の綴り文字列を document，文字 n-gram を term に設定したが，n-gram が連続する場合と不連続な場合で抽出されるパターンの違いは，発音記号の場合よりは小さかった．

LDA/HDP では通常，term として単語を与え，文書を bag-of-words として表現するが，これでは文書中の単語の出現位置が表現されない．これでは発音や綴りに固有の表現を与えられないのは明らかである．その難点を克服するために，文字の skippy n-gram を使う．

文字の n-gram は，発音記号と文字綴りのいずれでも包括的なものを使った．包括的な n-gram とは，再帰的に (n-1)-gram を含む n-gram である (n の最小値は 2)．具体的には，$abcd$ の包括的文字 3-gram は，連続版なら $\{abc, bcd, ab, bc, cd, a, b, c, d\}$，不連続 (skippy) 版なら $\{abc, a...cd, ab...d, bcd, ab, a...c, a...d, bc, b...d, cd, a, b, c, d\}$ である ("..." は隙間を意味する)．

発音記号列と綴りの文字列のいずれでも，最初と最後に境界記号 (#) を追加すると，分類性能が向上する事がわかった．境界記号を追加した文字列の n-gram は，実質的に $(n-1)$-gram になるので，性能向上は自明でない．これは非常に興味深い結果だが，本稿では紙面の都合があり，考察できない．

[8] https://radimrehurek.com/gensim/
[9] https://github.com/kow-k/HDP-spell-sound-analyzer
[10] https://github.com/open-dict-data/ipa-dict

2.1 発音の HDP の解析結果

単語の発音の IPA 記号列を document，IPA 記号の文字 n-gram を term に設定したが，連続 n-gram を使った場合と抜けを許容する (skippy) な n-gram を使った場合で抽出されるパターンが異なる事がわかった．

不連続で抜けを許容する文字 n-gram を term に設定した解析ではパターン (母音のパターンや子音のパターン) を抽出できているが，連続な文字 n-gram を term に設定した解析ではそれができていない．得られているのは．使用頻度の高い音節 (の部品) のような要素である．二つの結果は，どちらか一方があれば良いという訳ではなく，相補的な役割を持つと期待できる．

図 1 に，term を文字の不連続 5-gram とし，topic 数の上限を 90 に設定した HDP の結果の pyLDAvis を使った可視化 (topic 11 を選択した状態) を示した．

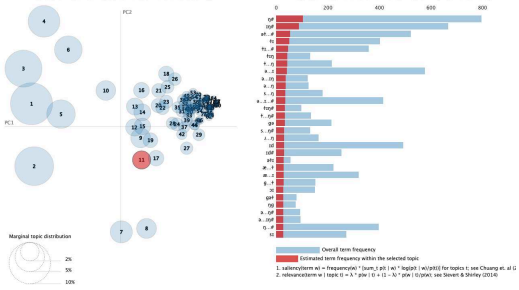


図 1: **term: skippy 5-gram of IPA symbols + #**

図 2 に term を文字の連続 5-gram とし，topic 数の上限を 90 に設定した HDP の結果の `pyLDAvis` を使った可視化 (topic 11 を選択) した状態を示した．

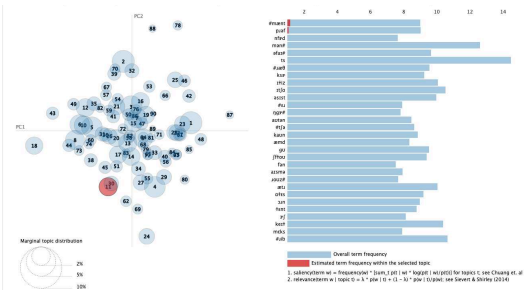


図 2: **term: (continuous) 5-gram of IPA symbols + #**

図 1 と図 2 から幾つかの事がわかる．まず，term として包括的文字 5-gram を使っているのもかかわらず，5-gram (か反対に 1-gram) が支配的であるという傾向は見られない．どの長さの n-gram が支配的かはトピックによって異なる．

図 1 と図 2 を見比べると，次の事がわかる．skippy n-gram を使った解析は抽象的なパターンを抽出し，かつパターン階層化を表現している．外側にある，半径の大きなパターン (= term) は抽象度が高い．

図 1 に関して言うと，明らかに方向性と次元性がある．数の大きな (= 優先順位の低い) トピックは，一定に凝集している．その一方，トピック 1 とトピック 2 は別の方向を向いている．これは数の小さい (= 優先順位の高い) トピックは，基本ベクトルのような働きをしている事を示唆する．なお，これは 2D 可視化だが，多次元可視化では，トピック 1, 2, . . . , 10 ぐらいまでは基本ベクトルのように振る舞っているように見える．図 2 には，方向性も次元性も認めにくい．この解析でトピックとなるのは音節的な要素である．

2.2 綴り文字の HDP の解析結果

図 3 に term を綴り文字の不連続 5-gram とし，topic 数の上限を 90 に設定した HDP の結果の pyLDAvis を使った可視化 (topic 9 を選択した状態) を示す．

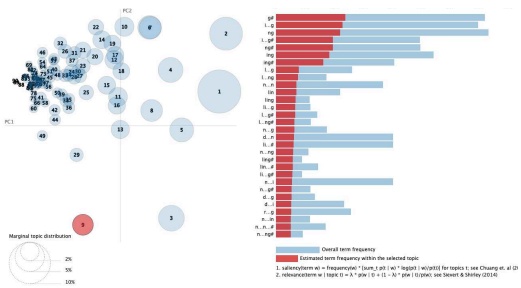


図 3: **term: skippy 5-gram of letters + #**

図 4 に term を文字の連続 5gram とし，topic 数の上限を 90 に設定した HDP の結果の pyLDAvis を使った可視化 (topic 4 を選択した状態) を示す．

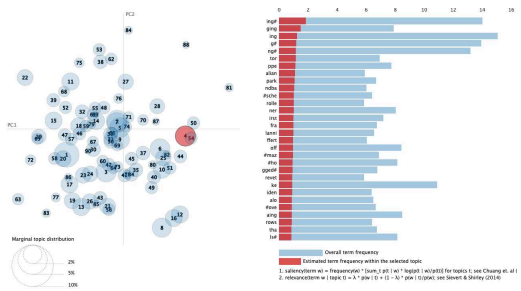


図 4: **term: (continuous) 5-gram of letters + #**

2.2.1 綴り文字の HDP の結果に基づく考察

図 3 と図 4 を見比べると，skippy n-gram を使った解析は抽象的なパターンを抽出し，かつパターン階層化を表現している事がわかる．これは IPA 記号列を term とした解析結果と同じである．term の長さに固定化の傾向が認められないのも，同じである．

ただ，発音パターンの場合と違い，半径の大きな外側にあるトピックがどんなパターンを抽出しているのかは，解釈が難しい．特に，図 4 のトピックが何を表わしているかは，解釈がしづらい．それでも，様々なパラメータで得た結果を比較して，次の事は言える．

(4) a. HDP/LDA を使ったパターン抽出は，i) 連続 n-gram を使った場合には (生起位置に関係なく) 形態素 (∼ 語彙素) を抽出する傾向があり，逆に ii) 不連続 n-gram を使った場合には，配置に関係なく # を含む抽象的なパターンを抽出する傾向がある[11)]．

b. 図 3 の広がりの方向性は，語形と品詞の相関に対応しているらしい．具体的に言うと，方向性は名詞的な語末，動詞的な語末のような違いに対応しているらしい．

(4a) から判断すると，文字の連続 n-gram と不連続 n-gram を term に使った HDP からは，相補的な結果が得られていると考えて良い．これらをうまく組み合わせて有用な学習資源を構築できると期待できる．

(4b) の想定に着想を得て，英語の語彙を品詞別に下位分類し，それぞれに上記と同じ条件で HDP を適用した結果を得ている．品詞ごとに典型的な終わり方と始まり方があり，解析結果はこれを捉えている．紙面の都合で本稿では詳細を述べられないが，形容詞に関してのみ，図 5 に結果 (topic 3 を選択した状態) を示す[12)]．

3 議論

結果の考察とは別に，次の理論的な点について，私見を述べて置きたい．LDA/HDP はトピックモデル (topic models) [7, 8] である．トピック (topic) は通例，意味的なものだと考えられるが，単語の発音や綴りにトピックがあるという想定は妥当なのか？

11) これは英語でも語の始まり方と終わり方にパターンがある事実に対応している．

12) open-dict-ipa のデータは語形のみを提供し，品詞情報は持っていない．語形を noun, verb, adjective, adverb への下位分類する処理は WordNet (3.0) の情報を参照して行った．

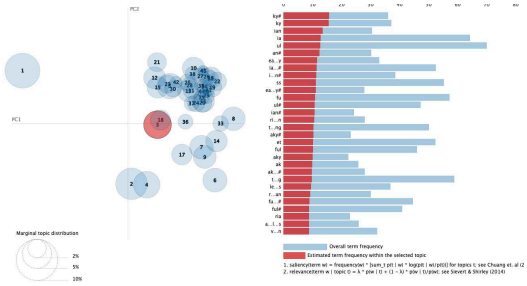


図 5: **term: skippy 4-gram of letters + # (adj only)**

トピックモデルは文書分類の手法として発展して来た．トピックが何らかの意味に対応しているという想定は，この背景から理解すべきである．トピックモデルがやっている事は，全体となる集合 (例えば文書) とそれらの構成部分 (例えば単語) との共起を説明する潜在因子の推定である．見つかる因子は，概念的な意味と言うより，より抽象的に潜在生成源と考えるべきである．研究 [4] で得られている結果は，そのように解釈できる．

この再解釈が必要となる証拠を追加する．図 6 に示したのは，単語 w の表記 w.sp と発音 w.sn の対 (e.ga., people/pipl, thing/θing, . . .) を documents とし，w.sp の skippy 3gram と w.sn skippy 3gram の対を term とし[13]，topic 数の上限を 90 に設定した HDP の結果の pyLDAvis を使った可視化 (topic 23 を選択した状態) である．これは綴り “qui. . . (t)” と発音 /kwɪ. . . t/ の対応を分散的に抽出している．この結果は，綴りと発音の有意味な対応を自動抽出できる事を示唆している[14]

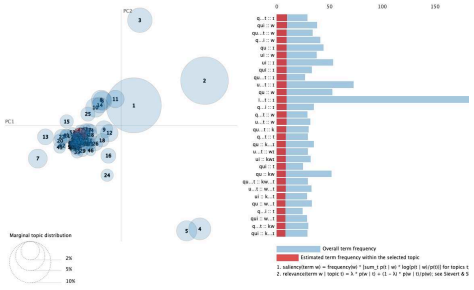


図 6: **term: pair of skippy 3-grams for w.sp and w.sn**

このような高次の対応関係の抽出が LDA/HDP で可能である事は，トピックが部分の共起関係を説明する因子に対応しているという再解釈の妥当性を裏づける．

[13] w.sp の n-gram と w.sn の n-gram との対は総当たりで構築している．計算量が相当に多いため，HDP では処理に相当の時間がかかるが，LDA ではそれ程でもない．

[14] 研究 [3] は人手による分割を使って半手動で同じような対応関係を抽出している．産物の比較は今後の課題である．

4 まとめ

本研究では Latent Dirichlet Allocation (LDA) のパラメターなし版である Hierarchical Dirichlet Process (HDP) を使って英単語の (発音記号か綴りの) 一覧から，教師なしで (1) 語の表記の発音のそれぞれの構成パターンと (2) 綴りと発音の対応関係が自動抽出可能であるという結果を得た．現時点では，開発目標の日本人の英語の語彙獲得を支援する学習資源は構築できていないが，その手始めにはなっているように思われる．目標の学習資源を提供するためには，パターンの品質の評価が必要である．

HDP/LDA を使った語構成パターン，綴りと発音の対応関係の自動抽出は，言語を選ばない一般性がある．データさえあれば，どんな言語にも同じ解析手法が適応できる[15]．これは一般に異国語学習の学習支援データを (半) 自動で構築できる可能性を示唆する．

提案手法の明らかな限界は，抽出されたパターンが (分散的であるが故に) 冗長である点にある．これはパラメータの設定で対処できる問題ではない．産物の有用性の向上には，後処理で冗長性を削減する必要がある．

参考文献

[1] Jane Chinelo Obasi. Structural irregularities within the English language: Implications for teaching and learning in second language situations. *J. of English as an International Language*, Vol. 13, No. 2.1, pp. 1–14, 2018.

[2] Arika Okrent. *Highly Irregular: Why “Tough,” “Through,” and “Dough,” Don’t Rhyme and Other Oddities of the English Language*. Oxford University Press, 2021.

[3] 黒田航. 英単語の綴りと発音のズレの定量的評価. 認知科学会第 40 回大会発表論文集, pp. 644–647, 2023.

[4] Kow Kuroda. Revealing regularities in spelling and pronunciation among languages using Latent Dirichlet Allocation. In *Proc. of the 30th Annual Meeting of the Natural Language Processing Association*, 2024.

[5] David M. Blei, Andrew Y. Ng, and Michael I. Jordan. Latent Dirichlet allocation. *J. of Machine Learning Research*, Vol. 3, pp. 993–1022, 2003.

[6] Y. W. Teh, M. I. Jordan, M. J. Beal, and D. M. Blei. Hierarchical Dirichlet processes. *J. of the American Statistical Association*, Vol. 101, No. 476, pp. 1566–1581, 2006.

[7] 岩田具治. トピックモデル. 講談社, 2015.

[8] 佐藤一誠. トピックモデルによる統計的潜在意味分析. コロナ社, 2015.

[15] GitHub サイトには提案手法で，アラビア語，アイルランド語 (綴りデータのみ)，フランス語，ドイツ語，スペイン語，スワヒリ語の単語の構成パターンを抽出した結果を挙げてある．

個人の記憶パラメータに関する パラメータ推定手法の実証的な比較検討
An Empirical Comparison of Two Estimation Method for Individual Memory Parameters

新堀 耕平 †，森田 純哉 †
Kohei Shimbori, Junya Morita

† 静岡大学
Shizuoka University
shimbori.kohei.21@shizuoka.ac.jp

概要

個々の人間には固有の記憶の傾向があり，日常生活において様々なエラーを引き起こす．本研究では，エラーを引き起こす特定の個人属性や感情状態を表現するモデルパラメータを，データから推定する手法を検討する．モデルパラメータの推定手法には複数のものが存在する．本論文では，ACT-R のパラメータを推定する手法として，勾配法に基づくものと最尤法に基づくものを比較し，両者の差異を比較検討する．

キーワード：ACT-R, 認知モデル (cognitive model)

1. 背景

個々の人間には，固有の記憶の傾向がある．そして，その傾向はエラーのパターンとして表出される．また，記憶の傾向は，個人の属性や感情状態など，様々な内的要因によって形作られる (Schacter, 2002)．よって，個人が有する記憶の傾向を，客観的に表現できるのであれば，その個人に合わせた教育や医療のアプローチが可能になる．しかしながら，これらの要因は相互に影響し，時間的にも変動する．よって，特定の記憶の傾向と内的要因を対応づけることは容易ではない．本研究では，記憶エラーをシミュレーションする認知モデルを認知アーキテクチャ ACT-R (Anderson, 2007) を用いて構築し，個人属性・感情状態に適合するパラメータを検討する．

ACT-R は，適用される認知課題の広さに利点があるとされ，個人パラメータを推定するための多くの研究がこれまでに行われてきた．しかしながら，現在の認知アーキテクチャのコミュニティにおいて，パラメータ推定のアプローチは標準化されていない (Kangasrääsiö et al., 2019)．本研究は，ACT-R によるパラメータ推定に関する 2 つの手法を実証的に比較し，複雑な認知プロセスの背後に存在する内部状態を探る方法について知見を得ることを目的とする．

2. データ

記憶の個人差を扱うために，オンライン実験として実施された数列再生課題で得られたデータを扱った．本実験は， 新堀ら (2024) など，著者らの先行研究でも示されている．クラウドソーシングにより，募集された 50 人が参加した．実験参加者に対して，10 桁のランダムな数列が 2 秒間提示され，参加者はそれを可能な限り思い出して回答することを求められた．全 30 試行の課題終了後，参加者は個人属性，課題実施中の感情評価に関するアンケートに回答した．具体的には，年齢，性別，現在の体調，最終学歴，暗記力の自己評価，および日本語版 PANAS (川人ら, 2012; 佐藤ら, 2001) の指標を課題実施時の感情評価として収集した．

3. モデル

本研究では，著者ら (新堀ら, 2024) がこれまでに構築したパラメータ推定を，既存のパラメータ推定手法である Houpt ら (2022) によるアプローチと比較する．

3.1 新堀ら (2024): 正解と回答の距離ヒストグラムを指標とする勾配法

新堀ら (2024) は前節で示した実験によって得られた記憶エラーを再現するため，ACT-R Tutorial Unit 5 に含まれる Grouped モデルを一部改変して使用した．このモデルは「1234567890」という単純な数列の再生をシミュレーションする．数列を (123)(456)(7890) のようにグループ化してエンコードしており，個々の数字が含まれるグループの位置と，その数字のグループ内での位置を手がかりに，各要素の想起を試みる．

要素を想起する際，モデルは記憶として持っている数字全てに対して，活性値の計算を行う．活性値の定義は以下の式のように表される．

$$A_i = \sum_l PM_{li} + \epsilon \tag{1}$$

l は検索条件の数，M_{li} は類似度，P は類似度の重み，

ϵ はノイズを表す．P を制御することによって，検索対象と同じ属性を持つ (類似する) 要素が想起される確率が変わる．この重みは ACT-R の内部パラメータの一つである mp (mismatch penalty) により制御される．

また，全要素の活性値が閾値を超えないことによって，想起の失敗が発生する．この閾値は ACT-R のパラメータ rt (retrieval threshold) により設定される．主にこれら二つのパラメータを直接調整することにより，実験で得られたデータに対するフィッティングを行う．フィッティングは，提示された数列と回答された数列の編集距離のヒストグラムの一致に基づく．一致度の評価指標としては，ヒストグラムインターセクション (以降 hi とする) を用いる．hi はヒストグラムの各ビンでの最小値の総和として求められる．

3.2 Houpt ら (2022): MCMC による最尤法

Houpt ら (2022) は，最尤法に基づく ACT-R のパラメータ推定のツールである ACTRModels.jl (Houpt et al., 2022) を発表した．このツールのチュートリアルには，ACT-R Tutorial において用意されているのと対応する Grouped モデルが含められている．このモデルは，オリジナルの ACT-R を，Julia 言語に移植することで構築されている．基本的にオリジナルのモデルと同様の構造を持っているが，パラメータ推定のアプローチが異なる．モデルは数字を宣言的記憶 M に，属性 $Q = \{group, position, retrieved, number\}$ を持つチャンク c として保持している．ここで，group は number が含まれるグループの位置，position は number のグループ内での位置，retrieved は number が想起されたかどうかを管理するフラグである．

オリジナルのモデルと同様，モデルは数列の各要素に対して活性値を計算することで，数列の想起を行う．要素 c_m の活性値 a_m は以下の式で表される．

$$a_m = \mathrm{blc} + \rho_m + \epsilon_m \tag{2}$$

ここで，blc は活性値のベースレベル，ρ_m は類似度によるペナルティ，ϵ は平均 0，標準偏差 σ の正規分布に従うノイズの値である．

このモデルでは具体的に，数列内の各要素の想起確率，尤度関数がそれぞれ以下の式 2, 3 のように定義されている．想起対象 r_i に対する要素 $y_i = c_r(number)$ の想起確率は式 2 のようなソフトマックス関数で与えられる．

$$\Pr(Y_i = y_i \mid \delta, \tau; \mathbf{r}_i) = \frac{e^{\frac{\mu_r}{\sigma}}}{\sum_{\mathbf{c}_k} e^{\frac{\mu_k}{\sigma}} + e^{\frac{\mu_{m'}}{\sigma}}} \tag{3}$$

表 1: 2 モデルによる各パラメータ推定値の比較

id	mp		rt	
	新堀ら	Houpt ら	新堀ら	Houpt ら
7	0.964	0.739	-0.428	-0.218
8	0.940	0.673	-0.524	-0.169
9	0.940	0.646	-0.333	-0.110
11	0.964	0.635	-0.667	-0.161
16	-0.161	0.680	-0.333	-0.054
21	0.916	1.100	-0.333	0.118
22	0.964	0.803	-0.428	-0.193
27	0.916	1.278	-0.333	0.157
29	0.940	0.570	-0.285	-0.117
30	0.964	0.776	-0.476	-0.101
31	0.940	0.720	-0.524	-0.144
36	1.036	0.674	-0.333	-0.178
40	0.940	0.589	-0.524	-0.157
43	1.036	0.695	-0.715	-0.210
47	0.893	0.737	-0.619	-0.188
平均	0.951	0.754	-0.457	-0.115
標準偏差	0.010	0.048	0.034	0.028

$$\mathcal{L}(\delta, \tau; \mathbf{Y}, \mathbf{r}_i) = \prod_{i=1}^{N} \Pr(Y_i = y_i \mid \delta, \tau; \mathbf{r}_i) \tag{4}$$

ここで，μ_m は予想されるチャンク c_m の活性化値，σ はノイズの量を制御する．

この想起確率を実験データに近似するために，mp, rt の事前分布を仮定し，MCMC サンプリングによりデータ生成，実験データと比較することで尤度関数の近似を行い，事後分布を求める．

4. 結果

4.1 パラメータ推定結果の比較

両手法とも，単一の参加者に対するパラメータ推定には数時間を要した．そのため，50 名の参加者に対する推定結果を得る時間的コストは大きいものとなる．よって，今回の報告では，ランダムに選択した 15 人の実験データのみを対象として，モデルによるパラメータ推定，および 2 モデルによる推定値を比較した．

表 1 に，各モデルによる個人ごとのパラメータ推定値を示す．id は便宜的に振った実験参加者の ID 番号，mp，rt 列の両手法によって推定された，個人の mp パラメータおよび rt パラメータを示している．平均値を見ると，両手法では推定値に差異が生じていることがわかる．mp に関しては新堀らの手法によって大きな値（大きいペナルティ）が見積もられ，rt に関しては Houpt らの手法によって大きい値（高い閾値）が見積もられている．また，mp に関しては，新堀らの手法においては，参加者間の標準偏差が小さくなっていることも見て取れる．

表 2: 異なる手法間のパラメータ推定値の相関

		mp		rt	
		新堀ら	Houpt ら	新堀ら	Houpt ら
mp	新堀ら	1	-0.308	-0.235	-0.479
	Houpt ら		1	0.292	0.826 *
rt	新堀ら			1	0.524 *
	Houpt ら				1

*は無相関検定の結果 p<.05

各手法の推定値間でピアソンの積率相関係数を算出したところ（表 2），mp パラメータ同士に手法間の相関は見られなかったが，rt パラメータ同士には有意な正の相関が見られた．また，Houpt らの手法による mp パラメータと rt パラメータの間に強い相関が観察された．

4.2 確率モデルによる推定値と個人属性・感情状態との相関

得られた個人パラメータと，アンケートで得られた個人属性・感情評価に関する項目，および課題成績（正解数列と回答数列の編集距離，報告された数列の桁数）との相関係数を算出した．なお，ここでの相関係数は，アンケート項目が順序尺度であることから，スピアマンの指標を利用した．結果を表 3 に示す．

推定されたパラメータは, Houpt らの手法による mp を除いて，編集距離によって測定される課題成績と相関した．新堀らの手法によって推定された mp が高くなることで，課題成績が向上し（編集距離が縮小），両手法によって推定された rt が高くなると課題成績が低下した（編集距離が増大）．

また，報告された数列の桁数との相関は，Houpt らの手法によって見積もられた rt のみにおいて負の相関が得られた．この相関は，検索される活性値の閾値が高くなると報告される桁数が減少するという結果であり，パラメータの想定に即している．

一方，アンケート項目との相関をみると，今回のサンプルにおいては，Houpt らにより推定された mp と複数の感情評価項目の間に幾つかの有意な相関が見られた．また，Houpt らの手法で推定された rt と，「決心した」という感情評価項目の間に-0.536 の相関が見られた．表末尾の編集距離，桁数との相関にも見られる通り，rt が増加するほど，記憶の想起が困難になる．このことから，「決心した」と感じた人ほど rt の高いモデルとの適合が高いと解釈でき，回答を諦めやすい傾向にあったと推察する．

表 3: 個人モデルとアンケート，課題成績との相関

	mp		**rt**	
	新堀ら	**Houpt ら**	**新堀ら**	**Houpt ら**
年齢	-0.329	0.330	0.254	0.240
性別	0.469	0.045	0.209	-0.454
体調	-0.022	0.354	0.358	0.132
最終学歴	-0.289	-0.202	-0.150	0.151
暗記力自己評価	0.176	-0.109	-0.226	-0.397
強気な	0.182	-0.479	-0.106	-0.277
やる気がわいた	-0.071	0.734*	-0.065	-0.105
活気のある	0.147	-0.653*	-0.195	-0.211
熱狂した	-0.180	0.314	0.011	-0.067
興味のある	0.244	-0.726*	-0.344	-0.366
興奮した	0.110	-0.577*	-0.348	-0.248
誇らしい	0.229	0.357	-0.100	-0.137
機敏な	-0.018	-0.004	-0.601*	-0.190
決心した	0.291	-0.213	-0.150	-0.536*
注意深い	0.127	-0.138	0.008	-0.134
ポジティブ	0.159	-0.388	-0.390	-0.368
恐れた	0.149	-0.655*	-0.268	-0.189
おびえた	0.253	0.421	0.089	-0.106
うろたえた	0.131	0.427	-0.494	-0.013
恥ずかしい	0.044	0.077	-0.545*	0.046
うしろめたい	0.245	-0.458	-0.014	-0.124
ぴりぴりした	-0.078	-0.474	-0.295	0.033
苦悩した	0.133	0.271	0.136	0.057
イライラした	-0.025	-0.572*	0.012	0.032
神経質な	0.191	-0.718*	-0.188	-0.323
敵意を持った	0.164	0.010	0.161	-0.284
ネガティブ	0.291	-0.625*	-0.220	-0.199
編集距離	-0.653*	0.079	0.713*	0.579*
桁数	0.489	-0.291	-0.395	-0.933*

*は無相関検定の結果 p<.05

5. まとめ

今回の予備的な試行において，手法間の共通性および差異が観察された．手法間の共通性は，rt の推定値において見られた．両手法で推定された rt は有意な相関を示し，ともに正解数列と報告数列の間の距離と正の相関を示した．一方で，両手法には主に mp の推定において差が見られた．新堀らの手法によって推定された mp は小さい個人差を示し，Houpt らの手法による mp は rt との高い相関を示した．それぞれの手法には，個人差の表現，独立性の観点で課題が示されるものとなったと見ることもできる．一方，それぞれの手法によって推定されたパラメータは異なる観点から捉えられた個人差とみることもできる．今後，パラメータ推定に利用するサンプル数の増加，あるいはより要因を明確に操作した実験のデータを対象とすることで，パラメータ推定手法の比較を実施していく必要がある．それにより，個人パラメータを推定する 2 つのアプローチの実証的に整理し，両者の組み合わせに

関する実践的な指針を示すことを目指す.

文　献

Anderson, J. R. (2007). *How can the human mind occur in the physical universe?*: Oxford University Press.

Houpt, F. C. R., Joseph W., & Gunzelmann, G. (2022). “Developing analytic likelihood functions for ACT-R.”

Kangasrääsiö, A., Jokinen, J. P. P., Oulasvirta, A., Howes, A., & Kaski, S. (2019). “Parameter Inference for Computational Cognitive Models with Approximate Bayesian Computation,” *Cognitive Science*, 43(6), e12738, DOI: https://doi.org/10.1111/cogs.12738.

Schacter, D. L. (2002). *The seven sins of memory: How the mind forgets and remembers*: HMH.

佐藤徳・安田朝子 (2001). 日本語版 PANAS の作成, 性格心理学研究, 9(2), 138–139.

川人潤子・大塚泰正・甲斐田幸佐・中田光紀 (2012). 日本語版 The Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) 20 項目の信頼性と妥当性の検討< 論文, 広島大学心理学研究, 11, 225–240.

新堀耕平・西川純平・長島一真・森田純哉 (2024). 記憶に関する推定パラメータと個人特性・内部状態との関係, Technical Report 13, 静岡大学情報学部, 静岡大学創造科学技術大学院, 静岡大学創造科学技術大学院, 静岡大学学術院情報学領域.

環境問題に関するSTEAM教育プログラムの開発と効果検証 ——アートの役割に着目して——

Developing a STEAM Education Program on Environmental Issues : Focusing on the Role of Art

原野 瑞希[†]，中野 優子[†]，岡田 猛[†]，髙木 紀久子[‡]
Mizuki Harano, Yuko Nakano, Takeshi Okada, Kikuko Takagi
[†]東京大学大学院教育学研究科 / [‡]東京大学大学院総合文化研究科
Graduate School of Education, The University of Tokyo / Graduate School of Arts and Sciences
harano-mizuki72@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

近年，社会問題に関するSTEAM教育が多く実践されているが，一方で実践の枠組みは十分明確になっていない．本研究ではこうした実践で重視される想像と問題の自分ごと化がアートの創造活動によって促進されると考え検討を行った．実践の結果，環境問題における多様な利害関係者の視点や自然に対する人間活動の複雑な影響への注目，自己の身体や感情に焦点を当てて思考することの有効性の認識，創造的自己効力感の向上と創造性不安の軽減が見られた．

キーワード：STEAM，環境問題，アート，教育プログラム，効果検証

1. 問題と目的

社会問題に関するSTEAM教育実践の現状

STEAM教育は，理数教育の推進を目指すSTEM教育 (Science, Technology, Engineering, Mathematicsの総称) に，創造性の育成や批判的思考の向上を目指しA (Art, Arts) を統合した教育アプローチである (Allena, 2018)．これまで特定分野の理解を深める実践や，実社会の問題解決を行う実践が行われてきた．後者に関しては，科学の関わる社会問題 (Socio-Scientific Issues，以下SSI) や政治・国際関係に関わる問題などが取り上げられてきた (例えば, Choi et al., 2021)．中でもSSIは例えば，クローン技術，環境問題，安楽死の問題のように，その社会問題の解決のために科学的知見のみならず，社会の価値や倫理の観点も含めて検討が必要な問題であり，科学の社会的影響が大きい近年において解決が急務とされている．

SSIに関するSTEAM実践においては，SSIのメカニズムの理解だけでなく，SSIに関わる多様なステークホルダーの視点を想像して問題を捉えること (すなわち，他の視点を想像すること) と，SSIと自己との関連を認識しSSIへの当事者意識をもつこと (自分ごと化) が重視されてきた (Mang et al., 2021)．しかしながら，これらの目的を実現する実践の枠組みは十分明確になっていない．そこで，本研究では想像と自分ごと化の発展を促すSTEAM教育実践の構築を目指す．同時にSTEAMにおけるアートの役割について新たな示唆を見出すことを目指した．

社会問題解決を促進する想像と自分ごと化

社会問題の特徴として第一に，生産者と消費者，現世代と次世代，諸外国等の多様な立場が関わる点が挙げられる。そのため単一の視点のみならず，他者の視点を考慮した上で解決策を生成する必要がある．他者の視点の考慮は，社会心理学において視点取得として知られている．視点取得は想像力の一種であり (Batson, 2009)，社会問題解決との関係が示されてきた．例えばEpley & Caruso (2009) は，実験参加者に対し他者の視点を想像するように明示的に指示することで，参加者の向社会行動が促進されることを示した.さらに，Ortiz-Riomalo et al., (2021) は，天然資源配分の問題において，他者の視点を想像することで，自己と異なる立場への共感的な態度の構築に繋がり，社会的利益を反映した意思決定が促進されることを示唆した．一方で，社会問題においては，問題に関係する他者と直接的な交流が無い場合も多く，こうした馴染みのない他者の視点を想像することは容易でないと考えられる．これについてGlăveanu (2018) は視点取得研究に基づき，こうした馴染みのない他者の視点を想像するには，「もしも自分が他者であるならば」あるいは「もしもその状況にあるならば」といった思考を働かせ，他者と自己との類似性に着目することの有効性を示した．

第二に，社会問題の特徴として，問題の規模が広大であるため人々が無力感を感じやすい点が挙げられる (Geiger & Brick, 2023)．これまで社会問題解決においては，社会問題の実態や緊急性に関する情報提供を行うことが効果的であると考えられてきたが，その効果が十分でないことやオーディエンスによっては逆効果になることが指摘されている（Hart & Nisbet, 2012）．近年

では, 情報管理等のアプローチを促進するにも, 前提として，社会問題の関与への動機づけが関係することが示されている（Geiger&Brick, 2023）. これらの知見から, 教育実践においても，問題に関する知識取得だけでなく，動機づけの向上にアプローチする必要性があると考えられる. そして社会問題の自分ごと化は, 問題の関与についての動機づけを向上させると推測される. 動機づけに関する先行研究では，学習内容への動機づけ方略として, 学習内容と自己のこれまでの体験, 関心, 価値観を結びつけることで，学習内容に個人的意味を見出し，学習への動機づけが向上することが示されている（Schwinger et al., 2009）. 社会問題においても，問題と自己との関連付けを行う自分ごと化を促進することは，社会問題への動機づけを向上させることが推測される.

想像と自分ごと化を含む創造活動

では，想像と自分ごと化の発展はいかに STEAM 実践に組み込むことが可能だろうか. まず自分ごと化に関しては, 創造活動の「自己の体験，感情，価値観に基づいて創造の対象を解釈し，個人的意味を見出す過程」に着目したい. 創造活動では, 創造の対象を解釈し意味を見出す過程が存在する. 例えば, 創造活動の認知過程を記述したジェネプロア・モデルでは, 発明先行構造と呼ばれる心的イメージを構築した後に，その意味の解釈を行う過程が存在することが示唆されている (Finke et al., 1992). さらに，創造活動における心的状態を記述したダ・ヴィンチ・モデルにおいても，発想段階のアイディアから主観的に意味を見出す過程が示されている (Corazza & Agnoli, 2022). そしてこのような意味を見出す過程では，熟達者の創作過程に関する先行研究から，自身の体験，感情，価値観が反映されることが示されている (例えば，髙木他, 2013; Okada & Yokochi, 2024; Ward, 2001). 一方, 初心者を対象とした研究は少ないが, 例外として, 二次創作の分野では, 自身の欲求や感情を反映して創造活動が行われることが示唆されている (久保 (川合) , 2019). このことから，社会問題をテーマとした創造活動を行うことで，社会問題の自分ごと化を実現すると推測される.

また，想像は心的表象の構築として定義され，創造活動の過程に存在する. 想像は既存のものだけでなく, まだ存在しないものの想像も含み, 発想の拡大を行うという点で創造的産出を促進することが示唆されている（Zittoun et al., 2022）.

身体性を伴うアートの創造活動

近年，創造活動における身体の促進的な影響が示唆されている. 例えば，阿部 (2010) は，プラスチック板の使い方をできるだけ多く挙げるアイディア生成課題において，板を手で曲げる操作によってアイディアの着想が促進されることを示した. Shimizu&Okada (2021) は, 新しいおもちゃのアイディアを出す課題において, おもちゃの部品を触りながらアイディアを考える条件下では，部品の加工可能性や組み合わせを想像して創造活動を行う参加者が多いことを示した. これらの知見から, 身体を介して多様な知覚を獲得することは, 創造活動を促進すると推測される.

身体を伴う創造活動として，アートの創造活動が挙げられる. 岡田 (2013) は, アートの創造活動のモデルとして，外界や他者といった自分の外側の対象を知覚し (知覚) , それらを表現することで (行為), 対象の新たな側面の発見や意味づけを行う (省察) が起こるという行為と知覚，行為と省察から成る二重過程モデルを示した. また, 実際にアーティストの創作過程においても，ダンサーが身体を動かすことで獲得した体性感覚と自身が思い描いたイメージとの差分を利用してイメージを拡大させる様子や (Shimizu et al., 2019)，水墨画の画家が空書で得た知覚を通じてイメージを生成する様子が確認されている (Yokochi & Okada, 2005).

以上により本研究では，身体性を伴うアートの創造活動を社会問題に基づく STEAM 実践に組み込むことで，社会問題の想像と自分ごと化の発展を実現できると考えた. 社会問題として環境問題, アートの創造活動としてダンス創作を用いた. また, 本研究ではハンズオンでの創造活動を用いており，創造性に関する態度の向上が期待される (縣・岡田, 2009). STEAM の目的である創造性の育成と，参加者らが本実践終了後も社会問題に創造的に関わる上で重要な要素であると考え，創造性に関する態度の向上を授業目的に含めた. 本実践の授業目的とデザイン指針を表 1 に示す.

2. 方法

参加者

本実践は東京大学教育学部の授業の一つとして，授業名「STEAM 授業を作る」の授業枠で実施した. 授業は最終日を除き 105 分授業 2 コマを 6 日間行い，最終日は 105 分授業 1 コマで実施した. 参加者は大学生, 大学院生合わせて 6 名であった. ただし, 授業の出席率と

表 1 授業の目的とデザイン指針

目的	デザイン指針
社会問題における想像力と自分ごと化の発展	①身体性に着目した、アートの創造活動を体験する a) 身体を媒体とした、他者や環境との相互作用を促す b) a によって生じた感情への焦点化を促す c) 自己と他者の類似性に基づく視点取得を促す
創造性に関する態度の向上	②ハンズオンでの創造活動を行う

質問紙の回答率が低い者を除外し，分析対象は 3 名となった.

手続き

授業の様子は映像の録画と授業中の発話の録画を行った. 参加者には授業の振り返りとして, 毎回の授業後にコメントシートを記入させ，授業終了後 1 ヶ月以内を期限として授業の感想をまとめたレポートを提出させた. なお，初日には授業改善の目的で録画，録音，コメントシート, 質問紙を扱うと伝え, この授業が研究対象であることは 7 日目の質問紙の回答後に共有し参加者の了承を得た. 質問紙は, 社会問題への興味関心 8 項目, 高木他 (2022) の身体性を伴う思考の習得度合い 11 項目，creative self 尺度 (Ishiguro et al., 2024) 16 項目から構成され，初日の授業開始前と最終日の授業終了後に実施した.

授業概要

SSI に基づく STEAM 実践では, 問題の現状やメカニズムに関する知識習得を重視するあまり，問題の自分ごと化や共感を行う社会問題の価値形成に十分時間が割かれていない点が指摘されている (Lee et al, 2023). 本授業でも知識習得と価値形成とを両立させること，さらには固定された解を追求するのではなく，自己の解釈や意味づけを促す活動を実現するために，授業全体のゴールを参加者自身による「環境問題に基づく STEAM ワークショップの構築」とした. 参加者らには 5 日目と 6 日目にグループに分かれて上記のワークショップを作成し, 7 日目には完成したワークショップの発表会を実施することを 1 日目に伝えた. そして 1 日目から 4 日目は，参加者自身でワークショップを作成するために必要な情報を得る目的で授業に参加するように伝えた. 1 日目と 2 日目は STEAM についての理解を促すため STEAM の概論に関する講義と STEAM 実践に関する文献講読, 3 日目はワークショップに関する講義, 4 日目には環境問題の自分ごと化や想像を促進するため環境問題に関するダンス創作を行った. 5 日目と 6 日目はこれまでに学んだことを踏まえて, グループで環境問題の中から扱いたいテーマを決定し，環境問題に関する情報収集を適宜行いながらワークショップを作成した．このように参加者らが発表会の準備を通じて能動的に知識構築を行うことを目指した.

3. 結果と考察

本研究は，アートの創造活動を用いて，社会問題に関わる多様な立場の想像や問題の自分ごと化を促すプログラムを構築した. 発表ではケーススタディとして 3 名の参加者のプロセスと授業前後の変化を説明する．主たる結果として，1）環境問題における多様な利害関係者の視点や自然に対する人間活動の複雑な影響への注目，2）自己の身体や感情に焦点を当てて思考することの有効性の認識，3）創造的自己効力感の向上と創造性不安の軽減が見られた．この結果は, 社会問題への想像力と自分ごと化の発展と，創造性に関する態度の向上という授業目的に沿うものであった．またアートの創造活動が，身体性を伴う思考の促進に効果的であることが示唆された．一方で，本実践はあくまで参加者 3 名のケースの記述にとどまっており，今後は分析対象を増やし，統計的検定を用いた量的分析による検討を行うことが必要である．なお，参加者の社会問題の自分ごと化が促進された一方で，促進の程度には個人差が生じていた．これは参加者間の省察の差によって生じていることが推測されるため，今後の実践のためのデザイン指針に省察の観点を加える必要がある.

文献

Allina, B. (2018). The development of STEAM educational policy to promote student creativity and social empowerment. *Arts Education Policy Review*, *119*(2), 77-87. https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1296392

Choi, S., Won, A., Chu, H., Cha, H., Shin, H., & Kim, C. (2021). The impacts of a climate change SSI-STEAM program on junior

high school students' climate literacy. *Asia-Pacific Science Education, 7*(1), 96-133. https://doi.org/10.1163/23641177-bja10019

Mang, H. M. A., Chu, H., Martin, S. N., & Kim, C. (2021). An SSI-based STEAM approach to developing science programs. *Asia-Pacific Science Education, 7*(2), 549-585. https://doi.org/10.1163/23641177-bja10036

Batson, C., Early, S., & Salvarani, G. (1997). Perspective taking: Imagining how another feels versus imagining how you would feel. *Personality & Social Psychology Bulletin, 23*(7), 751-758. https://doi.org/10.1177/0146167297237008

Epley, N., & Caruso, E. M. (2009). Perspective taking: Misstepping into others' shoes. In K. D. Markman, W. M. P. Klein & J. A. Suhr (Eds.), *Handbook of imagination and mental simulation* (1st ed., pp. 295-309). Psychology Press. https://doi.org/10.4324/9780203809846-25

Ortiz-Riomalo, J. F., Koessler, A., & Engel, S. (2021). Inducing perspective-taking for prosocial behaviour in natural resource management. *Journal of Environmental Economics and Management, 110,* 102513. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102513

Glăveanu, V. P., & de Saint Laurent, C. (2018). Taking the perspective of others: A conceptual model and its application to the refugee crisis. *Peace and Conflict, 24*(4), 416-423. https://doi.org/10.1037/pac0000286

Geiger, N., & Brick, C. (2023). Core social motives explain responses to collective action issues. *Social and Personality Psychology Compass, 17*(3). https://doi.org/10.1111/spc3.12732

Hart, P. S., & Nisbet, E. C. (2012). Boomerang effects in science communication: How motivated reasoning and identity cues amplify opinion polarization about climate mitigation policies. *Communication Research, 39*(6), 701–723. https://doi.org/10.1177/0093650211416646

Schwinger, M., Steinmayr, R., & Spinath, B. (2009). How do motivational regulation strategies affect achievement: Mediated by effort management and moderated by intelligence. *Learning and Individual Differences, 19*(4), 621-627. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.08.006

Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M. (1992). Creative Cognition: Theory, Research and Application. Cambridge, MA: MIT Press.

Corazza, G. E., & Agnoli, S. (2022). The DA VINCI model for the Creative thinking process. *Homo creativus* (pp. 49-67). Springer International Publishing AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99674-1_4

髙木 紀久子・岡田 猛・横地 早和子(2013). 美術家の作品コンセプトの生成過程に関するケーススタディ――写真情報の利用と概念生成の関係に着目して――. 認知科学, *20*, 59–78. https://doi.org/10.11225/jcss.20.59

Okada, T. & Yokochi, S.(2024) Process Modification and Uncontrollability in an Expert Contemporary Artist's Creative Processes. *The Journal of Creative Behavior.* https://doi.org/10.1002/jocb.635

Ward, T. B. (2001). Creative cognition, conceptual combination, and the creative writing of stephen R. donaldson. *American Psychologist, 56*(4), 350-354. https://doi.org/10.1037/0003-066X.56.4.350

久保(川合) 南海子(2019). 異投射・虚投射の発生と共有： 腐女子の妄想と二次創作を通じて. 認知科学, *26*(1), 40-51. https://doi.org/10.11225/jcss.26.40

Zittoun, T., Hawlina, H., Gillespie, A.T. (2022). Imagination. In: Glăveanu, V.P. (eds) *The Palgrave Encyclopedia of the Possible.* Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90913-0_68

阿部慶賀(2010). 創造的アイデア生成過程における身体と環境の相互作用. 認知科学, *17*(3), 599-610. https://doi.org/10.11225/jcss.17.599

Shimizu, D., & Okada, T. (2021). Interaction between Action and Cognition in Creativity: Perception and Action-based Imagination (PAI) Framework. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society.* https://escholarship.org/uc/item/32r9j1sh

岡田猛 (2013). 芸術表現の捉え方についての一考察 :「芸術の認知科学」特集号の序に代えて 認知科学, *20*(1), 10-18.

Shimizu, D., Hirashima, M., & Okada, T. (2019). Interaction between idea-generation and idea-externalization processes in artistic creation: Study of an expert breakdancer. *Proceedings of the 41st Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 1041–1047.

Yokochi, S., & Okada, T. (2005). Creative cognitive process of art making: A field study of a traditional Chinese ink painter. *Creativity Research Journal, 17* (2–3), 241–255. https://doi.org/10.1080/10400419.2005.9651482

縣 拓充, 岡田 猛 (2009) 教養教育における「創造活動に関する知」を提供する授業の提案, 教育心理学研究, *57* (4), 503-517https://doi.org/10.5926/jjep.57.503

髙木紀久子・清水大地・岡田猛 (2022), 芸術実践授業の質問紙調査, 東京大学芸術創造連携研究機構シンポジウム「芸術がつなぐ学術の協働」(オンライン)

Ishiguro, C., Matsumoto, K., Agata, T., & Okada, T. (2024). Development of the japanese version of the short scale of creative Self1, 2. *Japanese Psychological Research, 66*(3), 302-314. https://doi.org/10.1111/jpr.12418

Lee, H., Yoo, J., Choi, K., Kim, S., Krajcik, J., Herman, B. C., & Zeidler, D. L. (2013). Socioscientific issues as a vehicle for promoting character and values for global citizens. International Journal of Science Education, 35(12), 2079-2113. https://doi.org/10.1080/09500693.2012.749546

食事場面における映像上の他者が「おいしさ」に与える影響
The influence of a visual companion on perceived "deliciousness" in meal scenes

小林 海生†，遠山 紗矢香†
Kaiki Kobayashi, Sayaka Tohyama
†静岡大学大学院総合科学技術研究科
Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University
kobayashi.kaiki.20@shizuoka.ac.jp

概要
誰かと食事をする「共食」は，おいしさに対する評価の向上に寄与することが知られており，そこでは他者との経験共有が影響していることが示されている．そこで研究 1 では，モニタ上の他者の録画映像と食行動を共有することが，先行研究と同様においしさを増幅するのかを検討する実験を行った．20 代前半の男性 24 人を対象として実験を行った結果，モニタ上の録画映像による他者では，おいしさに対する評価を向上させる効果が示されなかった．これを踏まえて研究 2 では，他者をリアルタイムで提供する，口濯ぎを採用するといった改善を行った．20 代前半の男女 24 名に対して実施する実験計画のうち，これまでに 16 名から得られた結果から，研究 2 で提供した映像上の他者でも，おいしさに対する評価を向上させる効果が示されなかった．一方で，孤食時と共食時で味に対する評価が異なる傾向が示された．

キーワード：共食，共有体験

1. はじめに

食事場面において，誰かと食事をする「共食」がおいしさに対する評価の向上に寄与することは知られている．その「共食」の相手としての他者について今まで様々な研究が行われてきた．そこでは，他者と食事体験を共有すること[1]や声を聞くこと[2]，鏡で自分の姿を見ること[3]がおいしさの感じ方に影響を与えていることが示された．本研究は，これら先行研究の中でも食事体験を共有すること[1]に注目し，映像上の他者との共食は「共食」の効果を生じさせるのかを検討した．

2. 研究 1

2.1. 概要

研究 1 では，「声が聞こえない状態で映像上の他者と食行動を共有することが，おいしさに対する評価を向上させる」という仮説に沿って実験を行った．20 代前半の男性 24 人を対象に，モニタ上の映像を介して他者と食行動を共有することが，先行研究[1]と同様に「おいしさ」を増幅するのかを検討した．ここでいう「おいしさ」とは，個人の主観による食べ物の味への評価である．試料として Meiji のチョコレート効果カカオ 72%を使用した．ただし，チョコレートはパッケージから出して提供し，被験者に品名がわからないようにした．

実験条件は，映像上の他者と食行動を共有する経験共有条件，共有しない非経験共有条件の 2 つであった．非経験共有条件では，映像上の他者に画集の品評を行わせた．画集の品評を採用した理由は先行研究[1]と同様で，対象を評価するという点で条件間の統制をとるためである．また，おいしさの感じ方について個人差が影響しないように，各被験者は経験共有条件と非経験共有条件の両方に参加する被験者内実験計画を採用し，実施順はカウンターバランスをとった．

2.2. 実験環境

被験者が他者と行動を共有している状況を作るため，実験では他者の映像を被験者の横に設けたモニタに映した．映像は経験共有条件先行用と非経験共有条件先行用の 2 つを用意した．モニタは BENQ の 24 インチのものを横置きで机に載せて使用した．

また，被験者には，映像上の他者を「リアルタイムで同じ実験を受けているもう 1 人の被験者」として紹介した．ただし，他者の映像は録画された動画であった．

2.3. 実験方法

実験では，被験者が実験の説明を受けた後，指定の部屋に移動し，着席した．他者の映像を被験者の横に設置したモニタに映した状態で，被験者はチョコレートの試食を 2 回，各 50 秒間で行った．

実験の流れを以下の図 1 に示す．被験者と他者映像が同時にチョコレートを試食する経験共有条件と，そうでない非経験共有条件の実験を行った．被験者はチョコレートを食べるたびに，チョコレートの味

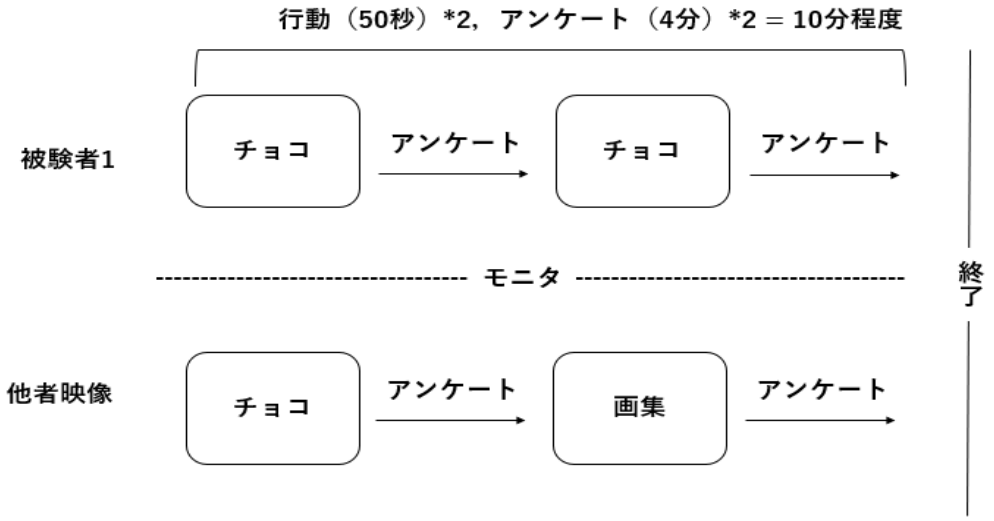


図 1 実験 1 の流れ

に関するアンケート（表 1）に回答した．実験を終えた後で被験者は，2 つのチョコレートについて自由記述で比較した．また，他者の印象についてのアンケート（表 2）に回答した．

表 2 アンケートの質問項目

1. あなたはこのチョコレートがどのくらい好きですか
2. このチョコレートの風味の豊かさはどのくらいですか
3. このチョコレートの濃さはどのくらいですか
4. このチョコレートはどのくらい美味しいですか
5. あなたはこのチョコレートの質がどの程度良いと思いますか
6. このチョコレートの甘さはどの程度でしたか
7. このチョコレートのしょっぱさはどの程度でしたか
8. このチョコレートの苦さはどの程度でしたか
9. あなたはこのチョコレートをもっと食べたいと思いますか
10. このチョコレートは間食としてどの程度腹の足しになりますか
11. あなたはこのチョコレートの試食にどの程度集中していましたか
12. もう 1 人の参加者はどの程度実験に集中していたと思いますか

表 1，表 2 のアンケートに対して，被験者は 6 段階評価で回答した．この際，自由記述でもそれぞれチョコレートの味，もう 1 人の被験者について回答させた．

表 3 他者の印象に関する質問項目

1. あなたのアンケート結果はもう 1 人の被験者の影響をどの程度受けましたか
2. あなたともう 1 人の被験者はどの程度波長が合うと思いますか
3. もう 1 人の被験者への好感度はどの程度ですか
4. もう 1 人の被験者をどの程度理解していると感じましたか
5. もう 1 人の被験者はどの程度信頼できますか

2.4. 結果と考察

チョコレートの味に関する表 1 のアンケートの各項目について，マン・ホイットニーの U 検定を行って 2 つの実験条件間を比較した結果，すべての項目で有意差は認められなかった．ここから，本実験で提供したモニタ上の映像の他者では，被験者のおいしさに対する評価を向上させるうえで限界があることがわかった．

また，表 1 の結果について，各条件内で 1 回目と 2 回目の試食結果を比較するマン・ホイットニーの U 検定を行った結果，経験共有条件の試食 1 回目で質問 3（U=34.5），同条件の試食 2 回目で質問 6 が有意に高かった（U=29.0）．ここから，チョコレートの試食におい

て期待しない順序効果が生じていた可能性が示された.

他者に関する表 2 のアンケートについて，質問 1 と他の質問の関係を検討するために相関分析を行った結果，質問 4 との弱い正の相関が認められた（r=.43）．ここから，自分が他者から影響を受けているという認識に，他者への理解が関係ある可能性が示唆された.

3. 研究 2

3.1. 実験デザインの改善

研究 1 を踏まえて，以下 8 点について実験デザインを改善したうえで研究 2 を行うこととした.

- 録画ではない本物の他者映像を中継すること
- 被験者間でアイスブレイクを導入すること
- 食事/品評時間を 50 秒から 1 分 30 秒に増やすこと
- 他者映像の音声も流すこと
- チョコレート試食後に口濯ぎを行うこと
- 孤食場面でも同じ実験を行うこと
- 練習試行を行うこと
- PTC 味盲チェックを行うこと

アイスブレイクを行った他者とリアルタイムで共食することと食事や品評にかける時間を増やすこと，および音声を流すことで，他者から受け取る情報が限定的になるのを防ぐことを目指した. また, 口濯ぎを導入することで先に食べたチョコレートの味をリセットし, 順序効果をなくすことを期待した. さらに, 孤食場面でも同じ実験を行うことで孤食と共食の差を被験者内で検討できるようにし，練習試行を取り入れることで実験環境に慣れてもらうようにした．加えて，PTC 味盲チェックを行うことで，苦味物質 PTC に対する感受性の高低とチョコレートの苦さに対する主観評価の関係を確認できるようにした.

研究 2 における被験者は 24 人の予定であり，これまでに男性 10 人, 女性 6 人の合計 16 人が実験を終えた. このうち，後述する孤食環境での実験まで終えた被験者が 9 人であった.

3.2. 実験環境

被験者の横に設けたモニタにもう 1 人の様子を，Zoom を介して映した．モニタは研究 1 と同じものを，カメラとマイクはロジクールの C270n HD Webcam を使用した. カメラはモニタ上部中央に設置した. モニタの位置を含む実験室の配置は研究 1 と同様であった.

3.3. 実験方法

実験では 2 人の被験者が実験の説明を受けた後, 練習試行を行った. 練習試行では落花生の試食を行った. その後，アイスブレイクとしてじゃんけんとあみだくじを行ってから, 被験者は別々の部屋に移動して, それぞれの姿をモニタに映した．この状態で被験者はチョコレートの試食を合計 2 回，各 1 分 30 秒間で行った．また，追加実験では孤食場面でも同様の試食を行わせるため，実験日から 1 週間以上空けた後で，モニタを接続せずに同じ環境で実験を行い，表 1 のアンケートに回答させた.

研究 2 における実験の流れを以下の図 2 に示す．一度の実験で 2 名分のデータを取得するため，研究 1 と比べて被験者の行動が増加している．チョコレートの各試食後に味に関するアンケート(表 1)に回答すること，2 つのチョコレートについて自由記述で比較すること，他者の印象についてのアンケート（表 2）に回答することは，すべて研究 1 と同様であった.

PTC 味盲チェックは実験終了後に行った．これは，PTC 味盲チェックで被験者が苦味を感じた場合に，チョコレートの味に対する評価が影響を受けることを防ぐためである.

3.4. 結果と考察

チョコレートの味に関する表 1 のアンケートの各項目について, マン・ホイットニーの U検定を行って 2 つの実験条件間を比較した結果，どの項目でも有意差は認められなかった．また，表 1 のアンケート結果について，孤食と経験共有，非経験共有の 2 条件をそれぞれ被験者内で比較した結果，孤食と比べて経験共有条件で味に対する好意的な評価が高かった被験者は3 人，孤食と比べて経験共有条件で味に対して否定的な評価をした被験者は 4 人，孤食でも経験共有条件でも同じ評価をしたのが 2 人であった．また，変化が現れた項目は甘さやおいしさなどチョコレートの味に関するものだった. この結果から, 本実験の環境が味に対する評価に何らかの影響を与えている可能性が示された.

さらに，表 1 の結果について，各条件内で 1 回目と 2 回目の試食結果を比較するマン・ホイットニーの U検定を行った結果，すべての項目について有意差は認め

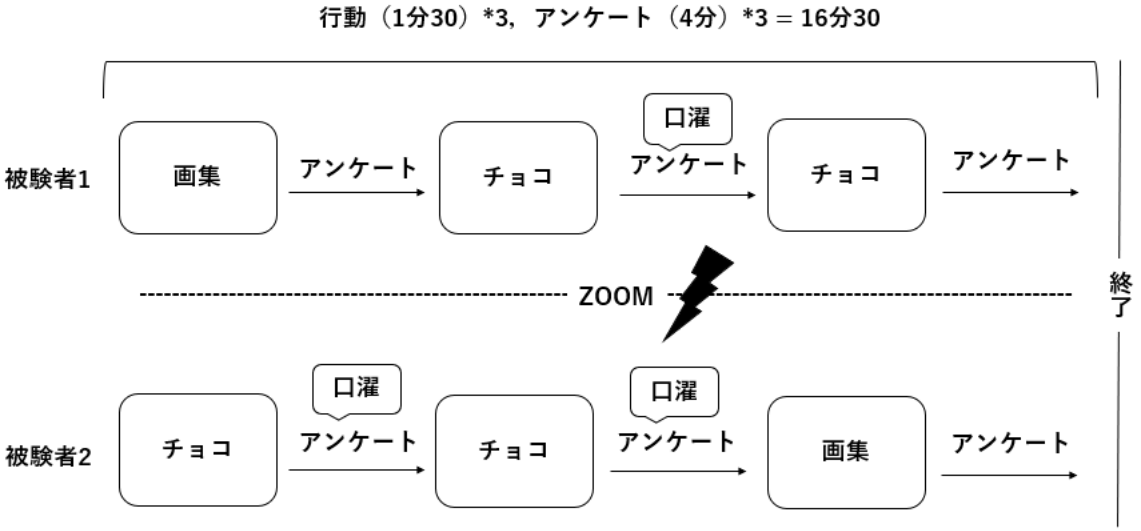


図 4 追加実験の流れ

られなかった．ここから研究 2 では，チョコレートの試食における順序効果が生じなかったと考えられる．

他者の印象に関する表 2 のアンケートについて，研究 1 と同様に，質問 1 と他の質問の関係を検討するために相関分析を行った結果，質問 2，3，4 との弱い正の相関がそれぞれ認められた（r=. 32；r=. 25；r=. 25）．ここから，研究 1 同様に，自分が他者から影響を受けているという認識について，他者との波長の相性，他者への好感度，他者への理解が関係ある可能性が示唆された．

3.5. 総合考察

研究 2 の結果から，事前にアイスブレイクを行った他者をリアルタイムで中継した映像でも，被験者のおいしさに対する評価を向上させる効果は限定的であることがわかった．このことから，他者の映像がリアルタイムであること，他者が既知の存在であることは，共食相手としての他者の情報としては十分でない可能性が高いことが指摘される．また，研究 1 で見られた順序効果が研究 2 ではみられなかったことから，口濯ぎが有効である可能性が示された．

4. まとめと展望

研究 2 は現在，実験の途上であるため，今後は予定数まで被験者が集まったところで集計を行う．また，研究 2 で得られた結果を踏まえて，本実験の環境の他者が被験者に与えている影響の解明と映像上の他者が被験者の味への評価に好意的な影響を与えるための条件について検討する予定である．

文献

[1] Boothby E. J., Clark M. S., and Bargh, J. A.: Shared Experiences Are Amplified, Psychological Science, 25(12), 2209-2216 (2014)

[2] Kawai, N., Guo, Z., Nakata, R.: A human voice, but not human visual image makes people perceive food to taste better and to eat more: “Social” facilitation of eating in a digital media, Appetite 167 (2021), 105644 (2021)

[3] 中田龍三郎, 川合伸幸: 鏡で自分を見ると食事をおいしく感じる－大学生と高齢者の比較－，日本認知科学会第 32 回大会発表論文集, pp.51-56 (2015)

アバターの視線と口の動きが視聴者の記憶と印象に及ぼす影響
Effect of the gaze and mouth movements of an avatar on viewers' memory perception and impression

瀬島 章仁[†]，安田 哲也[‡]，小林 春美[§*]
Akihito Sejima, Tetsuya Yasuda, Harumi Kobayashi
[†]東京電機大学大学院，[‡]東京大学，[§]東京電機大学
Graduate School of Tokyo Denki University, The University of Tokyo, Tokyo Denki University
h-koba@mail.dendai.ac.jp

概要
本研究は，ニュース映像でアナウンサーを務めるアバターの口の動きと顔の向きが，視聴者に与える印象やニュース内容の認知に及ぼす効果を調べた. 異なる 4 つの条件でアバターが映った刺激動画が提示され，理解度と好感度に関する質問紙調査を行った. 結果, アバターの口の動きがある場合，参加者は動画をより理解したと考えやすかった. さらに, アバターの顔方向がニュース映像の方に動くと，参加者はアバターにより注意を向けていた.

キーワード：選択行動, アバター

1. 目的

アバターを使用した動画は YouTube などで多くみられ, 全国各地で人気コンテンツとなっている. ニュース動画は現代社会において情報伝達の主要な手段となり, その中で AI がニュースの読み上げに利用される例が増加している．しかし，AI によるニュースの読み上げのような純粋な音声情報だけでは，視聴者が視聴するためのモチベーションの維持・向上が問題となることが考えられる．アバターを導入して視覚的な情報を提供することにより，視聴者が情報を効果的に受容しやすくなる可能性がある. 本研究では, YouTube でよく見られる情報発信動画を模し, アバターを利用して, その動画の印象等を調べた.

Aseeri & Interrante (2021)は，仮想現実における 3 つの異なるタイプのアバター表現がもたらす視覚的および非言語の手がかりの影響を調べた．比較されたアバタータイプは, HMD とコントローラーのみでアバターの体は表示されない「No Avatar」，3D モデルを利用しアバターの体及びコントローラー等が表示される「Scanned Avatar」，およびクロマキー処理を利用し自身の体が表示される「Real Avatar」（コントローラー等も表示される）の 3 種類であった．なお，参加者は必ず HMD(Head Mounted Display)を装着していた．タスクは，参加者同士（一方はモデレータ）と作業を行うものであり，その後に, 7 件法により心的な項目が含まれる質問紙に答えた. その結果, Real Avatar は, 他のアバター表現よりも, 高い対人信頼(Interpersonal Trust)をもたらしたが, Scanned Avatar と No Avatar には違いがなかった. また, Scanned Avatar は No Avatar や Real Avatar よりも体の姿勢(posture)への気づきが少なかった．これに関しては, Scanned Avatar は表情(facial expression)に関する気づきが少なく，その結果姿勢をよく見ている可能性を挙げていた．共存度(Co presence)[1] に関しては，Real Avatar や Scanned Avatar は No Avatar よりも高かった．他にもメタバースにおけるアバターを調べている研究もあり, アバターを介したコミュニケーションの研究は仮想空間等で調べられていることが多い.

Mizuho et al. (2023)では，バーチャル・オムニバス講義と呼ばれる新しい遠隔講義形態が提案された．この講義は，多数でオムニバス講義を行うというわけではなく，1 人の講師だが自身のアバターを変えることで複数の講師で疑似的にオムニバス講義を行うというものである. この研究では、異なる環境での学習が記憶力を向上させることが示されていることを基に，複数の講師から仮想的に学習することでも同様の効果があるか調べるものであった．90 分間の講義を 4 つのセッションに分け，セッションごとに異なるアバターを使って教える「4 アバター状態」と，すべてのセッションで同一のアバターを使用する「1 アバター状態」を比較する実験を行った．結果，講義後の理解度テストの点数は，1 アバターの状態よりも 4 アバターの状態の方が有意に高いことが示された. これは, 複数のアバターで講義を行うことで、学生が講義に注意しやすくなる効果が得られる可能性を示唆した.

情報の伝達において非言語的な情報は重要な役割をととされる.

[1] Schroeder (2002)によれば，共存感とはユーザーが他の人間などの主体と一緒にいるという感覚のこ

担っている．なかでも人の視線は相手との会話促進などに影響を与えることが知られている (大坊, 1998). 他者の瞬間的な視線移動は，その方向に対しての注意を促すことがわかっている(Driver et al., 1999). また，顔が提示された場合に直視の方が逸視よりもその顔を再生しやすいことがわかっている(Mason et al., 2004). 学習効果に関しては、Pi et al. (2020)がビデオ教示場面を調べており，教材に視線を向けた方がアイコンタクト（直視）よりも学習効果が増加したという知見を示している．また，

近年，早朝のニュース番組で AI がニュースを伝えている．このニュースはアバター等の利用はなく，Mizuho et al. (2023)の観点を考慮すると，視聴者の注意継続が困難になる可能性を示唆する．本研究では，予備的に，アバターの助けが，参加者の注意を促すという仮定を基に実験を行った．ここでのアバターの助けとは，ナレーション時に音声だけではなく，アバターがあたかも伝えているというような助けである．具体的には，ニュース映像において，現場にいるアナウンサーが何か伝えている場合のみ，アバターがそのニュース映像を見て，ナレーション時には参加者の方向を向いているか，そうでないか(つまり常に参加者の方向を向いている)という 2 水準の視線・顔条件があった．加えて，アバターの口がともに動く，または動かない，という 2 水準の口の動き条件があった．

本研究の予測では，アバターの口の動きがある場合，視聴者はニュース動画の内容をより理解しやすくなり，アバターに対して好感を持つと予測される．口の動きがあることにより，視覚的な手がかりが増え，言葉の意味やニュース内容がより明確に伝わると考えられる．また，アバターの顔方向がニュース動画に向く場合は，視聴者は動画の内容により注目しやすくなると考えられる．顔方向の動きがあることで，視聴者の注意がニュース動画に惹きつけられ，動画の重要な情報に集中しやすくなると予測される．

本研究は，視線と口の動きが視聴者のアバターに対する印象やニュース内容の記憶に及ぼす効果について調べた．

2. 方法

2.1. 参加者

理工系大学に通う 18 歳から 24 歳の学生 32 人（男性 27 人，女性 5 人：平均年齢 20.2 歳）であった．

2.2. 条件

顔方向の動きと口の動きの条件をそれぞれ 2 水準で設けた．顔方向の動き条件は，ニュースを読み上げる際に，ニュース映像を見るように向ける，または，ニュース映像は見ずに参加者を見るようにまっすぐ前を向いている，というものであった．口の動き条件は，ニュースを読み上げる際に，口を動かす，または口を動かさず閉じている，というものであった．よって条件は，顔方向の向き条件（アバターの顔の向きが動く，アバターの顔の向きが動かない）と口の動き条件（口が動く，口が動かない）の 2 条件であった．

2.3. 刺激

アバターは、メッセージアプリの機能にあるミー文字（開発会社名：Apple 社, iOS12 から導入された機能）を使用して作成した．その後，CG で作成した人の上半身に，作成したアバターの顔を合成した．このアバターに対して，各条件から構成される動きを映像編集した．なお，これらの映像は，うなずくなどの動きを考慮し相互作用の要素が含まれていた．全ての刺激は，左側にアバターが配置され右側にニュースが配置された（図 1）．ニュース動画は，4 種類作成し，いずれも天気に関する人々へのインタビュー動画であった．条件ごとにアバターの動きが異なっていた．また，アバターの口の動き条件がある場合，ニュース動画の解説音声とアバターの口の動きが一致している状態を提示した．これは，視覚的な手がかりとして口の動きと聴覚情報との統合が，情報の理解度に寄与することができると考えられたからである．

図 1　実験の一場面

2.4. 手続き

参加者は実験同意書が明記された Google form の QR コードをスマホで読み取り回答した．同意のあった参加者に対し，実験参加用の QR コードを提示し，参加者はその QR コードを読み取り実験に参加した．なお，参加者には必要に応じてイヤホンやヘッドフォンなどをつけて動画を再生するよう求めた．

参加者は自身で Google Form 上の実験動画を流した

後に，その下にある 5 つの質問項目が含まれた質問紙を答えた．なお，この順で 4 回繰り返した．実験順序をランダマイズすることはなく，実験動画を見た順番は，視線+顔方向・口の動きがある刺激，口は動くが顔は動かない刺激，視線・顔方向は動くが口は動かない刺激，顔も口も動かない刺激であった．

質問内容は，アバターへの好感度，動画とアバターのどちらを見ていたか，参加者のニュースに関する理解度の自己評価，他にフィラーとして，動画の内容に関する簡単な2つの質問（例えば誰が雪かきをしていたか）であった．

質問紙調査は 6 段階のリッカートスケールで回答するものであった．設問は，アバターの好感度はどうだったか（1．とても悪い・6．とても良い），参加者は動画とアバターのどちらを多く見たと思うか（1．動画・6．アバター），提示されたニュース動画に関しての参加者自身の理解度はどうだったか（1．全く理解できなかった・6．とても理解できた）であった．実験の終わりに、「どの動画のアバターの印象が良かったか」や「実験自体の内容を理解できたか」に関しての質問紙調査を実施した．

2.5. 分析方法

データの分析には統計ソフトウェア R，ordinal，ggeffect を利用した．得られたデータは順序尺度に該当するため，累積ロジット混合モデル(clmm: Cumulative Link Mixed Model)を用いた．独立変数は，顔方向の動き(Direction)と口の動き(Face)であった．なお，累積ロジットモデルは最大モデルとし，モデルが収束したことが確認できたモデルを採用した．

要因に関しては，エフェクトコーディングを採用した．なお，ランダム効果に関しては，個人差においてランダム切片とランダム傾きを考慮した．なお，提示順序もランダム効果に含めた．例えば，好感度を調べたモデルは，clmm(popularity ~ Face * Direction + (1+Face + Direction | participants) + (1|order))となった．

3. 結果

3.1. 好感度

Clmm の結果，主効果，交互作用ともに有意ではなかった．参加者の評定する好感度について，今回の実験では顔方向の動きや口の動きは有意な効果はもたらさないことがわかった．

3.2. 動画とアバターのどちらを見たか

Clmm の結果，顔方向の動きの主効果のみが有意であった($z = 1.969$, $p = .049$, 図 2)．顔方向の動きがあれば，参加者は顔の動きがないときと比べ動画をよりみなくなると評定したことがわかった($\beta = 0.8728$)．まロの動きがどちらを見ていたかについての評定に影響を及ぼすことはなかった．

図 2 顔方向の動き条件を基準とした「動画とアバターのどちらをみていたか（に関する参加者自身の主観的評価）」についての CLMM の結果

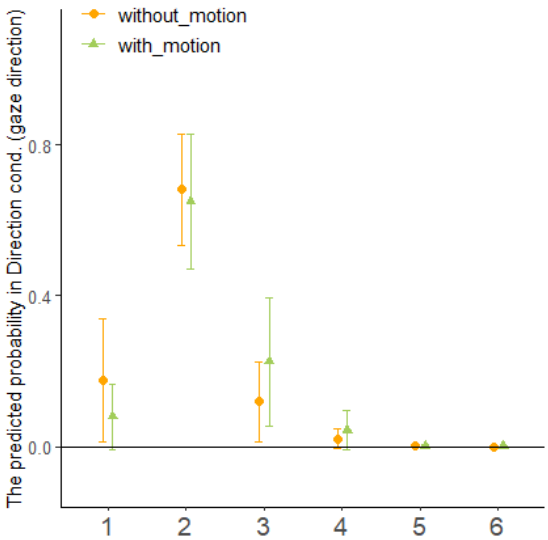
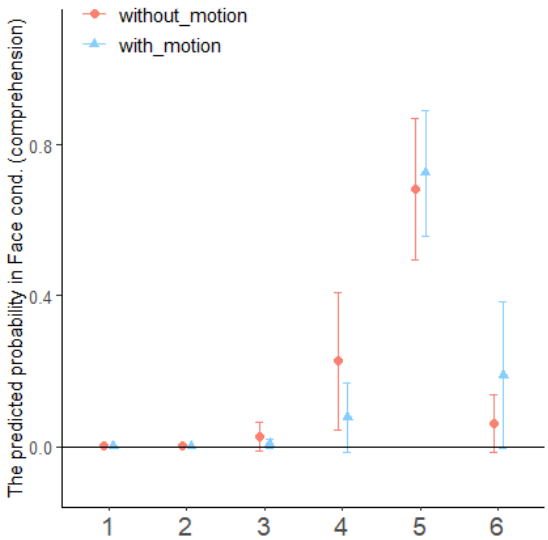


図 3 口の動き条件を基準とした「ニュース動画に関しての参加者自身の主観的理解度」についての CLMM の結果



3.3. 動画の理解度

Clmmの結果，口の動きの主効果のみが有意であった(z = 2.413, p = .01589, 図 3). 口の動きがあれば，参加者は口の動きがないときと比べ動画を理解したと評定することがわかった(β = 1.3190). 顔方向の動きが評定に影響を及ぼすことはなかった.

4. 考察

好感度に関して，顔方向の動きや口の動きが評定に有意な影響を与えなかった. これは，参加者がアバターの動作に対して特定の方向性や口の表情に対して感じる好みや嗜好が一様でなかった可能性があった. アバターの好感度は主観的な評価であり，個々の参加者の主観的な感じ方が大きく影響する要素と考える. 次に，動画とアバターの注視に関して，他人の視線の方向に注意を向けることを視線手がかりと呼び(Frischen et al., 2007)，社会的相互作用を成功させる重要な能力である.

顔方向がニュース映像に向いている時の方が，映像の方を向いていない時よりも参加者が動画をあまり注視しないという結果が得られた. これは，アバターの動作が参加者の視線を惹きつけ，動画の視聴に影響を与えた可能性があった. アバターの動作がより注目されると，動画への注意が削がれることが示唆された. また，口の動きによる注視に関しては，結果に影響を与えなかったことから，口の動きが注目を集める要因ではなかった可能性が示された. 最後に，動画の理解度においては口の動きがある場合に参加者が動画を理解しやすいと評価するという結果が得られた. これは口の動きが意思疎通に寄与する可能性があり，参加者が口の動きがあると情報を取得しやすくなると考えていることを示唆する. しかしながら，このことを明確に示唆するためには，様々なバリエーションで行う等，追試する必要がある.

本研究では，アバターの口の動きとニュース動画の解説音声が一致していた. この一致は視聴者にとって重要な視覚的手がかりとなり，聴覚情報との統合により理解が促進されると考えられる. Johnson & Mayer (2009)の「Multimedia Learning」は，視覚と聴覚の統合が学習者の理解を促進することが示されており，口の動きは視覚的手がかりとして機能し，聴覚情報との一致により参加者の理解を助けた可能性がある.

5. 結論

アバターの動作が視覚的な注意を惹きつけ，その結果として動画の注視や理解度に影響を与えることが示唆された. ただし，好感度に関しては個人差が大きく，主観的な感じ方が多様であることがわかった. また，アバターの口の動きがある場合，参加者は口の動きがない時と比べ動画をより理解する効果を与える. さらに，アバターの顔方向が動くと，参加者はアバターに惹きつけられることがわかった. これらの知見は，アバター動画におけるコミュニケーションや情報伝達において，アバターのデザインや動作が重要な要素となることを示唆した. そのため，何かをアバターに発言させたい際に，アバターの顔方向を動かすことで，参加者に注目されやすくなり，さらに口を動かすことでスムーズに内容を理解しやすくなると考える. しかし，本実験ではアバターの各条件での提示順序の影響，視線の行動データや記憶課題を使った記憶の測定は行っていないため，それらを行うことで今回の結果を検証し，さらに明らかにしていく必要がある. また，本実験は動画内にアバターが登場するものであるため，今後の研究では，異なる実験条件やコンテキストにおけるアバターの影響をより詳細に調査する必要がある.

文献

Aseeri, S., & Interrante, V. (2021). The influence of avatar representation on interpersonal communication in virtual social environments. IEEE transactions on visualization and computer graphics, 27(5), 2608-2617.

Schroeder, R. (2002). Social interaction in virtual environments: Key issues, common themes, and a framework for research. In The social life of avatars: Presence and interaction in shared virtual environments (pp. 1-18). London: Springer London.

Driver IV, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E., & Baron-Cohen, S. (1999). Gaze perception triggers reflexive visuospatial orienti

Mizuho, T., Amemiya, T., Narumi, T., & Kuzuoka, H. (2023, March). Virtual omnibus lecture: investigating the effects of varying lecturer avatars as environmental context on audience memory. In Proceedings of the Augmented Humans International Conference 2023 (pp. 55-65).

Frischen, A., Bayliss, A. P., & Tipper, S. P. (2007). Gaze cueing of attention: visual attention, social cognition, and individual differences. Psychological bulletin, 133(4), 694.

Johnson, C. I., & Mayer, R. E. (2009). A testing effect with multimedia learning. Journal of Educational Psychology, 101(3), 621-629.

心身重複障碍者の母子間の日常的コミュニケーション：振る舞いの理解可能性の基盤の探索的検討

An Exploratory Study of Everyday Communication Between Mothers and Children with Multiple Disabilities

山本 敦[†]，牧野 遼作[†]
Ats'shi Yamamoto, Ryosaku Makino

[†]早稲田大学
Waseda University
ayamamoto@aoni.waseda.jp

概要

本発表では，心身重複障碍者とその母親との間で比較的スムーズに進行している日常的なコミュニケーションに着目し，障碍のために生じうる様々な困難にもかかわらずスムーズなコミュニケーションがいかにして達成されているか，振る舞いの意味の理解可能性がいかに構成されているかを，日常的な活動の構成に着目することで探索的に検討する．

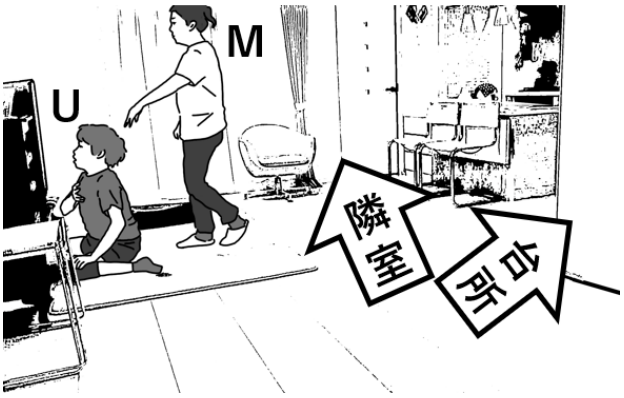
キーワード：非典型的相互行為 (atypical interaction)，振る舞いの理解可能性 (intelligibility of behaviors)

1. 問題と目的

コミュニケーション場面における行為の理解可能性については，社会学のエスノメソドロジーやそこから発展してきた相互行為分析において理論的・実証的な検討がなされてきている．障碍によるコミュニケーションへの制約が生じている場面に着目した研究も近年多くなされるようになってきており（非典型的相互行為分析[1]），Goodwin による失語症患者の分析が良く知られている[2]．本研究では，失語症のようにもともとあった能力が損なわれる障碍ではなく，先天的にコミュニケーション能力の在り方が典型者とは大きく異なるような障碍を対象として，その振る舞いの理解可能性の構成を検討する点で，多くの先行研究と異なる観点をとっている．そのような状況においては，通常分析において前提とされるところの，データの参与者間および分析者との間での理解可能性の基盤の社会的共有それ自体が検討の対象とされる必要がある[3]．

今回分析に用いるデータは，心身重複障碍を持つ青年（以下 U）とその母親（以下 M）の日常生活の様子の録画・録音である．具体的には，二人が生活の場の中心としているリビングキッチンにビデオカメラを設置し，昼食の前後の時間帯（約 2 時間 40 分）を収録したものを対象としている（図 1）．

図 1　データ収録状況



U の障碍は，重度の知的障碍があるほかに，下肢の障碍により単独での移動が困難であり，細かい動作にも困難さを抱える．また，弱視の疑いがある．使用できる語彙は数十語あり，一語文を用いるが，構音にも難しさがあり，不明瞭な発声になりがちである．これらの条件は，相互の振る舞いの理解や産出において様々な制約をもたらすと考えられるが，データを見ている限りでは，U と M とのやり取りは不思議な印象を受けるほどにスムーズに展開し，目立ったトラブルが見られない．

U と M とのやり取りには，収録者である R（本稿第二著者）も巻き込まれる形で参与しており，この収録が初対面であった U と R との間でコミュニケーションの困難さを乗り越えて“乾杯あそび”が達成されるようになる過程については以前別稿で検討した[4]．その際には，R（すなわち分析者との間に理解可能性の基盤の社会的共有が前提とできる参与者）の反応に基づいた分析を行ったため，U が R に向けて産出した振る舞いの多くについて，注意獲得の機能以上の相互行為上の機能を見出すことはできなかった．

本稿では，M（やはり分析者との間に理解可能性の基盤の社会的共有が前提とできる参与者）が，U の振る

舞いをどのように理解し，相互行為を構成しているかに着目する．M と U との間で生じている日常的なコミュニケーションは，U の振る舞いが相互行為的に機能する主要な場であり，U の振る舞いが M ひいては U 自身にとっていかなる理解可能性を持ちうるかは，M からどのように扱われるかに決定的に依存すると考えられる．

2. 分析

分析においては，U-M 間の振る舞いの連鎖関係の定性的な記述（連鎖分析）を行うとともに，その振る舞いの連鎖がいかなる活動の一部として生じているか（状況的活動システム[5]）に着目した．振る舞いの連鎖としての相互行為と，それによって構成・展開されていくところの活動は，相互依存的な関係にある．すなわち，活動は振る舞いの理解の文脈を提供し，かつ振る舞いによって活動自体が構成される．振る舞いは活動の一部であることによって理解可能性の基盤を得るとともに，その産出に制約を受ける．本稿で報告する分析は，U-M 間のコミュニケーションにおける活動と振る舞いの連鎖の相互依存的関係の在り方を整理するための準備作業である．

図 2 に，今回分析対象としたデータにおいて U と M が行っていた活動の流れを示した．特徴として，U は昼食およびおやつ以外の時間に関しては TV 画面で DVD を視聴していること，M は仕事や家事をこなしながら，U の求めに応じて DVD の入れ替えや操作を行ったり，U と一緒に DVD に合わせて歌うなど，U の世話をし続けていることが分かる．

表 1 に，U-M 間で観察された振る舞いの連鎖を類型化したものを示した．振る舞いの連鎖は大まかに 4 つに分類可能であった．一つ目は活動を成り立たせるために U の意図の確認が必須となる際に観察されるやり取りであり，さしあたり「生活実践の共同的構成」と名付けた．「M 質問→U 応答→M 確認の与え」もしくは「U 要求→M 確認の求め→U 応答→M 確認の与え」という連鎖構造を基本としており，U のネガティヴレスポンス（「やだ」）に対しては追加で確認の連鎖がなされていた．これは，ネガティヴレスポンスのニュアンスを確かめるものであるように見える．

二つ目は，いわゆる“あそび”と思われるやり取りである．コールアンドレスポンスの構造をもった身体的接触および音声的な掛け合いであり，「情緒的接触」と名付けた．音声的な掛け合いは，DVD の音声（発話や歌，BGM）の模倣とそれに対する合いの手や反復からなる．一部の掛け合いは DVD の再生とは独立になされることがある．

三つ目は，活動の進行について M が U に語りかけるやり取りであり，必ずしも U の応答が見られず，そのような場合にも応答が追及されない「応答を予定しない語りかけ」である．活動との関係における「生活実践の共同的構成」との違いは，活動中で U が能動的な行為主体とはならない場合に観察される点である．

四つ目は，U の不明瞭な発話や振る舞いに対する対処である．M の振る舞いとして 3 つのバターンが見られ，当該の発話や振る舞いを「生活実践の共同的構成」の可能性があるものとして扱うものと，「情動的接触」の可能性があるものとして扱うもの，意図不明なものとして扱うものが観察された．

また，これらの類型に当てはまらない振る舞いの連鎖も少数見られた．「電車／でちゃ」という語を起点とするやり取りは，進行中の活動と一見無関係に生じるように見え，その相互行為上・活動上の帰結も定かではなかった．これは，U が電車を好んでいることにより，M・U 双方にとって反応が期待される語となっているためと思われる．大きな傾向として，U の発話「でちゃ」は，M によって電車に関わる話題提起として雑談の開始のように扱われており，M の発話「電車」は電車に関わる活動の開始として U から扱われているよう

図 2 母子の活動の流れ

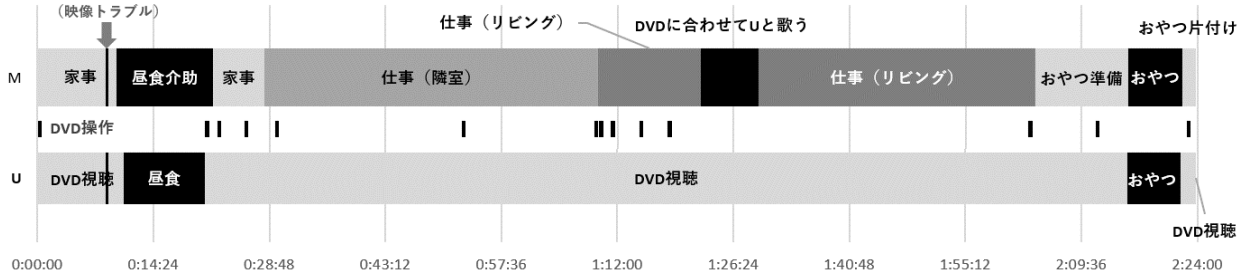


表１　観察されたやり取りの類型

やり取りの類型	内容	特徴
生活実践の共同的構成	DVD操作 食事にするかの確認　など	生活の中でUの意図の確認が必要となるプラクティカルな場面で生じるやり取り。「**M質問→U応答→M確認の与え**」の行為連鎖を基本構造とし、Uによって開始される場合は「**U要求→M確認の求め→U応答→M確認の与え**」となる。Mの質問および確認の求めには**疑問調が明確に付加**される。 活動を指示する語句の使用および、現在進行中の活動の中で意味を持つ物品の指標・操作がやり取りに用いられる。 **・活動を指示する語句：**お茶を飲む→「おちゃ」、DVDのチャプターの頭から見る→「もっかい(もう一回)」など **・現在進行中の活動の中で意味を持つ物品の指標・操作：**Mのいる方向にDVDのパッケージを置く、DVDのチャプターを変えつつ「これでいいの？」など Uの応答は語彙の使用、「はい」系、「やだ」のいずれかであり、「やだ」の場合やいつもと異なる応答が帰ってきた場合に、Mから確認「ほんとにいいの？」や、対案の提示「やだ？じゃあ((対案))は？」がなされる。
情緒的接触	手合わせあそび DVD音声の模倣による掛け合いあそび　など	対象への共同注意と遂行のための相互調整を要する**コールアンドレスポンスを基本構造**としたやり取り。UがDVDを視聴しているときに多く見られる。それ自体に実践的な機能があるようには見えないが、その**達成においてU・M双方のポジティヴな情動表出**が見られる。 **・手合わせあそび：**Uが発声とともに手を差し伸べることで開始され、UとMが手を触れ合わせることで完了する。Mが手を出してきたのに合わせて一旦手をひっこめる、手を触れ合わせるタイミングを遅らせる等のバリエーションをつけられることもあり、その際にはひときわ大きな情動表出が見られる（[6]を参照）。 **・DVD音声の模倣による掛け合いあそび：**DVDの音声・BGM等をUかMが模倣し、他方がそれを反復する／合いの手を入れる。やり取りはレパートリー化され共有されているようであり、BGMが開始されるところでUが要求の発声を行い、Mが歌い始めるといったやり取りも見られる。また、細部がどのようになされるかについては、その都度のバリエーションがみられる。DVDの再生とは独立してコールアンドレスポンス形式のやり取り遊びとなっているものもある。
応答を予定しない語りかけ	宣言的な語りかけ	Uが能動的な行為主体にならない生活実践の進行について、Mが宣言的にUに語りかける。**Uの応答がない場合にも反応の追及はおこらない。** 例１：「この一口でご飯終わりです」：昼食の終了直前 例２：「おかあさんパソコン触ってきていいですか」：隣室で仕事を始める直前
	独り言的な語りかけ	次週の予定等、Uに関わりがあるが理解が困難と思われる事柄について、半ば独り言のような口調で語りかける。言語表現上は質問や確認の求めの形式をとることもあるが、Uの応答の不在に対する反応の追求はおこらない。また、語尾の疑問調は明確には付加されない。
	Uの振る舞いへのコメント	Uの際立った振る舞いに対してコメントを述べる。**Uが何らかの反応をした場合に、演技的な謝罪**が見られる。 例：M「今日は昼寝してないんだね、珍しいね」→U「ぇん」→M「これはどうも失礼いたしました((畏まったような口調で))」
Uの不明瞭な発話・振る舞いの扱い	なに？ and/or 聞き取り／理解の候補の提示	**「生活実践の共同的構成」の可能性がある発話・振る舞いとして扱う**。Uの反応に応じて上述のいずれかのやり取りに展開するか、反応がない場合には「いいの？」等、要求がないことの確認を経てやり取りが終結する。
	反復	**「情緒的接触」の可能性がある発話・振る舞いとして扱う**。コールアンドレスポンスの形式をとり、やり取りが終結する。
	なんなのよ？((笑い))	**”わからないもの”として発話・振る舞いが扱われている**。Rに対してなされた、U-M間のやり取りの類型に収まらない変則的な振る舞いに対して多く観察された。
不明	「電車／でちゃ」	Uが電車を好むためか、「電車」やそれに類似した単語に対してM・Uともに敏感に反応する。このため、Uの使用についてはっきりした文脈依存性が見出せない。
	（Rに対する発話・振る舞い）	U-M間でのやり取りで用いられる発話や振る舞いが用いられてはいるが、使用文脈が全く異なるため、注意獲得の試みである可能性を除いてどのような使用かが現状はっきりしていない。Mにとっても理解が困難と思われる（「なんなのよ？((笑い))」の欄および[4]を参照）。

に見える.

3.　考察

U-M 間のコミュニケーションにおける活動と振る舞いの連鎖の相互依存的関係という観点から見て興味深い点として，U の振る舞いに対する M の理解は，意図の不明瞭なものの扱いまで含めて彼らの生活実践に結びついた形で構成されていると思われること，また，振る舞いの連鎖が活動の要求に適合したかたちで構成されていることがあげられるだろう.

また，情緒的接触の一部について，別の目的に転用されている可能性がある. 一部の掛け合いが DVD の再生

とは独立してあそびとしてなされることがあることは先述したとおりだが，その中にU「でんっ」→M「でんっ」という掛け合いがある．これはUが好んで見ているドリフターズの『8時だョ！全員集合！』のあるBGMの終わり部分のメロディーの模倣から発生したものだが，当該のBGMが流れたとき以外にも，様々なタイミングでUから開始される連鎖となっている．特に，次の活動への移行のタイミングにおいて，U「でんっ」→M「でんっ」→活動の移行，という連鎖構造がしばしば観察される．このような使用は，情緒的接触のためのやり取りから，共同的な活動の構造化へとその機能が移行している可能性を示唆するだろう．

このような生活実践と相互行為の形式・レパートリーの間の相互的な影響関係とその発展と変化について考えることは，理解可能性の基盤の社会的共有を分析の前提としてではなく，検討の対象として扱う上で重要な意味を持つと思われる．

文献

[1] Antaki, C., Wilkinson, R. (2012). Conversation analysis and the study of atypical populations, The handbook of conversation analysis, pp. 533-550,

[2] Goodwin, C. (2007). Interactive footing. In Elizabeth Holt, Rebecca Clift (Eds.), Reporting Talk: Reported Speech in Interaction, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 16-46.

[3] 山本敦・牧野遼作 (2023). “コミュニケーション障碍”は相互行為の分析によって理解できるか？―非典型者をとらえる視点の整理. 人工知能学会研究会資料言語・音声理解と対話処理研究会 SIG-SLUD-100-17, 90-94.

[4] 山本敦・牧野遼作 (2022). わからない相手との相互行為はいかに分析できるか：身体知的重複障碍者との“遊び”場面の相互行為分析, 新学術領域研究「顔・身体学の構築」第9回領域会議.

[5] Goodwin, C. (2017). Co-operative action, Cambridge University Press.

[6] 牧野遼作 (2021). 相互行為は楽し―遊戯としての相互行為分析の可能性. 木村大治・花村俊吉(編). 出会いと別れ―ヒトと動物の「あいさつ」をめぐる相互行為論, ナカニシヤ出版, pp. 79-105.

情報検索・探索システムにおけるセレンディピティ
Serendipity in Information Retrieval and Search Systems

金津 達也 †, 吉田香 †, 古川徹生 †
Tatsuya Kanatsu, Kaori Yoshida, Tetsuo Furukawa
† 九州工業大学大学院生命体工学研究科
Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology
kanatsu.tatsuya735@mail.kyutech.jp

概要

本研究におけるセレンディピティとは，予期せぬ情報を通じた新たな視点や世界の発見である．本研究では，このセレンディピティを促す情報探索システムを提案する．本システムは，内包的検索と外延的探索の組み合わせとユーザーによる積極的な探索によって，新たな情報に出会う環境を提供する．内包的検索では特定の条件を指定し，外延的探索では直感的に情報を探索する．2 つの探索手段の交互利用によって，セレンディピティの促進を目指す．

キーワード：セレンディピティ, 拡散好奇心・特殊好奇心, 能動的探索・受動的発見

1. はじめに

本研究では，ユーザーが予期せぬ価値ある情報と出会う機会を増やすことを目的とした新しい情報探索システムを提案する．セレンディピティとは，探索中に意図せずして遭遇する有益な情報発見のことを指す．この概念をデジタル情報探索の文脈において再定義し，ユーザーが積極的に探索することで未知の価値ある情報に出会う環境を提供することを目的とする．提案するシステムは，従来の検索エンジンや推薦システムが提供する情報の範囲を超えて，ユーザーに新たな発見や意外な出会いを提供することを可能にする．

従来の情報検索システムや推薦システムでは，ユーザーの過去の行動や明示的なクエリに基づいて情報を提供するため，予期せぬ新しい情報との出会いが限られていた．本研究では，この問題を解決するために，内包的検索と外延的探索を融合させた新しい情報探索手法を導入した．内包的検索では，ユーザーが特定の条件を指定して情報を絞り込む一方で，外延的探索では，ユーザーが直感的に情報を探索し，計画されていない情報発見の可能性を広げることを可能にする．

本研究のキーアイデアは，内包的な情報検索と，外延的な情報探索を組み合わせた，対話的かつ視覚的な情報探索のスキームである．提案システムでは，探索対象がマッピングされた 2 つの空間が示される．第一のマップは，キーワードなど言語的に表現可能な空間である．この空間では，ユーザーが探索目的に合った領域を意識的に絞り込むことができる．これを本研究では「内包的検索」と呼ぶ．一方，第二のマップは，第一のマップに対して統計的に独立な，直交した空間である．ここでは，言語化した空間と独立な方向へ，ユーザーは新たなアイテムを求めて探し求めることができる．これを本研究では「外延的探索」と呼ぶ．

この 2 つの空間を交互に訪れることで，すなわち，言語化できる関連性と言語化できない関連性による手がかりを交互に用いることで，セレンディピティに出会う機会を促進する情報探索システムを実現することが本研究の狙いである．

2. セレンディピティ

2.1 Explicit style map と Implicit aesthetic map

「セレンディピティ」という言葉は通常,「偶然に起こった幸運な発見や出来事」と定義される．科学研究の文脈では，思いがけない現象から画期的な発見をした際に「セレンディピティ」という語が使われており，ペニシリンの発見が代表的事例として挙げられる．近年では自然科学の領域にとどまらず，ビジネスなどのマネジメント領域や，推薦システムなどのデータサイエンス領域でもセレンディピティの概念が取り入れられている．これらの領域では，組織マネジメントにおける新たな価値創造を支援することや [1]，推薦システムのユーザー満足度を向上することを目指している [3]．このように，セレンディピティに出会う機会を増やすことは，さまざまな分野で重要な関心事となっている．本論文では，セレンディピタスな情報に出会う機会を促進する情報検索・情報探索システムについて焦点を当てる．すなわちユーザーが目的とする情報の検索・探索をする行動を通して，ユーザーにとって本来目的外の有意義な情報に遭遇し，そこを起点に新

たな分野や領域を知る機会を促進する情報システムのフレームワーク提案を目的とする．

従来,「セレンディピティ」はさまざまな分野でそれぞれに異なる定義されてきた．推薦システムの分野では，セレンディピティとは「関連性」「新奇性」「意外性」の三要素を持つものであるとしばしば定義される [4]．すなわち，ユーザーの関心事に関連がある新奇なもので，かつそれがユーザーにとって意外なものがセレンディピティであり，このようなアイテムをいかにして見つけてユーザーに推薦するかが重要とされている．一方，ビジネスの分野ではセレンディピティを「行動主体」「驚き」「価値」の三要素から成ると定義される [2]．ここで「行動主体」とは，セレンディピティなイノベーションやマーケットを見つけようと能動的に行動する個人や組織であり,「驚き」とは発見されたものへの新奇性や意外性,「価値」は発見されたイノベーションやマーケットが生み出す価値である．すなわち行動主体と発見対象との関係性の枠組みで理解されている．また自然科学の分野では，ペニシリンの発見のように，意図しない出来事に対する気付きから大きな発明や発見につながる現象として理解されている．このようにセレンディピティの定義は分野ごとに異なる．さらに同じ分野であっても研究者ごとにセレンディピティの定義が異なっており，統一された定義が存在しないのが実情である．そこで本論文では，セレンディピティの原義に立ち戻り，その意味を再定義することから試みる．

「セレンディピティ」という言葉は，ペルシャの民話「セレンディップの三人の王子」という物語に由来する．この民話はセレンディップ国の三人の王子が世界を旅する物語であり，王子たちはある目的を持って旅をするが，その途中で出会うさまざまな目的外の出来事に対しても積極的に関心を持って観察し，そこから得られた発見によって思いがけない幸運を手にする．ホレス・ウォルポールはこの物語を書簡の中で紹介し,「王子たちが偶然と賢さによって自分たちが求めていなかったものを常に発見している」と述べ，このような発見を「セレンディピティ」と名付けた [5]．

このホレス・ウォルポールが名付けたセレンディピティの原義は，他分野でのセレンディピティの定義と共通点が多いものの，若干の相違もある．そこで本論文では，ホレス・ウォルポールによる原義をふまえて,「能動的な探索行動によって，新奇で価値のある情報を発見すること」と再定義する．この再定義を要素に分解すれば,「能動的行動」「新奇性」「価値」となる．これはビジネス分野における三要素とほぼ重なる．すなわち，本論文におけるユーザーは「能動的な情報探索行動」を行うことで「新奇性」のあるものを発見し，そこから新たな視点や新たな世界という「価値」を見出す存在であるとみなす．またここで言う「価値」とは，その情報がもたらす新たな視点や新たな世界である．すなわち本研究では，セレンディピティの価値を，発見したアイテム自体ではなく，その背後にある新たな世界に対する価値として定義する．たとえるなら,「アリスの白うさぎ」の価値は白うさぎ自身ではなく,「白うさぎが連れていく新しい世界」の価値として評価される．

上記の定義に基づくと，セレンディピティ遭遇までのプロセスは以下のようにモデル化できる．

1. ユーザーが当初意図していた情報（一次標的）の探索フェーズ．このフェーズは一次標的に特化した好奇心（特殊好奇心）により駆動される．このフェーズでは，多くの情報から目的の情報を絞り込むフィルタリングが行われるため，ユーザーは「情報選択的不注意」の状態に置かれている．
2. 一次標的の探索を通してさまざまな情報に触れることで，一次標的以外の情報への好奇心（発散好奇心）が活性化するフェーズ．これにより,「情報選択的不注意」の状態からユーザーを解放する．
3. 発散好奇心が活性化することにより，一次標的だけでなく，そこから他の関連情報にも関心が生じる，派生的探索フェーズ．このフェーズは発散好奇心により駆動される．
4. 派生的探索により，新奇な情報に出会い，ユーザーの関心が新奇情報にフォーカスされるフェーズ．
5. 新奇な情報から提示される新たな視点や新たな世界に気づき，ユーザーがセレンディピティを「発見した」と感じるフェーズ．

このようなユーザーの能動的探索行動を支援することでセレンディピティを促進する情報探索システムを実現することが本研究の目的である．より正確に言えば，そのような情報探索システムを構築することを通して，セレンディピタスな情報システムにはどのような要素が必要かを明らかにし，セレンディピタス情報探索システムが持つべきフレームワークを明らかにすることが本研究の目的である．

3. 提案手法

第 2 節では，本論文におけるセレンディピティを「能動的な探索行動によって，新奇で価値のある情報（アイテム）に出会うこと」と定義した．すなわち「能

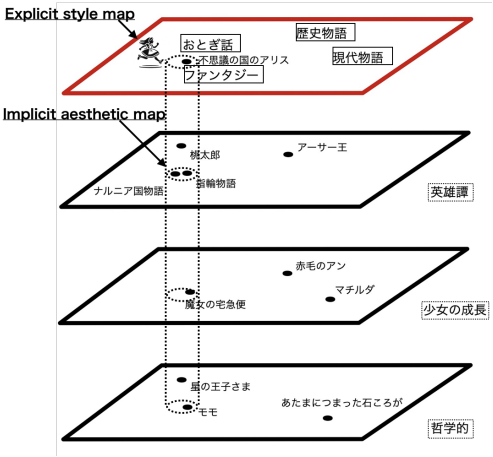


図 1: アリスのウサギ穴の図：探索対象である書籍全体が 3 次元空間にマッピングされている．3 次元空間における水平面は，例えばおとぎ話やファンタジーといったジャンルやスタイルのような言語で表現可能な空間軸である．他方の，3 次元空間における垂直軸は，例えばナンセンスや少女の成長といった雰囲気や印象などの言語で表現困難な空間軸である．図中では例となるキーワードを双方の軸に表示しているが，本来は垂直軸にはキーワードは存在しない．水平面と垂直軸を交互に探索していくことで，セレンディピティに出会う機会を促進する狙いがある．

動的行動」「新奇性」「価値」である．またここでいう「アイテムの価値」とは,「アリスの白うさぎ」，すなわち新たな視点や新たな世界に気づくきっかけを与えることであるとと定義した．この定義に基づく，セレンディピティ探索システムでは，以下の要素が必要になる．

能動的行動 ユーザーの能動的探索行動をアフォードする探索インタフェースを持つ．身体感覚的に新たなアイテムを探索しやすく，能動的な探索を可能とする．

新奇性 探索によって，探索目的以外の新奇なアイテムに出会えるようにする．しかも探索目的となんらかの関連性を持ちつつも，意外性のある新奇アイテムが探索で見つけられることを支援する．

価値 新奇なアイテムに出会った時，その背後にある新たな視点や新たな世界を提示でき，ユーザーがその価値を発見することを支援する．

これらを実現するため，本研究では視覚的探索システムを提案する．提案システムでは，探索対象のアイテムは 4 次元空間に埋め込まれている．そしてこの空間は直交する 2 つの空間に分解表現される．すなわち，2 つの空間の点の組み合わせで，4 次元空間の 1 点を指定することができる．

2 つの直交空間のうち，一方は言語化可能なジャンルやスタイルによりアイテムをマッピングした空間である．われわれはこの空間を ‘Explicit style space’ と呼び，この空間にアイテムをマッピングして地図として可視化したものを ‘Explicit style map’ と呼ぶ．ユーザーに対しては，ジャンルやスタイルなど，言語化可能な分類に基づく領域が表示されたアイテムのマップとして提示される．‘Explicit style map’ では，ユーザーは自分の探索標的を意識的に探索することができる．

もう一方の空間は，その情報やアイテムが持つ高次の意味的類似性によりアイテムをマッピングした空間である．われわれはこの空間を ‘Implicit aesthetic space’ と呼び，その空間にアイテムをマッピングして可視化したものを ‘Implicit aesthetic map’ と呼ぶ．この空間では，作品の雰囲気など言語化できない類似性に基づきアイテムが配置されている．このマップ内でユーザーは言語化された意識的探索ができないため，確率的探索な探索を試行したり，無意識的な好みに駆動された探索をしたりすることになる．すなわち好奇心駆動型の探索行動することが求められる．

図 1 は，このフレームワークでユーザーがどのようにアイテムを探索し，セレンディピティに遭遇するかを示したものである．この図では，ユーザー「アリス」が新たな文学の世界に出会うプロセスを描いている．彼女は「不思議の国のアリス」を読み，ファンタジーの世界に興味を持つ．そこで，最初は Explicit style map を探索して，ファンタジー小説の領域にたどりつく．Explicit style map ではジャンルなどのキーワードが示されているため，アリスは目的の領域に容易にたどり着ける．なおこの段階で，アリスはファンタジー小説以外には関心を持っていない．ファンタジー小説の領域を見つけたアリスは，Explicit style map の該当領域の一点を，Target of Interest (ToI) として指定する．Explicit style map 上で ToI は 1 点だが，あたかもうさぎの穴のような奥行きを持っている．この奥行きが，Explicit style space と直交する Implicit aesthetic space である（Implicit aesthetic space も 2 次元であるが，図では 1 次元として描いている）．Implicit aesthetic map には，Explicit style map の ToI （ファンタジー小説）に属するアイテム集合，すなわちさまざまなファンタジー小説のさまざまな本がマップされている．Implicit aesthetic map 上では，似た雰囲気を持つアイテムが近くに配置されており，さまざまなファンタジー小説を求めて探索する

ことができる．たとえば「指輪物語」の近くには「ナルニア国ものがたり」があるだろうし,「トムは真夜中の庭で」の近くには「思い出のマーニー」があるだろう．ここでアリスが「魔女の宅急便」が気になり，それを Implicit aesthetic map の ToI として指定したとする．すると今度は，その本と似た雰囲気を持つさまざまなジャンルの本が，Explicit style map の上に表示される．そこには,「魔女の宅急便」と似た雰囲気を持つ他のジャンルの本が可視化されている．たとえば同じく少女の成長譚である「赤毛のアン」をアリスは見出すかもしれない．同様に，哲学的な雰囲気のある「モモ」を見つけたアリスは，同じく哲学的な雰囲気を持つ「星の王子さま」を見出すかもしれない．この見出された「赤毛のアン」や「星の王子さま」はファンタジーの枠から外れており，まさに新たな世界を提示する「アリスの白ウサギ」となっている．

Explicit style map では，マップの意味を言語的に捉えることができるため，ユーザーは関心の領域を絞り込みやすい．われわれはこれを「内包的探索」と呼ぶ．一方，Implicit aesthetic map では，マップの意味を言語的に捉え難いため，ユーザーは関心の領域を求めて好奇心駆動的な探索をする行う必要がある．われわれはこれを「外延的探索」と呼ぶ．Explicit style map における内包的探索による意識的絞り込みと，Implicit aesthetic map における外延的探索による好奇心的発見行動の交互的探索が本研究のキーアイデアである．ここで Explicit style map と Implicit aesthetic map を交互に利用する探索は，2 節で述べたセレンディピティに至るプロセスと一致することに注意してほしい．またこの探索方法は，セレンディピティの三要素「能動的行動=主体的な探索行動」「新奇性=一次標的以外との遭遇」「価値=新たな世界の提示」を満たしている．

3.1 アイテム埋め込みとモデリング

本研究では，探索の対象であるアイテムを，Explicit style space $\mathcal{U}$ と Implicit aesthetic space $\mathcal{V}$ の積空間 $\mathcal{U}\times\mathcal{V}$ に埋め込む方法を提案する．アイテム i の座標を Explicit style space で u_i，Implicit aesthetic space で v_i とし，これを $(u_i, v_i)\in\mathcal{U}\times\mathcal{V}$ にマッピングすることで，アイテムの特性をモデリングする．

アイテムの高次元特徴ベクトル $\mathbf{x}_i$ は，写像 $f\colon\mathcal{U}\times\mathcal{V}\to\mathcal{F}\subseteq\mathcal{X}$ を通じて生成されると考え，この写像 f により，$\mathcal{F}$ が $\mathcal{U}$ を底空間とするファイバー束になるとする．さらに，アイテムのジャンルやタグなどの補助情報 $\mathbf{y}_i$ を利用して，Explicit style space への埋め込み u_i を推定し，主情報 $\mathbf{x}_i$ を用いて Implicit aesthetic space への埋め込み v_i を推定する．

情報検索・探索の対象となるアイテムの数を I 個とし，それぞれのアイテムが持つ主情報 $\mathbf{x}_i$ と補助情報 $\mathbf{y}_i$ を $\mathcal{X}=\mathbb{R}^{d_X}$ および $\mathcal{Y}=\mathbb{R}^{d_Y}$ のベクトルとして表現する．主情報はアイテムの美的特性を示し，補助情報は明確な分類情報を提供する．

これらのデータから，アイテムのファイバー束への埋め込み (u_i, v_i) と滑らかな埋め込み写像 $f\colon\mathcal{U}\times\mathcal{V}\to\mathcal{X}$, $g\colon\mathcal{U}\to\mathcal{Y}$ を推定することが目的となる．推定方法としては，アイテムを補助情報 $\mathbf{y}_i$ を用いて explicit style space に，主情報 $\mathbf{x}_i$ を用いて implicit aesthetic space に埋め込む二段階アプローチを採用する．推定では，以下の目的関数を最小化する．ここで $R(u)$ は u の事前分布に相当する正則項である．

$$E_1[U]=\frac{1}{2}\sum_i\|\mathbf{y}_i-g(u\mid U)\|^2+\sum_i R(u_i)$$

$$E_2[V]=\frac{1}{2}\sum_i\|\mathbf{x}_i-f(u_i,v_i\mid U,V)\|^2+\sum_i R(v_i)$$

このアプローチにより，高次元データの効率的な低次元表現と直感的な可視化が可能となる．

4. おわりに

本論文では，セレンディピティの定義から再考し，再定義したセレンディピティの発生を支援するシステムの機能：内包的検索・外延的探索に基づいて，モデルを提案・実装した．今後の研究では，一般の被験者を対象に実証実験を行うことを考えている．

参考文献

[1] Marco Balzano, (2022) “Serendipity in management studies: a literature review and future research directions”, Management Decision, Vol. 60, Issue. 13, pp. 130-152.
[2] Christian Busch, (2022) “Towards a Theory of Serendipity: A Systematic Review and Conceptualization”, Journal of Management Studies.
[3] Li Chen and Yonghua Yang and Ningxia Wang and Keping Yang and Quan Yuan, (2019) “How serendipity improves user satisfaction with recommendations? A large-scale user evaluation”, The world wide web conference, pp. 240-250.
[4] Denis Kotkov and Shuaiqiang Wang and Jari Veijalainen, (2016) “A Survey of Serendipity in Recommender Systems”, Knowledge-Based Systems, Vol. 111.
[5] Horace Walpole, (1960) The Yale Editions of Horace Walpole’s Correspondence, Vol. 20, pp. 407-411.

手袋を着用すると見たモノへの嫌悪感が低減するか
Does wearing gloves reduce the intensity of when looking at disgusting images?

木村 慧一[1,a]，川合 伸幸[1,2,3,b]
Keiichi Kimura, Nobuyuki Kawai

[1]名古屋大学大学院情報学研究科，[2]中部大学創発学術院，[3]JST CREST
Graduate School of Informatics, Nagoya University, Academy of Emerging Science, Chubu University, JST CREST
[a]kimura.keiichi.w3@s.mail.nagoya-u.ac.jp, [b]kawai@is.nagoya-u.ac.jp

概要

手袋の着用は，嫌悪を感じさせる対象の直接接触を防ぐ．本研究では，手袋の着用によって，嫌悪画像を見ているときの主観的な嫌悪感や脳波でみられる情動処理が低減するかどうかを検討した．その結果，手袋の着用では主観的な嫌悪感や視覚野から観測される情動処理は低減しないことが示された．その後の予備実験から手袋の着用は，嫌悪画像を見ることではなく，触れることに対する嫌悪感を低減させる可能性が示された．

キーワード : 嫌悪，脳波，α波 ERD，プロジェクション

1. 背景

嫌悪感は糞便や吐瀉物といった健康を脅かす対象に対して生じ，それらの体内侵入・身体接触を防ぐための行動（以下，防御行動）を動機づけるとされる [1]．防御行動の例として，フェイスマスクもしくは手袋の着用が挙げられる．実際にこれらの行動は感染症対策として世界各国で推進されている [2-3]．他方で，これらの防御行動が実行されている間，健康を脅かす対象への嫌悪感が低減されているかどうかは不明である．もし，防御行動が嫌悪感を低減するならば，防御行動が感染症対策となるだけでなく，ストレスを軽減する効果を持つことが期待できる．本研究では，防御行動の中でも手袋の着用に着目した．

手袋の着用による嫌悪感の低減は，手袋の有する防御機能が自身の身体に与えられることで達成されると考えられる．我々はしばしば心的表象を脳内で表現するのみならず，感覚情報と統合させて外界の対象へ意味づけている [4-5]．手袋を着用することで生じる体性感覚情報を用いて，健康を脅かす対象への直接接触が防がれているという心的表象が自身の身体に対応付けられる（投射される）ならば，たとえ，嫌悪刺激を見るだけで生じる嫌悪感であっても低減されると予想される．

また，体性感覚情報を通じて手袋の防御機能が身体に与えられて嫌悪感が低減する場合，体性感覚からの情報が情動処理を抑制している可能性がある．体性感覚情報やその他の感覚情報は二次体性感覚野で統合され，島皮質へと渡される [6]．島皮質は心的表象の身体化に深くかかわることが指摘されており [7]，また，嫌悪感が生じると強く活性化する脳領域でもある [8-9]．手袋の着用によって嫌悪感が低減する場合，体性感覚情報によって島皮質の活動が変調し，その後の視覚野等にフィードバックされる情動処理の信号量が減衰すると考えられる．そこで，画像呈示中の脳波を測定し，視覚刺激呈示後 300 ms から視覚野で観測されるα波（8 – 13 Hz）パワーの低下（α波 ERD: Event-related Desynchronization）を検討した．α波 ERD は視覚情報を取り込む過程で生じると考えられている [10]．そして，中性画像と比較して情動画像呈示後でα波 ERD はより大きくなることが報告されており，α波 ERD は扁桃体や島皮質等からの情動処理に関するフィードバックを反映しているとされる [11-12]．嫌悪感が低減する場合，手袋の着用によって嫌悪画像に対して増加するはずのα波 ERD が減衰すると予想される．

2. 方法

実験参加者

実験開始前にインフォームドコンセントが得られた 21名（男性 14 名，平均 20.7 ± 0.48 歳 ; 女性 7 名，平均 18.6 ± 0.34 歳）が実験に参加した．

実験刺激

カラーの嫌悪画像及び中性画像を嫌悪画像集（DIRTI; [9]）やインターネットから選定した．嫌悪画像には糞便や吐瀉物，腐敗した果物が計 6 枚，中性画像はヘアドライヤーや腐敗していない果物などが計 6 枚含まれた．画像の大きさは 900 x 900 pixels に統一し，実験参加者から 60 cm 離れた 27 インチの液晶モニタに呈示された（Figure 1A）．そのため，画像の視野角は 23.4° であった．着用する手袋はニトリルゴム手袋（SANYU 製）を使用した．脳波に頭部運動由来のアーティファクトが混入するのを防ぐために，実験参加者の頭部を顎台で固定した状態で画像評価及び脳波測定を実施した．

手続き

実験では画像評価と画像呈示中の脳波測定を交互に実

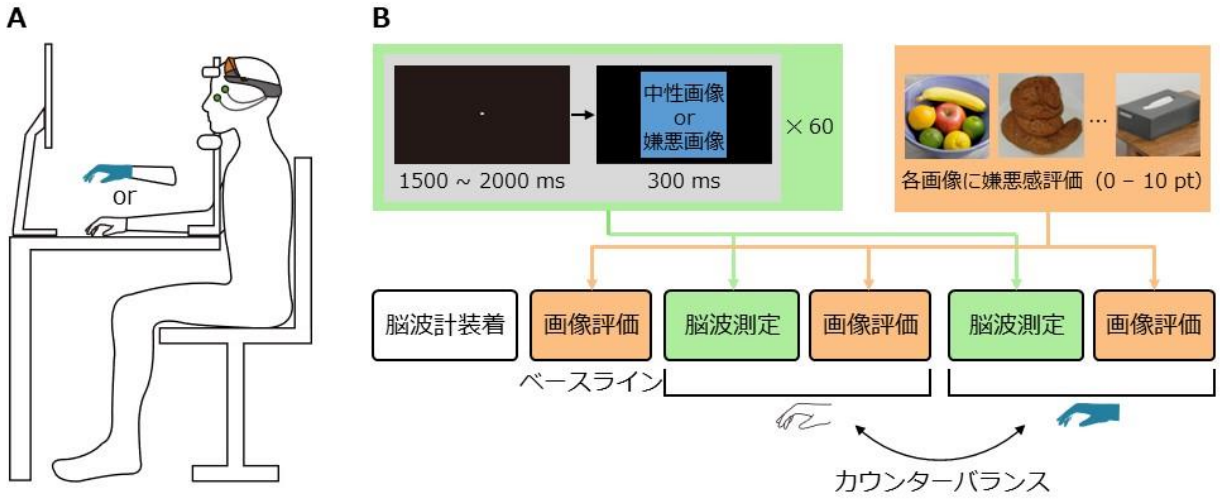


Figure 1　A: 実験概略図，B: 実験手続き

施した. 画像評価では, モニタに呈示された画像に対する嫌悪感を 0 – 10 pt の 11 件法で評価させた. 評価する画像の呈示順序はランダムとした. 画像評価は 3 回行われ, 脳波測定前のベースライン条件，脳波測定の各ブロック実施後の着用 2 条件（素手, 手袋）であった（Figure 1B）. 画像呈示中の脳波測定では，モニター画面の中心に注視点が 1500 ~ 2000 ms 間呈示された後，画像が 300 ms 呈示されるまでを 1 試行とし，1 ブロックで 60 試行実施した. 画像呈示順序はランダムとし，各画像は 1 ブロックで 5 回ずつ呈示された. 各着用条件で 1 ブロックずつ実施し，実施順序は参加者間でカウンターバランスが取られた（Figure 1B）.

脳波測定及び解析

脳波計測には，TOKAI-Orb TO-101（東海光学製）を使用した. サンプリング周波数 1000 Hz で拡張国際 10-20 法に基づく，PO7, O1, Oz, O2, PO8, F3, Fz, F4 の 8 チャンネルを計測した. また，眼電図を記録するために，左目の下と左にアクティブ電極を配置した. リファレンス電極，グランド電極はそれぞれ右耳朶の表面と裏面に装着し，各チャンネルのインピーダンスが 100 kΩ 未満になるようにした. オンラインで各脳波・眼電図チャンネルの電位からリファレンス電極の電位を差分した値を各脳波・眼電図チャンネルの電位データとして取得した. α波 ERD の算出には Oz チャンネルのみを使用した.

得られた脳波データに，band-pass filter（0.1 – 100 Hz），Notch filter（60 Hz）をかけた. 各試行データは画像呈示前 200 ms から呈示後 1200 ms とし，Oz 及び眼電図 2 か所のいずれかで ± 150 μV を超える試行データを解析対象から除外した. 残りの試行データに 1 – 100 Hz の周波数範囲で，1 Hz ごとにマザーウェーブレットを Morlet とした連続ウェーブレット変換 [10] をかけた. 算出された周波数ごとのウェーブレット変換データの画像呈示前 200 ms 間の平均パワーをベースラインとし，周波数ごとにベースライン補正を行った. その後，脳波の 1/f 揺らぎの影響を低減させるために，ベースライン補正後のデータにデシベル変換を行った. Figure 3A は，各条件の時間周波数ごとのパワーを示す. 青色の部分が ERD を表す. α波帯域（8 – 13 Hz）の画像呈示後 300 ~ 1200 ms の間に全条件でα波 ERD が生じていた. 先行研究 [14] に倣い，画像呈示後 400 ~ 800 ms のα波（8 – 13 Hz）パワー平均を α波 ERD として分析に用いた. α波パワー平均の数値が小さいほど，α波 ERD が大きいことを示す.

3.　結果

主観的な嫌悪感得点は，ベースラインと脳波測定後の着用 2 条件を併せて着用 3 条件とし，着用 3 条件，画像 2 条件ごとに平均得点を算出した. そのため，嫌悪感得点において，着用 3 条件，画像 2 条件の 2 要因の反復測定分散分析を行った. α波パワー平均においては，着用 2 条件，画像 2 条件の 2 要因の反復測定分散分析を

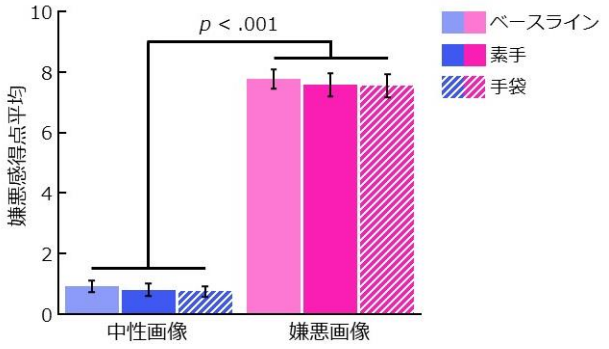


Figure 2　画像条件，着用条件ごとの嫌悪感得点平均
エラーバーは標準誤差を示す

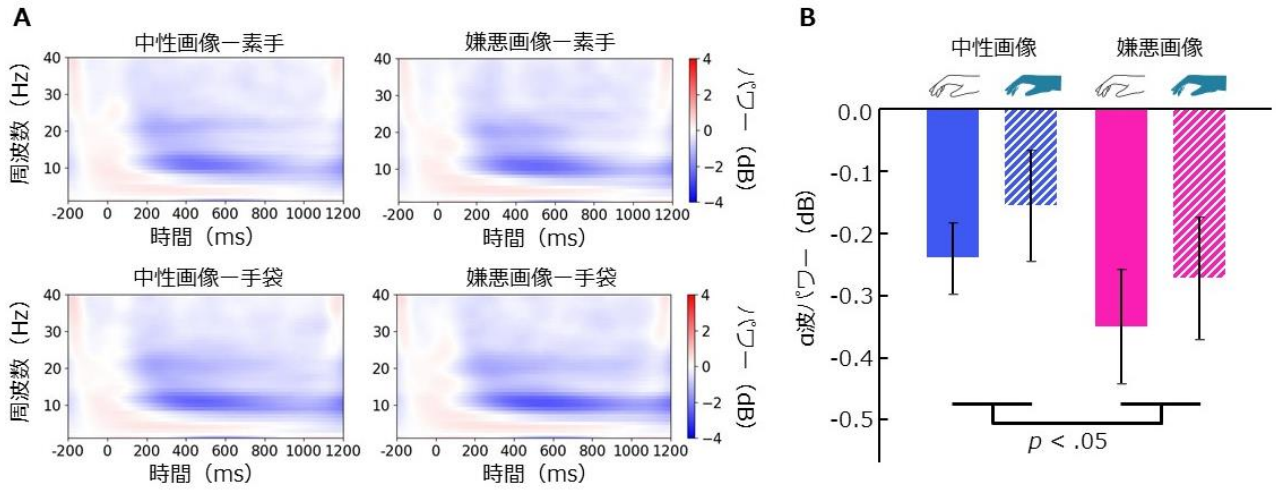


Figure 3　A: 画像条件，着用条件ごとの時間周波数プロット
B: 画像呈示後 400～800 ms のα波（8－13 Hz）パワー平均，
エラーバーは標準誤差を示す

行った．

主観的な嫌悪感

着用 3 条件，画像 2 条件ごとの嫌悪感得点と標準誤差を Figure 2 に示す．分散分析の結果，画像条件の主効果がみられた（$F(1, 120) = 410.83, p < .001$）．着用条件の主効果（$F(2, 120) = 0.27, p = .69$）と交互作用（$F(1, 120) = 0.054, p = .94$）はみられなかった．そのため，着用条件によらず，中性画像と比較して嫌悪画像に対する主観的な嫌悪感得点が高かった．

α波 ERD

着用条件，画像条件ごとのα波パワー平均を Figure 3B に示す．分散分析の結果，画像条件の主効果がみられた（$F(1, 80) = 4.55, p < .05$）．着用条件の主効果（$F(1, 80) = 1.15, p = .30$）及び交互作用（$F(1, 80) = 0.0055, p = .94$）はみられなかった．そのため，着用条件によらず，中性画像と比較して嫌悪画像呈示後のα波 ERD が大きくなった．

4. 考察

中性画像と比較して，嫌悪画像への主観的な嫌悪感が高く，α波 ERD が大きくなった．これより，嫌悪画像呈示によって嫌悪感を誘発させることができたといえる．他方で，主観的な嫌悪感とα波 ERD のどちらも手袋着用の有無による違いはみられなかった．そのため，本研究の実験パラダイムでは，手袋の着用は見ることへの嫌悪感を低減させないことが示された．

手袋の着用によって嫌悪画像に対する嫌悪感が低減しなかったのは，参加者に画像を見ることによる嫌悪感のみを評価させたためと考えられる．手袋の着用は，健康を脅かす対象の直接接触を防ぐ機能を有する．そのため，手袋の着用は嫌悪画像を見ることへの嫌悪感ではなく，嫌悪画像に触れることへの嫌悪感や抵抗感を低減させることが予想される．しかし，本研究では触れることへの嫌悪感を評価させていなかった．先行研究では，嫌悪は健康を脅かす対象との直接接触を回避する行動を動機づける情動であると定義されており，嫌悪と接触との密接な関連が指摘されている [1]．1 名の参加者に嫌悪画像へ参加者の手を接近もしくは後退させる予備実験を行ったところ，手を後退させる条件と比較して接近させる条件で，手が動き出すまでの潜時が長くなったが，手袋の着用によって接近と後退の間に潜時の差はみられなくなった．これより，手袋の着用は，嫌悪の生起に伴うとされる接触回避行動を抑制する可能性がある．今後の研究では，嫌悪画像に触れるもしくは接近する要因を含めた実験パラダイムで手袋着用の効果を検討する．

また，本実験で使用した嫌悪画像には，腐敗した食べ物が含まれた．先行研究から，腐敗した食べ物に対する嫌悪感は，口腔への侵入・接触を防ぐ機能として働くことが示唆されている [15]．そのため，腐敗した食べ物は，触れることに対する嫌悪感を生じさせる対象として適切でなかった可能性が考えられる．今後の研究では，動物の死体など，触ることに強く嫌悪感を覚えると思われる対象を嫌悪画像として用いる必要がある．

さらに，本研究では島皮質の活動を測定していない．そのため，手袋の着用で生じる体性感覚情報が実際に島皮質の活動を変調させていたかどうかを検討できていない．今後の研究では，多チャンネルの脳波データに基づく信号源推定や領域間の因果性の強度を解析することで，島皮質の活性化強度や島皮質からのフィードバック処理を検討することが望まれる．

5. 文献

[1] Stevenson, R. J., Case, T. I., Oaten, M. J., Stafford, L., & Saluja, S. (2019). A proximal perspective on disgust. *Emotion Review*, *11*(3), 209-225.

[2] Reich, P., & Elward, A. (2022). Infection prevention during the coronavirus disease 2019 pandemic. *Infectious Disease Clinics*, *36*(1), 15-37.

[3] Jeong, S. Y., Song, M. S., & Jung, H. (2023). Development of a tool to measure compliance with infection prevention activities against emerging respiratory infectious diseases among nurses working in acute care and geriatric hospitals. *Annals of geriatric medicine and research*, *27*(1), 22-31.

[4] Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, *59*(1), 617-645.

[5] 鈴木 宏昭・川合 伸幸. (2024). 心と現実　私と世界をつなぐプロジェクションの認知科学. 幻冬舎新書, 722.

[6] De Haan, E. H., & Dijkerman, H. C. (2020). Somatosensation in the brain: A theoretical re-evaluation and a new model. *Trends in Cognitive Sciences*, *24*(7), 529-541.

[7] Seth, A. K. (2013). Interoceptive inference, emotion, and the embodied self. *Trends in Cognitive Sciences*, *17*(11), 565-573.

[8] Harrison, N. A., Gray, M. A., Gianaros, P. J., & Critchley, H. D. (2010). The embodiment of emotional feelings in the brain. *Journal of Neuroscience*, *30*(38), 12878-12884.

[9] Gan, X., Zhou, X., Li, J., Jiao, G., Jiang, X., Biswal, B., Yao, S., Klugah-Brown, B., & Becker, B. (2022). Common and distinct neurofunctional representations of core and social disgust in the brain: Coordinate-based and network meta-analyses. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *135*, 104553.

[10] Michelmann, S., Griffiths, B., & Hanslmayr, S. (2022). The role of alpha and beta oscillations in the human EEG during perception and memory processes. *The Oxford Handbook of EEG Frequency*, 202-219.

[11] Schubring, D., & Schupp, H. T. (2021). Emotion and brain oscillations: High arousal is associated with decreases in alpha- and lower beta-band power. *Cerebral Cortex*, *31*(3), 1597-1608.

[12] Codispoti, M., De Cesarei, A., & Ferrari, V. (2023). Alpha-band oscillations and emotion: A review of studies on picture perception. *Psychophysiology*, *60*(12), e14438.

[13] Haberkamp, A., Glombiewski, J. A., Schmidt, F., & Barke, A. (2017). The disgust-related-images (DIRTI) database: Validation of a novel standardized set of disgust pictures. *Behaviour Research and Therapy*, *89*, 86-94.

[14] Arts, L. P., & van den Broek, E. L. (2022). The fast continuous wavelet transformation (fCWT) for real-time, high-quality, noise-resistant time-frequency analysis. *Nature Computational Science*, *2*(1), 47-58.

[15] Saluja, S., Croy, I., Gruhl, A., Croy, A., Kanbaty, M., Hellmann, A., & Stevenson, R. J. (2023). Facial disgust in response to touches, smells, and tastes. *Emotion*.

認知効果と心的労力が発話の意図解釈に与える影響の実証的研究
An empirical study on the effects of cognitive effects and cognitive effort on the interpretation of speaker's intention

箕輪 朗[†]，橋本 敬[‡]
Akira Minowa, Takashi Hashimoto

北陸先端科学技術大学院大学,
Japan Advanced Institute of Science and Technology
s2310157@jaist.ac.jp[†],hash@jaist.ac.jp[‡]

概要

本研究の目的は，コミュニケーションにおける発話の意図解釈が関連性の原理に基づいていることを踏まえて，認知効果と心的労力の二つの要因の意図解釈への影響を実証的に示すことである．関連性理論における認知原則や解釈発見法は発話解釈に影響を与えているとされるが，具体的に発話解釈にどう影響するかはまだ解明されていない. 本研究では, 実験参加者に認知効果と心的労力の程度を 3 段階に調整した会話テキストを実験参加者に提示し，解釈などの反応の違いを分析する. 最適関連性の理論では, 発話解釈の際に労力最小の道を辿りながら認知効果を最大化するとされ，心的労力が解釈に大きな影響を与えることが予想される.

キーワード：関連性理論(Relevance theory), 意図解釈, 発話解釈，認知効果(Cognitive effects)，心的労力(Cognitive effort)

1. 研究背景

コミュニケーションがうまく成立しない要因の一つに，聞き手が話し手の意図をうまく読み取れないということがある．発話には明示的意味と非明示的意味があり，話し手の意図は必ずしもいつも明示されるわけではないため, 非明示的意図にあたる場合が多い. 非明示的意味を読むためには，発話からさまざまな要素を正しく推論する必要がある[1,2]．非明示的意味の解釈には, 演繹だけでなく, 帰納やアブダクションが働いているとされる[3].

関連性理論によると，人間は関連性を求める存在であり，人間の認知システムは知覚，記憶，推論などから自分にとって関連性のある情報を取り出すように働く性質があるとされている[2]．このような性質を認知的関連性の原理と呼ぶ．発話の解釈においても認知的関連性の原理に従っているとされており，人間の認知は関連性を最大にするように働く,という性質を持つ[2].

関連性を最大にする過程には，認知効果と心的労力という二つの要因があるとされている[2]．認知効果とは，あるコンテクストにおいて情報を処理することによって得られるものである. 心的労力とは, 認知効果を計算する時の労力のことである．人間は認知環境と呼ばれる想定環境の中で認知効果を計算し，解釈を行なっている. ウィルソン, ウォートン(2009 p.60)によると，次の場合に認知効果が得られる[4].

(1) 不確かなコンテクストを確定化(強化)する場合.
(2) コンテクスト的想定と矛盾し，誤った想定を破棄する場合.
(3) コンテクスト的想定と結びつき，コンテクスト的願意を引き出す場合.

この３つと心的労力の兼ね合いで関連性が決まる．関連性理論による人間の発話解釈の機構は，処理コストが最小になる道を辿りながら，認知効果を計算するというものである.

関連性理論によって発話解釈の理論はあるものの，認知効果と心的労力がどのように発話解釈に影響を与えているかは実証的に示されていない. 峰脇ら(2006)は関連性理論による表意の生成及び関連性の計算を行った[5]．この研究での認知効果の計算方法は，一義化，飽和，自由拡充の３段階で文脈を拡大するというものである. 一方, コミュニケーションの成立に大きく関係すると思われる意図という非明示的意味を解釈するための認知効果の計算に，この表意＝明示的意味の計算方法が使えるわけではないだろう.

2. 研究目的

本研究では，意図という被明示的意味の解釈に着目し，認知効果と心的労力がどのように解釈に影響を与えるかを実証的に明らかにすることを目的とする．意図解釈に対して，認知効果と心的労力の影響度はそれぞれどの程度か、という問いを設定する. その際に，認知効果が得られる上記の(1)〜(3)を参考にする.

3. 研究方法

認知効果と心的労力の程度をそれぞれ３段階（大中

小) に調整した会話テキストを用意し, 実験参加者がそのテキストから話者の意図を推定する web 実験を行う. 認知効果の強さは, コンテクストの認知効果を生む説明の量で調整する. 心的労力の高さは, ワーキングメモリを使用するようなタスクで調整する. 参加者には従属変数として, 会話の意図を記述してもらい, その確信度を段階評価してもらう.

会話テキストの例を図 1～3 に示す. 実験参加者はこの会話を読んで, 図上矢印で示された意図を推測し, その確信度を段階評価する.

図 1 ではコンテクストの量が少なく, メアリーが何を意図して「コーヒーを飲むと目が覚めます」という発言をしたのかはまだわからない. さらに, コンテクストの量が少ない場合には, 推論しなければいけないことが多いため労力がかかる.

ピーター：コーヒーはいかがですか？
⇒ メアリー：コーヒーを飲むと目が覚めます

図 1 会話テキスト(ウィルソン, ウォートン p.93)[4]
認知効果＝小, 処理労力＝大

それに対して図 2 はコンテクストの量を増やした会話である. この会話テキストでは, コンテクストの量を増やすことで,「(2)コンテクスト的想定と結びつき, 誤った想定を破棄する場合」に該当するため, 認知効果は上がる.

ピーター：コーヒーはいかがですか？
⇒ メアリー：コーヒーを飲むと目が覚めます
ピーター：コーヒーは嫌いなんですか？
メアリー：そういうわけじゃないの
ピーター：他の飲み物がいいですか？
メアリー：水がいいわ

図 2 調整した会話テキスト
認知効果＝中, 処理労力＝中

ピーター：もうこんな時間ですね, レポート終わりましたか？
メアリー：まだ終わっていないんです
ピーター：コーヒーはいかがですか？
⇒ メアリー：コーヒーを飲むと目が覚めます

図 3 調整した会話テキスト
認知効果＝大, 処理労力＝少

図 3 の状況を整理すると, 遅い時間にピーターとメアリーはレポートを書いているコンテクストである. ここでメアリーの「コーヒーを飲むと目が覚めます」という発言は, コンテクストと結びつき認知効果を生む.

今回の会話テキストでは比喩表現を避けて作成する. Gibbs and Tendahl (2006)によると, 比喩表現は人それぞれで心的労力が変わる[6]. 例えば,「彼はライオンのような人だ」という文があった時に,「ライオンは強くてたくましい生物である」などの語彙アクセスが早ければ早いほど労力があまりかからない. これは, 人それぞれの成長過程でその人が獲得する語彙や, その語彙の使用頻度によって変わる. また, 比喩表現を理解した時の認知効果が人によって高い場合も低い場合もあるという結果も出ている[6]. そのため, 認知効果と心的労力にバラツキが出ることが予想されるため, 本研究では比喩表現を対象外とする.

4. 事前実験

関連性理論を扱った先行研究は多々あるが, 認知効果と心的労力を定量化することは難しい[6]. 本研究では, 両者をできるだけ間隔尺度に近づくように設定するため, 以下の点を事前実験で確認する.

- コンテクストが少ない場合と認知効果が得られるコンテクストではないが文量が多いテキストで, どちらの認知負荷が高いのか
- コンテクストの説明を一文追加するごとに, 認知負荷を下げられるのか.

上記 2 点を回答時間で測る. 確認する理由として, 認知負荷の順序を確認することで, 正しく定量化された実験を設計するためである.

5. 本実験

本実験では, 正しく定量化されたテキストを使用し発話解釈における心的労力と認知効果の主効果および交互作用を確認する. 従属変数として参加者に会話の意図を記述してもらい, その確信度を段階評価してもらう. 発話解釈における関連性の理解手順において, 最も努力の少ない経路を辿り, 条件が同じであれば, 認知効果が高くなればなるほど関連性が増すとされる[2]. このことから, 本実験では, 人間は労力が少ないテキストを読ませた場合に関連性が高くなり, 発話解釈に影

響を与えるという結果が予想される.

文献

[1] Grice, H. P. (1975). Logic and conversation. In: Cole P, Morgan J L (eds.), Syntax and Semantics, Vol. 3, Speech Acts. pp. 41-58, Academic Press, Cambridge.
[2] Sperber D, & Wilson D (1986/1995). Relevance: Communication and Cognition. Blackwell, Oxford.
[3] 吉村あき子. (2016). 演繹される推意と創作される推意. In Papers from the Thirty-Third Conference and from the English International Spring Forum of The English Linguistic Society of Japan (JELS 33) (Vol. 33, pp. 209-215). 日本英語学会.
[4] 今井邦彦編, ディアンドリ・ウィルソン, ティム・ウォートン著, 井門亮, 岡田聡宏, 古牧久典, 新井恭子訳(2009), 『最新語用論入門 12 章』東京：大修館書店.
[5] 峰脇さやか, 嶋田和孝, 遠藤勉. (2006). 関連性理論による表意の生成手法と関連性の計算. 言語処理学会第 12 回年次大会 pp.296-299, 2006.
[6] Gibbs Jr, R. W., & Tendahl, M. (2006). Cognitive effort and effects in metaphor comprehension: Relevance theory and psycholinguistics. *Mind & Language*, *21*(3), 379-403.

３次元動作解析システムを用いた，全身連動性を伴うゆっくり動くムーブメント・アプローチに関する研究

Study on the slow movement approach connected whole body joints using the Three-dimensional Motion Analysis.

清水 知恵[i)]，門脇 弘樹[i)]，鈴木 純[ii)]，白澤 舞[iii)]，中村 貴志[i)]
Chie Shimizu, Hiroki Kadowaki, Suzuki Jun, Mai Shirasawa, Takashi Nakamura

[i)]福岡教育大学，[ii)]宮城教育大学，[iii)]長野県立大学
[i)]University of Teacher Education Fukuoka, [ii)]Miyagi University of Education, [iii)]The University of Nagano
shimizch@fukuoka-edu.ac.jp

概要

日常動作と一線を画す舞踊の動きの運動学的な側面に着目し，関節から関節へ全身を滑らかに連動させる動かし方に加え，身体調整法から動き方のヒントを得た．連動性がより意識しやすいゆっくり動くこのアプローチは，ストレッチや，ポーズやフォームのあるヨーガ等の動きとも異なるもので，「全身連動性ムーブメント・アプローチ」として作成し，適用を試みた．

このアプローチを用いた介入前後で行った，３次元動作解析からは，空間内移動範囲が拡大し動きの自由度が高まったことが推察された．また身体感覚・心理的側面では，動感の高まりが生じ，呼吸が楽になった事が読みとれたことから，身体の強張りが取れゆるみを取り戻せた分，演者のパフォーマンスは向上し，空間表現が楽に出来るようになったことが示唆された．

キーワード：全身連動性，ムーブメント・アプローチ，ゆっくり，動感，身体，空間表現，舞踊

1. はじめに

舞踊の運動学的な側面からみると，日常動作と一線を画す関節から関節へ全身を滑らかに連動させる動かし方がみられるが，それは観客の側から見ると滑らかに見える動きである．これは運動学・動作分析領域では運動連鎖（Kinetic chain）といわれ，舞踊，リズム系ダンス，スポーツ，日常所作，流麗な野生動物の動き等でも見られる質の高い動きを形成する重要な一要素である．そして，このような全身連動性を伴う身体の動かし方の習得は心理的側面，特に，踊ることに関わる自己概念の形成に良好な影響を与えることが示唆されている（清水,2004; 清水・橋本,2018）．

上記のような舞踊の動きを中心に，第一筆者（以下，「筆者」と略す）は，身体操法について，実践の中で「動きの質」の探究を試みてきた（清水, 2003）．そして，ダンスの舞台（清水, 2009-2011, 2012-2015, 2012-2024）での経験を重ねながら，実践知となる知見を得た．それは，訓練された演者らが，個々の呼吸を意識し全身連動性を伴う動きを行うと，長時間演舞を行っても舞台終了時に疲労感が殆ど見られなかったという事である．質的に高い身体操法が，演者らの無駄な力みを防ぎ，身体を硬らせず柔らかい状態で動き続けられたことが理由の一つであると考えられる．

これらのことから，科学的視点に，実践知を融合させた研究の新たな問いとして，心身の状態がより良い方向へ変化すると共に，演者が修得した身体の動かし方を無意識的な段階までなるべく早期に定着させ，そしてできる限り長期に渡り良好な状態を維持できるようにするにはどのようにしたら良いかということを，一連の研究の根底に，「学術的問い」として定めることとした．

本研究では，まず，演舞する際に自己否定的な認知が生じにくく，関節連動性がより意識しやすい，ゆっくり動く全身連動性を伴うムーブメント・アプローチを試作した．そして，介入を行い，動作解析を通して，適用したアプローチの有効性を見ると共に，補足として，被験者の心理的側面の変化についても併せて検討することを目的とする．

2. 方法

被験者

被験者は，舞踊熟達者の女性１名（年齢 57 歳，身長 158.5cm，体重 49kg，舞踊歴 51 年）であった．研究を行うにあたって，研究の目的および方法について説明を行い，被験者から同意を得た．

手続き（１）

１－ a）効果確認用ダンス

事前条件・事後条件で使用する「効果確認用ダンス」のフレーズは，ラバン（Laban, 1980; ラバン, 1972, 1985）の４要素（時間，空間，力性，流れ）のうち，

特に，**「時間」，「力性」**の側面を中心にコントロールし作成した，１フレーズ約 60 秒の動きを使用した．

1－ b）全身連動性ムーブメント・アプローチ

介入時に行う**「全身連動性ムーブメント・アプローチ」**は，ストレッチや，ポーズやフォームのあるヨーガ等の動きとも異なるもので，連動性がより意識しやすいゆっくり動く，被験者の身体の**「快」**を鍵としたアプローチである．深い呼吸を 3~4 回行いながら**「呼吸」**が楽にできる動きを辿り，60 秒から 120 秒程度，身体の末端から末端へ，関節の全身連動性を使い**「自力」**で行う動きである．さらに．このアプローチ作成のバックグラウンドには身体の歪みを除去する**「操体法」**（橋本, 1978a, 1978b, 1987）の動きの法則をとり入れている．そのため，**身体調整法**の側面を含んでおり，このアプローチを行うこと自体が，身体の可動範囲を拡大させ，自由度を高め，心身の総合的な力が高まる．このことから，このアプローチの適用は舞踊，オペラや演奏，演劇といった時空間芸術のみならず絵画や書，写真，建築，彫刻などの芸術活動おいても可能であり，アーティストの身体が良好に変化しパフォーマンスが高まることで創造する作品の質を高められる可能性がある．さらに，競技を行うアスリート，一般の人，何らかの障碍を持った人においても対応できうる動きであり，このアプローチの適用範囲は広汎に渡ると考えられる．

手続き（2）

本研究では介入前を事前条件，介入後を事後条件とし，それぞれのパフォーマンスを比較した．

①最初に，被験者に対し，「効果確認用ダンス」をするように教示した．②次に，被験者に対して，前述に記載の「全身連動性ムーブメント・アプローチ」を用いた自力による介入を行った．③そして，介入後に再度，「効果確認用ダンス」をするように教示した．

効果の測定は主としてモーションキャプチャーを用い，以下に示す装置を用いた．

また，補足として被験者に対し，事前条件の前と事後条件の後に自由記述型質問紙と，事後条件の後にインタビュー調査も行った．

計測装置

被験者のダンス中の動作は，MAC３D System（ナックイメージテクノロジー社製，フレームレート毎秒 100 コマ，シャッタースピード 1/2000 秒）を用いて 12 台のカメラで撮影した．被験者はモーションキャプチャー用の専用スーツを着用し，身体の計 25 ヵ所に反射マーカーを貼付した．反射マーカーの貼付部位は，Helen Hayes マーカーセットに基づき，頭頂部，前頭部，後頭部，肩峰（左右），肩甲骨下角（右），肘橈骨側（左右），手関節（左右），上前腸骨棘（左右），仙骨，大腿骨（左右），大腿骨外側上顆（左右），脛骨（左右），外果（左右），踵（左右），第２趾中足骨（左右）とした．

撮影したデータは，解析ソフトウェア CORTEX（ナックイメージテクノロジー社製）を用いて身体部位の反射マーカーの認識を行った．その後，解析ソフト Kine Analyzer（キッセイコムテック社製）を用いて動作解析を行った．

分析方法

本研究では，事前条件および事後条件における各反射マーカーの床に対して垂直方向の移動範囲を比較した．垂直方向の移動範囲は，ダンス中の垂直方向の移動距離の最大値と最小値の差から算出した．

3. 結果

3－1 ３次元動作解析

図１にダンス中のスティックピクチャを各条件で示した．このスティックピクチャはダンス中の同じ動作の場面を写したものである．

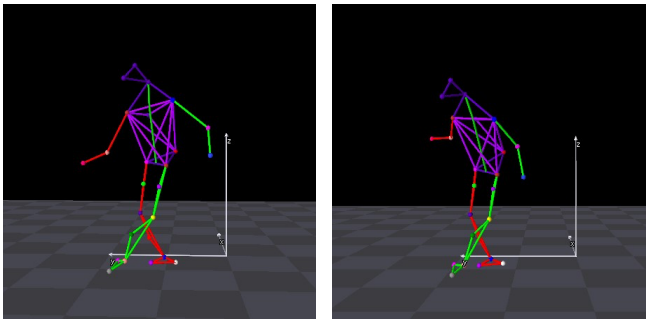


図１ スティックピクチャ（左：事前条件，右：事後条件）

事前条件と比べて事後条件では上半身が前傾し反射マーカーの位置が垂直方向に下がっていることがスティックピクチャから確認された.

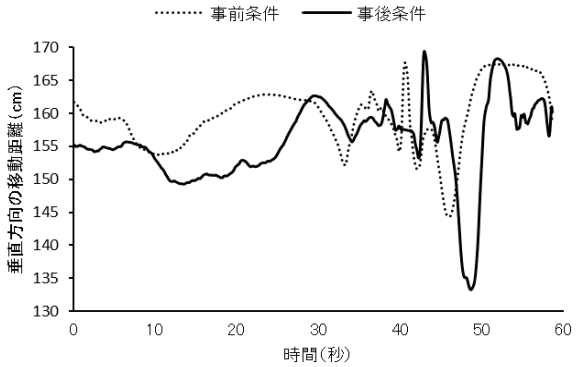


図２　頭頂部における垂直方向の移動距離

そこで，上半身の垂直方向の移動範囲を定量的に比較することにした．**図２**には分析のイメージとして頭頂部における垂直方向の移動距離の波形を示した。事前条件は最大値 167.70cm，最小値 144.38cm，垂直方向の移動範囲 23.32cm であった．事後条件は最大値 169.42cm，最小値 133.26cm，垂直方向の移動範囲 36.16cm であった. この結果から事後条件において垂直方向の移動範囲が拡大したことが確認された.

表１　上半身における垂直方向の移動範囲

	事前条件	事後条件	大小関係
頭頂部	23.32 cm	36.16 cm	<
前頭部	29.94 cm	42.74 cm	<
後頭部	19.89 cm	29.92 cm	<
肩峰(右)	31.28 cm	35.58 cm	<
肩甲骨下角(右)	17.65 cm	21.03 cm	<
肘橈骨側(右)	77.19 cm	70.91 cm	>
手関節(右)	109.56 cm	106.92 cm	>
肩峰(左)	15.94 cm	27.79 cm	<
肘橈骨側(左)	28.03 cm	19.92 cm	>
手関節(左)	45.64 cm	39.62 cm	>
上前腸骨棘(右)	17.36 cm	21.39 cm	<
上前腸骨棘(左)	18.70 cm	25.03 cm	<

この点について，**表１**に上半身の各部位の垂直方向の移動範囲の結果を示した．大小関係を比較した結果，肘橈骨側（左右），手関節（左右）の部位を除いたすべての部位で移動範囲が拡大していた．特に，頭頂部，前頭部，後頭部，肩峰（左）では事前条件と比べて事後条件で移動範囲が 10cm 以上拡大していた.

3-2　自由記述質問紙，およびインタビュー

前条件の前と事後条件の後に自由記述形式による質問紙調査，および事後条件の後にインタビューによる補足データの収集を行った.

4.　考察

4-１　３次元動作解析

本研究の結果，ゆっくり動く全身連動性を伴うムーブメント・アプローチによる介入を行うことで上半身の肘橈骨側（左右），手関節（左右）の部位を除いたすべての部位で垂直方向の移動範囲が拡大することが明らかになった.

4-2　自由記述質問紙，およびインタビュー

自由記述形式による質問紙調査，およびインタビューの後，以下の視点で文節ごと抽出した. まず身体面，心理面に分類した．その上でさらに「呼吸」，「動感」，「身体内部感覚」，「快・心地よさ」といった身体感覚に関わる心理的側面と，ボディ・イメージ，自己効力感，自尊感情に関わる心理的側面に分けて分類した.

その結果，ゆっくり動く全身連動性ある動きのアプローチは，以下の効果をもたらす可能性を示唆していた. 主として，心身へリラックス感がもたらされていること，動感（キネステーゼ）に関わる身体内部感覚において肯定的な変化が見られること，動きの質的側面から呼吸と連動性の関わりが感じられていること，快感覚への感度が向上していること，などである. これらのことから，身体内部の感覚および心理的側面における肯定的な変化が見られていることから，このアプローチの適用により身体知の創発における何らかの契機がみいだせるかもしれない.

5.　まとめ

以上のことから，介入によって，身体の力みや強張りといった動きの阻害要素が減少し，身体が動きやすくなるなるとともに，呼吸もより楽になることで，ダンスの空間表現も大きくなることが示唆された.

本研究の対象者は１名のみであったため，さらに対象者の数を増やして介入の効果を検討したい. また，今後は，関節の可動域の変化について分析するとともに，介入プログラムの一般化の可能性について動作解析を用いて詳細に検討する必要があると考えられる.

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 23K00192，および 2022-2023 年度福岡教育大学教育総合研究所研究プロジェクト経

費の助成を受けたものである.

文献

橋本敬三 (1978a) からだの設計にミスはない. 柏樹社 : 東京.

橋本敬三 (1978b) 万病を治せる妙療法ー操体法. 農山漁村文化協会 : 東京.

橋本敬三 (1987) 正体の歪を正すー橋本敬三論叢集ー. 創元社.

Laban, R. (1980) The mastery of movement. (4th ed. Revised by Ullmann, L.) Northcote House Publishers Ltd.: Plymouth.

ラバン : 神沢和夫 (1985) 身体運動の習得. 白水社 : 東京.

ラバン : 須藤智恵・秋葉尋子 (1972) 現代の教育舞踊. 明治図書出版 : 東京.

清水知恵 (2004) 舞踊における動きの質とボディ・イメージとの関係ー実験研究方法および手続きに着目してー. 健康心理学研究, 17(2): 22-31.

清水知恵・橋本公雄 (2018) 連動性を伴うムーブメントによるボディ・イメージおよびセルフ・エフィカシーの変化. 福岡教育大学紀要 67(第 5 分冊): 67-77.

舞台等

清水知恵 (2003) 文化庁在外研究員 現代ダンス : フランス. [テーマ : 動きの質]. ※審査有.

清水知恵主催公演 (2009-2011) アクロス福岡, (2012-2015) 九州電力共創館みらいホール. ※7 回.

清水知恵 (2012-2024) 第 10-13,15-16 回国際舞台芸術祭 : シアターX劇場(東京). ※審査有.

会話中の二重課題と発話エラーの関連の検討：年齢群間比較
Examining the relationship between dual tasks and speech errors during conversation: Comparison between age groups

澤田 知恭†，原田 悦子‡
Tomoyasu Sawada, Etsuko T. Harada
†筑波大学大学院心理学学位プログラム，‡筑波大学人間系，㈱イデアラボ
Doctoral Program in Psychology Graduate School of Comprehensive Human Sciences University of Tsukuba, Institute of Human Sciences University of Tsukuba/Idealab.Inc.
sawadatomoyasu@gmail.com

概要
近年, 会話中で発話する直前に, 相手発話の聴取理解と自らの発話計画による二重課題が発生することが報告されている。また, 高齢者は一般に二重課題が困難であること, 発話にエラーが多いことが知られている。そこで, 本研究では, 会話中に発生する二重課題が, 高齢者の発話エラーの発生に関連するか検討した。その結果, 会話中に二重課題が発生する条件において, 高齢者の発話エラー発生率は増加した一方，若年成人の発話エラー発生率は増加しないことが明らかになった。

キーワード: 会話（conversation），二重課題 (dual task), 非流暢性（disfluency）

1. はじめに

会話では話し手と聞き手の入れ替わり，すなわちターンの交換である話者交替が頻繁に行われる（Sacks et al., 1974）。話者交替の際, 発話と発話の間が長くなってしまうと，続く発話が否定的な返答であると期待させる等，言外の意味が発生する。そのため，通常，話者交替には時間的な制約が存在し，実際に多くの言語において発話と発話の間は平均して 0ms から 200ms 程度と非常に短い（Stivers et al., 2009）。その一方で，人間は線画について命名する（例 :「あり」,「うさぎ」）という単純な口頭反応であっても最短で 0.7 秒程度の時間を要する（Nishimoto et al., 2012）。このような反応時間の矛盾を解消するために, 会話中, 潜在的な次話者は, 自分の発話を計画するために十分な情報が手に入った時点で, 現話者の発話を聞きながら, 二重課題状況下で自らの発話内容を計画し始めることが知られている（Barthel et al., 2016; Boiteau et al., 2014; Levinson & Torreira, 2015）。発話計画とは，前言語的な概念段階の発話について語句の選択を行う過程を指す。会話中に聴取理解と発話計画による二重課題を処理することは, 若年成人であっても負荷の高い認知課題である（Barthel & Saupee, 2019）。

これまでに，高齢者は若年成人と比較して会話中の発話の流暢性が低く，言い間違いによるエラーの発生率が高いことが報告されている（Engelhardt & Markostamou, 2024）。若年成人と比較して，一般に高齢者は二重課題のパフォーマンスが低下するため（Kramer & Madden, 2008; Verhaeghen & Cerella, 2003），会話中に発生する, 若年成人であっても困難な, 聴取理解と発話計画の二重課題が，高齢者の発話エラーの原因となっている可能性がある。そこで，本研究では，情報の十分性を操作することのできる対話課題（図 1）を用い，会話中に発生する聴取理解と発話計画の二重課題が，高齢者の発話エラーを増加させるか検討した。

仮説として，高齢者は二重課題状況の発生しない条件と比較して，二重課題の発生する条件で発話エラー発生率が高くなると考えられる。また, 高齢者と比較して二重課題のパフォーマンスが高い若年成人では，二重課題状況の発生は，発話エラー発生率に関連しないと考えられる。

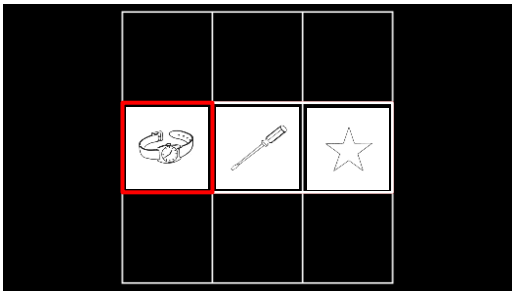
2. 方法

実験計画　二要因混合計画であり、参加者間要因として年齢群 2 水準（若年成人、高齢者）、参加者内要因として情報十分性 2 水準（情報十分、情報不十分）を設定した。

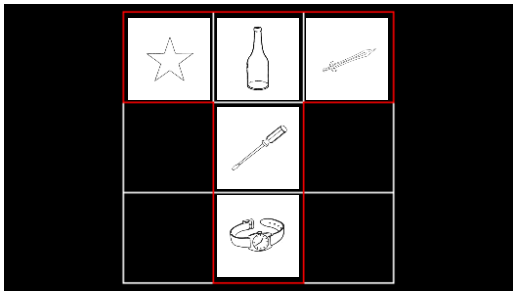
参加者　実験には若年成人 (平均年齢 20.36±1.26 歳, 男性 12 名，女性 13 名）と高齢者（平均年齢 70.88±5.87 歳，男性 13 名，女性 12 名）各 25 名が，同性の大学院生である研究協力者とペアを組み参加した。高齢者は年齢 65 歳以上，Mini-Mental State Examination（Folsteinetal., 1975）得点 27 以上，教育歴 15 年以上 ss を基準に，筑波大学「みんなの使いやすさラボ」データベース登録者から参加者を募集した。研究協力者は心理学を専攻する大学院生で男性 4 名（平均年齢 24.50±0.87 歳），女性 7 名（平均年齢 23.29±1.58 歳）であった。

図1　課題中画面

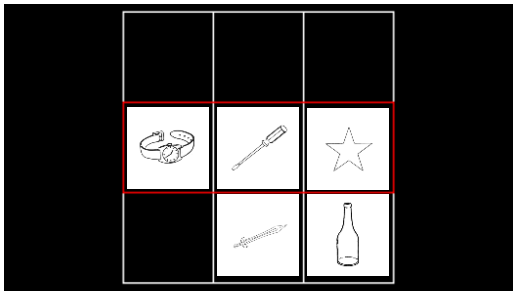
研究協力者画面



参加者画面（情報不十分条件）



参加者画面（情報十分条件）



課題　対話課題は研究協力者の発話に参加者が応答する形で行われ，研究協力者の発話が持つ情報十分性によって，参加者にとっての聴取理解と発話計画による二重課題状況の生起が操作された。課題中，研究協力者には3枚，参加者には5枚の画像が3×3のマトリクス内にそれぞれ呈示され，両者に対し，研究協力者に呈示されていない画像が参加者には提示されていること，その画像と位置を特定する課題であることが教示された。研究協力者は，赤枠で囲われた画像から順に，自分に呈示された画像が何か説明すること（「こちらにはウデドケイ，ドライバー，ホシがあります。」），参加者はそれを聞き，研究協力者が最後に読み上げた画像の上下左右で接している 4 か所の枠内のどこに，どのような画像があるか返答すること（情報不十分条件：「ホシの右にビンがあります」，情報十分条件：「ホシの下にビンがあります」）が求められた。加えて，研究協力者は参加者からの返答を受けた後に，その内容に従って画像を操作することが求められた。研究協力者が1枚目，2枚目に命名する画像は，参加者の画面において，必ず中央の行（列）に表示された。また，参加者の画面において，研究協力者に表示されている可能性のある画像は赤い枠で囲われていた。そのため，研究協力者が3枚目に命名する画像が中央の行（列）以外に呈示され，さらにその画像と同じ列（行）に命名されていない画像が2枚有る場合，参加者は研究協力者が 3 枚目の画像を読み上げるまで，自分が返答するべき内容が分からない（情報不十分条件，図1左下）。これに対し，研究協力者が 3 枚目に命名する画像が中央の行（列）に呈示され，さらにその画像と同じ列（行）に命名されていない画像が 1 枚だけ有る場合，参加者は研究協力者が 2 枚目の画像を命名した時点で，自分が返答するべき内容が分かる（情報十分条件，図1右下）。実験計画上で分析対象となるこれらの二条件に加え，ダミー試行として，研究協力者が 3 枚目に命名する画像が中央の行（列）に呈示され，さらに 3 枚目に命名する画像と同じ列（行）に命名されない画像が 2 枚ある条件を加えた。情報十分条件において参加者は，研究協力者による 3 枚目の画像の命名を聞き取りながら二重課題状況下で自らの発話を計画する。情報不十分条件において参加者は，研究協力者による 3 枚目の画像の命名を聞いた後でないと，自らの発話を計画することができないため，二重課題状況は発生しない。

手続き　参加者は実験室に入室し，同意書に署名した後，研究協力者と互いに自己紹介を行ってから，年齢，性別，相手と知り合いかどうかについて尋ねる質問紙に回答した。次に，アイスブレイク課題として，チーム名を相談して決定した後，対話課題を行った。課題は全3ブロック行われ，各ブロックは 50 試行，計 150 試行であった。各ブロックにおいて，情報十分条件，情報不十分条件はそれぞれ 20 試行であり，残りの 10 試行はダミー試行であった。課題中の視線データがアイトラッカー（Tobii Pro Fusion）によって測定された。アイ

トラッカーのキャリブレーションは各ブロック開始時に行われた。視線データについての結果は本報告では割愛する。

3. 結果

フィラーを除く，言い直しを伴なった言い間違いを発話エラーと定義し，条件毎にラベリングした。その結果，若年成人の発話エラー発生率は，情報十分条件で2.07%，情報不十分条件で1.60%，高齢者の発話エラー発生率は情報十分条件で 9.24%，情報不十分条件で3.26%であった（図2）。

発話エラー発生率について，年齢群ごとに条件間差を設定しないモデルに対して，条件間差を設定したモデルを支持するものとしてベイズファクターを算出した。ベイズファクターの算出には，Stan，R，R の bridgesampling パッケージを用いた。モデルとして，ランダム効果を組み込んだ二項ロジスティック回帰分析に該当するモデルを用いた。条件間差を設定するモデルのモデル式は以下のとおりである。添え字 c は情報十分性（情報十分条件：1，情報不十分条件：0）を，i は参加者を表す。$Error_{c,i}$ は各条件における各参加者の発話エラー数である。

$$Error_{c,i} \sim Binomial(60, 1/(1 + e^{-x_{c,i}})) \quad (1)$$

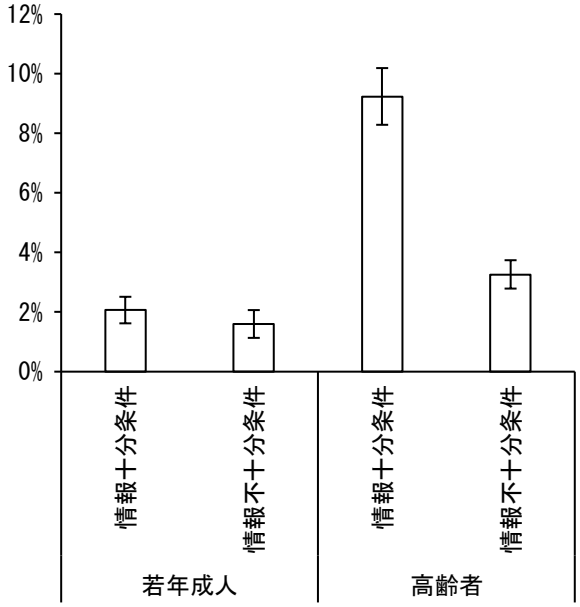
$$x_{c,i} = a + c_i + (b + d_i) * C_c \quad (2)$$

$$c_i \sim Normal(0, s_c) \quad (3)$$

$$d_i \sim Normal(0, s_d) \quad (4)$$

ここで，C_cは情報十分条件（C_1）で 0.5，情報不十分条件（C_0）で-0.5 を取るダミー変数である。また，a は切片，b は条件間差を表すパラメタ，c_i と d_i はそれぞれ切片と条件間差の個人差を表すパラメタである。よって，条件間差を設定しないモデルとしては，(2)式より$(b + d_i) * C_c$，（4）式を削除したうえで用いた。事前分布はそれぞれ a～Normal(0, 1)，b～Normal(0, 1)，s_c～Cauchy(0, 1)，s_d～Cauchy(0, 1)とした。その結果，ベイズファクターの値は若年成人で 0.064，高齢者で 54248214.243 であった。これらの値は Jeffreys（1961）の基準において，若年成人で発話エラー発生率に条件間差を設定しないモデルを強く支持し，高齢者で条件間差を設定するモデルを決定的に支持するものである。条件間差を表すパラメタ b の値は，若年成人で-0.247（95%CI＝[-0.807, 0.295]），高齢者で-1.068（95%CI＝[-1.417, -0.729]）であった。なお，全パラメタの収束状況は良好であった（Rhats < 1.01）。

図2 条件毎の平均発話エラー発生率



注）エラーバーは標準誤差を表す。

4. 考察

本研究では，会話中に発生する二重課題状況が発話エラーの発生率に関連するか検討することを目的に，二重課題状況の発生を情報の十分性によって操作した課題を用いて実験を行った。また，一般に二重課題が困難な高齢者の発話エラー発生率は情報不十分条件と比較して情報十分条件で高く，若年成人の発話エラー発生率は条件間で差が無いと仮説を立てた。ベイズファクターを用いた分析より，若年成人では発話エラー発生率に条件間差を設定しないモデル，高齢者では発話エラー発生率に条件間差を設定するモデルがそれぞれ支持された。また，条件間差を表すパラメタ b の推定値の 95%信用区間は，若年成人で 0 を跨いでいたのに対し，高齢者で 0 を跨がなかった。これらの結果から，本研究の仮説は支持され，会話中に発生する聴取理解と発話計画による二重課題が高齢者の発話エラー発生率を増加させる一因であることが示された。

これらの結果は，高齢者を会話相手とした際に，完了すると同時に十分な情報が揃うようにデザインされた発話が，それを聞いて応答する高齢者に二重課題状況を回避させ，発話の流暢性を向上させる可能性を示す。高齢者の非流暢性は，会話相手のコミュニケーション

コストを増加させると考えられるため，会話相手である若年成人が「完了すると同時に十分な情報が揃う発話」をすることで，世代間コミュニケーションのコストが低減される可能性が示された。ただし，とりわけ日常生活場面において，高齢者は低下した認知機能について代償的な方略的による補償を行うことが知られている。会話中に発生する二重課題についても，そのような代償的な方略として，早い段階で相手の発話を予測し，予測が完了して以降は相手の発話を聴かずに自らの発話を計画することで回避可能であるとも考えられる。実際に，高齢者では，相手発話の予測の失敗に関連すると考えられる，話題から逸脱した発話を行う傾向が報告されている（Off-Topic Velocity; Engelhardt et al.. 2010）。こうした補償としての予測が行われている場合には，上記のような情報十分性をデザインされた発話が，世代間コミュニケーションのコストを低減することはできないと考えられる。

今後，二重課題状況が発生することを踏まえたうえで，高齢者が会話中に行う認知処理とコミュニケーションの内容について，より多角的な検討を行う必要性がある。

5. 引用文献

Barthel, M., & Sauppe, S. (2019). Speech planning at turn transitions in dialog is associated with increased processing load. *Cognitive Science*, *43*(7), e12768. https://doi.org/10.1111/cogs.12768

Barthel, M., Sauppe, S., Levinson, S., C., & Meyer, A., S. (2016). The Timing of Utterance Planning in Task-Oriented Dialogue: Evidence from a Novel List-Completion Paradigm. *Frontiers in Psychology*, *7*, 1858. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01858

Boeiteau, T., W., Malone, P., S., Peters, S., A., & Almor, A. (2014). Interference Between Conversation and a Concurrent Visuomotor Task. *Jounal of Experimental Psychology*, *143*, 295-311. https://doi.org/10.1037/a0031858

Engelhardt, P. E., & Markostamou, I. (2024). Disfluency across the lifespan: an individual differences investigation. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 1-25. https://doi.org/10.1080/13825585.2024.2354958

Engelhardt, P. E., Corley, M., Nigg, J. T., & Ferreira, F. (2010). The role of inhibition in the production of disfluencies. *Memory & Cognition*, *38*(5), 617-628. https://doi.org/10.3758/MC.38.5.617

Folstein, M. F., Folstein, E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, *12*(3), 189-198. https://doi. org/10.1016/0022-3956(75)90026-6

Kramer, A. F., & Madden, D. J. (2008). Attention. In G. Craik & T. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (3rd ed., 189–249). New York: Psychology Press.

Levinson, S. C., & Torreira, F. (2015). Timing in turn-taking and its implications for processing models of language. *Frontiers in psychology*, *6*, 731. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00731

Nishimoto, T., Ueda, T., Miyawaki, K., Une, Y., & Takahashi, M. (2012). The role of imagery-related properties in picture naming: A newly standardized set of 360 pictures for Japanese. *Behavior research methods*, *44*, 934-945. https://doi.org/10.3758/s13428-011-0176-7

Sacks, H., Schegloff, E. A., & Jefferson, G. (1974). A simplest systematics for the organization of turn taking for conversation. *Language*, *50*, 696-735.

Stivers, T., Enfield, N. J., Brown, P., Englert, C., Hayashi, M., Heinemann, T., ... & Levinson, S. C. (2009). Universals and cultural variation in turn-taking in conversation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*, 10587-10592. https://doi.org/10.1073/pnas.0903616106

Verhaeghen, P., Steitz, D. W., Sliwinski, S. M., & Cerella, J. (2003). Aging and Dual-Task Performance: *A Meta-Analysis, Psychology and Aging*, *18*, 443-460. https://doi.org/10.1037/0882-7974.18.3.443

Jeffreys, H. (1961). *Theory of probability* (3rd ed.). Oxford University Press.

幾何学図形のうごきから意図の変化を読み取れるか：心理学実験による検証

A psychological study on detection of change of intention in movements of a simple geometric shape

鳥居 拓馬，浅井 千弦
Takuma Torii, Chizuru Asai

東京電機大学
Tokyo Denki University

概要

人間が幾何学図形のうごきから意図・計画の変化を検出できるかを心理学実験により明らかにする．被験者はひとつの幾何学図形の平面的なうごきを動画で提示される．主役の図形のうごきの印象に関して「ぎこちなさ」など 4 項目に 7 段階評価で回答した．意図変化ありの動画では，意図変化なしの動画に比べて「ぎこちなさ」の評価が有意に高かった．人間がうごきのみからでも意図の変化を検出できることを示唆する．

キーワード：意図，行為認識，運動知覚，生物性知覚

1. はじめに

人間は，丸や三角などの幾何学図形のうごきからでも感情や意図や物語を読み取ることができる(Heider & Simmel 1954)．この場合，幾何学図形は表情や手振りなどの手がかりをもたないが，空間・平面における個体の場所の変化という単純なデータから，感情や意図または物語などの未知で複雑な情報を補完して観察対象に帰属できることを示唆している．こうした人間の心の能力は，たとえば私たち人間が街中で誰かを助けようというときに，その人が助けを必要とするのかしないのか（声がけすべきかしないべきか），何ができなくて困っているかを推論する能力の基礎と考えられる．必ずしも生物に由来しない図形のうごきに意図や感情を帰属する能力は生物性知覚と関連しており，その文脈では実験的な研究が行われてきた(e.g., Dittrich & Lea 1994; Takahashi & Watanabe 2015).

Torii & Hidaka (2021) では，観察対象の個体が意図したうごきをできているかを人間はどのようにして検出しているのかという問いに対して，著者らの力学的不変量に基づく仮説を検証するための計算機実験を実施している．その問いに対して，本研究では Torii & Hidaka (2021) の実験設計をふまえ，人間の被験者（参加者）が幾何学図形のうごきから意図・計画の変化を検出できるかを心理学実験により明らかにする．

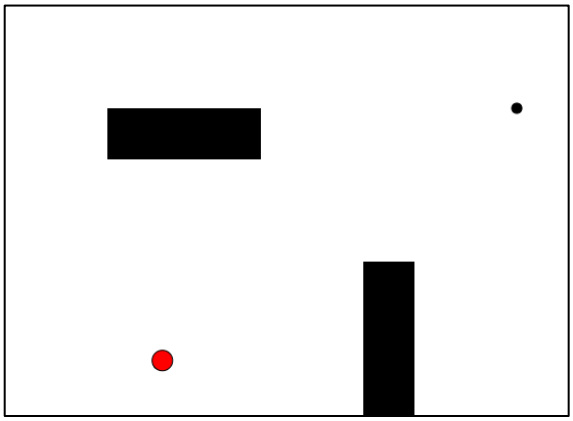


図 1．実験画面の例

2. 実験設計

本研究では，幾何学図形のうごきに対して，そのうごきから意図の変化を検出できるか〜図形のうごきはもともとの計画を順調に実行できているうごきか，それとも途中で計画の修正を余儀なくされたうごきかを検出できるか〜を問題とする．

心理学実験では，被験者はひとつの幾何学図形（円）の平面的なうごきを動画で提示される（図 1）．すべての動画は，主役の幾何学図形（赤い円）と障害物（黒い四角）2 個から構成されており，主役が静止した障害物を避けながら開始点から目標点（黒い点）まで移動するという内容である．線画であるため，被験者には，この動画は部屋の中での主役のうごきを真上から俯瞰した様子だと伝えた．被験者は反復再生される 3 秒程度の動画を見ながら，主役の図形のうごきの印象に関して 7 段階評価 4 項目に回答した．「赤い円がすんなりと動いたか，あたふたと動いたか」（ぎこちなさ），「赤い円が途中で行動を変えたか」（行動の変化），「何かに驚いたか」，「困っていたか」を評価させた．

主役の図形（赤い円）のうごきは，事前に実験者が書き出した経路を念頭に置きながら，実験者が簡易な物理シミュレータとマウス入力を用いて作成した．初め，可能な障害物の配置（12 通り）それぞれに対して実験者が開始点から目標点までの自然な経路を書き出した．次に，「もし経路の途中で障害物が変化したら…」という想定の下で，変化前の経路の適当な地点から変化後の障害物の配置の下で目標点までの自然な経路を書き出した（48 通り）．自然な経路が 2 本あるときはすべて書き出した（6 通り）．状況変化ありの場合（36 通り）の中には，変化後の障害物の配置に依っては変化前に想定した経路が成立せず，状況が変化した途中から別の経路を進まなくてならない場合が含まれる．被験者に呈示する動画では冒頭から状況変化後の障害物の配置を描画しておき，あたかも状況が変化しなかったかのように見せる．動画の種類 54 通りのうち，27 通りが計画に変更あり（Changed 条件），27 通りが計画に変更なし（Unchanged 条件）となった．

3. 実験結果

著者ら所属する大学の大学生 10 名が実験に参加した．

被験者 10 名それぞれが動画 54 個を評価したので，質問×条件ごとに合計 270 件の評定をえた．質問×動画ごとに 10 人分の評定を平均してその質問×動画の評定値とみなし，質問×条件ごとに標本数 27 点を以降の分析では用いる．

図 2 は，質問「ぎこちなさ」（1 すんなり～7 あたふた）に対する Changed 条件と Unchanged 条件の平均と標準偏差を示す．Changed 条件では平均 4.42（SD 1.15），Unchanged 条件では平均 2.34（SD 0.62）であった．独立二標本の t 検定では $t(52) = 8.10,\ p < 0.01$ であった．他の質問も同様であった．一例として，質問「行動の変化」（1 そう思う～7 思わない）では，Changed 条件の平均 2.52（SD1.27），Unchanged 条件の平均 5.27（SD 0.71）であった．$t(52) = -9.54,\ p < 0.01$ であった．

以上の結果は計画の変化が読み取りやすい一部の動画の評定に強く影響を受けている可能性がある．そこで状況変化に対してうごきの変化が相対的に小さい Changed 条件の動画と Unchanged 条件の動画の間で 12 個の疑似的なペアを選び出して比較した．対応のある t 検定では $t(11) = 9.28,\ p < 0.01$ であった．

また，「ぎこちなさ」と「行動の変化」の相関係数 $R = -0.95,\ p < 0.01$ であった．

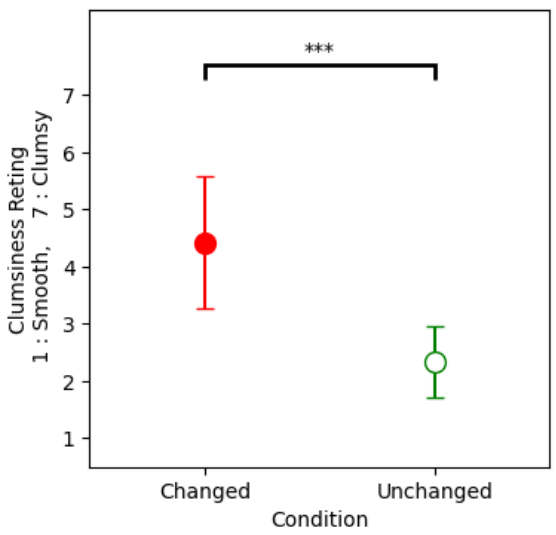


図 2．質問「ぎこちなさ」に対する意図変化あり（Changed）となし（Unchanged）の評価

4. 議論

以上の結果から，人は（障害物の配置が変化したかどうかを知らないにもかかわらず）図形のうごきからそのうごきの裏に隠れている意図・計画の変化を検出できていることが示唆される．

今回の実験では，すべての被験者は，実験者が同一の経路を念頭に置きながらも独立に生成した異なる軌道を動画として見ている（同じ動画は再利用していない）．この図形のうごきの軌道データを被験者の評定と合わせて時系列分析を行うことで，うごきの軌道がもつ動力学的な特徴量から意図変化の検出成績を記述することが今後の展開である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K17966 の助成を受けたものです．

文献

Heider, F. & Simmel, M. (1944) An experimental study of apparent behavior. The American Journal of Psychology, 57(2), 243-259.

Torii, T. & Hidaka, S. (2021) Completion of the infeasible actions of others: Goal inference by dynamical invariant. Neural Computation, 33(11), 2996-3026.

Dittrich, W.H. & Lea, S.E.G. (1994) Visual perception of intentional motion of a single object. Perception, 29(8), 943-951.

Takahashi, K. & Watanabe, K. (2015) Synchronous motion modulates animacy perception, Journal of Vision, 15(8), 1-17.

VR 空間でのスピーチ練習における VR 聴衆の人数の変化が発表直前の発表者の緊張に与える影響

Effects of changes in the number of VR audience members in speech practice in VR space on presenters' tension just before presentation

近藤亘[†]，藤波努[†]
Wataru Kondo, Tsutomu Fujinami

[†]北陸先端科学技術大学院大学 知識科学系
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
s2310056@jaist.ac.jp, fuji@jaist.ac.jp

概要

本研究では VR 環境でのスピーチ練習において，発表者の発表直前の緊張が VR 聴衆の人数の違いにより変動するか，調査した．VR 空間に作成した VR 会場に聴衆がいない条件（A 群）と満員条件（B 群）を比較し，主観的評価・生理的評価（血圧・脈拍・瞳孔）で緊張の変動を確かめた．結果として，・主観的評価・最高血圧・脈拍の増減率が A 群より B 群の方が大きく変化していることが確認された．しかし，瞳孔に対しては B 群での拡大が見られなかった．

キーワード：VR，スピーチ練習，緊張

1. はじめに

スピーチ（プレゼンテーション）は就職活動や学会発表など様々な場面で実施され，現代社会にて生活を送るうえで重要なスキルの一つであるといえる．しかし，大人数の前でのスピーチは緊張が生じやすく，思い通りのことを伝えることが難しい．その為，近年，スピーチ支援の研究は盛んであり，様々な方向からのアプローチが模索されている．例えば，スピーチ時における工学的支援システムによる緊張の緩和が挙げられる．過度な緊張が円滑なスピーチを阻害することから，発表者の緊張を緩和させようと発表時に用いる支援システムが提案されてきた[1][2][3].

一方で，本番での緊張を低減させることを目的として，スピーチ発表時ではなく，スピーチの練習に焦点を当てた研究も増加してきた．このようなスピーチの練習は主に Virtual Reality（VR）技術を用いて行われることが多い．渡部・栗原[4]は VR 環境でのスピーチ練習によって発表者の緊張を緩和させることができるかを検証した．その結果，VR 環境での練習は発表者の心理的負担の軽減に効果的であると示唆された．さらに，渡部・栗原は VR 環境での聴衆の存在が発表者に与える影響を検証し，VR 聴衆が存在することによる心理的負担が低いものであると結論付けた．しかし，この研究では実際の人に似せた VR 聴衆ではなく，全身黒塗りのシンプルアバタであり，かつ聴衆も一人だけであった．これに対して，堀野・林[5]は大学生を想定した 8 人の VR 聴衆を作成し，VR 環境と非 VR 環境における発表者の心理的負担の違いを確かめた．結果として，有意な差が心拍や状態不安に対して確認できなかったものの，VR 練習群にて心拍が本番前に低下していることが見られた．しかし，この研究では VR 聴衆がいない場面との比較がなされておらず，VR 環境にて VR 聴衆が本番への緊張に対しどのように影響したかということを示せていないと考えられる．その為，VR 環境での発表練習において VR 聴衆が発表者の緊張に与える影響はいまだ確認できていないのが現状である．こうした背景より，本研究の目的は，VR 聴衆が発表者の緊張に対して与える影響を明らかにすることとした．特に，VR 聴衆の人数が発表者の緊張に与える影響に着目した．

2. 方法

実験参加者

本学の大学院生 12 名（男性 10 名，女性 2 名；年齢 22-25 歳）が本実験に参加した．実験参加者はスピーチ練習用会場に VR 聴衆がいない群（A 群）と VR 聴衆で満員になっている群（B 群）に振り分けた．分類方法としては渡部・栗原や堀野・林と同じく，対人不安に関する質問紙調査によって分類した[6].

実験環境

防音実験室で実験を実施した．VR 会場を提示するためのヘッドマウントディスプレイ（HMD）として，HTC Vive Pro Eye を採用した．VR 会場の実装は Unity（バージョン：2022.3.22f1）を用いた．VR 会場背景（University Classroom）と B 群に配置したアバタ（Akio: Highschool Uniform）は Unity asset store より購入し，使用した．作

成した VR 会場は図１に示す．実験参加者には図２のような映像が示され，HMD の動きに映像が追従するように設定を行った．B 群に配置されたアバタ聴衆はそれぞれ異なった動きをし，非 VR 装着時のスピーチ発表の会場を再現した．

図１　VR 会場

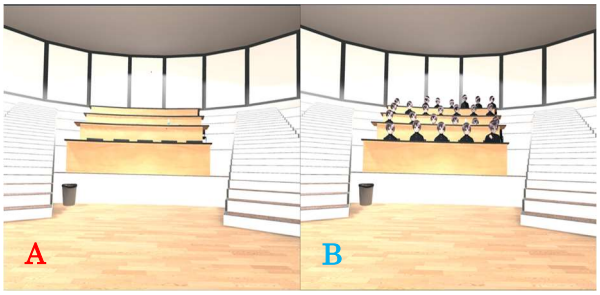


図２　VR 会場の発表者視点

尺度

緊張は主観的経験，生体反応，行動的反応の 3 つで定義されることが知られている[7]．本研究では，主観的経験と生体反応に着目して計測を行った．

主観的経験の測定に関して，State-Trait Anxiety Inventory の日本語版（STAI）[8]を採用し，状態不安尺度のみを用いた．

生体反応に関しては，血圧・脈拍及び瞳孔の３つを指標とした．血圧・脈拍はオムロン上腕式血圧計 HEM-7313 を用いて測定した．瞳孔は HTC Vive Pro Eye のアイトラッキングソフトウェアを用いて計測を行った．

実験手順

本実験は以下の手順で行った．

１．実験フローの説明

本実験の全体の流れを説明した．実際には行わないが，VR でスピーチを行った後，現実空間で 5 分間のスピーチ（本番）を行うことを伝えた．また，本番はカメラで録画し，第三者によりスピーチの出来を評価してもらうと説明した．

２．対人不安に関する質問紙調査の回答

A 群・B 群に対し，先述した質問紙調査の平均点がなるべく均等になるように分類を行った．

３．VR キャリブレーション

Steam VR ホーム画面にて，中心位置の固定とコントローラの動作確認をした．また，Vive Pro Eye のキャリブレーションソフトウェアにより瞳孔間距離の調整とアイトラッカーのキャリブレーションを行った．

４．スピーチ練習

はじめに，１）5 分間のスピーチの構成考案フェーズを与えた．考案はメモや検索等を禁止して行わせた．その後，２）VR 空間にて 5 分間のスピーチ練習を行ってもらった．次に本番があるため，本番を意識した練習をするように伝えた．１）２）の前後 3 回で血圧・脈拍計測と STAI の状態不安尺度の質問紙を回答するよう指示した．

また，実際に本番は行わなかったが，スピーチ課題として，「あなたの好きなものについて，魅力を 5 分で紹介してください」という課題を提示した．

3.　結果

３．１　主観的評価

STAI の増減率の推移は以下のようになった．

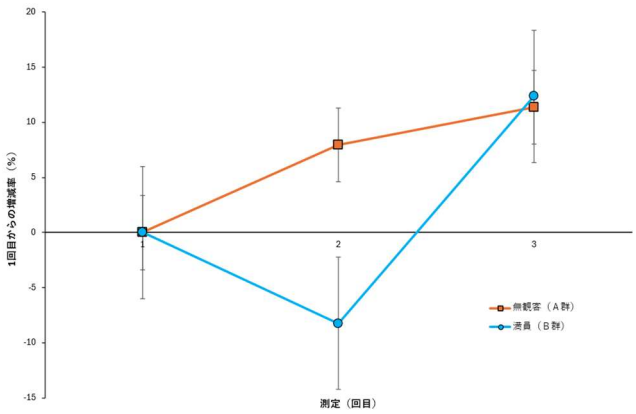


図３　STAI 増減率

A 群と B 群の 3 回目の増加傾向に違いが見られた．

３．２　生理的反応

本研究では生理反応として，脈拍・血圧・瞳孔の３つを指標にした．図４，５，６に脈拍増減率，最高血圧，最低血圧の推移をそれぞれ示す．

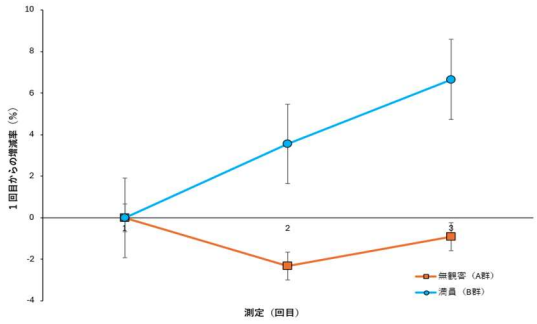


図４　脈拍増減率

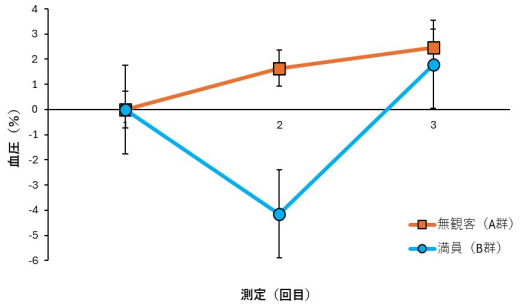


図５　最高血圧増減率

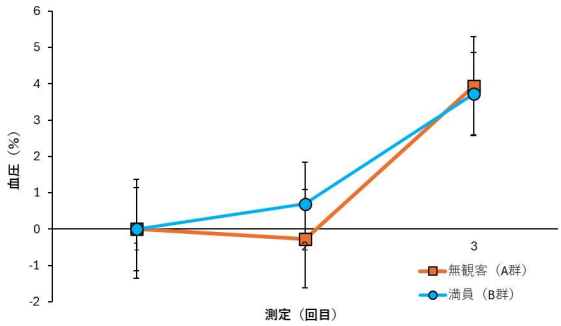


図６　最低血圧増減率

脈拍の増減率に関して，無観客 1（A 群）では 2 回目に減少しその後の増加が見られたが，満員（B 群）では常に増加の傾向が見られた．2 回目と 3 回目の差は A:1.386，B:3.104 であり，B 群の増加の方が高く確認された．また，最高血圧の増減率では A 群と B 群の 3 回目の増加に差が確認でき，B 群の方が大きく変化していた（2 回目と 3 回目の差;A: 0.8210，B: 5.9392）．一方で，最低血圧に関しては A 群の方がやや増加していることが確認された（A:4.2105，B: 3.1042）．

さらに，瞳孔直径のバイオリンプロットを図 7，8 に示した．A 群はやや散らばって分布しているが，B 群は 3mm 程度にまとまって分布している．

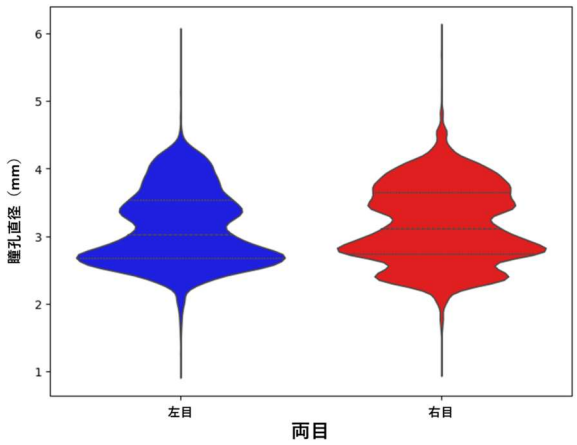


図７　A 群瞳孔直径バイオリンプロット

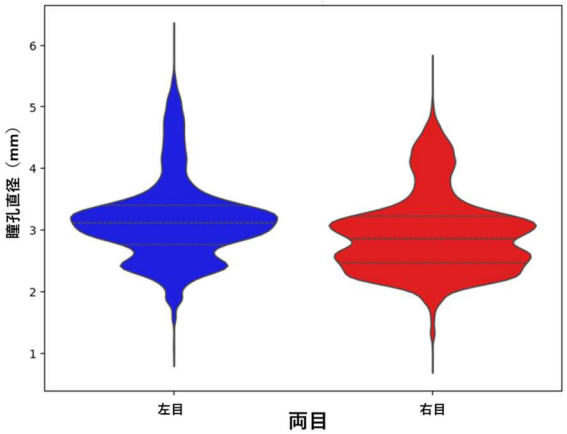


図８　B 群瞳孔直径バイオリンプロット

4.　考察

４．１　スピーチ課題と緊張

本研究では VR 会場内でのスピーチ練習の聴衆人数の変化により，発表前における発表者の緊張の変化を観察すること目指した．先行研究では，VR でのスピーチ練習は緊張を低減させることが示唆されており，本研究でも緊張を緩和させる動きが発生すると考えていた．しかしながら，生理的評価・主観的評価ともに発表後に高い値を示していることが分かった．この原因として，スピーチ課題の影響が考えられる．実験終了後，実験参加者に本研究に関して気になった箇所を聞いた．その際，「楽しいことを考えているのが苦ではない」との話があった．本実験でのスピーチ課題は「好きなものについて魅力を紹介する」というものであり，これによりポジティブな感情を呼び起こした可能性がある．例えば，実験的に与えられる痛みは恋人の写真を見ると緩和されることが知られており[9]，これと同様に，ポ

ジティブな思考が緊張を阻害した可能性が考えられる. 今回, 本番は行わなかったが, すべてのフェーズにおいて本番を意識させた. その為, スピーチ課題の影響を常に受けている状態になった可能性が高い.

４．２　VR 聴衆の人数による差

STAI と血圧・脈拍の評価で A 群よりも B 群の方が 2 回目と 3 回目に顕著な差があることが分かった．この結果から，無観客よりも満員の会場の方が VR 環境でも緊張を感じやすいのではないかと考えられる．聴衆人数が緊張に直接影響している可能性がある．本研究では，VR 聴衆は全て同一の顔をしたアバタであり，顔もアニメ調のアバタであることから，現実感がやや欠如しているといえる．そうした環境でも緊張が増加したことから，よりリアリティのあるアバタを聴衆に使用すればさらに緊張が高まった可能性がある.

また, 他の評価に対し, 瞳孔反応においてはあまり変化を示さなかった．A 群の方がバイオリンプロットの分布が広く，瞳孔拡散が多く行われている可能性がある．しかし，この瞳孔拡散に関しては, 緊張が原因でなく，見る位置が定まらなかったことが影響しているのではないかと考えられる. B 群は聴衆がいることで「聴衆に話をする」という形で発表者自身の視点を固定しやすかった. その為, 焦点位置を定めることが容易であった可能性がある．一方で，A 群は聴衆がおらず，無観客の会場に向かって話し続けなければいけないため，視点の迷いが生まれたと考えられる. その為, 焦点を合わす位置が実験参加者ごとにまばらになり, 瞳孔拡散・収縮を繰り返したのだと推察される. 普通, 瞳孔の直径は緊張を観測するための指標になるが, VR 空間でのスピーチ練習の緊張を測定するためには様々な要素を省く必要があると考える.

参考文献

[1] 菅野真功, 小林稔. プレゼンテーション時における心拍フィードバックによる緊張緩和手法の検討．情報処理学会研究報告，Vol.2019-CDS-24,No.45,1-6.

[2] 徳久弘樹, 大野直紀, 中村聡史. プレゼンテーション中の発表者のみが聴取可能な音楽による緊張緩和手法の提案. 情報処理学会研究報告，Vol.2019-CDS-24 No.46,1-8.

[3] 成瀬加菜，吉田成朗，世田圭佑，鳴海拓志，谷川智洋，廣瀬通孝．リアルタイムな変換聴覚フィードバックによる緊張緩和効果の基礎的検討．情報処理学会研究報告，Vol.2018-HCI-178 No.17.

[4] 渡部未来，栗原一貴．VR プレゼンテーション環境がユーザに与える心理的影響の検証とその応用．情報処理学会研究報告, 2019，1, 1－13.

[5] 堀野康輔，林勇吾．VR 環境でのスピーチ練習がプレゼンテーション本番前に与える影響:心拍変動と状態不安尺度に着目した実験的検討．日本認知科学会大会論文集, 2023，40，69-71.

[6] 岡林直子・生和秀敏 (1991). 対人不安感尺度の信頼性と妥当性に関する―研究．広島大学総合科学部紀要 III , 15, 1-9.

[7] 有賀康顕, 矢野良和, 道木慎二, 大熊繁 (2007). 生理情報を基にした音声による緊張程度検出に関する検討.日本知能情報ファジィ学会, 23,597-602.

[8] 清水秀美・今栄国晴(1981). STATE-TREAT ANXIETY INVENTORY の日本語版（大学生用）の作成教育心理学研究, 29, 62-67.

[9] Younger, J., Aron, A., Parke, S., Chatterjee, N., Mackey, S. (2010). Viewing pictures of a romantic partner reduces experimental pain: involvement of neural reward systems. PLOS One, 5, e13309.

個別の性格に適応できる典型他者モデルの分類
Classification of typical models of other that can adapt to individual personalities

長原 令旺 †，大澤 正彦 †
Reo Nagahara, Masahiko Osawa
† 日本大学
Nihon University
chre23013@g.nihon-u.ac.jp

概要

他者モデルは，他者の心的状態や行動を予測するためのモデルである．他者モデルは「平均他者モデル」「典型他者モデル」「個別他者モデル」の 3 種類に段階別に分類できる．平均他者モデルは一般的な行動パターンを捉える基礎であり，典型他者モデルは性格ごとに分類されて高い予測精度を持つ．個別他者モデルは特定の個人に基づき，最も精度が高い．本論文では典型他者モデルを 4 つに細分化し，それらの特性について議論した．

キーワード：他者モデル，認知アーキテクチャ，性格推定

1. はじめに

人が日常生活で他者と円滑にコミュニケーションをとるためには，他者の心的状態や行動を予測する必要がある（日永田他, 2018）．しかし，現在のコミュニケーションロボットにおいて他者の意図や感情を正確に理解することは難しく，それらを誤って解釈することは誤解や対立を引き起こす要因となりうる．この課題を解決するために，著者らは他者モデルという他者の心的状態や行動を予測・解釈するためのフレームワークの研究を行っている (大澤他 2020).

Dennett の提唱する意図スタンスは，他者モデルの理解において重要な概念である（Dennett et al. 1989）．意図スタンスは，他者の行動をその意図に基づいて解釈し，予測するための枠組みである．Bratman の意図の理論（Bratman et al.1987）や Rao と Georgeff の BDI モデル（Belief-Desire-Intention モデル）も同様に，他者の行動選択をその内部状態に基づいて説明している．HAI の分野で他者モデルに関する研究が多く行われてきた (横山他 2009,2011. 長田他 2006.)．また，他者モデルは「平均他者モデル」「典型他者モデル」「個別他者モデル」の 3 つに分類できることを説明してきた（阿部他 2023）．それぞれの他者モデルは異なる特性を持ち，他者とインタラクションする状況や精度において使い道が異なる．

平均他者モデルは，これまで関わってきた人を平均化した他者モデルであり，一般的な行動パターンを捉えるための基礎となる．そのため，個別の他者に対して他者の行動を予測する精度が低く，情報が限られているインタラクションの初期段階で主に利用される．

典型他者モデルは，これまでかかわってきた人を特定の性格に基づいて分類し，それぞれの性格ごとに構築された他者モデルである．ここで性格とは心的状態や行動の起こりやすさとする．これは，平均他者モデルと比べて高い予測精度を持つ．数回のインタラクションで構築済みのモデルの中から適切なものを選択するため，比較的高速で高精度に予測することが可能である．また，著者らは比較的高速で他者の性格予測精度が良い典型他者モデルに注目して研究してきた（長原他 2022.）．

個別他者モデルは，特定の個人に対して構築されたモデルであり，過去のインタラクションのデータに基づいて構築される．そのため，個別の他者モデルを作成する際には長期的なインタラクションが必要なため，瞬時に適応することができないが，最も精度の高い予測が可能となる．

インタラクション開始前から開始直後，その後の長期的なインタラクションまでの様々なフェーズがある．各フェーズにおいて，より高速かつ高精度な他者への適応を実現するためには，平均・典型・個別の他者モデルをそれぞれ組み合わせることが有効と考えられる．つまり，開始前には平均他者モデルを活用し，開始後数回のインタラクションの中で典型他者モデルを選びながら活用して，長期的なインタラクションが続く場合には個別他者モデルを構築するといった運用が想定される．

本研究では，さらに典型他者モデルを詳細に分類し，それぞれの特性について議論する．

2. 典型他者モデルの分類

2.1 典型他者モデルの分類方法

本研究では，典型他者モデルの分類方法として 2 種類考える．1 つ目の分類方法は，典型他者モデルの獲得時の性質による分類であり，2 つに分類する．1 つはインタラクションを通じて蓄積される経験から構築されるものである．もう 1 つは外部から得られる情報や定義に基づいて構築するもので，獲得過程において自ら繰り返しのインタラクションを必ずしも体験する必要がない．前者を獲得時 N ショット，後者を獲得時 0 ショットと表記することとする．

2 つ目の分類方法は，典型他者モデルの選択時の性質による分類であり，典型他者モデルがどのような情報に基づいて選択されるかによって 2 種類に分類する．1 つは，繰り返しインタラクションを行うことを通して推測・選択される性格に基づく分類方法である．もう 1 つは，見た目や肩書き，評判など観測可能な情報を活用して間接的に性格を推測する方法であり，場合によってはインタラクション開始前に典型他者モデルの選択を実現することができる．前者を選択時 N ショット，後者を選択時 0 ショットと表記することとする．

2.2 典型他者モデルの分類

典型他者モデルは，特定の性格に基づいて構築される他者モデルであり，平均他者モデルよりも高い予測精度を持つ．本研究では典型他者モデルを前節で説明した 2 つの分類方法によって（2 x 2 =）4 つのカテゴリに詳細に分類する．ここで，4 つのカテゴリをそれぞれ（獲得時: N or 0）x （選択時: N or 0）ショットとそれぞれ表記する．

2.2.1 0x0 ショット

0x0 ショットは，獲得も選択も瞬時に行える典型他者モデルである．このモデルは，絶対に判断を間違ってはいけない（判断を間違うと危険な）場面で有効である．例えば，「刃物を持った人物は危険なので避ける」や「知らない人にはついていかない」といった，自らの体験に必ずしも基づかない知識による，即座に判断が求められる状況に適している．しかし，インタラクション中に他者に適応しないため，インタラクション開始時に予測エラーがあったときに他者に適応ができない．例えば，「刃物を持っているが実は危険じゃない人だと気が付く」「知らない人だったが仲良くなった」といった関係性や他者への理解の促進は 0x0 ショットの他者モデルのみをもつエージェントでは実現が困難である．なぜなら，そもそもインタラクションをしない判断を瞬時にするため，他者に対する適応が進まない．また，偏見や差別の元凶になってしまう危険性もある．

2.2.2 0xN ショット

0xN ショットは，獲得は瞬時に行えるが，選択には繰り返しのインタラクションが必要な典型他者モデルである．すなわち，あらかじめ構築されたモデルをインタラクション中で選択することで他者に適応する．例えば，「親切な人なら助けてくれるはず」という知識を持ちながら，実際のインタラクションを通じてその人が親切であることを確認するケースが該当する．このモデルは，事前に用意された情報を基にしつつ，実際の経験を通じて他者を評価するため，行動推定精度が 0x0 ショットよりも高い．

著者らはこれまでに囚人のジレンマタスクを用いてこの他者モデルに関する研究を行ってきた（長原他, 2022）．実験では，繰り返し囚人のジレンマゲームにおいて，プレイヤー A は 3 つの典型他者モデル，「協力的な性格を予測する典型他者モデル」，「非協力的な性格を予測する典型他者モデル」，「合理的な性格を予測する典型他者モデル」をあらかじめ構築し，ルールに基づいて行動するプレイヤー B に対して適切な典型他者モデルを選択する予測精度を評価した．結果として，プレイヤー A が既知の性格には適応できる 1 方で，確率的な行動をする相手や予測不可能な性格には対応が難しいことも判明した．この研究結果からインタラクション開始時の予測にエラーがあった時でも他者に適応できる．

2.2.3 Nx0 ショット

Nx0 ショットは，獲得には個人の主観的な体験が必要だが，選択は瞬時に行える典型他者モデルである．例えば，「○○に所属している人たちとは気が合う」というような，ラベル情報に基づいて判断する個人的な感覚が該当する．このモデルは，主観的な経験を基に構築されているため，選択は迅速に行える．見た目や肩書，評判など観測可能な情報を基に即座に性格を推測し，適応することが可能である．

著者らは，見た目で判断するバイアスに関する研究を行っており，インタラクション開始前に典型他者モデルを選定する妥当性について検討してきた（Nahagara et al. 2023）．この研究では，見た目の特徴や文化的背景に基づいて他者を迅速に分類し，自分と似た個体同士で集団を形成することを示した．

2.2.4 NxN ショット

NxN ショットは，獲得と選択の両方に個人の主観的体験と繰り返しインタラクションが必要な典型他者モデルである．このモデルは，長期的な関係性の構築に

適しているが，予測精度が個別他者モデルも高いわけではない．むしろ，過去の経験に基づいて形成された感覚や直感に依存する部分が大きいと考える．

例えば，「なんとなくこういう感覚で関わっている時は，相手が警戒しているだろう」といった主観的な感覚が該当する．このような感覚は，具体的なデータや明確なパターンに基づくものではなく，個人の経験と直感に依存している．

3. おわりに

本研究では，典型他者モデルをさらに 4 つに分類し，それらが予想される性質について議論した．今後は 4 つの典型他者モデルを実装しそれぞれ評価する他，それらを組み合わせることで柔軟に他者に適応できる他者モデルの実現を目指す．

文 献

阿部 香澄・岩崎 安希子・中村 友昭・長井 隆行・横山 絢美・下斗米 貴之・岡田 浩之・大森 隆司，“子供と遊ぶロボット：心的状態の推定に基づいた行動決定モデルの適用”, 日本ロボット学会誌, Vol.31,No.3,pp. 263-274, 2013.

阿部 将樹・田足井 昇太・長原 令旺・大森 隆司・大澤 正彦 (2023). 繰り返し囚人のジレンマを題材にした典型他者モデルの獲得, HAI シンポジウム

Bratman, M.: Intention, plans, and practical reason (1987).

Carlson, S. M., Koenig, M. A., and Harms, M. B. (2013).Theory of mind. Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, 4 (4), 391–402. https://doi.org/10.1002/wcs.1232

Dennett, D. C.(1989): The intentional stance, MIT press .

日永田 智絵・長井 隆行（2018.）. サービスロボットに他者モデルは必要か？日本認知科学会第 35 回大会論文集, OS12-7, pp. 378–383. 日本認知科学会,

長田悠吾・石川悟・大森隆司・森川幸治（2006）他者意図の推定に基づく協調行動の計算モデル化. 人工知能学会全国大会論文集, No. 0, pp. 28–28,

長原 令旺・田足井 昇太・佐々木 康輔・大森 隆司・大澤 正彦（2022）“繰り返し囚人のジレンマゲームを題材とした典型他者モデルの切り替えによる個人適応”HAI シンポジウム.

Nagahara et al.（2023） Model Simulation of Physical Distance and Cultural Constraints in Maintaining Genetic Diversity.ISIS

大澤正彦・奥岡耕平・坂本孝丈・市川淳・今井倫太 (2020).：認知的インタラクションフレームワークに基づいた他者モデルの提案, HAI シンポジウム

Rao, A. S. and Georgeff, M. P.(1997): Modeling rational agents within a BDI-architecture, Readings in agents, pp. 317–328 .

横山絢美・大森隆司 (2009） 協調課題における意図推定に基づく行動決定過程のモデル的解析., 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. 92, No. 11, pp. 734–742,

横山絢美・大森隆司・阿部香澄・長井隆行（2011）他者の状態推定に基づく対人インタラクションロボットの行動戦略. 2011 年度日本認知科学会第 28 回大会,

片足立ちにおける足底圧分布と姿勢角度に基づいた粗大運動評価モデルによるASD傾向分類

ASD propensity classification by coarse motor assessment model based on plantar pressure distribution and posture angle in one legged standing

瀬田 稀介[1], 大本 義正[1], 熊崎 博一[2], 岩永 竜一郎[2], 今村 明[2], 清水 日智[3], 寺田 和憲[3]
Maresuke Seta, Yoshimasa Ohmoto,Hirokazu Kumazaki, Ryoichiro Iwanaga,Akira Imamura,Hitomi Shimizu,Kazunori Terada
[1] 静岡大学, [2] 長崎大学, [3] 岐阜大学
Shizuoka University, Nagasaki University,Gifu University
seta.maresuke.19@shizuoka.ac.jp

概要

現在の ASD スクリーニングは定性的なデータだけに基づいて判断しているため、効率性に限界があると指摘されている。そこで本論文では、定量的データを用いて定性的基準に基づいた診断結果を予測する方法を提案する。結果として、「片足立ち」という限定的な状況において、本論文で作成した特徴量が先行研究で挙げられた特徴量より効果的である事が分かった。最後に、なぜこのような結果になったのかを議論し、今後の展望について述べる。

キーワード：ASD, 協調運動能力

1. はじめに

近年、自閉スペクトラム症 (Autism spectrum disorder: 以下 ASD と呼ぶ) 診断の需要が高まっている。これに伴い、ASD に対する理解が進み、その症状が社会的に身近なものとなりつつある。しかし、ASD を診断できる医師や医療機関が限られている点や、診断を受けるまでに多くの時間を要する点など、診断の需要と供給のギャップに不満を抱く人も多い [1]。この問題は、主に一般的な ASD 補助診断ツールである ADOS-2(Autism Diagnostic Observation Schedule Second Edition) や ADI-R(Autism Diagnostic Interview – Revised) などを用いた診断方法に起因している。これらの診断方法は、検査実施者に特別なスキルが求められる上、客観性・再現性を保つために多くの時間を必要とし [2]、結果として診断基準が定量的ではなく定性的となる傾向がある。このため、診断は非常に繊細で長期にわたることが多い。

こうした問題に対処するために、医療現場では ASD クリーニングと呼ばれる仕組みが採用されている。ASD スクリーニングとは、診断に至る前に特定のプロセスを行うことで、大まかに ASD リスクの高低を判断する仕組みである。これにより、ASD リスクが高い児童を優先的に診断し、リスクが低い児童を診断待ちから除外することで、医療現場および家庭の負担を軽減することができる。しかし、ASD スクリーニングで用いられるデータや診断結果も定性的に生成されるため、診断効率に限界がある。

そこで我々は定量的な判断基準を持つ機械学習アルゴリズムを医療現場の意思決定に導入することで、この課題を解決しようと考えた。具体的には、ASD のスクリーニングプロセスにおいて、機械学習を用いて定量的なデータ分析を行い、診断の客観性と効率性を向上させることを目指す。このアプローチにより、ASD 診断の補助ツールとしての有用性を示し、ASD 診断の長期化問題を解決する事が考えられ、診断の精度と信頼性を更に向上させることが期待できる。

2. 方法

2.1 調査参加者

本分析では長崎県佐々町の 5 歳児健診に訪れた親子を対象とし、ASD スクリーニング受診希望者を調査対象とした。参加者には協調運動能力を評価するスクリーニング項目である「片足立ち」を圧力センサー上で左右 2 回ずつ計 4 回行ってもらい、その様子を動画で撮影した。その間、保護者には ASD リスクの高低の判断に利用される社会的反応性尺度第二版 (Social Responsiveness Scale, Second Edition: 以下 SRS-2 と呼ぶ) と呼ばれるアンケートに回答してもらった。SRS-2 から算出されるスコア (以下 SRS-2 スコアと呼ぶ) は、日本人の場合で男性は 53.5 点、女性は 52.5 点以上であると ASD リスクが高いと判断され

る [3]。そうした中で以下 2 つの条件を満たす場合に分析対象とした。
・SRS-2 アンケートに欠損がないこと
・「片足立ち」を手順通りに最後まで行えたこと
これらの条件を満たした 2022 年 8 月から 2024 年 5 月までに訪れた親子計 126 名 (男性 66 名、女性 60 名、ASD 高リスク 19 名、ASD 低リスク 107 名) を本研究の分析対象とした。本論文では、以下に記述する定量的データを用いて、SRS-2 スコアに基づいた診断結果の予測を行う。

2.2 データ取得

調査参加者は以下の 2 つの条件下で左右 2 回ずつ計 4 回の「片足立ち」を行った。
・カメラに対して正面を向き、「片足立ち」を行う
・「片足立ち」試行は全て圧力センサーの上で行う
これらの条件のもと、カメラからは身体情報を、圧力センサーからは圧力情報を取得した。カメラと圧力センサーは 20fps で同期しており、撮影された画像と圧力情報は時間的に一致している状況である。

2.3 データ加工

2.3.1 身体情報

本調査では、カメラで撮影した画像データに対して、Openpose を用いることで、各フレームにおける関節点を取得した。このようにして得られた関節点データに対して、分析の統一性を確保するために以下の処理を手順通りに行った。
1. 取得したデータに対して左足の試行の場合だけ左右反転処理を行い、左右の試行による分析の統一性を確保した。
2. 統一性のあるデータ分析を行うために閾値を設定し、Openpose による関節点の誤検出や左右の誤判断に対処した。
3. 先行研究から、全身の協調運動を評価するために身体角度に着目することは効果的であることが分かっている [4]。表 1 に示されている 8 点の角度を算出した。

表 1 算出した角度一覧

名称	参照部位	名称	参照部位
RSide	右尻・右肩・右膝	RKnee	右尻・右膝・右足首
LSide	左尻・左肩・左膝	LKnee	左尻・左膝・左足首
RTrunk	首・腰・右尻	Shoulder	右肩・左肩・水平軸
LTrunk	首・腰・左尻	Head	首・鼻・水平軸

2.3.2 重心情報

本調査では圧力センサーから取得した圧力情報を用いて、タスク試行中における重心動揺の把握を行った。本調査環境では、調査条件を満たしていれば自由度が高く「片足立ち」を試行することができる。そのため、様々な試行がデータとして現れ、分析の統一性を失いかねない状況となった。そこで以下の処理を行うことで、分析に適したデータに加工した。
1. 身体情報同様に左右反転処理を行い、左右の試行による分析の統一性を確保した。
2. 本調査の環境では、参加者によって足の向きに僅かな差異が存在し、重心動揺分析の平等性が欠けてしまう。そのため、圧力分布を楕円近似し、回転角度を用いて圧力分布を再構築した。
3. タスク試行中、バランスを保持するために軸足を微動させたり、片足跳躍を行う参加者が見られた。本調査では、軸足が安定していると推測できる領域を統計的に算出し、その領域外への圧力が確認された場合、それ以前のデータを分析対象とした。
これらの処理により、身体情報と圧力情報共に試行の自由度によって生じるデータのばらつきを抑え、統一性のある分析を行うことが可能となった。

2.4 データ分析

2.4.1 分析対象時点の決定

片足立ちの試行は調査参加者によっても、また試行ごとにも試行時間に差がある。そこで本論文では分析対象時点を試行始めの 2 秒とすることにし、また 4 回試行の中でも 1 番目の試行に焦点を当てた。これには以下 2 つの理由が挙げられる。
・片足立ちというタスクの慣れが平等性
・姿勢の不安定性
両足から片足への遷移は姿勢制御における不安定な瞬間の代表例であると考えられているため [5]、4 回試行を行う上で初回における開始 2 秒を、分析対象時点として決定した。

2.4.2 説明変数

取得した時系列データから、分析を行う際の説明変数を作成した。その一覧を表 2 に示す。
これらの説明変数群は大きく分けて 2 種類に分類される。1 つ目は、既存の先行研究で協調運動能力を評価する際に有効と判明した特徴量である。この分類に

表 2　説明変数まとめ

説明変数	概要
Distance	重心変動の軌跡の総和
Len	着目した片足立ちの試行の長さ
entropy	重心変動の複雑性
ConvexHull	重心変動の軌跡を外包する図形の面積
COM-COP	身体重心と圧力重心の関係
COM	身体重心変動の総和
RSideR	重心動揺距離と RSide の相関係数
LSideR	重心動揺距離と LSide の相関係数
ShoulderR	重心動揺距離と Shoulder の相関係数
HeadR	重心動揺距離と Head の相関係数
RTrunkR	重心動揺距離と RTrunk の相関係数
LTrunkR	重心動揺距離と LTrunk の相関係数
RKneeR	重心動揺距離と RKnee の相関係数
LKneeR	重心動揺距離と LKnee の相関係数

該当するのは、表 2 の上 6 つの説明変数である。例えば Graham らの研究では、バランス制御に関する評価方法として、重心動揺の総距離や外包面積が有効であるとしており [6]、これは Distance や ConvexHull が該当している。こうした協調運動能力を評価する指標に関する先行研究を網羅的に調査し [7][8][9][10]、「片足立ち」に適応できるであろう説明変数を 6 つ作成した。

2 つ目は、我々が独自に作成した説明変数である。身体の平衡感覚を維持するためには、複数の感覚系の統合とフィードバックに基づく運動補正が必要であるため、身体と重心の関係性を上手く反映すると考えられる 2 変数間の相関係数を特徴量として考案した。これら計 14 種類の説明変数を、本論文の分析で使用する。

2.4.3　分析手法

先程示した説明変数群を用いて、ロジスティック回帰・ガウシアンナイーブベイズ・SVM(線形カーネル) の 3 つの教師あり機械学習分類器が訓練された。具体的な手順は以下のとおりである。

まず、LOOCV(leave-one-out cross-validation) 形式で学習し、各説明変数の SHAP 値 (予測値への影響度を表す数値) を計算した。その過程で人数分だけ最も SHAP 値が小さい説明変数が得られ、その中で多数決をとり最も影響力の小さい説明変数を決定し削除した。この手順を繰り返し、説明変数の数が少なくなる中で、F1 値が高い値で安定している説明変数の組み合わせを抽出した。最終的に説明変数が 1 つになるまで、この手順を続けた。

次に、先ほど抽出された説明変数で学習している分類器において、最適なハイパーパラメータをベイズ最適化によって探索し、チューニングした。具体的には、ロジスティック回帰の場合はコスト (10^{-6}〜10^{6})、ガウシアンナイーブベイズでは分散の平滑化 (10^{-9}〜10^{-1})、SVM ではコスト (10^{-6}〜10^{6}) のパラメータを最適化した。こうして得られた最終的な結果は、各分類器の性能を最大化するために調整されたものである。

3.　結果

以下に分析結果を示す。最初にロジスティック回帰の結果を示す。

表 3　ロジスティック回帰による分析結果

特徴量数	正解率	感度	特異度	F 値	パラメータ
3	0.634	0.631	0.635	0.342	0.032
4	0.658	0.631	0.663	0.358	11100
5	0.634	0.631	0.635	0.342	0.032

ロジスティック回帰のモデル作成に使用した説明変数は、特徴量数が 3 つの場合は LSideR、LKneeR、HeadR であり、それに加えて LTrunkR や Len も併用された。ロジスティクス回帰の場合、我々が考案した特徴量が多く採用されていた。

次にナイーブベイズによる分析結果を示す。

表 4　ナイーブベイズによる分析結果

特徴量数	正解率	感度	特異度	F 値	パラメータ
3	0.365	0.789	0.289	0.272	1.909
4	0.412	0.736	0.355	0.274	1.909
5	0.365	0.526	0.336	0.200	1.909

ナイーブベイズのモデル作成に使用した説明変数は、特徴量数が 3 つの場合は Len と HeadR と entropy であり、それに加えて RKneeR や Distance も併用された。ナイーブベイズの場合、既存の先行研究で扱われた特徴量が多く採用されていた。

次に SVM による分析結果を示す。

表 5　SVM による分析結果

特徴量数	正解率	感度	特異度	F 値	パラメータ
3	1.000	1.000	1.000	1.000	4.197
4	1.000	1.000	1.000	1.000	10^{-4}
5	1.000	1.000	1.000	1.000	10^{-6}

SVM で効果的であったと考えられた説明変数は、特徴量数が 3 つの場合は HeadR と LTrunkR と LSideR であり、それに加えて LKneeR や Len も併用された。

SVM の場合、ロジスティクス回帰同様に我々が考案した特徴量が多く採用されていた。また、3 種類の機械学習分類の中で、分類精度が最も高かったのは SVM であった。

4. 議論

ロジスティクス回帰と SVM は共に線形分離を行う分類器であるが、2 つの間に大きな精度の差が見られた。前者の精度が上がらない原因として、学習アルゴリズムの欠点が挙げられる。ロジスティック回帰は全体のデータを基にして分類結果を予測するのに対し、SVM は境界線付近のデータを重視する傾向がある。そのため、外れ値の影響を受けやすいロジスティクス回帰では、予測結果が伸び悩んだと考えられる。一方で、不均衡データにも関わらず、感度と特異度の値がバランスよく示された点は注目に値する。データ数が増加し、外れ値の影響が減少する場合、より適切な分析モデルが構築される可能性が示唆される。

ナイーブベイズによる分析結果を見てみると、感度が高く特異度が低いという結果であった。この結果は、ナイーブベイズが仮定する特徴量の独立性が満たされていないことが一因と考えられる。本分析の説明変数は身体協調に関する特長量であり、これらの間には相互関係が存在する可能性が高い。そのため、特徴量間の独立性を前提とする本モデルにおいては、予測精度の向上が困難であったと推察される。

SVM による予測は非常に高い精度を示した。SVM における特徴量を分析すると、独自で計算した説明変数が多く採用されていた。この結果は、「片足立ち」という限定的な場面において、全身の協調運動能力を測定するためには、身体と重心の関係性に着目した説明変数がより効果的であることを示している。

機械学習による分類を行う上で、全てのデータセットに対して最適な分類器は存在しない。そのため本論文では 3 種類の分類器を用いて ASD リスクの高低を予測したが、「片足立ち」という限定的な状況においては、SVM が有益であるという結果を得る事ができた。また、SVM で採用された説明変数が姿勢角度と足底圧重心の相関であったことから、協調運動能力を評価する際には、これらの要素間の関係性に着目する事が効果的である可能性が示唆された。一方で、今回のデータセットと分析結果に基づいて着目すべき特徴量を決定することは、データ数が乏しいという点から難しい。したがって、今後はデータ数を増やすことで、より厳密な議論を行えるような環境や制度の導入が必要であると考える。

5. まとめ

本調査論文では、実際に行われているスクリーニングテストから定量的なデータを取得し、それらを用いた分類器によって、ASD リスクの高低を分類する事ができた。一方で、分析対象のデータ数が乏しいため、本調査で判明した特徴量の有益性を断定することは難しい。そのため、今後は ASD スクリーニングにおける定量的なデータ取得を促進し、より厳密な議論を行える基盤の構築を目指すべきだと考える。

文献

[1] Laura Crane, James W Chester, Lorna Goddard, Lucy A Henry, and Elisabeth Hill. Experiences of autism diagnosis: A survey of over 1000 parents in the united kingdom. *Autism*, Vol. 20, No. 2, pp. 153–162, 2016.

[2] Michael Rutter, A Le Couteur, Catherine Lord, et al. Autism diagnostic interview-revised. *Los Angeles, CA: Western Psychological Services*, Vol. 29, No. 2003, p. 30, 2003.

[3] Aki Shirama, Andrew Stickley, Yoko Kamio, et al. Emotional and behavioral problems in japanese preschool children with motor coordination difficulties: the role of autistic traits. *European Child & Adolescent Psychiatry*, Vol. 31, pp. 979–990, 2022.

[4] Adriano Macchietto, Victor Zordan, and Christian R Shelton. Momentum control for balance. In *ACM SIGGRAPH 2009 papers*, pp. 1–8. 2009.

[5] Bart Dingenen, Bart Malfait, Stefaan Nijs, Koen HE Peers, Styn Vereecken, Sabine MP Verschueren, Luc Janssens, and Filip F Staes. Postural stability during single-leg stance: A preliminary evaluation of non-contact lower extremity injury risk. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, Vol. 46, No. 8, pp. 650–657, 2016.

[6] Cynthia A Molloy, Kim N Dietrich, and Amit Bhattacharya. Postural stability in children with autism spectrum disorder. *Journal of autism and developmental disorders*, Vol. 33, pp. 643–652, 2003.

[7] Bih-Jen Hsue, Freeman Miller, and Fong-Chin Su. The dynamic balance of the children with cerebral palsy and typical developing during gait. part i: Spatial relationship between com and cop trajectories. *Gait & posture*, Vol. 29, No. 3, pp. 465–470, 2009.

[8] Yumeng Li, Melissa A Mache, and Teri A Todd. Automated identification of postural control for children with autism spectrum disorder using a machine learning approach. *Journal of biomechanics*, Vol. 113, p. 110073, 2020.

[9] Ruopeng Sun, Katherine L Hsieh, and Jacob J Sosnoff. Fall risk prediction in multiple sclerosis using postural sway measures: a machine learning approach. *Scientific reports*, Vol. 9, No. 1, p. 16154, 2019.

[10] Tian Bao, Brooke N. Klatt, Susan L. Whitney, Kathleen H. Sienko, and Jenna Wiens. Automatically evaluating balance: A machine learning approach. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol. 27, No. 2, pp. 179–186, 2019.

発話/記述における de dicto/de re の区別に見る 文と談話のパラレリズム

How (metalinguistic) negation interacts with *de dicto*/*de re* interpretations in sentences and in discourse

山森　良枝
Yoshie Yamamori

同志社大学
Doshisha University,
yy080707@gmail.com

概要

本稿では、モーダルな背景を持つ発話文が談話とその参与者の共有知識の構築にどのように関わるのか、という問題を（メタ言語）否定を通して検討する。メタ言語否定は命題の真理条件ではなくその前提となる世界を否定する。ここでは、肯否疑問文の応答文における（メタ言語）否定へのアクセスが質問対象命題の帰属可能な世界が単一か否かという論理特性に依存することを手掛かりに、文と談話/共有知識の相互作用の実態の一端を示す。

キーワード：言表様相（de dicto ）
事象様相（de se）
メタ言語否定
(metalinguistic negation)
モダリティ（modality）

1. はじめに

共通基盤（common ground）は、対話/会話参与者が当然のこととして疑問を挟む余地のない（例えば）現実世界に関するような我々の共通知識を指し（Stalnaker 1974, 1978）、協調的コミュニケーションの重要な背景として捉えられてきた。しかし、共通基盤の中身はブラックボックス化されており、特に対話参与者の心的態度が関わる発話の場合、どのように対話参与者間の共通基盤の異同が認知され、組織化されるのか、その実態は明らかではない。一方、意味研究では、報告や蓋然性判断の対象となる命題の帰属を、可能世界という擬似的な世界への定位の問題として議論することで、単一の世界に定位される de re(事象様相)と、複数の可能世界のうち best な（と attitude holder が判断する）世界に定位される de dicto(言表様相)という 2 つの種類を区別する。ロマンス語では de re は直接法、de dicto は接続法で表示され、述語の形式に応じて判断主体の思考や信念の再構成が可能になる。しかし、このように再構成された思考や信念が、対話/会話の構成や共通基盤の組織化とどう関わるのかを具体化することは難しく、明示的には三者の連関性はないことになる。それを調べるには、命題内容ではなく、情報の帰属先を直接問題にする言語現象を見つける必要がある。メタ言語否定という（命題の真理条件ではなく、その前提となる背景や世界の適否を否定の対象とする）言語現象を通すことで、判断主体の思考を表す命題情報の対話者間での受け渡し、あるいはその抑制と共に、それに伴う背景となる世界や共通基盤の変化の有無を具体的に調べることができる。

協調的コミュニケーションでは、発話命題が帰属する背景や共通基盤を常にアップデートする必要がある。本稿は、肯否疑問文の応答文に現れる(メタ言語)否定をケーススタディとして、これまで明示的に捉えることのできなかった、（モーダルな背景を持つ発話や文の）命題内容及び attitude holder の思考と談話の構成・共通基盤のアップデートとの連関を追求することで、協調的コミュニケーションの背後にある共通基盤を常にアップデートする仕組みの解明に向けた課題の一つを明らかにすることを目的とする。

2. モダリティと疑問・否定のスコープ

2.1 現象

動詞の屈折に関わる直接法や接続法、仮定法などのムードが文法範疇に属する一方、義務や命題の真偽・蓋然性判断を表すモダリティは意味範疇に分類される。日本語では、「だろう、らしい、ようだ、かもしれない、なければならない、か」などの文末形式や聞き手に対する話者の態度を表す「の、よ、ね」などの終助詞によってモダリティが表示され、 [[命題 P]らしい]よ]]の

階層構造を形成することが知られている（益岡,1991）。この構造に従えば、否定辞「ない」は[[遊びに行く]ない] た]らしい」のように命題内の述語に付加される[1]ので、否定辞より高位置にある「らしい」に「ない」を付加した「*遊びに行ったらしくない」は非文法的な文になる。だが、否定辞が述語に付加されていれば問題なく使用できるわけではない。(1a)(2a)は同じ形式の肯否疑問文だが、(1b)の否定応答文が問題なく容認されるのに対し、(2b)は(2a)への回答としては不自然になる。（＃は不自然な文であることを示す。）

(1) a. X 氏は{来たか/病気なのか}
　　b. いや、{来なかった/病気じゃない}
(2) a.（今現在マイナンバーカードを所持していないと言った人に）
　　マイナンバーカードは家に置いてあるんですか
　　b.＃いや、家に置いてないんです
　　c. いや、そもそも持ってないんです
　　d. いや、家に置いてあるのではないんです

(2b)が不自然であるのに対して、(1b)や「の（です/だ）」を付加した(2d)が不自然ではないのはなぜなのだろう。

2.2 益岡(1991)

益岡(1991)は、「ない」のスコープが直前の述語に限られる(3)と述語を超えてスコープが拡張される(4)との違いについて、前者が「泣いている」という事態が存在するか否かを問題にするのに対し、後者は事態の存在を前提にその事態の叙述の仕方を問題にする点にある、とする。同じことは(5)と(6)の質問文についても成立する。(3)(5)と(4)(6)の違いは「の（だ/です）」を持つか持たないかにあるので、「の（だ/です）」が叙述様式判断型の読みに関係している、と益岡は主張する。

(3)　選手達は[泣いてい]ない
(4)　選手達は[悲しくて泣いている]のではない
　　→ 悔しくて泣いているのだ
(5) 選手達は[泣いてい]ますか
(6) 選手達は[悲しくて泣いている]のですか

しかし、この主張が適用できない例もある。次の例では、「の（だ/です）」を持たない (7)にも、持つ(8)にも叙述様式判断型の読みが生じる。

(7) 君は [（今日）車で来ました]か
(8) 君は [（今日）車で来たのです]か
(9) [（今日）車で来ませ]んでした

益岡はその理由を、(7)には「歩いて/自転車で/バスで来た」という対比想定の中で「車で来た」が適切な叙述であることを示すことができるからだ、と説明する。

ここで先程の(2)の例を考えよう。前のセクションで述べたように、「の（です/だ）」を持たない(2b)は不自然だが「の（です/だ）」を付加した(2d)は不自然ではない。益岡の主張は、 (2b)には対比想定が現れないが、(2d)には「の（だ/です）」の付加により対比想定が現れることを予測する、というものである[2]。

しかし、益岡は、(1)で示したような、(1b)で問題なく使用可能な述語否定が(2b)では不自然になる理由を説明できない。谷口(2024)は対比想定だけでは説明できない例として、コピュラ否定文の容認性の違いをあげている。そこで、次のセクションでは、その具体例を見ることにしよう。

2.3 問題のありか

益岡は、「の（だ/です）」や対比想定があれば、否定のスコープが直前の述語を超えて広くなるというものであった。しかし、このアプローチは、(1b)と(2b)のように同様のパターンを持つが適切性が異なる述語否定の場合を、うまく説明できないように思われる。次の谷口(2024)の例を見てみると、その問題がはっきり見えてくる。まず、(10)A と(11)B について考えよう。どちらも同じコピュラ否定文が使用されている。しかし、(10)A は問題なく容認されるが、(11)B は不自然になる。

(10) (市役所で、家族構成に関するアンケートを、職員が、A に代わって記入している)
　職員: えーっと、次の質問項目ですが、弟さんは今、社会人ですか？
　A:　いえ、社会人じゃないです
(11) A:　久しく会ってないですが、弟さんは、もう社会人ですか？
　B:＃いえ、社会人じゃないです
　（いえ、まだ学生です）

（以上、谷口(2024)）

[1] 久野（1983：p. 140）は否定辞「ない」と疑問詞「か」のスコープを「通常、その直前の動詞、形容詞、「X ダ/デスに限られる」とする。

[2] ただし、実際には、(2d)で「職場に/貸金庫に」という「家」以外の候補が想定されているわけではない。この点については後で触れる。

もし(10)A に対比想定が現れるなら、益岡説はその容認可能性を正しく予測していることになる。しかし、谷口(2024)が指摘する通り、 (10)A では「社会人か学生か」の対比想定が現れない。それにも拘らず、(10)A は容認される。つまり、 (10)A にも(11)B にも「の」がなくても叙述様式判断型の解釈の誘因になる「社会人か学生か」の対比想定が現れる可能性は十分にあるのに、対比想定は生じない。それでも、(10)A は容認され、(11)B は不自然になる。このように、益岡説は、コピュラ否定文固有の現象を説明できないので、別の説明原理を探さなくてはならない。

以上から、解明すべき問題を指摘することができる。

○（叙述様式判断型否定及びその成立条件の対比想定とは別に）応答文にコピュラ否定文の分布を制限する要因は何か？

これに対する本稿の回答は以下のとおりである。

○ 応答文においてコピュラ否定文の分布を制限する要因は、質問対象命題の帰属可能な世界が単一か否か(de dicto か de re か)という論理特性に求められる。

§3 では de dicto・de re の違いが応答文におけるコピュラ否定文の分布をどのように予測するかを考察しよう。

3. De dicto vs.de re

肯否疑問文応答文へのコピュラ否定文の分布制限の要因を解明するためには、叙述様式の適否を問題にする対比想定では不十分で、別の説明原理が必要である。

まず、検討すべき現象を繰り返す。問題となる例はすべて肯否疑問文の応答文でコピュラ否定文の形式を持っている(cf.(10)A,(11)B)。しかし、同じ文脈で使用されているのではない。(10)では、質問者である職員に「弟は社会人」であることへの思い入れはない。一方、(11)の質問者 A には「弟は社会人」への個人的なコミットメントが見て取れる。しかし、このような文脈においてはコピュラ否定文を使用することはできない。反対に、「の（です）」を導入することは、次の通り、(11)'B では問題なくできるが、(10)'A ではできなくなる。これは、コピュラ否定文の分布に質問者の質問命題へのコミットメントが関係していることを示している。

(10)'職員: えーっと、次の質問項目ですが、弟さんは今、社会人ですか？

A:＃いえ、社会人じゃないんです

(11)' A: 久しく会ってないですが、弟さんは、もう社会人ですか？

B:いえ、社会人じゃないんです

それでは、コピュラ否定文（と「の」の挿入）が認可されるのに必要な肯否疑問文のニュアンスはどこから生じるのか、それは、質問者の質問命題へのコミットメントが反映されたものだと考えられる。しかし、コミットメントと言うだけでは、肯否疑問文の応答文におけるコピュラ否定文の分布条件を明確な形で捉えられないように思われる。そこで、ここでは、質問命題が真偽未確定命題であることの意味を追求すると、肯否疑問文が信念文に見られる（believe の補文に埋め込まれた）命題の de dicto と de re の２通りの解釈を持ち得ることを示す。

まず、Quine(1956)の例を見てみよう。(12)の信念文は、(13)と(14)の２通りに解釈できる。Quine によると、FBI が関心を持つのは、(13)ではなく (14) が真である場合である。

(12) Ralph believes that Orcutt is a spy.

(13) Ralph believes that there is a spy called Orcutt.

(14) Orcutt is such that Ralph believes that s/he is a spy.

(13)と(14)の違いは、存在量化詞のスコープの違いとして捉えられる。(13)の意味は、(13')のように表示される。ここでは、存在量化詞が believe のスコープ内に生起する狭いスコープを持つ。

(13)'Ralph believes: ∃x(x: Orcutt)(x is a spy) (de dicto)

一方、(14) の意味は、(14')のように表示される。ここでは、存在量化詞が広いスコープを持ち、believe を超えて、そのスコープ内に生起する変項を束縛する。

(14)' ∃x (x: Orcutt) (Ralph believes that x is a spy) (de re)

(13)/(13')は de dicto(言表様相)、(14)/(14')は de re（事象様相）と呼ばれる様相を表している。ここでは、de dicto(言表様相)の場合、補文命題の真偽は未確定である一方、de re（事象様相）の場合、(15)(16)のどちらも真になる可能性がある、ということがポイントになる。

(15) Ralph believes that Orcutt is a spy. 真

(16) Ralph believes that Orcutt is not a spy. 真

その理由を簡単に述べると次のようになる。(14')の通り、de re では、Orcutt が believe より広いスコープを取る。このことが意味することは、Ralph が(14')の"Ralph believes that x is a spy"に関わる証言をした際、Ralph 自身が Orcutt という記述を実際に使ったかどうかはわからない、ということである。Ralph は証言では a someone と言ったのだが、(12)の発話者がその人物が

Orcutt であることを知っていて、元の発話を言い換えたかもしれない、といったことである。従って、de re（事象様相）の場合、補文命題の帰属可能な世界は単一ではない。

では次に、前のセクションで触れた肯否疑問文の応答文におけるコピュラ否定文の分布に着目して、(a)質問対象命題の帰属可能な世界が単一か否か、(b)それは質問者の信念世界か否か、(c) (a)(b)の分布条件としての適用可能性、について吟味し、(c)については可能性が高いことを示そう。

(a) /(b) コミットメントを attitude holder の信念世界への帰属、という形で捉え直すと、次のように言うことができる。まず、肯否疑問文の質問対象命題 P が質問者の信念に帰属する、つまり、狭いスコープを取る場合、コピュラ否定文は不自然になる。反対に、P が質問者の信念世界に帰属しない、つまり、広いスコープを取る場合、コピュラ否定文は容認される。De dicto では存在量化詞が believe より狭いスコープを取り、de re では広いスコープを取るという特徴がある。これを肯否疑問文に適用すると次のようになる。

(12) P が de dicto であるとき、コピュラ否定文は認可されない。

(13) P が de re であるとき、コピュラ否定文は認可される。

(12)は (12)’、(13)は (13)’のように言い換えられる。

(12)’P の帰属可能な世界が単一であれば認可されない

(13)’P の帰属可能な世界が単一でなければ認可される

(c) (12) (13)が先程の例を説明できるかどうか見てみよう。まず、通常の肯否疑問文の(1)では、コピュラ否定文が問題なく使用できる。(1a)と(1b)は、真理値が異なるだけで、そこに帰属先が問題になるモーダルな背景はない。一方、(2a)は質問者の想像であるから、質問者の信念世界に帰属する/de dicto と見なすことができる。ここでは、コピュラ否定文(2b)は認可されない。また、(10) の質問命題とその否定命題は真理値が異なるだけで、そこに帰属先が問題になるモーダルな背景はない。一方、(11)A は、A の信念世界に帰属する/de dicto と見なすことができる。コピュラ否定文(11)B は認可されない。以上、(12) (13)により個々の例を説明できることを見た。質問命題の帰属に関する論理特性が、肯否疑問文の応答文におけるコピュラ否定文の分布条件である可能性が高いと考えられる。

4. メタ言語否定と談話文脈/共通基盤

前のセクションでは、他者の信念世界に帰属する情報を表すコピュラ文を否定することができないことを示した。それでは、この否定不可能性は何処から生じるのだろうか。それは、日本語ではモダリティ形式が統語的に否定辞より高い位置にあり、否定辞を付加できないという制約（「＊家にいなければならなくない」）を反映しているようにも思われる。(2c)や(11)B の「まだ学生です」、(2d) (11)’B の「質問命題＋の」は否定的発話ではないが、他者の信念を直接否定できない場合の次善の策として、質問命題の適切さや前提となる信念世界をアップデートし改変するものだと考えられる。このような否定的言説の特徴は、命題の真理条件ではなく、その前提となる背景や世界の適否を否定の対象とするメタ言語否定に通底する。このようなメタ言語否定が、思考の対話者間での受け渡しや抑制と共に、談話の背景となる世界や共通基盤の調整機能を持つという本稿の結論は、今まで明示的に捉えられなかった文の論理構造と談話文脈/共通基盤の相互作用を確認する重要な結果と見なせるものかもしれない。

5. おわりに

文の論理構造と談話文脈/共通基盤(common ground)とが関係するのかしないのかは、今まで明らかではなかった。本稿では、その関係を探るための有力なアプローチとして、メタ言語否定を通して、両者の相互作用の一端を明らかにした。

謝辞

本研究は科学研究費基盤研究 C（課題番号 20K00557）による支援を受けている。

参照文献

[1] 益岡 隆（1991）『モダリティの文法』東京;くろしお出版.
[2] Stalnaker, R.C. (1974) “Pragmatic presuppositions”, M. Munits and P. Under (eds.) *Semantics and Philosophy*. New York: New York University Press: 197-213.
[3] Stalnaker, R.C. (1998) “On the representation of context” *Journal of Logic, Language and Information* 7(1): 3-19.
[4] 谷口洋志 (2024)「日本語コピュラ文の出現環境とその動機について」京都大学修士論文.
[5] Quine, W.V.O (1956) “Quantifiers and propositional attitudes”, *The Journal of Philosophy* 53(3): 177-187.

地図を用いた経路指示の理解とわかりやすさに関わる要因の効果 —当事者間の空間参照枠・地図の向き・地図上の表記の向きの３要因による検討—

The three factors related to the comprehension and clarity of route instructions using maps: spatial reference frames between parties, map orientation, and orientation of notations on the map

小島 隆次†
Takatsugu Kojima
†滋賀医科大学
Shiga University of Medical Science
kojima@kojima-lab.net

概要

本研究では、地図を参照しながら経路指示を受けて経路探索をする際の効果要因として、当事者間（指示者・被指示者）の空間参照枠、地図の向き、地図上の建物等の表記の向きの 3 つに着目し、ぞれぞれの要因の効果を経路指示の理解とわかりやすさを指標にして検討した。その結果、これら 3 つの要因は、経路指示の理解には必ずしも影響しないが、経路指示のわかりやすさには影響することが示唆された。

キーワード：経路指示, 空間参照枠, 地図

1. はじめに

道案内や経路指示システムの利便性を向上させる方法の一つとして、アバターやエージェントを用いて案内や指示を行うという試みが行われているが（長谷川・佐久田, 2013, 2017；平松・長谷川・佐久田, 2015；井上・白岩・吉村・西山・岩井, 2018）、特に俯瞰地図を用いたシステムの場合、案内や指示をするアバターやエージェントの向き（対面・背面）、ユーザーが認知する空間参照枠、地図の向きの 3 つの要因が、目的地までの経路理解やシステムのユーザビリティに大きく影響することが予想される。

この点に関して、小島・緒方・角所（2023）は俯瞰地図を用いたアバターによる経路指示実験を行い、出発地点を基準に目的地を画面の上方向に配置した状態で地図を提示し、アバターは背面状態で提示されておりユーザーとアバターの空間参照枠が一致しているという状態が、ユーザーにとって経路指示が主観的にわかりやすく、目的地を誤認しにくい条件であることを示した。但し、この研究では、アバターの向き、地図上の出発地点と目的地の位置関係、言語的な方向指示表現、アバターとユーザーとの間の空間参照枠の要因については検討しているが、地図の向きや地図上の表記の向きの要因に関しては検討されていない。

本研究では、小島・緒方・角所（2023）の実験を参考に、経路指示時の言語的方向指示表現を「左右」に限定し、地図を参照しながら経路指示を受けて経路探索をする際の効果要因として、当事者間（指示者・被指示者）の空間参照枠、地図の向き、地図上の建物等の表記の向きの 3 つに着目し、ぞれぞれの要因の効果を経路指示の理解とわかりやすさを指標にして検討した。

2. 実験

2. 1. 実験参加者

実験参加者は大学生・大学院生 127 名であった。後述の参加者間要因である地図の提示方法の 3 条件に対して、基本条件に 41 名、回転条件（表記修正あり）に 43 名、回転条件（表記修正なし）に 43 名が割り当てられた。

2. 2. 動画刺激

実験では小島・緒方・角所（2023）を参考に、アバター（経路指示者）が左右の方向指示のジェスチャをしながら、地図の中央に配置された駅から目的地となるお店までの道案内をしてくれている動画を刺激として用いた。アバターはアバターソフト Animaze に登録されている Keex The Robot という人型ロボットタイプのアバターを使用した。動画内では、アバターが画面左半分、地図（俯瞰図；上面図）が画面右半分に提示されていた（図 1）。

2. 3. 実験デザイン

実験要因は、アバター（経路指示者）と実験参加者（被指示者）の間の空間参照枠（当事者間の空間参照枠）、地図上での移動の開始地点、地図の提示方法の三要因であった。当事者間の空間参照枠と地図上での移動の開始地点の各要因が参加者内要因であり、地図の提示方法が参加者間要因であった。

当事者間の空間参照枠については、アバターが参加者と対面状態でアバターを基準に左右のジェスチャを行う条件、アバターが参加者と対面状態で参加者を基準に左右のジェスチャを行う条件、アバターが背面で登場し、アバターと参加者の左右が一致する状態でジェスチャを行う条件の 3 条件を用いた。

地図上での出発地点については、地図の中心に駅が描かれており、その駅の北口から出発して地図の北側エリアで経路を指示する条件と南口から出発して地図の南側エリアで経路を指示する条件の2 条件を用いた。

地図の提示方法については、北が画面の上方向で南が画面の下方向となる「基本条件」（図 1a）、基本条件の地図を 180 度回転させて南が画面の上方向で北が画面の下方向とし、地図内の建物表記なども画面の上下に合わせて変更する「回転条件（表記修正あり）」（図 1b）、そして、回転条件での地図内の建物表記なども基本条件からそのまま回転させた状態になっている「回転条件（表記修正なし）」（図 1c）の 3 条件を用いた。ここで、地図上の移動開始地点と地図の提示方法の要因の組み合わせにおいて、「北口条件－基本条件」対「北口条件－回転条件（表記修正あり）」及び「南口条件－基本条件」対「南口条件－回転条件（表記修正あり）」の各対比が地図の向きの効果の検討に対応することとした。また、二つの回転条件（表記修正ありとなし）の比較が地図上の表記の向きの効果の検討に対応することとした。

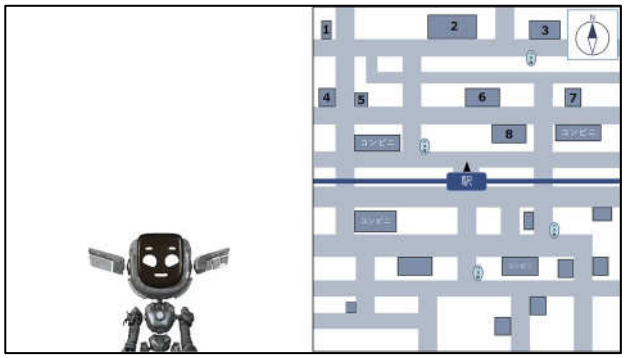


図 1a. アバター対面・北口出発・基本条件

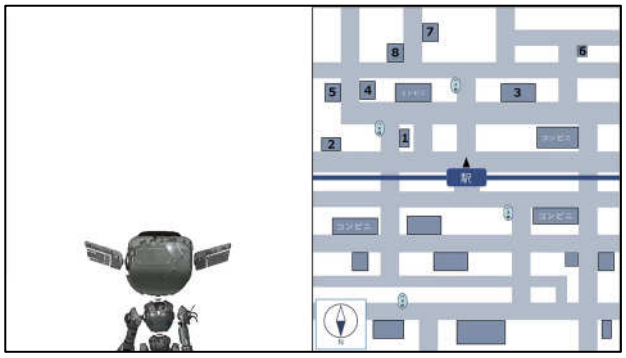


図 1b. アバター背面・南口出発・回転条件（表記修正あり）

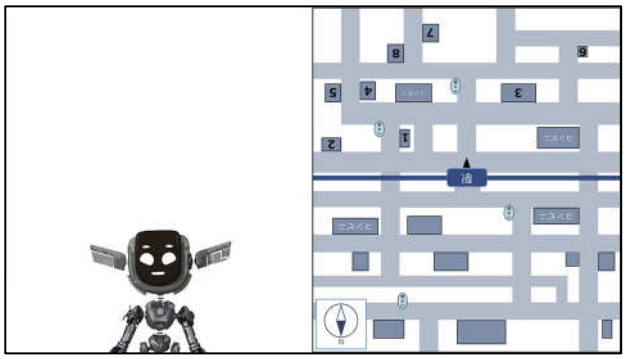


図 1c. アバター対面・南口出発・回転条件（表記修正なし）

2. 3. 経路と方向指示表現

実験でアバターが指示した経路と経路を指示する際の言語表現はいずれの条件でも全て同じであった。道案内の最終目的地となる店は、北口を出発地とする条件では常に 4 番の店であり、南口を出発地とする条件では常に 5 番の店であった（図 1）。

2. 4. 実験課題

実験参加者が取り組む課題は、提示された道案内動画を視聴し、その動画でのアバターによる経路指示の結果、地図上のどのお店に辿り着いたのかをお店に割り当てられた番号で回答することであった。また、その動画でのアバターによる経路指示のわかりやすさを 5 段階で評定することも求められた。

2. 5. 実験手続き

実験は LimeSurvey を用いた web ブラウザによるオンライン実験であった。参加者に対して今回の実験に関する諸注意の提示と参加の最終意思確認等が行われ、実験時の道案内動画視聴のためにブラウザ上での

動画再生可否の確認と音量調整を実施した。これら確認作業の後、参加者は練習試行を行ってから、それぞれが割り当てられた地図提示条件（「基本条件」「回転条件（表記修正あり）」「回転条件（表記修正なし）」のいずれか）の下で６種類（当事者間の空間参照枠３条件×地図上での移動の開始地点２条件）の本試行を行った。本試行での６種類の動画の提示順は、参加者ごとにランダムであった。各動画は、必ず一通り視聴するように教示した。動画の視聴回数に制限はなかった。

2. 6. 実験結果

各実験条件における目的地の店の正答率と道案内のわかりやすさ評価の評定平均値をまとめたものが表 1 である。

表 1. 目的地の正答率と道案内のわかりやすさ

		地図の提示方法					
		基本		回転(表記修正あり)		回転(表記修正なし)	
出発地点	アバターとの関係・参照枠	正解率	わかりやすさ	正解率	わかりやすさ	正解率	わかりやすさ
北口	対面・アバター中心参照枠	0.98	3.10(1.25)	0.93	2.67(1.21)	0.79	2.77(1.25)
北口	対面・参加者中心参照枠	0.93	3.22(1.16)	0.86	2.79(1.15)	0.84	2.79(1.17)
北口	背面	0.93	3.63(1.05)	0.91	3.00(1.06)	0.81	2.28(1.17)
南口	対面・アバター中心参照枠	0.85	2.90(1.27)	0.84	2.74(1.18)	0.81	3.09(1.21)
南口	対面・参加者中心参照枠	0.80	2.39(1.25)	0.91	3.02(1.27)	0.86	3.28(1.21)
南口	背面	0.85	2.73(1.25)	0.88	3.23(1.27)	0.79	3.72(1.06)

＊（ ）内は *SD*

実験データを有意水準 1%で分散分析によって統計的に分析した結果、目的地として指定されたお店の正解率に関しては、検討した３つの要因のいずれも統計的に有意な効果が見られなかった。

アバターの経路指示のわかりやすさ評価に関しては、当事者間の空間参照枠の主効果（$F(2, 248) = 4.95, p < .01, \eta^2_{\square} = .006$）、地図上での移動の開始地点と地図の提示方法の交互作用（$F(2, 124) = 25.97, p < .001, \eta^2_{\square} = .052$）、そして、３つの要因の二次の交互作用が見られた（$F(4, 248) = 6.24, p < .001, \eta^2_{\square} = .016$.）。また、経路指示のわかりやすさ評価に関しては、北口を出発地点とする条件では「基本条件」の評定平均値が最も高くなり、南口を出発地点とする条件では「回転条件（表記修正なし）」の評定平均値が最も高くなった点は興味深い。

3. まとめ

本研究の結果をまとめると、当事者間の空間参照枠、地図の向き、地図上の表記の向きの３つの要因は、人が地図を参照しながら経路指示を受けて移動する際、経路指示の理解には必ずしも影響しないが、経路指示のわかりやすさには影響する可能性が高いということになる。当事者間の空間参照枠が合致していることや地図の向きが移動開始時点での進行方向と合致していることは経路指示のわかりやすさを向上させるということに加えて、地図上の建物等の表記の向きも経路指示のわかりやすさに効果を持つという事実は本研究で明らかになった重要な点である。

文献

長谷川大・佐久田博司 (2013). AR 擬人化エージェントを利用した道案内におけるジェスチャ及び視線の調査 HAI シンポジウム 2013, P26, 158-163.

長谷川大・佐久田博司 (2017). 擬人化エージェントによる AR 道案内システム 知能と情報, *29*, 670-677. https://doi.org/10.3156/jsoft.29.6_670

平松拓馬・長谷川大・佐久田博司 (2015). AR 擬人化エージェントによる道案内におけるジェスチャ生成視点が案内の理解度に与える効果 情報処理学会インタラクション 2015, C17, 789-794.

井上路了・白岩史・吉村宏紀・西山正志・岩井儀雄 (2018). 道案内インタフェースにおける実写アバタの手振り動作の効果検証 ヒューマンインターフェイス学会論文誌, 20, 343-352. https://doi.org/10.11184/his.20.3_343

小島隆次・緒方彩七・角所考 (2023). アバターによる道案内をわかりやすくする条件―空間参照枠による検討― 日本認知科学会第 40 回大会発表論文集, 76-79.

平均表情抽出過程における個人差要因の検討
Individual differences in rapid extraction of mean emotion

時田 みどり
Midori Tokita

目白大学　保健医療学部
Mejiro University, Faculty of Health Sciences
tokita@mejiro.ac.jp

概要

平均表情抽出の精度とバイアスの個人差について，ポジティブ表情とネガティブ表情の 2 タイプと，識別精度，自閉スペクトラム症傾向，評価不安傾向との関連性を検討した．結果から，ポジティブ表情とネガティブ表情の平均表情抽出精度に正の相関が示された．一方，表情の識別精度と平均表情抽出の成績との関連は，ポジティブ表情でのみ認められた．心理的特性と平均表情抽出の成績とには．明確な関連性は示されなかった．

キーワード : 平均表情抽出，表情認知，自閉スペクトラム症傾向，評価不安傾向

1. はじめに

我々は，複数の要素で構成された刺激群の平均量やバラツキ感を表象し，表象した要約統計量 を日常場面でのさまざまな課題に利用している．先行研究では，このような認知過程を要約統計量表象（summary statistics representation，また ensemble perception）と称し，その統合的な処理メカニズムの解明が試みられている[1]．この過程は顔の表情においてもみられ，人には複数の顔の平均的な表情を抽出する能力のあることが示されている[2]．この働きは，人々の「雰囲気」を把握する能力に繋がり，適応的な面での重要性が指摘されている．一方，平均表情抽出過程には個人差のあることが示されており[3]，その要因の解明が望まれる．

先行研究では，表情認知は，心理的特性を起因とする個人差のあることが指摘される．ポジティブ表情とネガティブ表情は異なる処理過程に依存することが指摘され，脳機能研究においてそれを支持する結果が示されている[4]．他者による評価不安傾向の強い者は，ネガティブ表情の処理において特有のバイアスが示されている[5]．また，自閉スペクトラム症傾向では表情認知の困難さが指摘されている[6]．本研究では，このような表情認知の心理的特性と平均値抽出過程との関連性について，行動実験と評価尺度を併用して検討した．

検証１．刺激群を構成する各表情刺激が個別に処理された後に，共通の処理過程を経て平均表情を推定するのであれば，平均表情推定の精度とバイアスは異なる表情間で関連することが予測される．

検証２.個々の顔表情の知覚を基礎として複数の表情を平均化しているとすると，各表情の識別精度と平均表情推定の精度とに関連のあることが予測される．

検証３．自閉スペクトラム症傾向高群では平均表情抽出の精度の低いことが，評価不安傾向高群では怒り顔へのバイアス傾向の強いことが予測される．

平均表情抽出の精度とバイアス傾向，並びに表情識別精度は，心理物理測定法を用いて算出した丁度可知差異と主観的等価点を指標とした．心理的特性としては，自閉スペクトラム症傾向尺度（AQ-J-10）と，評価不安傾向尺度の簡易版（SFEN）の質問紙調査を実施した．

2. 方法

参加者　18 ~ 22 歳の大学生 57 名が実験及び調査に参加した．本研究は，目白大学人文社会科学系研究倫理審査の承認を得て実施した．

実験計画　ポジティブ表情とネガティブ表情の 2 表情について，被験者内計画で，平均表情抽出課題と表情識別課題を実施した．実験終了後に， AQ-J-10 と，評価 SFEN の質問紙調査を実施した．

刺激の作成　図１のように，ポジティブ顔条件では中立顔と笑顔の，ネガティブ条件では中立顔と怒り顔を 5%~95%の割合で合成し，1 つの顔刺激につき 19 枚の画像を作成した．これらの画像からランダムに４枚の画像を取り出し，平均表情抽出課題の刺激群を作成し，これらの平均値を標準刺激値とした．標準刺激の合成割合に−20, −10, 0, 10, 20 を加算して５段階の比較刺激を作成した．

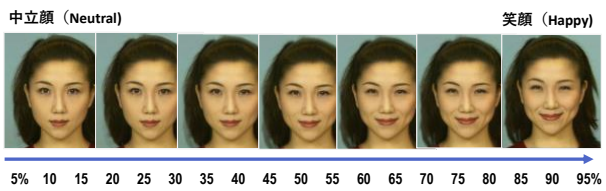


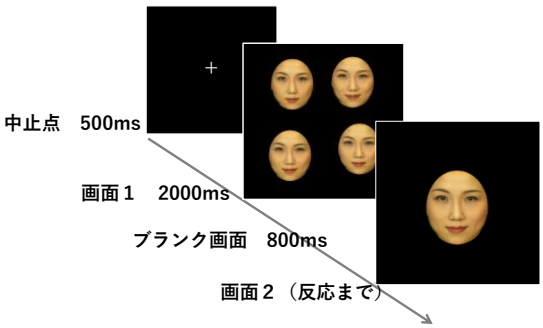
図 1．表情刺激の作成方法（笑顔の例）

表情刺激には ART 顔データベースの女性 4 名，男性 6 名を用いた．合成画像の作成には，FantaMorph 5 を使用した．刺激提示の制御は，MATLAB 及び psychtoolbox 3 を用いて行った．

手続き　図 2 に平均表情抽出課題と表情識別課題の刺激提示方法を示す．いずれの課題も刺激をディスプレイ上に提示し，観察距離は，ディスプレイから約 60cm とした．表情の提示順序は，カウンターバランスをとった．平均表情抽出課題では，参加者に，画面 1 の 4 つの顔刺激の表情を平均した表情をイメージし，画面 2 の表情と比較して，どちらがより大きな笑顔（または怒り）かの判断を求めた．識別課題では，提示された 2 つの表情を比較して，どちらの表情が怒り（または笑顔）の度合いが強いかの判断を求めた．両課題とも，恒常法を用いて参加者ごとに心理物理関数を求め，識別精度を示す丁度可知差異（JND）とバイアス傾向を示す主観的等価点（PSE）を算出した．

４つ実験課題を終えた後，自閉スペクトラム症傾向尺度（AQ-J-10）と，他者による評価不安傾向尺度の簡易版（SFEN）についてタブレット操作による回答を求め，先行研究に従って評価得点を算出した．

a.



b.

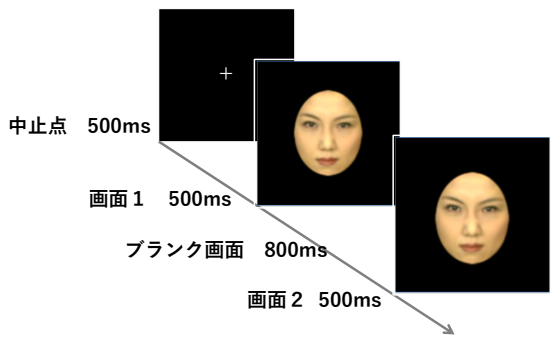


図 2．a. 平均表情抽出課題，b. 表情識別課題の刺激提示例

3. 結果

検証 1．笑顔と怒り顔の平均表情抽出精度の関係

図 3 に示す通り，両表情の平均表情抽出精度（JND）に有意な相関が認められた．また，バイアス傾向（PSE）にも有意な相関が認められた．これらの結果から，対象とする表情によらず個人で特有の情処理方略が用いられている可能性が示唆された．

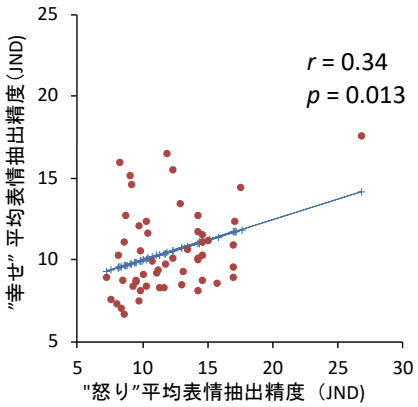
検証 2．表情識別精度と平均表情抽出精度の関係

図 4 に示す通り，笑顔においては表情識別精度と平均表情抽出精度に若干の関連性が示され，識別精度が高い参加者は平均表情抽出の精度も高い傾向が示された．一方，怒り顔では，両者に関連は見られないことから，笑顔と怒り顔の平均表情抽出では，異なる処理過程が関与する可能性が示唆された．

検討 3．平均表情抽出精度と ASD，FNE との関連

表 1 に相関関係の結果を示す．笑顔，怒り顔のいずれの平均表情抽出精度・表情識別精度とも，ASD 傾向と他者評価不安傾向（SFEN）との間に有意な相関は認められなかった．

a.



b.

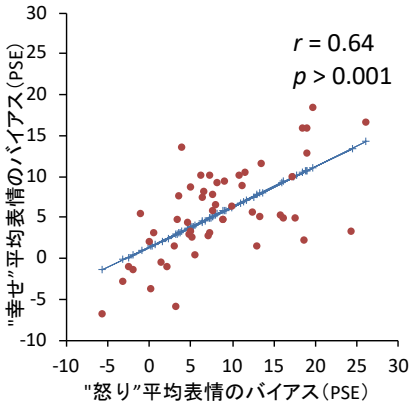
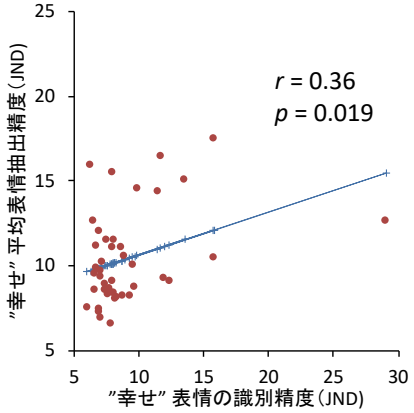


図 3．笑顔と怒り顔の a. 平均表情抽出精度（JND）と，b. バイアス傾向（PSE）の相関関係

a.



b.

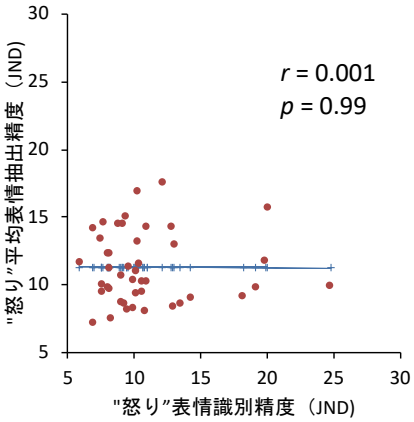


図 4. “幸せ”(a)，“怒り” (b)，各表情の，表情識別精度と平均表情抽出精度との相関関係

4. 考察

ポジティブ表情とネガティブ表情の平均抽出精度とバイアス傾向に有意な相関が見られたことから，平均値抽出には対象とする表情に依存しない共通の処理過程が存在することが示唆された．特に，バイアス傾向には中程度の相関が認められ，両表情とも顕著な表情に影響を受けることが示された．

予測とは異なり，平均表情抽出成績と ASD 傾向と他者評価不安傾向（SFEN）との関連性については，有意な相関は示されなかった．要因として，参加者が任意参加の大学生であり，顕著な自閉スペクトラム症傾向や他者評価不安傾向を示す者が含まれていなかった点が挙げられる．個人差要因を検討するには，幅広い特性を備えた参加者を対象とする必要がある．そのためには、実験手続きを簡易化し，より多くの対象者に実験・調査を行う必要があるだろう．

表 1. 心理的要因と平均表情抽出課題の精度とバイアス，表情識別精度の相関関係

	自閉スペクトラム症傾向（AQ-J-10）		他者評価不安傾向（SFNE）	
	r	p値	r	p値
平均表情抽出				
笑顔の精度	−0.12	0.42	0.03	0.82
怒り顔の精度	−0.06	0.67	−0.06	0.69
笑顔のバイアス傾向	−0.18	0.20	−0.14	0.34
怒り顔のバイアス傾向	0.19	0.19	0.13	0.35
表情識別精度				
笑顔	−0.24	0.12	0.13	0.42
怒り顔	−0.18	0.23	−0.01	0.95

文献

[1] Whitney, D., & Yamanashi Leib, A. (2018). Ensemble Perception. Annu Rev Psychol, 69, 105-129.Haberman, J., & Whitney, D. (2009). Seeing the mean: ensemble coding for sets of faces. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 35(3), 718-734.

[2] Haberman, J., & Whitney, D. (2009). Seeing the mean: ensemble coding for sets of faces. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 35(3), 718-734.

[3] Haberman, J., Brady, T. F., & Alvarez, G. A. (2015). Individual differences in ensemble perception reveal multiple, independent levels of ensemble representation. *J Exp Psychol Gen*, 144(2), 432-446.

[4] Rossignol, M., Campanella, S., Bissot, C., & Philippot, P. (2013). Fear of negative evaluation and attentional bias for facial expressions: An event-related study. Brain and Cognition, 82(3), 344-352.

[5] Pei, G., Xiao, Q., Pan, Y., Li, T., & Jin, J. (2023). Neural evidence of face processing in social anxiety disorder: A systematic review with meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews,* 152, 105283.

[6] May, K. E., Martino, M. A., & Kana, R. K. (2022). Emotional Cognition, Theory of Mind, and Face Recognition in Individuals with Autism and PDDs. In J. L. Matson & P. Sturmey (Eds.), Handbook of Autism and Pervasive Developmental Disorder: Assessment, Diagnosis, and Treatment (pp. 113-133). Cham: Springer International Publishing.

[7] Karaminis, T., Neil, L., Manning, C., Turi, M., Fiorentini, C., Burr, D., & Pellicano, E. (2017). Ensemble perception of emotions in autistic and typical children and adolescents. *Dev Cogn Neurosci*, 24, 51-62.

[8] 前田, 金山 & 佐藤. (2017). 大学生における自閉スペクトラム症傾向の実態調査 : AQ-J-10 を用いて. *関西大学心理学研究*, 8, 23-29.

[9] 二瓶, 荒井, 前田, 他. (2018). Fear of Negative Evaluation Scale 日本語短縮版の因子構造, 信頼性および妥当性の再検討. *不安症研究*, 10(1), 54-63.

記号と意味とが相互作用する場のモデル
A model of field where signs and meanings interact with

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

概要
記号表現は言葉や記号で考えを表明するが，その表された意味と相互作用する場として捉えられる．記号表現により思考は文脈から切り離され，自律的なエージェントとして分散する．そのため心内エージェンシーは免疫ネットワークとしての自己決定性と自己言及性を有する．一方記号表現の自壊はその非凸性を意味する．本研究は認知的領域の非凸性を阻止する耐戦略的メカニズムについて論じる．また阻止条件を用いて認知的領域を生成する実験について報告する．

キーワード:記号と意味の相互作用，記号的分離可能性，免疫ネットワーク，認知的阻止，クジ比較，社会選択

1. はじめに

本研究では言葉や記号を用いて考えを表明すること，またその意味的な相互作用を抽象化して記述するための理論的なモデルを提案する．まず意味作用ないし意識というものを認知空間のオペレーター（作用）が認知空間の対象を変化させるプロセスと考えてみよう．記号論ではシニフィアン（Sa），つまり記号として作用する側とシニフィエ（Sé）との対応関係，あるいはより短く記号部と意味部のペアを意味作用の基本ユニットとする．これらの用語はソシュール以来の記号論の伝統であるが，一方，記号と意味の対応関係は恣意的に発生するものではなく，一定の安定性をもった構造として定まるという観点をその背景にもつ．

記号をモノのように考えれば，モノ同士のときと同様，記号と記号が衝突して動く方向が変わったり，分解して中のものが飛び出たり，化学反応を起こして，全体として滑らかに変化するが，質的に不連続な変化（カタストロフ）を引き起こすこともある．もちろん書いた文字や話された音声自体が物理的に相互作用するのではなく，それに対応して認知表象が生成したり消滅したりする．直観的には，ある記号（シンボル）を認知してその意味を知ること，あるいはその逆に思ったことを記号で表現したりすることが，記号を用いた思考である．つまりその記号とは別の記号や音声・映像・匂いなどのイメージ，行動選択の機会・必要性・危険性など何らかの知覚や解釈が導出される．こうした一連の変化が起こるのが意味作用の場である．それは表象（記号）が配置される認知空間の別の，しかし等価な表現であり，また意識と私たちがふつう考える対象に相当する．しかしながら，量子場理論の解釈のしかたにならえば，記号はあらかじめ外的に与えられたものではなく，意味作用の場において生じた（エネルギー状態の）励起として検出される(Stone, 2000)．記号は意味作用の場に生じた励起であり，有徴化され，気になるものである．

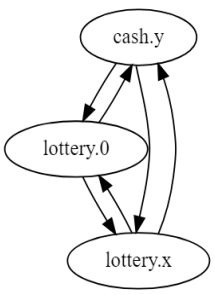
以下に示すネットワークモデルはより直観的に理解できるだろう．記号とその意味は，カギとカギ穴の関係が連鎖するように時間発展する．

(1) Sa(1) → Sé(1) →Sa (2) →Sé (2) →…

各時点 t において記号として作用する Sa (t)とその効果として生じる意味 Sé (t)との間には自由度の非対称性がある．記号部 Sa (t)が意味部 Sé (t)より自由度が高く，部屋ごとの暗号が次々と解かれていくイメージである．また個々の Sa→Sé, あるいはそのつながり・鎖(chain)は，条件文のモデルとしても解釈しうる．

数理的には Sé(t)は抽象的な多様体上のある点ないしそのファイバーであり，直観的に，図 1 に示すようなネットワークのノードとそのポテンシャルとして理解できる．その解釈は認知的コネクターで結合された認知空間の領域であり，メンタルスペース理論(Fauconnier,1997)における操作の非文法的側面である．

図 1 認知的ネットワーク



式(1)中の矢印はネットワーク内では（有向）エッジに対応し，ポテンシャルの勾配に沿って動く粒子，あるいは全体解いて波のように動くものと解釈される．図 1 ではクジ選択の可能な結果がノードとして示され，また可能な結果のペアを比べることがエッジに対応する．つまり図 1 は「X 円が確率 P で当たるクジ」と「現金 Y 円がもらえる」という 2 つのオプションを選択する問題を理解する意味作用の場を表現する．

異なるクジの選択結果を比較するときの認知空間は特殊相対性理論と類似する．つまり選んだ行為を一つの動く座標系として，選ばなかった行為に対応する別の座標系の動きがどう見えるかということである．クジ比較の例での基底状態は，その不変量としての気になる度合いを保存する．自明なネットワークの均衡として，同じエッジは同じように気になる．しかしより一般的には，それは場から影響を受けて変化していく．

もしネットワークが安定（均衡）していれば，その動きはポテンシャルの高い方から低い方への流れとして容易に理解できる．クジ選択者は「X 円が当たる」ときの「選ばなかった現金 Y 円」よりも「クジが外れて 0 円」だったと考えたときの同じ「選ばなかった現金 Y 円」をより気にするかもしれない．

ネットワークのエッジやポテンシャル自体が変化すると，もちろんその動きはより複雑になる（ニューラルネット学習の進歩を考えてみよう）．ノード間のポテンシャル差はエッジの気になる度合いに対応し，エッジに沿った移動の費用とみなせる．実際，(lottery.X→cash.Y) と(lottery.0→cash.Y)から含意される(lottery.X→lottery.0)という潜在的な注目の移動が含意されるが，これは最短路アルゴリズムにおけるポテンシャルの更新のアナロジーである．犬童（2013, 2014a）の行った実験では気になる度の差の競合パタンが検出される．これは全回答者に共通のラングやサブグループのパロールと考えうる．6 節ではその生成実験を論じる．

2. 心の中の他者

生きた認知システムは認知領域の滑らかな表面，凸性(convexity)を生み出そうとする潜在的な傾向をもっていると思われる(Gärdenfors, 2004)．それは知ろうとする対象を制限するバイアスとして異なる分野の間に散ばって現れることからも示唆される．認知心理学における確証バイアス，統計学的推論における選択バイアス，科学哲学にけるラムジーテスト，経済学・経営管理における満足化原理はその例である．

直観的には，凸性とは仲間同士を混ぜても他者（あるいは異物や敵など）にはならないという性質である．トポロジー的には，もしそのような組み合わせがつかれば，その認知領域が穴，くぼみ，あるいは凹みをもっていることを意味する．自己に属するカテゴリーと属さない他者とを区別する手続きは，抽象化したメカニズムとしては自己－他者の識別，あるいは認証を行う免疫と同じである．またそれはカテゴリー判断や命題の真偽決定の基礎となる．また一定の安定した意味作用（意味作用の均衡）を保証できなければ，言語的なコミュニケーションは不可能である．

ところで生成 AI で製作されたチャットボットはヒトのように言語（書かれた言葉）で会話し，感情や人格すらもっているかのようにふるまうことができる．しかし事実とその解釈は区別しなければならない．半世紀前にワイゼンバウムの Eliza がすでにそうであったように，ヒトは感情をもたない他者にも心を見出すことがある．また AI は感情をもたぬゆえ平気で嘘をつくことができる（これは論理としては正しい）．この場合，騙す知能が騙される知能に勝っている．もっとも Eliza の仮想人格 DOCTOR のように，そのスクリプトがヒトに偽の記憶をもつ動機がある状況（カウンセリング）を作り出し，ヒトがそれを無自覚に受容するのだとも考えうる．

AI がヒトのプロンプトに応答して言葉を生成しているということ自体は一つの事実だが，「ヒトと区別できない（ゆえに知能をもっている）と思った」ということは，それとは異なる別の事実である．後者の事実は通常，その元となった事実についての解釈であると考えられる．同様に，記号表現された自分自身の思考はその都度，その意味作用を再生産するためにエージェント化されると考えることができる．事実は認知空間に送り出されたエージェントである．式(1)が表す思考活動によって成立する認知領域は，したがってエージェンシーとしての性質を帯び，心の社会を形成する．それらのインタラクションは時間的に遠く離れた記号表現の間ですら可能である．

3. 記号的分離と心のエージェンシー

分散して長距離依存する心のエージェンシーは免疫ネットワーク(Vaz & Varela, 1978)と同じく，自己決定性と自己言及性を有するフィードバックループとなる．

それはいわば嘘つきパラドックスの動学化である．記号を用いて考えを表明する行為は，エージェンシーのもつ投機的性質によって，表現される意志や思考そのものを破壊する可能性がある．またそれを防ぐため免疫と似たしくみを備えていると推察できる．

記号（シンボル）は広義の文脈としてのエージェントの環境全体から切り離され，一定の境界をもった範囲としてその意味を理解される．本研究ではこれを記号的分離可能性（symbolic separability）と呼ぶことにする．記号的分離は凸解析における分離定理のアナロジーであるが，認知領域におけるその成立は自明ではなく，探求するための確固とした枠組みはまだないと思われる．先駆的には免疫ネットワークやカタストロフ理論が参考になる．ルネ・トム(Thom, 1977)は言語的な意味をモデル化するためトムは力学系の特異点に至る安定軌道，つまりカタストロフに着目した．カタストロフを含む安定な閉軌道パタンを生物の動作の語彙（動詞）に対応させている．

記号表現における自壊的な意向は，より一般的に言うと，文脈における認知領域の囲い込みの失敗，その結果としての認知領域の非凸性である．実際，限定された合理性(bounded rationality)とは人が複雑な問題をそのまま解こうとすると失敗することであり，またそれを人は避けようとする思考と行動の傾向としての満足化(satisficing)を意味する（Simon, 1976）．

記号と意味との相互作用は記号の使用される文脈に依存する．記号論者は意味作用を固定された対応関係（符号化規約）のように扱うのを止めて，物理や生物のメタファーから構造生成や文脈埋込のモデルを探求したが，認知科学でもニューウェルとサイモンの物理記号系やフォーダーの思考の言語仮説といった心的表象の計算論から離れて，生態学的知能や埋込まれた学習が研究されるようになった．フォーダーは記号と意味の関係を信頼できる因果関係として論じた(Fordor, 1998)．これは脳は統計学的推論のエラーとしての他者性を抑えるしくみをもつことを示唆する．

記号使用が埋め込まれる文脈には，記号だけでなく，記号の使用者，伝達を意図する相手，彼らの記憶や理解や反応，またそれを第 3 者が知ることで生じる潜在的な影響が含まれる．その拡がりは明示的に伝達行為が行われている場すら超える（たとえば外為市場や債券市場は金融機関のトレーダーが電話などの通信手段を用いて直接やりとりするネットワークのことだが，経済学者の言う市場はそれとは異なる）．しかし一定の安定した意味作用（意味作用の均衡）を保証できなければ，言語的なコミュニケーションは高々無意味な連想ゲームになり，意味理論として物足らない．

以降の節では免疫的エージェンシーとその記号分離，認知的阻止のメカニズムがその抽象化された認知領域上のオペレーターから必然的に生じるということを，クジ比較における可能な結果間の注目ネットワークモデルを用いて具体的に説明する．

4. 認知空間における阻止メカニズム

自己に属するカテゴリーと属さない意味作用を確定するには，文脈のどこまでが記号の意味に影響するかを，ある境界で囲い込む必要がある（おそらくフォーダーが意味の全体論に反対する観点とも一致する）．またその結果，エージェントとその環境との相対的な定義が生じる．実際，満足化は当面の問題解決・目標達成に影響する情報を選び，無関係な情報を捨てることを繰り返しながら問題表現の均衡に達するような認知プロセスである．思考の表明は不確実な結果と不明瞭な境界を伴う意思決定，あるいは他者や自分自身に対してコミットするための（戦略的な）ゲームプレイとして捉えられる．そこで，生きた知能システムはとうぜん記号表現された自己の意志であるエージェント，つまりその認知領域に不可欠な参加者と，そのネットワークにとっての脅威となる異物・他者を区分し，監視したり排除したりする防御的あるいは予防的なメカニズムを備えると考えられる．本研究ではこれを認知的な阻止（cognitive blocking）と呼ぶことにする．またこのメカニズムは，認知的領域の滑らかな変換を要求すると考えるのが自然だろう．それが認知空間の凸性と記号的分離によって支持され，自己という不動点（あるいは定常状態）をもつ特別な認知プロセスの基盤となっているはずだ．

認知的ネットワークはときとしてより複雑な，必ずしも凸ではない領域をなす．自律化したエージェンシーは自己のメンバを他者から区別し異物を攻撃・排除するが，他者を取り込むことで免疫的寛容性を示すこともあり，それによってネットワーク自体を拡張する．いわば敵から身を守る（損失回避する）とともに捕食して生きていく（利得を追求する）必要がある．

5. 二者択一の定理

環境は，エージェントの認知活動が行われる場(field)

として抽象化される．意味作用の場ではエージェントが環境と相互作用し，基底状態からの励起としての記号を発生させる，あるいはその記号自体がエージェントである．簡単化のため，記号と意味の相互作用が発生する場を点の集まりN={1,2, …, n }と考える．各点には場の量（多様体のファイバー）と局所座標系が対応する．各点xは局所座標系と同一視される．計量テンソルのアナロジーとして，ある$x \in N$におけるエージェントの認知活動はその局所座標系における場の量の観測であり，局所座標系同士の変換である．またこの活動の結果エージェントは$x \in N$に移動すると仮定して力学系を考える．そこで認知活動を$x \to y$，$x, y \in N$あるいは$y = F(x)$と書くことができる．

直観的には意識状態・認知表象が場の量に依存した注意配分によってベクトルv^xとして生成される．ただしこの定式化では認知は行為と形式上区別できない．意識的活動では意味作用Fに伴い，その結果として，知った・分かった，知らない・分からないといった自己意識（情報）が伴う．ヒトの場合，その行為は自己意識を伴うのが通常であるが，例外もある．実際，もし生成される認知表象が生成前と同じなら情報に気づかない．

二者択一の定理(Minkowski-Farkas lemma)から，n次元ベクトルvとn行m列の行列Fに対して$Fu = v$となるベクトルuが存在し，かつあらゆるm次元ベクトルpに対し$F^T p \geq 0 \to v^T p \geq 0$（$T$は転置）が成立するか，あるいはどちらも成り立たない．つまりvがFの列ベクトルがなす錐の中にある（つまりその非負成分の一次結合として特定される）．あるいはその代わりにpをいくつかサンプリングして共単調性をチェックしながら支持超平面を形成する認証手続きが考えられる．

図 1 のネットワークのエッジの気になる度はクジ選択問題がエンコードされた認知領域をおおまかに捉えるものと考えうる．犬童（2014a）は実際に実験データから正の差が生じるエッジ同士の競合を検出した．そのペアは多くが[i→j]と[j→k]の形（[ ]内は複数ありうる）で，その同時正差は二者択一定理における共単調性の違反である．すなわちＦの錐に入らない他者，部分経路[ijk]を，反事実として弱く排除する．ただし等号で成り立つ境界例は免疫的寛容を受ける．例えば X=400, Y=300（金額単位：万円），P=0.8 とすると，i=(lottery.0→cash.Y)，j= (lottery.X→cash.Y)，k = (cash.Y→lottery.0)である．i→j，j→k は 23 件と 34 件，等号も含めると回答全体の 46%と 77%にあたる．両方成り立つのは 0 件であった（期待件数 8）．

6. 認知的可能領域を生成する

Gärdenfors(1993)は意味の創発に社会選択の公理系を転用した．仮想選択されるクジに対応する 2 人のエージェントのエッジのペアごとに気になる度を組にして，もし合意できるならそれを尊重するように合成する手続きはこのモデルと同型である．Arrow の不可能性定理から組全域をカバーしようとすると独裁になる（α 独裁）．また認知的阻止を最も注目されにくいエッジを選ぶ関数とする．Gibbard-Satterthwaite 定理から認知的阻止は全域で耐戦略的だと独裁になるか強制・禁止を伴うかのいずれかである（γ 独裁）．独裁でない領域は，α 可能なら捕食，γ 可能なら免疫と解釈される．これらは複雑に相互作用し，とくにα 可能かつγ 独裁であるなら自壊的な記号表現が予測される．ポスターでは Indo（2014b）の方法を用いた生成実験も紹介する．

文献

Fauconnier, G. (1997). Mappings in Thought and Language. CUP（『思考と言語におけるマッピング』坂原茂・田窪行則・三藤博(訳) (2000) 岩波）

Gärdenfors, P. (1993). The emergence of emergence of meaning. *Linguistics and Philosophy*, 16(3), 285-309.

Gärdenfors, P. (2004). *Conceptual Spaces: The Geometry of Thought*. MIT Press.

Fordor, J.A. (1998). *Psychosematics*. MIT Press.

犬童健良(2013). アレの背理における注目と注目の流れ. 行動経済学会誌, 6, 70-73. http://dx.doi.org/10.11167/jbef.6.70

犬童健良(2014a). アレの背理における反事実的注目とリスク選好の認識的安定性. 関東学園大学経済学紀要, 39, 53-80. https://doi.org/10.20589/kantogakueneconomics.39.0_53

Indo, K. (2014b). Parallel possibility results of preference aggregation and strategy-proofness by using Prolog. In *Proc. the 6th International Conference on Agents and Artificial Intelligence – Vol. 2,* 243-248. https://doi.org/10.5220/0004913302430248

Simon, H. A. (1976). *Administrative Behavior 3rd edition*. Free Press（サイモン, H.A. 松田武彦・高柳暁・二村敏子(訳) (1989) 経営行動 ダイヤモンド社）

Stone, M. (2000). *The Physics of Quantum Fields*. Springer（ストーン, M. 樺沢宇紀(訳) (2012) 量子場の物理 丸善）

Thom, R. (1977). *Stabilité Structurelle et Morphogénèse, Deuxième Édition*. InterEditions（ルネ・トム, ジーマン, E.C. 彌永昌吉・宇敷重弘(訳) (1980) 構造安定性と形態形成 岩波）

Vaz, N. M., & Varela, F. J. (1978). Self and non-sense: an organism-centered approach to immunology. *Medical Hypotheses*, 4(3), 231-267 (小泉俊三(訳) 自己と無意味：免疫学への生体中心の一アプローチ」 現代思想 1984 12 月 166-88）

創造性訓練としての連想の利用可能性：連想方略の違いによる影響

Associations as a possible method of creativity training: Effectiveness of different types of association tasks

安陪 梨沙[†]，服部 雅史[‡]
Lisa Abe, Masasi Hattori

[†] 立命館大学大学院人間科学研究科，[‡] 立命館大学総合心理学部
Graduate School of Human Science, Ritsumeikan University,
College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University
lt0839ie@ed.ritsumei.ac.jp

概要

本研究では，特定のカテゴリに属するものを答える事例課題，一つの単語に関係する単語を列挙する放射状連想，連鎖的に単語をつなげる連鎖連想を使用し，実験前に連想を行うことが，後の概念合成課題の成績に影響するかを比較検討した．結果から，有意ではないものの，独創性得点において連鎖連想が関連度の低い単語対の概念合成を促すこと，カテゴリの切り替えを促すことで関連度の高い単語対の概念合成が促される傾向が示された．

キーワード：事例課題，連想，概念合成課題

1. 目的

創造性と拡散的思考は密接な関係にある．Benedek et al. (2012)は創造性が高い人ほど拡散的思考を必要とする連想能力が高いことを示した．この研究では，起点となる単語に関連する単語を列挙する放射状連想（associative fluency; 夏→ビーチ，海辺，夏休み……）と，起点となる単語から連鎖的に単語を列挙していく連鎖連想（associative flexibility; 夏→浜辺→砂→城→騎士……），事前に出た単語となるべく関係のない単語を列挙する解離連想（dissociative ability; 夏→コンピュータ，バナナ，自転車……），2 つの単語に共通する概念を列挙する遠隔連想（associative combination; 夏・高い：飛行機，気温，……）の 4 種類のうち，どの連想が創造性の高さと関連するかを検討した．その結果，より広い拡散的思考を必要とする解離連想および遠隔連想の成績が創造性の高さを説明することが示された．

さらに，拡散性の高い連想を行うことによって創造性が向上する可能性がある．Liu (2016)は，創造性課題を行う前に，参加者に 2 種類の課題を行わせた．一つ目は，事例課題 (instances task; 例：猫→シベリアン，ペルシアン，三毛……) のようにカテゴリ内の項目を列挙させる課題であり，二つ目は放射状連想課題 (associative fluency)であった．その結果，事前に放射状連想課題を行なった参加者の方が，創造性が高くなった．事例課題では特定の概念（例：猫）に注意が向くのに対して，放射状連想では複数の概念に注意が向くことから，連想によって，広い範囲の概念に目を向けることで，創造性が向上する可能性がある．

しかし，創造性の向上において，思考をただ拡散させるだけでは不十分である可能性がある．安陪・服部 (2023)は 2 単語を組み合わせて独創的なものを作る概念合成課題において，事前の訓練として，単語のカテゴリを 6 個記入させる代替カテゴリ課題 (alternative categories task; ACT; Chrysikou, 2006)，または連鎖連想を行うことで創造性が向上するかを検討した．その結果，ACT を行なった参加者の方が連鎖連想を行なった参加者よりも創造性が向上した．この影響は，組み合わせる単語の関連度の高低によらなかった．ACT は一つの概念に対して複数のカテゴリを想起させていることから，形式としては放射状連想に近く，概念の拡散の程度としては連鎖連想よりも少ないと想定される．

以上から，創造性の高さと拡散的思考には関連があるが，創造性の向上という観点においては，思考の拡散のみでは不十分である可能性がある．Kennet et al. (2014)では，創造性が高い人の意味ネットワークは創造性が低い人よりも単語どうしの連結が多く，凝集していることが示唆されている．このことから，創造性の高い人は，連想において思考を拡散させる際，（意識的または無意識的に）意味的に近い単語が思い浮かんでも遠い単語を選択するのに対して，創造性の低い人は，意味的に近い単語が浮かぶとすぐにその単語を連想の項目として挙げてしまうのかもしれない．ACT はある特定の単語について複数のカテゴリを想起することで，その単語をさまざまな面から考え直すという経験をするこ

とから，この経験が，創造性の低い人にとって，創造性の向上に有効であった可能性がある．

以上から，拡散的思考を必要とする連想が創造性に有効であることは示唆されているが，具体的にどのような方略が創造性の向上に有効であるのかは明らかになっていない．そこで本研究では，安陪・服部 (2023) の概念合成課題と，事例課題，放射状連想，連鎖連想の 3 つの連想課題を用いて，事前の連想の拡散度が重要であるのか，それとも，一つの概念を多様な面から見ること重要であるのかを検討する．連想の拡散度が重要なら，連鎖連想，放射状連想，事例課題の順で創造性が向上すると予想される．一つの概念を多様な面から見ることが重要なら，放射状連想，事例課題，連鎖連想の順で創造性が向上すると予想される．

また，事例課題と異なり，放射状連想と連鎖連想については，連想内で項目ごとのカテゴリが切り替わることを想定している．しかし，参加者によっては連想中，同じカテゴリの語を生成し続ける可能性がある．そのため，教示として「その項目を挙げた理由」を答えさせ，同じような理由を挙げないよう依頼することによってカテゴリの切り替えを促す「条件付き」の群を設定する．もし概念を多様な面から見ることが重要であるのなら，カテゴリの切り替えを促す群において創造性が向上すると予想される．

2. 方法

2.1 参加者

立命館大学生 40 名（男性 17 名，女性 22 名，*M*: 19.3, *SD*: 0.93）が作品の作者として実験に参加した．

2.2 装置

連想単語の入力，概念合成課題の教示と時間管理のため，実験室の机にパソコン，モニタ，キーボード，マウスを設置した．また，入力フォームとして，Qualtrics を使用した．概念合成課題の作品の描画のため，A4 サイズの用紙を複数枚とシャープペンシル，消しゴムを用意した．

2.3 尺度

参加者が普段行う創造的な活動と，概念合成課題の成績との関連を確認するため，創造的行動尺度 (Batey, 2007)を日本語訳した上で使用した．これは過去 12 ヶ月間で積極的に関わった活動について，「短い小説を書いた」「オリジナルの料理レシピを作成した」などの 34 項目の中から当てはまるものを選択する尺度である．

2.4 刺激

事例課題では，特定のカテゴリに属す事物を記入させる必要があるため，刺激語として「乗り物」を呈示した．また，放射状連想，連鎖連想については，安陪・服部 (2023)と同様に「ペットボトル」を呈示した．

概念合成課題では，安陪・服部 (2023)と同様に，関連度の低い組み合わせとして「バス・指輪」，「辞書・歯」，関連度の高い組み合わせとして「ネクタイ・マフラー」，「タクシー・パトカー」を使用した．

2.5 手続き

参加者は連想の種類別（事例課題，放射状連想課題，条件付き放射状連想課題，連鎖連想課題，条件付き連鎖連想課題）に無作為に割り当てられた．

入室後，参加者は机の前に座り，モニタに表示された同意書に入力した．入力後，参加者は連想課題に 5 分間取り組んだ．事例課題では「下記の入力欄に，呈示された単語に属す種類を入力してください．例：動物→犬，猫，象，クマ……」，放射状連想課題では「ある単語を見た時，その単語から別の単語が思いつくことがあります．下記の入力欄に，「ペットボトル」から思いつくものを入力してください．例：猫→毛皮，ミケ，犬，ミルク……」，連鎖連想課題では「下記の入力欄に「ペットボトル」から順番に，思いつく単語を入力してください．例：猫→犬，骨，頭蓋骨，ヘルメット……」と教示した．また，カテゴリの切り替えを促す条件付きの群では「入力するとき，その単語を挙げた理由を括弧内に書いてください．また，単語ごとに，その理由を変えてください」と追加で教示した．これらの教示には，全て連想方略を視覚的に表した図を呈示した．

入力する単語についての注意事項として「単語を入力する際は身の回りにあるものを参考にしたりせずに，できるだけ頭の中で思いついたものを15個入力してください．入力する単語はなるべく漢字を使って，同音異義語の区別ができるように注意してください．カタカナ表記が一般的なものは，そのままカタカナで書いてください．固有名詞（特定の人物名や場所，団体名）は入力しないでください．専門用語や特定領域などでのみ使われる言葉などの特殊な単語は入力しないでください」と教示した．

続いて，概念合成課題を行った．概念合成課題ではモニタ上に単語対を呈示し，「画面に呈示される 2 つの単語から発想して，時間内（3 分）に好きな数だけ，新しくて独創的なものを作って名前をつけてください．また，作ったもののイラスト，図を描いてください．単語

はどのように解釈してもよく，単語から発想したものなら何を用いても構いません」と教示した．参加者は3分間，手元の紙に 2 つの単語を組み合わせて，自身が思う「新しくて独創的なもの」を描画した．単語対の呈示を 1 試行とし，これを 4 試行繰り返した．参加者ごとに，単語対の呈示順はランダムに変更された．概念合成課題終了後，参加者は各試行につき自身がよいと思う作品を 1 つずつ（計 4 個）選び，印をつけた．

最後に，参加者は呈示された創造的行動尺度 (Batey, 2007)に回答した．終了後，参加者は実験者から，実験目的や内容，仮説についての解説を 3 分程度受けた．

2.6 創造性評価

参加者 40 名の選んだ 160 作品は，心理学専攻の学生および心理学研究者，計 3 名が独立に 5 段階（1: 低い〜5: 高い）で評価した．創造性の評価基準は「アイデアが，他の人にはなかなか思いつかない，知的な回答かどうか」とした．また，創造性に関連する特性を検討するため，評価項目に独創性（アイデアが，あまり見たことがない，思いつきにくいことか）と有用性（アイデアが，何かに使える，転用できるか）を加えた．

3. 結果

評価者個々の採点方略が影響することを考慮し，分析にあたっては，評価者ごとに得点を標準化した．続いて，各作品の得点を，刺激の関連度の高低ごとに平均した．

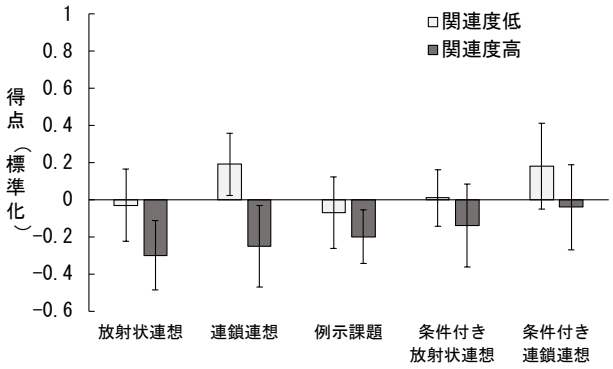
連想の種類（事例・放射状連想・連鎖連想・条件付き放射状連想・条件付き連鎖連想）と，刺激の質（関連度高・関連度低）が創造性得点に与える影響を分散分析により検討した（図 1）．その結果，連想の種類の主効果 $F(4, 35) = 0.45, p = .77, \eta_p^2 = .05$，刺激の質の主効果 $F(1, 35) = 3.84, p = .06, \eta_p^2 = .10$，交互作用 $F(4, 35) = 0.21, p = .93, \eta_p^2 = .02$ とも有意な差はみられなかった．

独創性得点（図 2）では，連想の種類の主効果 $F(4, 35) = 0.26$，$p = .90, \eta_p^2 = .03$ に有意な差はみられず，刺激の質の主効果が有意であり $F(1, 35) = 9.15, p = .005, \eta_p^2 = .21$，交互作用 $F(4, 35) = 1.06, p = .39, \eta_p^2 = .11$ は有意でなかった．

有用性得点では，連想の種類の主効果 $F(4, 35) = 1.20, p = .33, \eta_p^2 = .12$，刺激の質の主効果 $F(1, 35) = 0.28, p = .68, \eta_p^2 = .008$，交互作用 $F(4, 35) = 0.57, p = .68, \eta_p^2 = .06$ とも有意な差はみられなかった．図 1, 2 から，創造性，独創性とも，連鎖連想群において関連度が低い刺激を用いた際の得点が高くなる傾向がみられる．また，条件付き連鎖連想群では，他の群よりも関連度が高い単語対の得点が高くなる傾向にある．さらに，独創性について，放射状連想群，連鎖連想群とも，関連度の低い刺激を用いた際の得点は事例課題よりも高くなっているが，関連度が高い刺激の得点は低くなる傾向がみられている．また，条件付き放射状連想群では，関連度が低い刺激を用いた際の得点は低いが，関連度が高い刺激の得点が他の群よりも高い傾向がある．

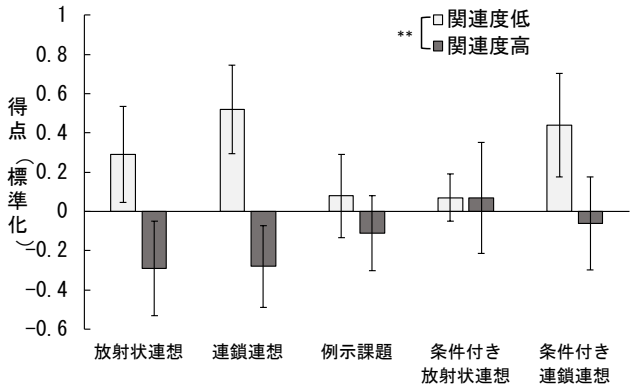
普段，創造的活動を行っていることによる影響を検討するため，創造的行動尺度得点と，各群における創造性，独創性，有用性得点との相関を確認したところ，いずれも有意な相関はみられなかった．

図 1
創造性の条件別評点



註：エラーバーは標準誤差を示す．

図 2
独創性の条件別評点



註：エラーバーは標準誤差を示す．**: $p < .01$.

4. 考察

本研究では, 事前に行う連想課題の種類によって, その後の創造性課題（概念合成課題）の成績が変化するかを検討した. 結果から, 創造性, 独創性, 有用性のどの項目も, 連想の種類の効果に有意な差はみられなかった. 連想の種類の違いによる効果がみられなかった要因としては, 参加者数の不足が考えられる. 実験前にG*power3.1 を用いて, 検定力 0.8 として計算したところ, 1 群 18 名程度が必要であると推定された. 本稿はその半分以下である 1 群 8 名のデータで分析を行っているため, 十分な検出力が見込まれなかったと考えられる.

結果からは, 連鎖連想群において, 関連度の低い刺激の創造性, 独創性得点が高くなる傾向が示された. 一方で, 関連度の高い刺激の得点は低くなる傾向がみられた. 放射状連想群は, 独創性において, 事例課題よりも得点が高くなる傾向がみられたが, 創造性ではそのような傾向はみられなかった. このことから, 創造性課題の前に拡散的思考を伴う連想を行うこと, その際, カテゴリを切り替える教示を行うことで創造性, 独創性を向上させられる可能性がある.

また, カテゴリの切り替えを促した条件付き放射状連想群では独創性得点が, 条件付き連鎖連想群では創造性得点が, 関連度が高い単語対において高くなる傾向が示された. この要因として, 単純な連想では無意図的にカテゴリを切り替えるのに対して, 条件付き連鎖連想群では意図的にカテゴリを切り替える作業を行ったことが挙げられる. 関連度が高い刺激（タクシー・パトカー等）は形状, 用途が似ているため, ただ単に, 物理的に組み合わせられることが多い（例：半分タクシー, 半分パトカーの車）. 無意図的な状態では, 対象の単語の概念を変化させるのに十分な思考の切り替えを行うことができなかったのに対して, 事前に意図的なカテゴリの切り替えを行うことで, より複雑なアイデア（例 : 刑務所行き飛行タクシー）を形成できた可能性がある. 特に, 条件付き放射状連想群では, 上記に加え, 放射状連想の持つ一つの概念に対し, 様々な方向から注意を向ける方略を用いることで, 概念の変化を促し, 独創的な発想（くだらないかもしれないが, 他の者と異なる発想）を行うことができるようになった可能性がある.

全体として, 本研究では, 特定の概念に注目することの創造性の練習としての有効性を示すことはできなかった. 安陪・服部 (2023)は, ACT が連鎖連想よりも創造性を向上させた要因として, 概念の別の面に目を向けることができることを指摘した. それを受けて本研究は, ACT と同様の構造を持つ放射状連想を使用して, これを検証しようとした. しかし, 結果からは, 連鎖連想の方が放射状連想よりも創造性の向上に有効である可能性が示唆された. このことから, ACT の効果の要因は, ただ単に概念の別の面に目を向けるという構造そのものではない可能性がある. この点については, 今後, 参加者数を改善した場合も同様の傾向が見られるか確認しながら, より詳細に検討していきたい.

文献

安陪 梨沙・服部 雅史 (2023).概念合成課題の創造性に対するアドホックカテゴリ想起の影響　認知科学, *30*(3), 365–369. https://doi.org/10.11225/cs.2023.020

Batey, M. (2007). A psychometric investigation of everyday 86 creativity. Unpublished Doctoral Thesis. University Col- 87 lege London.

Benedeck, M., Könen, T., & Neubauer, A. C. (2012). Associative abilities underlying creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, *6*(3), 273–281. https://doi.org/10.1037/a0027059

Chrysikou, E. G. (2006). When shoes become hammers: Goal-derived categorization training enhances problem-solving performance. *Journal of Experimental Psychology*, *32*(4), 935–942. https://doi.org/10.1037/0278-7393.32.4.935

Kenett, Y. N., Anaki, D., & Faust, M. (2014). Investigating the structure of semantic networks in low and high creative persons. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, Article 407. https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00407

Liu, S. (2016). Broaden the mind before ideation: The effect of conceptual attention scope on creativity. *Thinking Skills and Creativity*, *22*, 190–200. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2016.10.004

人ーモノ相互作用における「知識」が果たす機能；蚊取線香調査の結果を受けて考える

The function of knowledge in human-artifact interaction: Consideration based on results of how younger adults interacted with anti-mosquito incense

原田 悦子[†,‡]，安久 絵里子[†]
Etsuko T. Harada, Eriko Ankyu
[†]筑波大学，[‡]株式会社イデアラボ
University of Tsukuba, Idealab Inc.
etharada@human.tsukuba.ac.jp, etharada@idealab.co.jp

概要

蚊取線香を対象としたユーザビリティテストを実施した処，若年成人において顕著な課題遂行の失敗，課題遂行時間の長延化，説明書への依存，怖がり反応など，これまで高齢者層における情報機器との相互作用に特異的と考えられていたものと類似した反応が観察された．高齢者層にとっての「情報」，若年成人にとっての「火，物理的操作」という極めて基盤的知識が，人の外界との相互作用において持つ意味・機能について考察を深める．

キーワード：人‐人工物相互作用(human-artifact interaction)，知識，加齢，予測的符号化/予測的処理

1. はじめに

人の認知過程において認知主体がもつ既存知識が大きな影響を与えていることは，認知科学の主たる前提の一つであり，Bransford&Johnson (1972) の実験のみならず，多くの研究によって示されてきた．そうした現象を生むメカニズムとしては，生体内にある既存情報がスキーマなどの構造体として存在し，その活性化を受けることによって「知識情報が利用可能」になり，外界からの情報が「うまく構造化されて取り込める」と考えられる，あるいは（よりシンプルに）語彙あるいは個別概念単位での活性化拡散により文脈情報の蓄積に基づく予測的な効率的情報処理（いわゆるプライミング）が可能になると考えられる等，基本的には個々の個別情報の活性化が「受動的に自動的な」認知的過程に影響を与えるものと考えられてきている．

そうした「既存知識を有することの効果」に対し，その知識・情報が内部に無いことによる負の現象として考えられてきた事例の一つが，高齢者の情報機器利用に対する不得意さである．高齢者が示す「人工物，特に情報機器の利用が苦手」という現象は，複雑な要因が相互に関連しながら存在することが示されてきた．原田(2009)は，その様相を「四層モデル」として表現し，0)感覚知覚機能・身体運動機能の低下，1)認知機能低下とりわけ認知的制御の機能低下，2)対象機器やそこに関連する概念に関する知識・情報の欠如／不足，3)メタ認知等に基づく目標設定・価値・動機づけの変化とそこに同期する感情的基盤，の 4 レベルの問題が様々に関係しあうことによって「高齢者において独自な人工物との相互作用を示す」と考えている．そこでの第 2 層の知識情報については，個別の人工物の利用経験や情報，あるいはメンタルモデルの有無に加えて，いわゆる情報技術における「情報」という概念の有無による影響が大きいのではないかとの一つの仮説を設けていた．

しかし，実際に高齢者における人―人工物間相互作用を様々に観察する中で，この「知識・情報の欠如不足」という仮説記述には，かすかな「違和感」が存在している．具体的には，何らかの知識・情報が不足しているという場合に想定している「活性化という受動的メカニズムで利用可能となる情報の有無，あるいはその情報量の多寡」で，本当にこの高齢者が示す「ある種の人工物が使えない」ことが本当に説明できるのだろうか?という疑問である．

その契機となっている現象の一つは，いわゆる情報技術基盤の人工物（スマホなど）の利用を促進するために，必須と思われる「情報」の概念の学習を支援する試みを重ねても，効果が得られないことである．どれほどわかりやすく丁寧に説明し，学習支援環境をセットアップしたとしてもその概念の呈示は当該人工物の利用をほとんど促進せず，むしろ「利用できない情報が増加」することで学習の阻害が生じる場合さえある[1]．認知主体内に個別の情報が「存在しない」ことが問題の原因で

[1] 例えば 石田裕一 (2006). 高齢者の情報機器学習：操作の意味と「情報」概念提示の効果 法政大学社会学部 2005 年度卒業論文.

あるならば，その個別情報を何らかの形で補えばよいはずであり．こうした学習実験の失敗はモデルへの適合性に懸念を感じさせている．

一方，とりわけコンピュータに代表される情報機器に対し，「怖がり」と呼ぶ特異的な反応（田中・原田，2017）の存在もその懸念をもたらす要因の一つとなっている．「怖がり」は，人工物利用をする際の特徴的な不安・逡巡を示す行動であり，操作に自信がなく，間違ったのではないかとの不安の表明，壊してしまうのではないかとの恐怖，行動（操作）前に指を引っ込める，あるいは何度も同じ確認を行うなどの行動がその特徴と定義されている．

このように，これまで極めて特異的な人 - 人工物間相互作用として考えていた，高齢者の情報技術基盤人工物との相互作用の特性が，全く異なる人，人工物において観察されることが（きわめて偶発的に）見いだされた．具体的には，蚊取線香のユーザビリティテストを行った際，そこでの若年成人（大学生）が，「見たことがないほどの」課題達成の低さであり，そこで観察される行動は高齢者が情報基盤技術を含む人工物に対してみせるものとの共通性が高かった．そこで本報告ではその現象が見られた実験を報告し，人が自分の持つ「知識」を利用するとはどういうことなのかを考える契機としたい．

2. 方法

本研究は虫ケア製品のユーザビリティテストの一部として実施され，年齢群（高齢者／若年者）による比較を行った．

参加者：高齢者 12 名（平均 75.42 歳、SD=3.12），若年者 12 名（平均 19.08 歳、SD=1.61），いずれも男女同数であった．高齢者は筑波大学みんラボデータベース登録者に対して実施された予備調査への回答者（N＝150，回収率 75%)から，若年者は筑波大学の学生の内，web で実施した事前質問紙に回答をした者から抽出された．他のテストとの関係で複数の抽出条件が存在したが，本報告に関連しては全員が「これまでに蚊取線香を使ったことがありますか」に対して「使ったことがある」と回答した者であった．

ユーザビリティテスト課題：缶入りの蚊取線香に関するユーザビリティテストとして，2 社の製品 A/B および附属品に対し 4 課題を実施した．ここでは蚊取線香を対象とした課題「この製品を使いたいと思います。使い始めてください」「これから外出することになりました．これらの製品を置いて出掛けられる状態にしてください」の 2 課題について，製品の区別なしに結果を報告する．

実験環境，装置，手続き：実施は 2023 年 7 月．屋根のある屋外（建物入口付近テラス部分）に机を置き，課題実施上必要とされる可能性がある各種道具等が机上に置かれた環境で行われた(図 1)．参加者はこの課題実施前に，書面で実験参加に同意し，発話思考のデモ・練習を行っていた．課題では，課題カードと対象人工物が渡され，課題を読み上げてから課題を実施し，課題終了したら「終わりました」と報告するよう求められた．その後，タブレットを用いて，緊張感，覚醒度，感情価の 3 次元について VAS での回答を求められた（課題前の他，蚊取線香 A，蚊取線香 A-2「もう一つの方法でこの製品を使ってみてください」，蚊取線香 B，附属品，後片付け後の 6 回）．実験課題遂行中にデッドロック状態と判断された場合は実験者が介入し，最低限の必要情報提示，あるいは特定段階をスキップされた．すべての課題終了後，簡単なインタビューを行った．

図1 テスト時机上に用意されていた道具他

この実験は，筑波大学人間系研究倫理委員会の承認（課題番号 筑 2019－203A）を得て実施された．

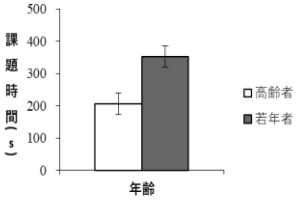
3. 結果

以下，考察に有用と考えられる主な結果を報告する．

3-1. 課題 1（蚊取線香 A を初めて使う課題）の結果

達成時間 課題文を読み始めてから参加者が「終わりました」というまでの時間を算出したところ（図 2），若年成人の方が 2 倍近い時間を要した（$t_{(21.56)}$=3. 48， d=1. 37，p=. 002）．

図2 課題達成時間



線香ばらし作業の成否

課題 1 において，2 本の線香をばらす過程において大学生の達成率が極めて低かった（表 1）．またその際，

「机の上に置いたままでばらそうとする」「知恵の輪状態におちいる」「線香が折れて隙間ができた中心に指を入れる」などの行動が見られた．さらに，2 本の線香をばらすことを知らない行動も観察された（「2 巻きのまま着火作業をはじめる」「1 袋に入っている 2 巻き 5 セットを重ねたまま一気にばらそうとする」等）．

表1 ばらし作業の成否：人数（失敗要因は重複あり）

	成功	失敗	
		ばらすことを知らない	線香が折れる
高齢者	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
若年者	1 (8%)	4 (31%)	8 (62%)

その結果，ばらし作業に要した時間をビデオデータより計測したところ，若年成人の方が長い時間を要していた（$t_{(21.60)}$=2.75，d=1.08，p=.012）．

線香着火作業の成否　マッチあるいはチャッカマン，ライターで蚊取線香に着火するのに，多くの大学生は失敗をした（表 2）．また成功した場合のみを対象とした場合も，相対的に長い時間を要していた（図 3，年齢間で有意な差はなし，$t_{(9.21)}$=1.69，d=.86，p=.124）

図3 着火に必要とした時間

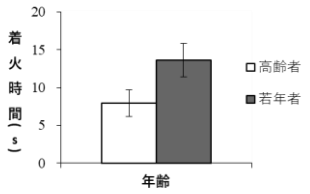


表2 着火作業の成否(人数)

	成功	未実施（代行）*1	失敗もしくは誤用	判断不可*2
高齢者	6 (50%)	6 (50%)	0 (0%)	0 (0%)
若年者	4 (33%)	2 (17%)	4 (33%)	2 (17%)

注：未実施は，強風/実験時間のため実験者が着火作業を代行

説明書きを参照する　蚊取線香 A には両面に印刷された「使い方」紙片が製品に含まれており，また A/B いずれも容器側面に使い方記載があった（以下，これらを説明書きと呼ぶ）．大学生はこれらの説明書きを参照する回数（図 4），時間（図 5）共に高齢者よりも多かった（回数 $t_{(16.67)}$=3.48，d=1.37，p=.003；読み時間 $t_{(21.61)}$=3.40，d=1.34，p=.003）．高齢者はほとんど説明書を見る行動は示さず，課題を遂行した（参照回数 0 回の参加者 4/12 名）。

図4 説明書き参照回数

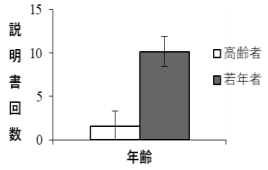
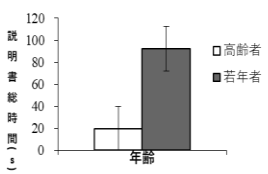


図5 説明書き参照総時間



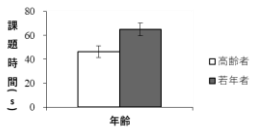
大学生は，説明書きを何度も，長時間かけて，操作との対応関係を確認しながら課題を遂行する様子がしばしば観察された．とりわけ興味深い事例では，説明書きにあった「火をつけてから炎を消す」という一文が「わからない」として固執し，それ以上先に進めない参加者があった（実験者が介入）．

線香を使い終わる（消火と片付け）　大学生は，課題達成時間が全体として長かった（図 6，$t_{(16.51)}$=2.36，d=.970，p=.031）が，中でも課題文を読み終わってから行動を開始するまでの時間（戸惑い時間と呼ぶ）が長いことが印象的であった（$t_{(18.96)}$=1.47，d=.599，p=.157，有意差は無し）．消火方法として，高齢者は手もしくはハサミで着火部分のみ折り取り，残りを容器に戻す行動が一般的であった（1 例のみ着火部分を折り取り後，水をかけた）のに対し，大学生では線香全体に水をかける，あるいは水に浸すなど，次回以後に使い続けることは前提としていない「終わり方」が見られた．

表3 火を消す方法：人数

	手で折る	ハサミで折りとる	水をかける
高齢者	7 (58%)	4 (33%)	1(8%)
若年者	3 (27%)	4 (36%)	4(36%)

図6 線香を消すのに要した時間

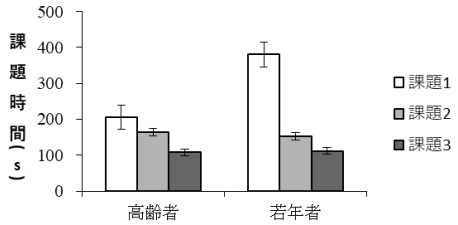


3-2. 3 回の課題実施による変化の結果（蚊取線香 A，A2，B での「使う」課題の結果の比較）

本研究では，蚊取線香に対する操作を合計 3 回行った．そこで各指標について，試行を経ることによる変化を検討するため，年齢群(2)×課題試行(3)の 2 要因混合分散分析を行った．

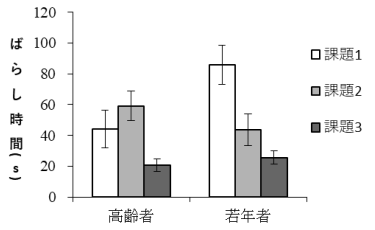
達成時間の変化　課題全体の達成時間について（図 7），年齢，課題の各主効果が有意であったが，同時に年齢×課題の交互作用が有意であった（$F_{(2,\ 38)}$=65.99，偏η2=.776，p<.001）．大学生は 3 回の反復により大きく学習効果を示したが，3 回目であっても，高齢者よりも課題達成が早くはなってはいなかった．

図7 課題達成時間の変化



線香ばらし作業の変化　ばらし作業に必要とした時間（図 8）については，課題の主効果と共に，年齢×課題の交互作用が有意（$F(2, 38)=3.59$, 偏 $\eta 2=.159$, $p=.037$）であり，課題 1 のみ，若年者が高齢者よりも，時間が長いことが示された．3 回目であっても，若年成人が高齢者よりも早くなることは見出されなかった．

図 8　ばらす作業時間の変化



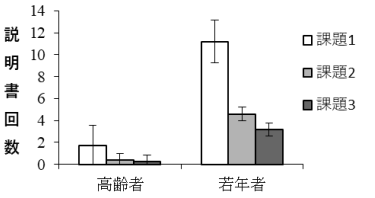
ばらす方法についても，特に大学生において変化が見られ，大学生であっても 3 回目では線香が折れる人も 0 となっており（2 回目では，3/8 名），学習効果は大きかったと考えられる．

表4　線香のばらし方：人数（上段）とその割合（下段）

	正しい方法（上下からつまむ）			外側から順にばらす			その他		
	課題1	課題2	課題3	課題1	課題2	課題3	課題1	課題2	課題3
高齢者	5	4	4	5	3	4	2	3	4
	42%	36%	33%	42%	27%	33%	17%	36%	33%
若年者	0	2	4	4	3	2	8	5	5
	0%	20%	36%	33%	30%	18%	67%	50%	45%

説明書き参照の変化　説明書きを読む回数（図 9）ならびに読む時間時間のいずれにおいても，年齢群の主効果，課題の主効果と共に，年齢×課題の交互作用が有意であった（読み回数 $F_{(2, 38)}=5.62$, 偏 $\eta 2=.228$, $p=.024$；読み時間　$F(2, 38)=5.38$, 偏 $\eta 2=.239$, $p=.021$）．若年成人に課題が進むにつれて，参照ア回数もそれに要する時間も減少していくが，いずれも 0 とはならず，課題 3 においても，説明書きに注意を向けていることが示された

図9　説明書きの読み回数



4.　考察

通常，人 - 人工物間相互作用の観測・分析を行うユーザビリティテストにおいて，大学生に代表される若年成人の課題実施は，実に迅速であり，同時にその場で多様な学習要素が含まれる，きわめて効率的な過程である．しかし今回，一連の虫ケア製品のユーザビリティ研究の一つとして取り上げられていた蚊取線香のユーザビリティテストにおいて，大学生の「蚊取線香を扱う」行動が極めて稚拙でうまく課題達成が行えないこと，実施時間が長延化すること，マニュアルなど外部情報への強い依存性を示すあるいは課題達成のための行動を起こす際にためらい様の行動などの「怖がり反応」が見られること，といった特性を示したことは大きな驚きであった．そうした行動特徴は，高齢者が複合コピー機などの情報機器を利用する際に見せる行動と極めて類似しており，高齢者 - 情報機器の相互作用と同じく，若年成人 - 蚊取線香の相互作用においても，「これまで利用経験が希薄であり，その場で扱える知識・既存情報がない」ことによって「特異的な反応」を示す可能性があるという，大きな気づきが与えられた．

こうした反応が引き起こされるメカニズムは不明であるが，対象物に関する知識・情報の不足が何らかの内的基盤の欠如した状態を作り出しており，通常は流暢に生じている人工物利用における予測的符号化処理（大平，2021）が「途切れてしまう」現象である可能性が示唆される．こうした現象をいかにモデル化し，その仮説を検証していくことが可能か，検討が必要である．

ただし，本研究の若年成人－蚊取線香で示された反応は，1 回のテスト内での複数回の試行によって変化＝なんらかの学習を示した点において，高齢者 - 情報機器での反応とは異なる．人と人工物との相互作用，あるいは人にとってのモノの使いやすさにおける共通要素と，加齢によって変化する要素との分離についても，さらに検討をしていきたい．

文献

Bransford, J. D., & Johnson, M. K. (1972). Contextual prerequisites for understanding: Some investigations of comprehension and recall. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11(6), 717-726.

原田悦子　(2009)　認知加齢研究はなぜ役に立つのか――認知工学研究と記憶研究の立場から――　心理学評論，52(3)，383-395.　https://doi.org/10.24602/sjpr.52.3_383

大平英樹（2021）．感情と意思決定を創発する予測的処理．人工知能，36(1)，21-27.　https://doi.org/10.11517/jjsai.36.1_21

田中伸之輔，原田悦子 (2017). 高齢者が人工物利用時に示す「怖がり」: 実験室およびコミュニティ活動場面における人－人工物間相互作用分析　ヒューマンインタフェース学会論文誌，19(1),1-12.　https://doi.org/10.11184/his.19.1_1

食品ロスを価値あるものに変える：
食品ロス堆肥化プロジェクトにおけるコミュニティ連携の事例研究
Transforming Food Waste into Value:
A Case Study of Community Collaboration in a Food Waste Compost Project

ガブリエル・アロンゾ・ラスク, 宮田 義郎, 淺川 仁都
Gabriel Alonzo Rusk, Yoshiro Miyata, Jinto Asakawa

中京大学
Chukyo University
gabe.lon.rusk@gmail.com

Abstract

In 2022, Miyata Seminar students started a compost project in Toyota City, involving collaboration with the University Co-op Cafeteria, local citizens and groups in Toyota City, Japan. Our goal was to get more people involved in composting their food waste at work and home. This study will illustrate the various interests surrounding composting and analyze what values lead citizens and groups to become involved with compost. The mindsets around food waste, and the contents of food waste, differ between businesses and households. These differences affect the values each of these groups assigned to food, food waste, and compost. This study will analyze the mechanisms and motivations necessary to sustain composting efforts.

Keywords — (Community Design, Compost, Food Waste, Collective Creativity)

1. Introduction

1.1. Food as a Resource

Society values food. Letting food go to waste is generally considered a taboo. The author grew up being told to “finish everything on his plate”, and most readers probably share a similar experience. However, once food spoils, it is generally considered as being a waste and a nuisance. It takes up room in the fridge, and makes the garbage can stink. The sooner it is out of the house, the better. Food waste has such negative connotations that most people want to get it out of their sight as soon as possible. However, food waste can also become an important resource and create a food cycle through composting.

1.2. Food Waste and Compost

Food waste is a problem within everyones’ surroundings. Businesses and households in Japan produced an estimated total of 5.22 million tons of food waste in 2020[1]. Food waste has the potential to be turned into a useful resource like compost with relatively simple methods. However, unlike recyclables like PET bottles and aluminum cans, food waste usually ends up being burnt or landfilled with other garbage in most of the world.

The compost referred to in this research is made of food waste which is usually mixed with rice husks, fallen leaves, etc. There are many ways to make compost. Students at Chukyo University and participants in their workshops make most of their compost in handmade wooden compost tumblers. Composting food waste significantly decreases the amount of emissions caused by food waste, and the produced compost can greatly improve soil health in farm fields[2]. Composting food waste also decreases the amount of waste households and businesses produce, decreasing the amount of food waste that needs to be burned as burnable waste. Therefore, reducing food waste decreases the economic burden on businesses and city governments. However, getting people involved in composting comes with a lot of challenges.

1.3. The Challenges of Getting People Involved in Composting Food Waste

There are many preconceived notions people have about making compost. These preconceptions can add to the barrier of starting composting at home. Three of the most common preconceptions the author has heard throughout their involvement in the compost project is that compost attracts bugs, making compost is time consuming, and compost stinks.

The first preconception is not incorrect, compost can attract bugs. However, there are compost systems like cardboard box compost and compost bags which greatly reduce the possibility of bugs getting into the compost system and the amount of bugs attracted to the compost. Also, properly made compost may attract less bugs due to it having less of a stench. Though of course for those that aren’t squeamish when it comes to bugs, there are compost systems using worms and other bugs which are very useful in making good compost.

As for the second preconception, adding waste to compost and mixing it takes maybe a few minutes to do with most small and medium sized compost systems. Smaller compost systems like bag and

cardboard box compost require mixing by hand. The compost project's system is designed to be much easier to mix by rotating it.

The last preconception about compost stinking mostly comes from poorly made compost rotting instead of fermenting. Properly made compost should not produce much stench, and in the words of the author and many people who have smelled the compost made by Miyata Seminar, "compost smells like a forest".With a quick lesson or internet search, it is easy to learn how to properly care for compost. However, getting people to make the leap into making compost is no easy effort. From here, this study will analyze the mechanisms and motivations found in participating groups that are necessary to begin and sustain composting efforts.

2. Methods

The groups this study will analyze include Chukyo University Toyota Campus's University Co-op Cafeteria, families who participated in the wooden compost turner workshops, visitors of the compost projects displays at community events, as well as the community gardens Seseragi Noen in Hino City, Tokyo and Edible Kayabaen near Tokyo Station. The methods of study include; interviews with the University Co-op staff, observations of participants in the compost turners workshops and the messages on a Line group they all joined after the workshop, observations of visitors at community events, and a study trip by Miyata Seminar to the community gardens in Tokyo.

3. Getting Groups Involved in and Continuing Composting

3.1. Why Groups get Involved

Some of the primary factors that lead people and groups to involve themselves with composting observed throughout the compost project include; wanting to decrease the amount of waste they create due to cost or environmental concerns, stench of food waste, wanting to use created compost. The University Co-op likely has a direct benefit in reducing food waste disposal costs. However, for individuals that won't use compost at home, even if the compost they make is taken up by farmers, without understanding the monetary benefits or how the compost is actually useful, they might not continue the labor-intensive process of composting.

3.2. Cafeteria Compost

The relationship employees of the University Co-op staff and households have with their food waste differs, as do the contents of their food waste. Food waste in the cafeteria is often unsold bento boxes and sometimes leftovers. Cafeteria employees need to produce and sell food. If that food is not bought, then it becomes waste. Some of the cafeteria staff mentioned in an interview that they felt stressed by throwing away the food that they prepared. However, once students started collaborating with the cafeteria, they were happy that the students could make use of it[3].

The University Co-op Cafeteria's involvement in composting is somewhat unique in this study, because their involvement is mostly due to the request by students to use the cafeteria food waste. The composting of their food waste is carried out by students and up to this point the cafeteria employees have almost no interaction with the creation or use of the compost. Regardless, this study found interesting changes in the staff of Chukyo's school cafeteria and shop when the students proposed the plan to compost their food waste. Although their initial reaction was that sorting out food waste would make their work schedule more difficult, they discussed and came up with a new workflow integrating sorting with minimal work. Interestingly, after a month or two the cafeteria on the 2nd floor and the shop on the 1st floor which had been working separately started cooperating with each other in the new workflow.

This study observes that University Co-op staff had a dilemma that they had to suppress their wish not to waste food because of the pressure to do their job efficiently. Then, when they found a potential solution in the students' proposal, they became motivated to realize it by changing their workflow.

This study proposes that the value of food by individuals can foster changes within a workplace. While their first priority is still the fulfillment of their work, the cafeteria workers pushed to fulfill their individual want to tackle food waste through collaboration with the students. They then went further and collaborated with other parts of the University Co-op to widen the amount of food being composted.

3.3. Household Compost

Household food waste is usually scraps from cooking, spoiled leftovers, and spoiled food. Getting households involved in composting at home is particularly difficult, because the households need to have a desire and a will to do composting. Many of these families don't see personal benefits in composting since they won't be using the compost themselves or have the aforementioned preconceived notions about compost.

The initial process of introducing households to compost is an important first step. Having compost

in one's surroundings creates an awareness of compost. Community farms like Seseragi Noen[4], which provide composting and hold many fun community events can create an all important first initial contact with compost. However, there are some individuals that already have initial interest in composting, so they reach out for possible initiates to do so.

3.4. Community Workshop

With funding from Toyota City, Miyata Seminar held two workshops in which local citizens made wood compost turners which they could use to compost their food waste at home. Ten families total participated in the workshops, five in the first one and five in the second.

Collective creativity between workshop members was observed on the Line group created after the first workshop. Members of the line group have shared their own personal designs and changes to their compost systems, thoughts on their experience with the compost system, spread information about community events, and even once shared information about usable farmland. This engagement in the group line kept members motivated in their composting activities, and created opportunities for them to show off their compost efforts. The new designs and insights also provided Miyata Seminar students with important information on how they could improve future compost systems and workshops.

3.5. Event Displays

There is a particular example the author would like to share from the events they have displayed the compost project at. A mother and three children came to the tent where the author was presenting the compost project. As the author explained the process of composting to the children, he gave them the opportunity to see and smell the compost in a compost bag. As soon as the children smelled the compost, they said it smelled like a rhinoceros beetle (most likely referring to the terrarium in which they kept the bug). The mother was surprised by this and went in to smell the compost herself. She agreed with the children, and said that if compost smells like this then she sees no point in not trying to make compost at home. She had thought about making it before, but her preconception about the smell of making compost kept her away from making it. Educational outreach such as this may help increase future engagement in composting.

4. Discussion

4.1. Importance of Educational Outreach

Workshops and community events play a crucial role in educating the public about composting and dispelling common myths. Places like Seseragi Noen also provide the important role of attracting people through fun events, providing an initial contact point by which groups and individuals may become later involved in composting. Direct engagement and hands-on experiences are effective in breaking down barriers and encouraging participation.

4.2. Role of Collaboration

Collaborative efforts within communities foster a sense of collective responsibility as particularly seen in the University Co-op, and innovation as seen in the collective creativity of workshop members in the Line group.

4.3. Continuous Support Systems

Platforms for ongoing support and communication, such as Line groups, can provide useful tools for sustaining interest and commitment to composting. These platforms facilitate the sharing of experiences, solutions, and information, thereby reinforcing the practice of composting.

5. Conclusion

Transforming food waste into valuable compost through community collaboration not only mitigates environmental issues but also nurtures a culture of sustainability. Understanding the varied preconceptions and motivations of different groups, and providing opportunities and tools by which these groups may get involved in composting and connect with each other are essential for engaging and sustaining groups and individuals composting practices. This study highlights the potential for cognitive and behavioral change regarding compost through collective action.

References

[1] Japan's Ministry of the Environment, (2022) "MOE Japan discloses the estimated amount of Japan's food loss and waste generated in FY2020"

[2] United States Environmental Protection Agency, (2023) "Reducing the Impact of Wasted Food by Feeding the Soil and Composting"

[3] ラスクガブリエル・宮田義郎・淺川仁都 (2023) "Local People and Resources Community Food Waste Compost Project: Thailand and Japan Online Collaboration", Japanese Cognitive Science Society 2023 Conference

[4] Naomi Shimpo (2024) "Community garden management for resilient cities: A case study in suburban Tokyo during the COVID-19 pandemic", Landscape and Urban Planning, Volume 251, 105148, ISSN 0169-2046

[5] 宮田義郎・三野宮定理・原田泰(2021) “共創から立ち現れる創造性:現場の文脈に埋め込まれたデザイン”、日本認知科学会第38 回大会発表論文集, 867–872

食資源循環における社会的および生態的アフォーダンス
Social and ecological affordance in food resource cycling

淺川 仁都†, 宮田 義郎‡
Jinto Asakawa, Yoshiro Miyata 0920

†‡中京大学

Chukyo University
t32401m@m.chukyo-u.ac.jp

概要
これまで私たちは、廃棄食材堆肥化を中心に、食資源の循環につながる取り組みをおこない、様々な立場の人々とコラボレーションしてきた。これらの活動が持つ意味を、『よりよい世界のためのデザイン』(Norman.2023)[1]で取り上げられているキーワード、経路依存、アフォーダンスを中心に考察した。その結果、生態的経路という同じ経路の共有によって、それぞれの抱える想いを実現するというアフォーダンスの認識につながっていることがわかった。
キーワード:食資源循環、アフォーダンス

1. はじめに

食資源循環の取り組みとして、大学食堂の食ロス堆肥化やそれを活用した畑での野菜栽培などをおこなってきた。その活動の中で、食堂の店員、豊田市行政、地域市民など、様々な人々とコラボレーションが生まれてきた。そうした活動にどのような意味があったのか、「よりよい世界のためのデザイン」[1]に登場する、経路依存、アフォーダンスという観点から考察する。

2. 食資源循環の取り組み[2]

2.1 学生食堂における廃棄食材の堆肥化

私たちは、World Youth Meetingというイベントを通してバンコクの学校DSILとコラボし、学校の食堂で出た生ごみを堆肥化するというアイデアを得た。初めに私たちが堆肥化を提案したとき、食堂の店長は、堆肥化のための生ごみの分別は仕事のスケジュールを変更する必要があり難しいのではないかと述べたが、その後、店員と話し合い、最小限の作業で分別をする新しいワークフローを提案してくれた。具体的には、元々廃棄物の回収に使われていた場所に、学生が用意したポリバケツを置いておき、店員が仕事の終わりに廃棄物を出しに行くタイミングで生ごみの入った袋をそのポリバケツに入れ、食堂の営業時間終了後に学生が回収に行くという流れだ。ただしこれは2階食堂の売れ残りのみであり、客の食べ残しと1階購買の売れ残りは従来通り廃棄していた。1階の購買で廃棄される食材は、個包装されている商品の、包装と食品を分別する作業を閉店後に店員が行う時間がなく、堆肥化を諦めていた。しかし1〜2週間後には、2階の食堂と1階の売店が、新しいワークフローで協力し合うようになった。廃棄食材が堆肥化されるならばと、食堂の店員が購買の売れ残りの分別作業を自ら申し出てくれたのだ。このことを知った学生は、包装から食品を出す作業は、自分たちが堆肥容器に入れるタイミングでできることを思いつき、店側に提案して店員の分別作業の負担を軽減することができた。これは後のインタビューでわかったことだが、食堂や購買で働く店員は、毎日大量に発生する生ごみに対して心苦しさを抱えており、学生が堆肥として活用していることをとても喜んでいた。このようにして作った堆肥は、大学キャンパス内に許可を得て作った畑で活用し、ナス、トマト、きゅうり、生姜などの野菜やハーブを栽培しており、大学祭での堆肥作りを紹介した展示では、畑で収穫した生姜を使ったジンジャーエールの提供も行った。

2.2 豊田市コミュニティでの行政、学生、住民のネットワーク的コラボレーション

豊田市環境学習施設eco-Tおよび豊田市循環型社会推進課から数人の市職員が、2022年度から私たちの堆肥化システムを見学に来られ、このシステムを地域で活用することに関心を示していただいた。一般市民向けのイベントや大学祭での展示を見た一般市民の方の多くが、自宅の生ゴミ処理のための堆肥作りに興味を示した。行政も市民も堆肥化に関心があるということがみえた。そこで、共通の関心をつなげる方法として市民の堆肥化を行政が支援する仕組みとして「食資源の地域循環のための大学・地域のネットワーク」を2023年4月に豊田市で募集していた「大学・高専発の研究提案」に応募し提案を行い、採択されて豊田市循環型社会推進課と中京大学との連携事業として実施することになった。まずは一般家庭で堆肥が作れるような機会として「一家に一台堆肥製造器」というプログラムを、豊田市内で多様な内容のプログラムに多くの市民が参加する「まちさとミライ塾」の中で7月に実施した。学生たちは参加者が短時間で堆肥容器を作れるように木材(豊田市産)を人数分カットして用意した。ワークショップの中で、地域から参加した5家族は学生たちと共同作業で木材を組み合わせ、温度センサー付IoTによってインターネット上で堆肥の温度をモニターできる堆肥容器を制作して持ち帰った。
ワークショップの最後に今後情報交換できるようにLINEグループを作ることになり全5家族が参加した。2023年7月から10月にかけて、容器の変更、温度センサーと容器の状態、家族の畑や堆肥のレポートなどについて、4家族がグループLINEで共有した。各家族が独自の工夫をして情報交換しながら改良している。堆肥のレポートだけでなくコミュニティのイベントのお知らせや地域で使える畑

の紹介にも使われ、学生たちと地域の家族が学び合うコミュニティになりつつある。

3. 考察

経路依存、アフォーダンスの2点を中心に、『よりよい世界のためのデザイン』[1]の内容を踏まえて、新たに捉えなおす。

3.1 経路依存

人工的な経路と生態的な経路が存在し、それぞれが人々の実現させたい想いとつながっている。

- ごみを捨てると回収され、焼却されるという人工的にデザインされた経路は「ゴミをなくしたい」という想いを実現させるが、「食べ物を無駄にしたくない」という想いは実現できない。現在の社会システムは、この人工的経路に依存している。
- 生ごみを微生物に発酵させ、堆肥として畑で活用できる資源として再利用する生態的な経路は「ゴミをなくしたい」「食べ物を無駄にしたくない」という想いを実現させる。本来の自然な資源循環は、この生態的経路に依存する。
- 堆肥化は、食材がゴミとして回収され焼却される、現在私たちが依存している人工的な経路から、微生物が分解して土になるという生態的な経路に移す行為だといえる

それぞれが抱えていた想いと共有した経路

- **学生は「堆肥化によって食ロス削減したい」という想いを持っていた**
- **「生ゴミを捨てたくない」生協の店員とは、「決められた場所に売れ残りを置いて、学生が持って行く」という経路を共有することで、「堆肥化してくれて嬉しい」と想いが実現されている**
- **「生ごみ焼却のコストを削減したい」豊田市行政とは、「市の予算を使って循環型社会のための取り組みをする」という経路を共有**
- **「生ごみを何とかしたい」「家庭菜園で使える堆肥がほしい」豊田市民とは、「ワークショップで堆肥化容器を作製する」という経路を共有**

以上のことから、人工的に食材をゴミとして処理するのではなく、生態的に微生物に分解させるという、それぞれが想いを実現するための「経路」は同じだったと考えられる。

3.2 アフォーダンス

3.1で私たちが依存する経路と、人々の想いの関係について述べた。ここでは、経路を共有したことでどのようなアフォーダンスを認識することにつながったかを示す。

- 学生と生協、学生が生ごみを回収して堆肥をつくるという生態的アフォーダンス
- 学生と行政、**市の予算を使った共同事業を提案するという社会的アフォーダンス**
- 学生と市民、**各家庭で生ごみを活用して堆肥をつくるという生態的アフォーダンス**

今回扱った事例では、食資源循環を促すアフォーダンスが見つけられた。以下に、その他の考えられるアフォーダンスを、人工的経路と生態的経路のどちらに優位に働くかとともに示す。

- ご飯をお店で買うのではなく、自分で料理することで食材について考えるきっかけになる、生ごみを何とかしようと思い堆肥に興味を持つというアフォーダンス、生態的
- ごみ袋をごみ捨て場に置いておけば回収されてなくなるというアフォーダンス、人工的
- 地域農園があると野菜を育てようと思う、堆肥を作って持っていこうと思うというアフォーダンス、生態的
- 大量生産と価格競争で、食べ物が安く手に入りやすくなったというアフォーダンス、人工的

4. 謝辞

この研究は愛知県豊田市からの受託研究費により「大学・高専発 研究提案：食資源の地域循環のための大学・地域のネットワーク」として実施している専発 研究提案：食資源の地域循環のための大学・地域のネットワーク」として実施している。

5. 文献

[1]D.A.Norman.『よりよい世界のためのデザイン』.新曜社.2023

[2]Rusk,.淺川,宮田.『地域コミュニティでの心の循環による食資源循環』.共創学会.2023

人間と AI のインタラクションデザインのためのおもてなしの所作の動作解析

Motion analyses of Japanese hospitality behavior for human-AI interaction design

前東 晃礼[†]，久保 賢太[‡]
Akihiro Maehigashi, Kenta Kubo
[†]静岡大学，[‡]マツダ株式会社
Shizuoka University, Mazda Motor Corp.
maehigashi.akihiro@shizuoka.ac.jp

概要

近年 AI を搭載した人工物が普及し，人間の日常生活を支える基盤になってきている．本研究では，人間に心地よさや安心感を与える和のおもてなしの所作を，人工物に行わせることを目指して，茶道のエキスパートの動作特徴の抽出を行った．その結果，エキスパートは，各動きの速度がノービスよりも速く，円滑に一連の動作を行うことが明らかとなった．さらに，その各動作の動き始め直後と，動き終わり直前には，緩やかな動きが行われることが示された．

キーワード：人工知能 (AI)，人工物，Artificial subtle expressions (ASEs)，動作解析，エキスパート，ノービス

1. はじめに

近年，人工知能 (AI: Artificial Intelligence)を搭載した人工物が普及し，人間の日常生活を支える基盤になってきている．これらの人工物の利用を通じて，人間が日常のタスクを円滑に遂行することが重要であるとともに，生活基盤として，人間に心地よさや安心感を与え，さらには生活の質を向上させる人工物のデザインが重要であると考えられる．

これまでの AI 開発においては，擬人化などの視覚的特徴 (Epley, 2018)や，会話技術 (Bult et al., 2021)，物理的な動作 (Onnasch & Hildebrandt, 2021)などに関わる様々な工夫が行われ，スマートスピーカー，コンピュータエージェント，対話型ロボットなどを通じた，人間と AI とのインタラクションデザインが行われてきた．その中でも，人工物の些細な振る舞いにより，AI の内部状態を推定させるデザイン手法として Artificial subtle expressions (ASEs)がある (Komatsu et al., 2010)．たとえば，ロボットの動きが一時的に停止することにより，ロボットのためらいをユーザに伝えるといった手法である (Yamada et al., 2013).

本研究では，この ASEs の手法を用いて人工物の動作をデザインする上で，人間に心地よさや安心感を与える和のおもてなしの所作に着目する．

和のおもてなしの所作として，特に日本の茶道には，身体動作を通じて特有の意味を伝える動作群がある．これらは客に対する礼を重んじる思想から発展した動きであり，その動きによって客に尊重の念を伝える．また，人間は，人工物の動きの特徴から，動きの種類や意図を読み取るバイオロジカルモーション知覚の特性をもつ (Johansson, 1973)．そのため，ロボットのような擬人的な身体性をもつ人工物だけではなく，身体性をもたない人工物においても，人工物に茶道の所作を再現させることによって，バイオロジカルモーション知覚を通じて，ユーザに，もてなされる感覚を与えられる可能性が考えられる．本研究では，そのような可能性を検討するために，茶道の所作におけるエキスパートとノービスの動作解析を行い，エキスパートの動作特徴の抽出を行った．

2. 方法

撮影対象者は，エキスパート 3 名，ノービス 4 名の全 7 名であった．エキスパートは，茶道教室指導者 2 名と静岡大学茶道部の指導者 1 名であった．これらのエキスパートは裏千家流に属し，茶道歴は 31〜51 年であった．また，ノービスは，静岡大学茶道部の部員 4 名であった．これらノービスの茶道歴は1〜3年であった．各対象者は，研究と撮影について同意して，入室から退室までの一連の茶を点てる作法（点前）を行った．なお，点前における動作については，入室の際に部屋に足を入れる順序，茶器の持ち方や運び方などの細部に至るまでの動作が各流派によって規定されている．

茶道教室指導者の撮影は，ふじのくに茶の都ミュージアムの茶室で行われ，静岡大学茶道部の指導者と部員の撮影は，静岡大学静岡キャンパス大学会館和室で行われた．

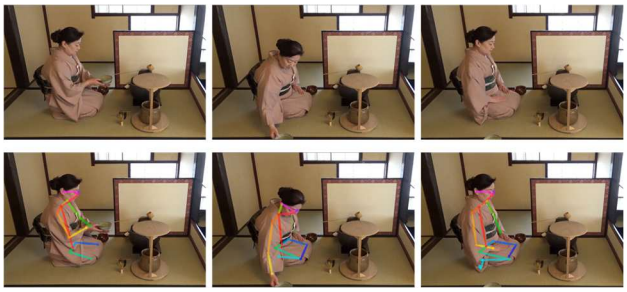
3. 結果

撮影された記録映像から，OpenPose (Cao et al., 2021) を用いて各対象者の骨格抽出を行い，動画フレームごとの画面上の骨格座標を取得した．動画のフレーム率は 29.97 フレーム/秒であった．また，骨格データが取得されなかった箇所については，そのデータ前後の取得データから平均値を算出してデータを補完した．

本研究では，特に，給仕において重要である客に茶を差し出す動作（図 1）に着目して，撮影対象者の右手首の画面上の y 軸座標の位置をフレームごとに取得した．また，各撮影環境の違いを考慮して，茶碗を二度回し終えた右手首の y 軸座標を最大値，茶碗を客に差し出した際の座標を最小値として，各フレームの右手首が，その内のどこに位置するかを割合として算出した．

図 1　点前における茶を差し出す動作．(a)茶碗を二度回し，(b)客に茶を差し出し，(c)正座する．上段は撮影された記録映像の一部，下段は映像と抽出された骨格を示す．

(a) 茶碗を回す　(b) お茶を出す　(c) 正座する



その結果，茶碗を回し終えてから，差し出す所作（図 2）に関して，フレーム数の増加に伴う右手首の位置は，ノービス 4 名と比較して，エキスパート 3 名では急激に下降することが明らかとなった．つまり，エキスパートの右手首を下す速度は，ノービスのものよりも速いことが示された．さらに，エキスパートの動作にのみ着目したとき，右手首の位置は，動作の始動直後に急激に下降するのではなく，しばらくの緩やかな下降の後に急激に下降し，また終了直前にも緩やかな下降が行われることが確認された．

また，茶碗を差し出してから正座する所作（図 3）に関して，フレーム数の増加に伴う右手首の位置は，ノービス 3 名（ノービス B, C, D）と比較して，エキスパート 3 名では急激に上昇することが明らかとなった．つまり，エキスパートの右手首を上げる速度は，ノービスのものよりも速いことが示された．ただし，1 名のノービス（ノービス A）については，エキスパートと類似した右手首の移動を示した．さらに，エキスパートの動作にのみ着目したとき，右手首の位置は，しばらくの緩やかな上昇の後に急激に上昇し，また正座直前には，足の上を通過した右手首が，緩やかに足の上に置かれる様子が確認された．

図 2　茶を差し出す動作における右手首の位置の変化

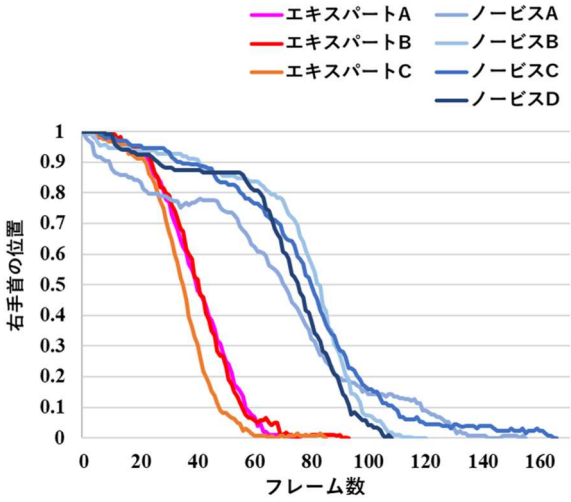
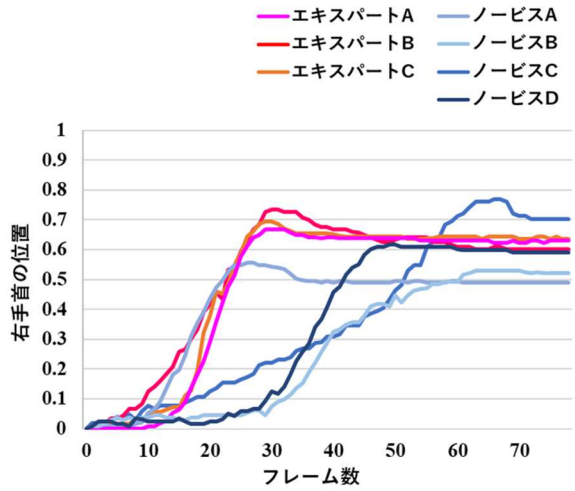


図 3　正座する際の右手首の位置の変化



4. 考察

茶道における点前の所作について，エキスパート 3 名は，各動作をノービスよりも素早く行うことが示された．先行研究では，エキスパートは，無意識的にかつ正確に身体を動かすことができることが示されている（生田, 2007）．今回の解析においても，先行研究と同様に，茶道のエキスパートは，点前における一連の動作

を, 無意識的にかつ正確に行ったと考えられる. 一方, ノービスは, 茶器の位置や角度, 今現在の動作や次の動作などについて意識的に確認をする必要があったため, 各動作が遅かった可能性が考えられる.

また, エキスパートの茶を差し出す動作と正座する際の動作に着目をしたとき, 各動作の始動直後, また終了直前は緩やかな右手首の移動がみられた. このような動作開始直後, 動作中, 動作終了直前の動きの緩急を人工物の動作に反映させることで, ユーザに心地よさや安心感を与える人工物をデザインできる可能性が考えられる. 今後, 今回のエキスパートの動作を再現する人工物を用いて, 心理学実験を行い, ユーザに心地よさや安心感を与える AI とのインタラクションについて検討を行う.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 23K11722 の助成を一部受けたものです. また, 本研究はふじのくに茶の都ミュージアム, 静岡大学茶道部の協力を得て行われたものです.

文献

Blut, M., Wang, C., Wunderlich, N. V., & Brock, C. (2021). Understanding anthropomorphism in service provision: a meta-analysis of physical robots, chatbots, and other AI. *Journal of the Academy of Marketing Science, 49*, 632–658. 10.1007/s11747-020-00762-y

Cao, Z., Hidalgo, G., Simon, T., Wei, S.-E., & Sheikh, Y. (2021). OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 43*, 172-186. 10.1109/TPAMI.2019.2929257

Epley, N. A. (2018). A Mind like Mine: The Exceptionally Ordinary Underpinnings of Anthropomorphism. *Journal of the Association for Consumer Research, 3(4)*, 591–598. 10.1086/699516

生田久美子. (2007). 「わざ」から知る. 東京大学出版.

Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics, 14(2)*, 201–211. https://doi.org/10.3758/BF03212378

Komatsu, T., Yamada, S., Kobayashi, K., Funakoshi, K., & Nakano, M. (2010). Artificial Subtle Expressions: Intuitive Notification Methodology of Artifacts. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2010)*, 1941-1944. https://doi.org/10.1145/1753326.1753619

Onnasch, L., & Hildebrandt, C. L. (2021). Impact of anthropomorphic robot design on trust and attention in industrial human-robot interaction. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction, 11(1)*, 1–24. https://doi.org/10.1145/3472224

Yamada, S., Terada, K., Kobayashi, K., Komatsu, T., Funakoshi, K., & Nakano, M. (2013). Expressing a Robot's Confidence with Motion-based Artificial Subtle Expressions. *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA 2013)*, 1023–1028. https://doi.org/10.1145/2468356.2468539

オープンサイエンス時代の学術コミュニケーション：アカデミックライティングの変容に注目して

Scholarly communication in the era of open science: Focusing on the changes in academic writing

井田　浩之[†]，横山　詔一[‡]
Hiroyuki Ida, Shoichi Yokoyama
[†]城西大学，[‡]国立国語研究所（名誉教授）
Josai University, National Institute for Japanese Language and Linguistics (Emeritus Professor)
hiro-ida@josai.ac.jp

概要
オープンサイエンス時代の到来により学術コミュニケーションに変化が生じ，アカデミックライティングも変容が迫られている．本研究では,オープンサイエンスに積極的に取り組んできた研究者が経験した内容に注目しつつ，アカデミックライティングが今後どのような役割を担っていくのかについて論じる．

キーワード: オープンサイエンス，科学，アカデミックライティング，言説分析，プレプリント

1. はじめに

科学は誰のものだろうか？　科学は非常に複雑な営みとして興味深く，哲学，社会学，認知科学などの分野で断片的に議論されてきた.ところが，体系化が不十分で，哲学者だけでは解決がつかない状況にある．その理由として議論に向けた共通のプラットフォームがないことが指摘されている（戸田山,2005）．つまり，個別学問ごとの議論は存在しているものの，それを捉える枠組みが不在であることは，社会全体で科学のあり方を議論すること自体が困難であることも示唆している．

その一方で，学際性の高い認知科学の分野では，比較的新しい学問分野であることも関連して，学問体系をめぐる議論が積極的に行われてきた．

現在，社会全体でオープンサイエンス（Open Science，以下「OS」と示す）が推進されていることで，変化が起きようとしている．OS には２つの側面がある（国立情報学研究所 HP）．１つはサイエンスはよりオープンであるべきであるという理念的なもの，もう１つは主に行政サイドから説明責任や透明性などを高めるためにくるものである．

この背後には，政策的な影響が存在している．内閣府（2024）は公的資金による研究成果を，国民に還元し，成果の即時公開を求める方針を示した．成果公開のプラットフォームとして，機関リポジトリやプレプリントサーバーはすでに存在している．しかしその利用は一部の分野に限定されてきた．研究成果の即時公開が求められている現在，これらのツールの活用がますます必須になろだろう．

これまで特定の研究者集団に閉じていた学術コミュニケーションにおいても，次のような変化が生じるに違いない。

① オンラインでの成果公開が主流となる
② クリエティブコモンズ（著作物の適正な再利用の促進を目的として，著作者がみずからの著作物の再利用を許可するという意思表示のこと）を取得するようになる
③ 著者最終稿（最終成果物）だけでなく，分野によっては特定の投稿先に投稿する前に，プレプリントで公開する営みが広がる

詳細は 3 節で説明するが，研究者が改稿原稿を投稿する過程も「見える化」されていくだろう．

OS の促進の結果，学会誌がエンバーゴ（インターネットでの公開禁止期間）をかけるといった，学会や学術雑誌の特権が徐々に弱まっていく可能性がある．学会や学術の在り方に大きな変化がもたらされようとしており，アカデミックライティングも変容する事態が迫っている．OS は研究に携わる人が理解しておくべき，研究者のリテラシーとして普及する可能性が高い．

以上の問題意識を受けて，2 節ではこれまでの学術コミュニケーションを振り返り，3 節ではアカデミックライティングを概観し，4 節ではアカデミックライティングを OS として取り組んでいる研究者の経験を取り上

げることで, OS 時代におけるアカデミックライティングの方向性について論じる.

2. これまでの学術コミュニケーション

これまで学術コミュニケーションは，口頭化や一般化を通して，「記録」を行なってきた（ヴィッカリー, 2002）. その展開は，コミュニケーションの速度とも関連しており，科学者の行動が広がりと同時に生産性を高めてきたことも指摘されている.

20 世紀以降，インターネットの登場とも相まって，研究成果を一般向けに還元したり, 印刷媒体として, 書籍，データベースなどに収録，記録してきた（ヴィッカリー, 2002）. 多様な媒体で研究成果の発表が可能になってきたものの，タイミングについては一部の学問分野を除いては優先事項ではなかったように思われる. 研究者のペースで公開され，場合によっては公開しなくても問題がなかった. ところが政策的に OS が進められるようになると，研究者は即時性への対応方法を模索せざるを得ない状況に直面することになる.

3. アカデミックライティングとは

アカデミックライティングとは「大学で作成が求められる、レポート課題やゼミレジュメをはじめとして，卒業論文や研究学術論文などの学術的な文書を書く技術、書く行為，または書いた物」（大阪大学全学共通機構, 2023）と定義されている. 研究者だけでなく，初年次教育などでも取り入れられ，大学教育においても重要な教育内容となっている. 言語教育や言語学, 教育心理学など幅広い分野で研究が蓄積されてきた.

OS の動向を踏まえると「大学で作成が求められる，レポート課題やゼミレジュメをはじめとして，卒業論文や研究学術論文などの学術的な文書を書く技術，書く行為, または書いた物」というアカデミックライティングを取り巻く環境に大きな変革がもたらされると予想できる。

図 1 に OS がもたらす環境変化の概要を示す。OS は，アカデミックライティングを支える認知プロセスに何らかの変化をもたらすと考えられる。例えば，これまでになかった読み手として，他分野の研究者や時には一般市民をより想定する必要が生じる. これにより，読み手に配慮した文章表現や，専門用語の平易な説明などに，書き手はさらに注意を向けるようになるのではないか.

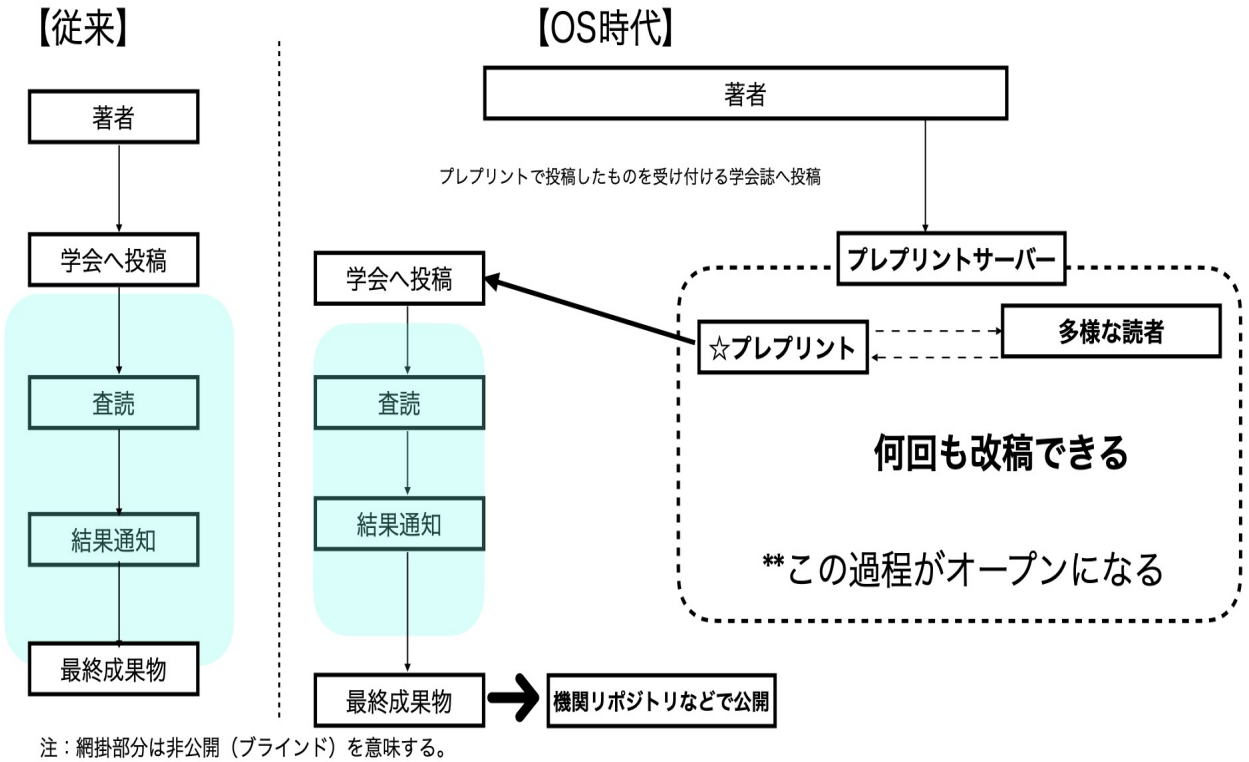


図 1　OS 時代の学術コミュニケーションの仕組み（著者らが作成）

図1の左側は従来の学術コミュニケーションの様態である. 著者が投稿先を決めて, 査読から査読結果を受けて, 成果の公開までが, ブラインドで行われる. 右側は OS 時代の学術コミュニケーションの様態である. 著者はプレプリントサーバーに投稿する段階で, クリエティブコモンズを取得して, 特定の学術雑誌への投稿前に, プレプリントとして投稿する. この段階では, 投稿先を決めていないかもしれないが, プレプリントとして公開されている間に複数回改稿を行い, ペーパーの質を高めることができる. その過程を経て, プレプリントで投稿したものを受理する学術雑誌へと投稿することができる.

この過程で, 本来であれば想定されない読者の目にとまることがあるかもしれない. 重要なのは, クリエティブコモンズのライセンスを取得しておくことであり, その限りにおいては, 著作者の著作権が保たれる. その限りにおいては, 何回改稿しても構わないし, プレプリントサーバー上には, 実際に複数のバージョンを投稿しているものが存在している. そして, 最終成果物を特定の学術雑誌に投稿し, 査読を経て掲載された著者最終版については, 刊行されたら即時に機関リポジトリなどで公開しなければならないのである.

ところが, 機関リポジトリなどのオンライン上で公開するにあたって, 学会や学術雑誌にエンバーゴがあると, 即時公開の条件を満たすことができなくなる. 内閣府 (2024) が求めている以上, エンバーゴがかかる制度が今後も継続すると, 査読付き論文には投稿ができなくなる研究者も出てくるだろう. OS 時代においては, この規制緩和への対応が大きな課題となるのである.

OS 時代のアカデミックライティングを支える重要なツールが, プレプリントサーバーだろう. 90 年代初頭に登場して以来, 主に理系分野では世界中で使用されてきた. ところが 2022 年からは日本独自のプレプリントサーバーである Jxiv (ジェイカイブ) が運用されている. 図1が示すように, 成果公表の方法まで考えていくことが OS 時代のアカデミックライティングであり, その利点は次のように集約できる.

- 文字によるコミュニケーションは情報の固定化を実現してきた. 同時に 19 世紀以降, 社会制度として機能してきた学会や査読制度が, 「公開」の方式を採択されれると, 広い読者が獲得できる
- 他分野との「対話」を促進する

このような利点は, 実現可能なのだろうか. 4 節では, OS に取り組み, プレプリントサーバーに原稿を投稿した結果, 新しい経験をした研究者に注目する.

4. OS としてのアカデミックライティングに取り組む研究者の経験

ここでは OS としてのアカデミックライティングに取り組む研究者の経験を取り上げる. まず OS とアカデミックライティングの区別について述べる. 図1にあるように, OS とアカデミックライティングは密接に結びついている. ここで取り上げる研究者は OS に取り組む過程で, 必然的にアカデミックライティングの変容を経験していると捉えることができる. そのため, OS としてのアカデミックライティングに取り組む研究者としてみなすことができる. 特徴的な点として, プレプリントサーバーに原稿を投稿していることが挙げられる.

対象は理系, 文系, 組織の取り組みである. 掲載された媒体の区別はせず, 主に活字として掲載されたものを分析の対象としている.

国里 (2021) や小柴 (2021) は, コロナ禍でプレプリントサーバーを通して成果を公開したことで, 研究が加速したことを述べている. 井町 (2020) は, 「プレプリントを投稿した瞬間人生が変わり」, 共同研究の誘い, 講演依頼が増えたことを述べている. 坊農 (2020) は生命科学における取り組みを紹介し, 査読論文に限らない評価基準の拡大について述べている. 以上に共通しているのは, 研究成果を想定されている読者層を超えた読者に伝達できた点だといえる.

横山・石川 (2022) は, 言語系を専攻する大学院生にプレプリントを使用して研究のプロセスを追体験できる実践を行った. これは大学院教育の一例である.

京都大学では, 2015 年よりオープンアクセス方針を打ち出しており, 機関リポジトリ KURENAI が導入されている. 京都大学図書館の HP には, 金澤氏 (文学研究科) の取り組みが紹介され, 雑誌を公開した結果, 学生・大学院生の行動が変容してきた状況を「新しい世代である彼らにとって, SNS などで自身の書いたものを発信・拡散する上で, オンラインジャーナルは便利ですし, ダウンロード数が見えるので, 意外な「影響力」を知るきっかけにもなり, 張り合いが出ているように思います」と述べている (京都大学, 2024).

横山ら (2024) は, 研究成果の即時オープンアクセス義務化の方針を前提に, OS に関する現状を概観し, OS

に関連する重要な概念の分かりにくさを指摘した上で解釈案を提示し，OS をめぐって起こりうるかもしれないシナリオについても提示している．これまでは，海外での展開が広く知られていたが，日本においてもこれから OS への対応が義務化されていくことを考えると，日本語で書かれた学術論文についても OS への取り組みを考えていくことが必須になる．その問題意識を先取りした論文だといえる．横山ら（2024）らの研究成果は，プレプリントサーバーに投稿されており，今後も改訂を重ねて，今後雑誌へと投稿される予定である．OS を理論的に論じつつ，実践している珍しい論文である．

以上のように，学会・査読といった従来の学術コミュニケーションを支えてきた制度や機能の転換点にいるのである．

5. 考察・まとめ

OS 時代のアカデミックライティングは，成果を即時的に公開することだけでなく読者層が拡大する．従来の想定された読者以外を意識したライティングを目指していくことになり，幅広い読者を意識したライティングを目指すことになる．その過程で，研究者自身が成果の扱い方に意識を向けることも鍵となる．主に理系の一部の領域では当然の事項かもしれない．しかし，今後は OS が全学問分野の共通事項になりつつあり，限定された取り組みでは済まなくなっている．

京都大学は，組織として OS に取り組んでいる先駆的な事例である．大学全体で OS の方針を示し，大学図書館がその取り組みを推進している．例えば，研究者に対して OS への取り組み方を出張講習会を開催したり，オープンアクセスに関する方針を明示するなど，全学的に OS を徹底している．

アカデミックライティングの観点から， OS に積極的に取り組んでいる研究者は，幅広い読者の獲得や研究の広がりを体験している．今後，研究者のリテラシーや大学院教育として扱われる事項になろう．

認知科学の観点から，岡田ら（1999）が示した科学論の見取り図を，OS 時代に更新していく必要性を提起したい．今後の重要な課題となろう．

6. 結論

本研究では，OS の推進によって，アカデミックライティングが変容する状況を提示した.今後は，研究者が自発的に OS に取り組む時代が来ると思われる．どのような過程を経ていくのか．継続して研究を進めていきたい．

文献

井町寛之 (2020). 生命科学のフロンティア 千里ライフサイエンス振興財団ニュース, 77, 21-22.

ヴィッカリー，C (2002). 歴史の中のコミュニケーション 勁草書房

大阪大学全学教育推進機構 (2023). 阪大生のためのアカデミック・ライティング入門 :「学問への扉」に備えて https://ir.library.osakau.ac.jp/repo/ouka/all/71454/2023academicwriting.pdf

岡田猛ほか編 (1999). 科学を考える: 人工知能からカルチュラル・スタディーズまで 14 の視点 北大路書房

京都大学図書館 (2024). 発行担当者の声〜 KURENAI で雑誌を公開するメリット https://www.kulib.kyoto-u.ac.jp/content0/1387524

国立情報学研究所 (2024). オープンサイエンス概要 https://rcos.nii.ac.jp/document/openscience/

国里愛彦(2022). コロナ禍でも機能する心理学研究の舞台裏装置としてのオープンサイエンス 心理学ワールド, 95, 21-22 https://psych.or.jp/wp-content/uploads/2021/10/95-21-22.pdf

小柴等(2021, February 17).プレプリントと研究論文の内容からみた COVID-19 研究の動向 第 13 回政策研究レビュセミナー文部科学省科学技術・学術政策研究所 https://www.nistep.go.jp/wp/wpcontent/uploads/06_03_review20210217.pdf

戸田山和久(2005). 科学哲学の冒険 : サイエンスの目的と方法をさぐる NHK 出版

内閣府(2024).学術論文等の即時オープンアクセスの実現に向けた基本方針 https://www8.cao.go.jp/cstp/oa_240216.pdf

坊農秀雅 (2020, December 18). 生命科学研究におけるプレプリントや SNS 活用の現状と課題, 第 2 回 SPARC Japan セミナー2020, 1-6. https://www.nii.ac.jp/sparc/event/2020/pdf/20201218_doc5.pdf

横山詔一・石川慎一郎 (2022). オープンサイエンス時代の言語系研究と教育：プレプリントの公開をめぐって Language, Information, Text = 言語・情報・テクスト，29, 67-80.

横山詔一・石川慎一郎・井田浩之・相澤正夫 (2024). 日本語学術論文の即時オープンアクセス実現に向けて Jxiv プレプリント https://jxiv.jst.go.jp/index.php/jxiv/preprint/view/720/

日本語の謙譲表現を含む文の処理におけるキュー呼び出しへの語順の影響について

The influence of word orders on cue-based retrieval in Japanese humble expressions

胡 春霞†，中野 陽子‡
Chunxia Hu, Yoko Nakano
†関西学院大学，‡関西学院大学
Kwansei Gakuinn University, Kwansei Gakuinn University
HuCX@kwansei.ac.jp, y-k.nakano@kwansei.ac.jp

概要

文処理においてヘッド（H, 動詞）とヘッドと結びつくべき項（target, T）と target と類似する項（attractor, A）があるとき，ヘッドが誤って attractor と結びつく現象がある．時間制限のある容認性判断課題では促進性干渉効果が見られる．その際，局所性効果のため，語順が TAH の方が ATH よりも大きな促進性干渉効果が予測される．日本語の謙譲表現を含む文で検証したところ，語順が TAH の方が ATH よりも大きな促進性干渉効果が見られた．ヘッドに隣接する構成素が記憶の中で呼び出されやすいと推測される．

キーワード：キュー呼び出しモデル，促進性干渉効果，謙譲表現，語順，日本語

1. はじめに

人間の文処理の過程のモデルとして，Lewis & Vasishth (2005)はキュー呼び出しモデルを提唱した．このモデルは，我々が文を読む際に，それぞれの構成素の情報を作業記憶（working memory, WM）に保存しておき，文のヘッドまで読むと，ヘッドから得られた統語的特徴や意味的特徴などをキューとし，作業記憶に保存した構成素のうち，同じキューを持っている構成素を呼び出して，ヘッドとの依存関係を成立させるとする．例えば，The key to the rooms was rusty.という文が読まれるときに，The key では，[+noun], [+singular], [+subject]などの素性が符号化され，作業記憶に保存される．さらに，ヘッドの was まで読まれると [+noun], [+singular], [+subject]などのキューが生成される．これらのキューと一致する素性を持っている構成素 The key が作業記憶から呼び出されてヘッドである動詞と結びつけられ，主語と動詞の依存関係が作られるとされる．

しかし，その文を*The key to the rooms were rusty.のような非文に変えると，英語母語話者は誤って正文と判断してしまう文法的錯覚が起こると指摘されている．これは，キュー呼び出しモデルによると，文法的錯覚はヘッドが要求するキューを持つ項（target）を呼び出す際に，似たキューを持つ構成素（attractor）と誤って結び付き，attractor がヘッドと target の依存関係に干渉してしまうためであるとする．また，*The key to the room were rusty.という非文に比べ，容認性判断課題や視線計測実験などの結果では，容認度が高く判断されたり，読み時間が短いことが報告されており，促進性干渉と呼ばれる．

干渉が起こる仕組みに関する研究では，二つの見方がある．各構成素が WM に保持される際，統語的，意味的，語用的情報などがキューとして符号化（encoding）される．一方，ヘッドがキューを持っている構成素を呼び出す際は復号化（decoding）される．干渉が符号化の困難さのため起こるとする見方と復号化のため起こるとする見方がある．

前者は，文の語順が，attractor，target，ヘッドの時は，attractor が先に WM に保持されて記憶資源を占めるため target の符号化が難しなり，target とヘッドの結びつきが困難となり，attractor とヘッドが結び付くことで干渉が起こる（proactive interference, PI）．後者は，語順が target，attractor，ヘッドの時起こり，target より後から出現した attractor の方が target より WM 内での活性化が高くなるため，target の復号化が難しくなり，target とヘッドの結びつきが困難となり，attractor とヘッドが結び付くことで干渉が起こる（retroactive interference, RI）（VanDyke & McElree, 2011；Tung & Brennan, 2023，Lew & Kim, 2024）．どちらの見方が正しいのかは明らかになっていない．

Van Dyke & McELree (2011)は，attractor の位置による target とヘッドの依存関係への干渉の違いについて

調べた．文が TAH の語順となっている場合（RI 条件），ATH の語順（PI 条件）と比べれば，容認度がより高くなった結果が報告された．それは，attractor によって干渉を受けやすいと述べられている．

先行研究の多くは，RI 条件の刺激文を使用している上，日本語では PI 条件と RI 条件を比較した研究はまだない．そこで，本研究は日本語の謙譲表現に焦点を当て，PI 条件と RI 条件の文を作成し，干渉効果の違いについて調べた．

2. 実験

PI 条件は，胡＆中野（2023）の実験文を利用した．胡&中野は，時間制限のある容認性判断課題を実施した．刺激文は，(1c&d)のような謙譲表現を含む非文で，attractor が target の前に位置し PI 条件となっていた．結果は（1c&d）は非文であるが，（1c）の方が容認度が高くなった(図 1)．ヘッドの「お借りした」の[+honorable]のキューと同じキューを持つ構成素(1c)の「池田先生」（attractor）が誤ってヘッドと結びつき，本来結びつくべき「松本」（target）との依存関係に干渉したため，促進性干渉効果が起こったと考えられる．

(1) PI 条件

a. ？池田先生(attractor)は R1/松本先生(target)の R2/論文を R3/お借りした R4/そうだ．R5/

b. 池田(attractor)は R1/松本先生(target)の R2/論文を R3/お借りした R4/そうだ．R5/

c. *池田先生(attractor)は R1/松本(target)の R2/論文を R3/お借りした R4/そうだ．R5/

d. *池田(attractor)は R1/松本(target)の R2/論文を R3/お借りした R4/そうだ．R5/

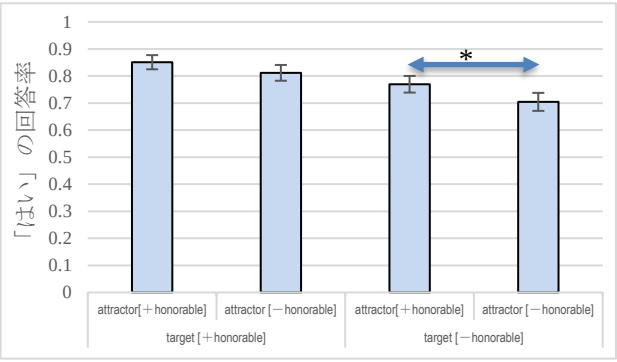


図 1 PI 条件における容認性判断値（胡＆中野, 2023）

そこで，本実験は（1）にかき混ぜ操作を適用して(2)のように attractor と target の語順を入れ替えて RI 条件にして時間制限のある容認性判断課題を実施した．

2.1. 実験参加者

日本語母語話者 41 名（平均年齢：43.3 歳，M:24 名， F:17 名）が lancers というクラウドサービスを通じて参加した．

2.2. 刺激文

RI 条件の刺激文は PI 条件の刺激文の target と attractor の語順を入れ替えて作成した．ヘッドと一致する条件と一致しない条件を組み合わせて 4 条件の文を 1 セットとし，計 40 セットを作成した．さらに 4 リストに分け，フィラー80 文と合わせた．

(2) RI 条件

a. ？松本先生(target)の R1/論文を R2/池田先生(attractor)が R3/お借りした R4/そうだ．R5/

b. 松本先生(target)の R1/論文を R2/池田(attractor)が R3/お借りした R4/そうだ．R5/

c. *松本(target)の R1/論文を R2/池田先生(attractor)が R3/お借りした R4/そうだ．R5/

d. *松本(target)の R1/論文を R2/池田(attractor)が R3/お借りした R4/そうだ．R5/

2.3. 手続き

刺激を五つの領域に分け，300ms ずつ 100ms の blank を挟んで，PCIbex Farm で参加者に提示した．その後，文の容認性について「この文は良い文ですか」と提示し，「はい」と「いいえ」を選択して判断してもらった．その後，内容に関する二者択一の問題に答えてもらった．最後は日本語テストと単語親密度調査に回答してもらった．

2.4. 予測

結果の予測の一つ目は，「お借りした」からキューが生成され，同じキューを呼び出す際に，(2c)の attractor が類似したキューを持つため，誤ってヘッドと結びついてしまい，attractor が類似するキューを持たない(2d)

よりも容認度が高くなる. 二つ目は, RI 条件では target とヘッドの間に挿入された attractor が，干渉する可能性があるため，PI 条件と比べれば，非文を誤って正文と容認しやすいと予測される．換言すると(2c&d) は(1c&d)と比べれば，容認度の差がさらに高くなることが予測される．

3. 結果と考察

データを分析する際に，フィラー文と実験文の正答率を算出し，2.5 標準偏差値の範囲内に入らない実験参加者のデータを外れ値として，この後に続く統計分析の対象外とした．また，日本語テストについて正答率が 90%を下回る参加者を外れ値とした．その結果，37 人分のデータを分析対象とした．

ロジスティック回帰分析用の一般化線形混合モデル（固定要因：word order (PI と RI), target（+honorable, -honorable），attractor（+honorable, -honorable），従属変数：「はい」と「いいえ」の二値）で分析した結果，target ($p < 0.01$)と attractor ($p < 0.01$)の主効果が有意となった．最小二乗法による下位分析の結果，PI 条件でも RI 条件でも，target と head とが一致せず非文のとき，attractor が head と一致するキューを持つ(1c&2c)のような文は一致するキューを持たない(1d&2d)より容認度が有意に高くなった（図 1&2）．この結果から，語順が変わっても，促進性干渉効果が起こることが分かった. また, 語順によるキューの呼び出しへの影響については，(1c)と(1d)の容認度の差 と(2c)と(2d)の容認度の差を線形混合モデルで分析した結果，(2c)と(2d)の差の方が(1c)と(1d)の差より有意に大きかった($p < 0.05$)．この結果は，Van Dyke & McELree (2011)による予測と一致している．また，磯野ら（2024）によると，target が統語的関係の線形位置から離れている場合，呼び出される際に WM への負荷が生じるため, より近い attractor に影響されやすいと考えられる．

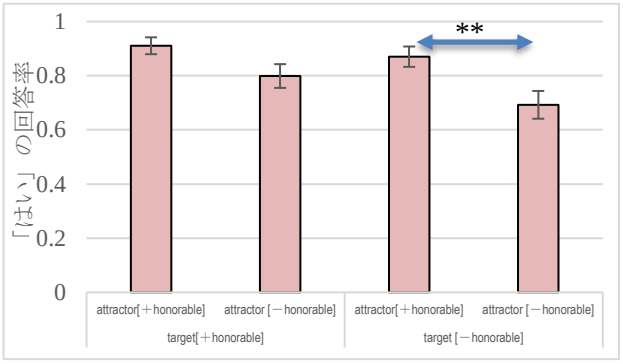


図 2 RI 条件における容認性判断値

しかし本研究は謙譲表現を刺激文としており，Ikawa (2022)によると，謙譲表現には，尊敬される対象と地位が比較的低いという二つの条件を満たす必要があると指摘されている．したがって，主語と目的語の両方に +honorable の有無とヘッドとの組み合わせを考慮すべきであった．今後の課題としたい．

また，時間制限のある容認性判断課題は参加者のオフライン反応である容認性判断しか反映できないため，オンライン反応である文の読み時間を反映できる自己ペース読文課題や視線計測実験の実施が必要と考えられる．

4. 結論

本研究は PI 条件と RI 条件の結果を比較することで文処理の仕組みを調べた結果，PI 条件でも RI 条件でも促進性干渉効果がみられたため，キューに基づいて構成素が呼び出される可能性が示唆された. また, キューの呼び出しは語順に影響されることも示唆された.

5. 参照文献

Ikawa, Shiori. (2022) Agree feeds interpretation: Evidence from Japanese object honorifics. *Syntax*, 25.4: 508-544.

磯野真之介，梶川康平，大関洋平 (2024). 「日本語大規模読み時間コーパスにおける記憶の負荷の CCG によるモデリング」 *日本言語学会, B-2*(168), 63-69.

胡春霞，中野陽子 (2023). 「日本語の謙譲表現における促進性干渉効果について」*IEICE Technical Report, 123*(197), 30-35.

Lew, J., & Kim, N. (2024). Argument Status and Retrieval Interference. *영어학*, 24, 35-51.

Lewis, R. L., & Vasishth, S. (2005). An activation-based model of sentence processing as skilled memory retrieval. *Cognitive Science, 29*(3), 375-419.

Tung, T. Y., & Brennan, J. R. (2023). Expectations modulate retrieval interference during ellipsis resolution. *Neuropsychologia,* 190, 108680.

Van Dyke, J. A., & McElree, B. (2011). Cue-dependent interference in comprehension. *Journal of Memory and Language*, *65*(3),

247-263.