

アンカリング効果を応用したナッジ手法：車両の速度超過を減少させる方法の検討

Nudge Method Applying the Anchoring Effect: Method to Reduce Vehicle Overspeed

大貫祐太郎^{1,2}・本田秀仁³・植田一博¹

Yutaro Onuki・Hidehito Honda・Kazuhiro Ueda

¹東京大学,²日本学術振興会 特別研究員,³追手門学院大学

The University of Tokyo, Japan Society for the Promotion of Science (JSPS), Otemon Gakuin University.
onuki-yutaro32@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

本研究では、自動車の速度制限標識を「60」と提示するよりも、「0」という最低速度も同時に示した「0-60」の表記の方が、「0」を示した影響によって車両速度が減少するのかどうかを検証した。Web 実験とドライビングシミュレーターを使用した実験の結果、走行したいと感じる速度と、制限速度の超過数が有意に変化した。本研究は、上限に通常は明記されない下限を加えるという手法が、人をより良い行動に導くナッジに活かせる可能性を示している。

キーワード：アンカリング効果、ナッジ

1. はじめに

一見すると無意味な数値情報であっても、その数値を意識せずに基準点として設定してしまうことで、その数値に後続の数量判断が近づくことをアンカリング効果という (Tversky & Kahneman, 1974)。アンカリング効果を発生させるためには、「数値」と「意味的な活性化 (数値と推定対象との次元の一致度の高さ)」の 2 種類が必要である (Onuki, Honda, & Ueda, 2021)。そのため、日常生活で目にする何気ない情報であっても、上記の 2 種類に関係する情報の場合、その情報はアンカリング効果を発生させると考えられる。車両の制限速度を示す標識は、「60」のような「数値」を提示している。さらに、制限速度と車両速度は速度という次元が一致しているため、「60」と書かれた標識を見ることで「速く走る必要がある」のような「意味的な活性化」を誘発する可能性がある。そのため、「60」という制限速度を示した数値にも関わらず、判断 (車両速度) が「60」に引き寄せられる (e.g., 時速 60km まで速度を上げる必要がある) アンカリング効果が発生する可能性が考えられる。

通常、制限速度を示す標識は「60」のように上限値

のみを提示する。一方、「時速 60km 以下」と「時速 0-60km 以内」は論理的に等価な情報 (時速 60km を超えないで走行すること) を示しているため、「60」と同じ意味を示す標識として「0-60」と表示することも可能である。本研究では、「60」のように上限値のみを提示する場合の車両速度と、「0-60」のように通常は明記されない下限値「0」も上限値と同時に提示した場合の車両速度を比較する。特に、「60」のみを表記した標識では、アンカリング効果によって「時速 60km を目標にして走行することが求められている」という誤った解釈をしてしまうが、「0-60」の表記では、「0」という数値によってアンカリング効果が緩和され、「時速 0km から時速 60km 以内であれば任意の速度で走行できる」という正しい解釈ができるようになると予想した。そのような正しい解釈の促進によって、「60」のみを表記した標識よりも、「0-60」の標識の方が制限速度超過の数は減少すると予想した。上記の理由から本研究では、車両の制限速度を示す標識に注目し、標識の数値の提示方法を変化させることによって、アンカリング効果の影響が変化するのかどうかを明らかにする。

2. 実験方法

実験 1 ($n = 112$, Women = 33, $M_{age} = 48.65$, $SD_{age} = 10.87$, 被験者間実験) は、楽天インサイト (<https://insight.rakuten.co.jp>) を利用し、Web 上で実験参加者を募集した。回答を記入していない 2 名の実験参加者データは分析から除外した。本実験では、Web 実験プラットフォームである Qualtrics (<http://www.qualtrics.com>) を使用して、実験参加者に実験刺激を提示した。実験方法は、実験参加者に「60」の

標識,あるいは「0-60」の標識のどちらか一方を提示し,その標識を提示しながら,「この標識を見た時にどれくらいの平均速度で走行したいですか?」という質問に回答させた。

実験2 ($n = 31$, $Women = 20$, $Mean Age = 21.51$, $SD_{Age} = 1.16$, 被験者内実験) では, ゲーム開発プラットフォームである Unity (Unity 2017, Unity Technologies 社製, <https://unity.com/ja>) を使用し, 街の仮想空間 (一般道路) と普通自動車 (ドライビングシミュレーター) を作成した。実験には, 運転免許証を所有している都内の大学生と大学院生が参加した。実験器具の接続不良や, 実験参加者からの報告 (実験前半と後半とでは意図的に速度を変化させた) により実験データを正しく採取できなかった 2 名のデータは分析から除外した。上記の仮想空間内の自動車は, 現実世界のハンドルとペダル (G29 Driving Force, ロジクール社製) で操作できるように設定した。車の運転に慣れるため, 実験参加者は標識などが提示されないコースで約 20 分間運転の練習をした。その後実験参加者は, 「60」の標識, あるいは「0-60」の標識のどちらか一方のみが提示される一般道路をドライビングシミュレーターで 9 周走行した (一回1周を9回実施)。上記の一般道路は, 標識以外は全て同じコースを使用し, コース一周は約 3 分程度の時間を要した。また, 普通自動車の走行速度は 1 秒間に 100 回 (100fps) の間隔で計測した。

3. 実験結果

実験 1 では, 実験参加者が「60」の標識を見た場合 ($Mean Rank = 66.481$, $Mean = 62.236$, $SD = 6.106$) よりも, 「0-60」の標識を見た場合の方 ($Mean Rank = 44.518$, $Mean = 57.981$, $SD = 6.564$) が, 「この標識を見た時にどれくらいの平均速度で走行したいですか?」という回答の値は有意に減少した (Wilcoxon-Mann-Whitney Test, $p < 0.001$, $Z = 4.063$, $r = 0.387$)。

実験 2 では, 実験参加者がドライビングシミュレーターを使用して実際に車両を運転した場合でも, 「60」の標識を提示した場合 ($Mean Rank = 33.172$, $Mean = 79.100$, $SD = 19.856$) よりも, 「0-60」の標識を提示した場合の方 ($Mean Rank = 25.827$, $Mean = 72.994$, $SD = 18.397$) が, 車両の最高速度は有意に減少した (Wilcoxon Signed-Rank Test, $p = 0.015$, $Z = 4.510$, $r = 0.444$)。さらに本研究では, 標識を見た回数と車両速度の変化 (アンカリング効果の強さ) の関係を分析した。

その結果, 標識を見た回数と車両速度の変化に有意な関係は見られなかった。

4. 考察

本研究は, 日常生活で目にする何気ない情報の一つである標識表記の違い (e.g., 60 or 0-60) によって, アンカリング効果の影響が変化することを明らかにした。特に実験 2 では, 「60」のみを提示した場合よりも, 「0-60」を提示した場合の方が, 制限速度を超過した度合いが減少した。本研究の結果は, 制限値 (上限) に通常は明記されない下限を加えるという新しい手法が, 人をより良い行動に導くナッジの取り組み (Thaler & Sunstein, 2008) に活かせる可能性を示している。

文献

- Onuki, Y., Honda, H., & Ueda, K. (2021). What Stimuli are Necessary for Anchoring Effects to Occur?, *Frontiers in Psychology*, 12, 460.
- Thaler, R., & Sunstein, C. (2008). Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness. *Const Polit Econ*, 19, 356-360.
- Tversky, A., and Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: heuristic and biases. *Science*, 185, 1124-1130.

デジタル質問紙の開発と その回答反応を用いたパーソナリティ評価の基礎検討

Development of Digital Questionnaires and Correlation Analysis between Personality and Reactions Obtained by the Questionnaires

沼田 崇志[†], 工藤 泰幸[†], 加藤 猛[‡], 金子 迪大[‡], 野村 理朗[‡], 森口 佑介[‡], 嶺 竜治[‡]
Takashi Numata, Yasuyuki Kudo, Takeshi Kato, Michihiro Kaneko, Michio Nomura,
Yusuke Moriguchi, Ryuji Mine

[†]株式会社日立製作所, [‡]京都大学
Hitachi, Ltd., Kyoto University
takashi.numata.rf@hitachi.com

概要

パーソナリティ評価は、適切な仕事の支援やメンタルケアに有用である。しかし、紙媒体の質問紙調査は負担が大きい。本研究では、質問数を削減可能な評価法の開発に向け、質問への回答に加え、回答反応を取得可能なデジタル質問紙を開発した。パーソナリティと回答反応の関係を評価した結果、複数の有意な相関関係が見られ、パーソナリティの評価可能性を確認できた。今後、回答内容と回答反応を組み合わせた評価法の開発をめざす。

キーワード: 質問紙調査, 回答反応, パーソナリティ, 相関解析

1. はじめに

人間の思考や感情は個人差が存在し、個人差のうち心理的な特性の違いはパーソナリティと呼ばれる。パーソナリティは、心理的要因とその影響を受ける日々の行動や習慣と結びついているため、仕事や学業の成績、心身の健康などと密接に関係している[1][2]。そのため、パーソナリティを評価できれば、仕事の支援やメンタルケアなどに有用である[3][4]。

パーソナリティの研究は、主に心理学の分野で発展してきたため、従来は紙媒体の質問紙調査[5]による評価が行われてきた。紙媒体の質問紙調査は、パーソナリティの評価方法として標準化された質問紙を用いるため、信頼性や妥当性が高い一方で、対象者（被計測者）が手作業で多数の質問に回答する必要があり、対象者の多大な時間および労力を要する。

近年、紙媒体の質問紙調査を代替するパーソナリティの評価方法として、PC やスマートフォンなどの IT 機器を介して質問を提示し、回答を取得することでパーソナリティを評価する方法が採用されるようになってきた。IT 機器を用いた質問紙調査は、特に COVID-19 の影響下で物理的な接触や対面調査が難しくなった状況において、急速に広まりつつある。しかしながら、

これらの調査は、従来の紙媒体の質問文を単純にデジタル化したのみであり、依然として対象者の多大な時間および労力を要する。そのため、質問紙のデジタル化と合わせて、より簡便なパーソナリティ評価方法を確立できれば有用性が高い。

簡易的なパーソナリティ評価方法としては、質問紙調査ではなく、ディスプレイに表示された目印にできる限り早くカーソルを移動させるなどの認知課題において、カーソル移動に要した時間などの回答反応からパーソナリティを評価する試みが報告されている[6]-[8]。しかしながら、これらの方法は発展途上であり、パーソナリティと有意な相関関係を示す回答反応の評価指標を抽出できても、相関が弱い場合が多い。そのため、単に認知課題に対する反応を用いて、精度良くパーソナリティを推定できる技術は確立されていない。

このような状況で、簡易かつ精度良くパーソナリティを推定するためには、質問紙調査に対する回答内容と認知課題に対する回答反応を組み合わせたハイブリッド型のアプローチが有用であると考えた。つまり、紙媒体の質問紙調査と同様に回答を取得しながら、認知課題に対する反応と同様に質問紙への回答時の反応を取得できる質問紙を開発できれば、パーソナリティ推定の精度をある程度担保しつつ、従来の質問紙よりも少数の質問でパーソナリティを推定する技術の開発を期待できると考えた。

そこで本研究では、簡易かつ高精度にパーソナリティを推定する技術の開発に向けて、質問紙への回答そのものに加えて、質問への回答に要した時間等の反応（回答反応）を取得可能なデジタル質問紙を開発した。そして、基礎検討として、開発したデジタル質問紙を用いて、様々なパーソナリティと回答反応の関係を評価することで、デジタル質問紙の回答反応によるパーソナリティの評価可能性を検証した。

2. 方法

2.1. 実験方法

2.1.1. デジタル質問紙の開発

前章で述べたように、本研究では、質問紙への回答そのものに加えて、質問への回答反応を取得可能なデジタル質問紙を開発した。デジタル質問紙は、python上で動作するオープンソースの心理実験開発環境である Psychopy (version 3.2.4) [9]を用いて開発した。デジタル質問紙は、PC 画面上に質問文と回答の選択肢を表示し、PC でマウスを操作し回答できるように開発した。

デジタル質問紙にて表示する情報は任意に設定可能であり、(紙媒体の) 質問紙に合わせて質問や回答の形式を調整可能である。また、取得する情報も任意に設定可能であり、質問への回答に加えて、質問を表示した時間や回答を選択した時間、回答時に操作したマウスカーソルの軌跡などを取得できる。

本研究では、紙媒体の質問紙を踏まえて、回答内容と回答反応を取得可能なデジタル質問紙を開発した。具体的には、Big five [5], SVO (Social Value Orientation) [10], セルフコントロール信念 [11], エフォートフルコントロール [12], BIS/BAS (Behavioral Inhibition / Activation Systems) [13] という 5 種類のパーソナリティの質問紙をデジタル化した (図 1)。尚、デジタル化に伴い、過度な色のコントラストを避けるため、背景は灰色とした。パーソナリティの詳細は 2.1.3 で述べる。

2.1.2. 実験プロトコル

実験では、開発した 5 種類のデジタル質問紙を用いて質問を提示し、それらの質問に回答する課題を課した。被験者には、実験室に来室してもらい、検者が用意したノート PC およびマウスを用いて、デジタル質問紙に回答するように指示した。実験中は他の作業を禁止し、質問紙への回答に注力するように指示した。実験データはノート PC で (ローカルに) 取得した。

実験は、Big five, SVO, セルフコントロール信念, エフォートフルコントロール, BIS/BAS の質問紙の順で回答を課した。各質問紙は複数の質問項目で構成されており、同種類の質問項目の提示順序はランダムとした。同種類の質問項目は連続回答を指示し、各質問紙への回答後に任意の休憩を設けた。回答時間は被験者により異なったが、計 15 分~30 分の時間を要した。

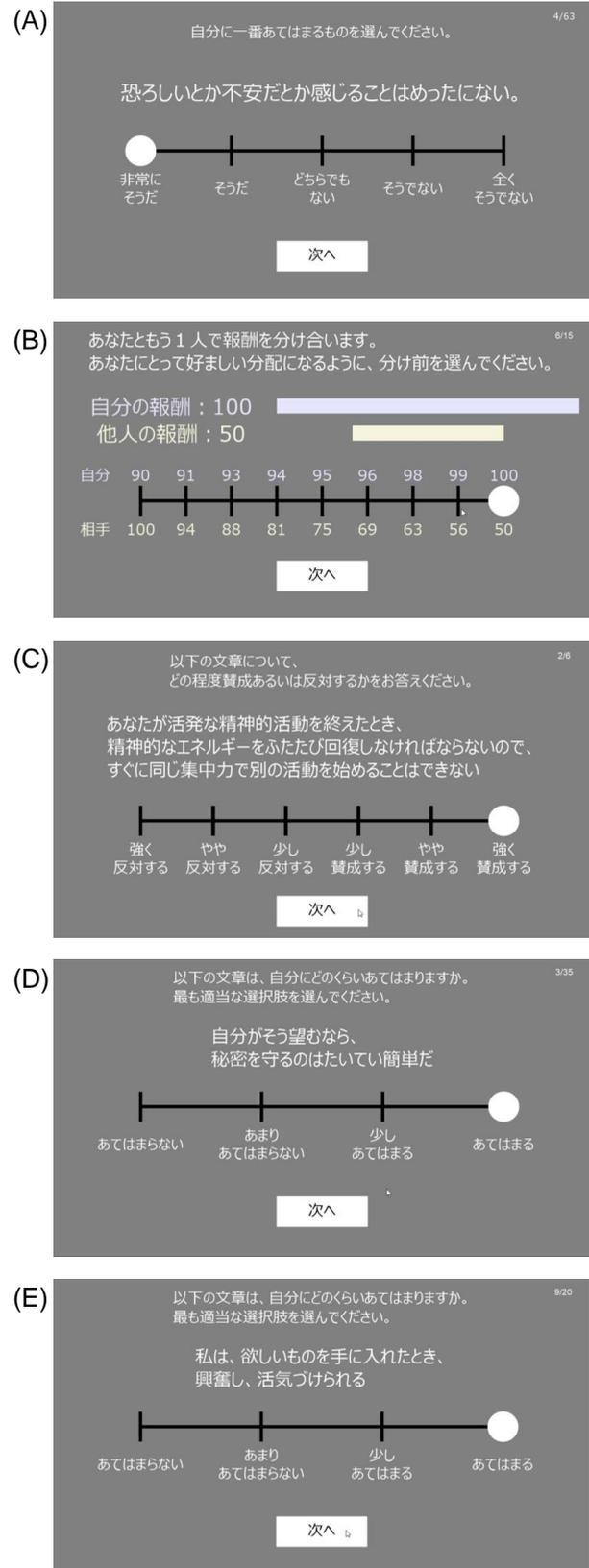


図 1 開発した 5 種類のデジタル質問紙の画面例 (A) Big five, (B) SVO, (C) セルフコントロール信念, (D) エフォートフルコントロール, (E) BIS/BAS のデジタル質問紙

2.1.3. 計測項目

2.1.3.1. パーソナリティ

デジタル質問紙調査実験の被験者は、20歳～34歳の健全な成人男女52名(平均年齢27.0±3.3歳)とした。

本研究では、Big five, SVO, セルフコントロール信念, エフォートフルコントロール, BIS/BAS という計5種類の質問紙136項目を計測し、下位尺度を含めて、計17種類のパーソナリティを評価した(表1)。パーソナリティは、Big fiveを基盤として多種多様に存在するが、先行研究[14]に基づいて、これら5種類の質問紙により、様々なパーソナリティを推定できるデジタル質問紙の開発に向け、網羅的にパーソナリティを計測できると考えた。以下、各パーソナリティを説明する。

Big fiveは、神経症傾向、外向性、開放性、調和性、誠実性という5観点の評価である。本実験では、質問紙NEO-FFI (Neuroticism – Extraversion - Openness Five Factor Inventory)を用いた。NEO-FFIは、質問に、「非常にそうだ」から「全くそうでない」までの5件法で、一番あてはまるものを選択する(図1(A))。

表1 本実験で評価したパーソナリティの種類と分類

| 質問紙 | パーソナリティ | 問数 | 下位パーソナリティ | 問数 |
|---------------|---------------|----|-----------|----|
| Big five | 神経症傾向 | 12 | なし | |
| | 外向性 | 12 | | |
| | 開放性 | 12 | | |
| | 調和性 | 12 | | |
| | 誠実性 | 12 | | |
| SVO | 第一 SVO (向社会性) | 6 | なし | |
| | 第二 SVO (協力性) | 9 | | |
| セルフコントロール信念 | | 6 | なし | |
| エフォートフルコントロール | | 35 | 行動抑制の制御 | 11 |
| | | | 行動始発の制御 | 12 |
| | | | 注意の制御 | 12 |
| BIS / BAS | BIS (行動抑制系) | 7 | なし | |
| | BAS (行動賦活系) | 13 | 駆動 | 4 |
| | 報酬反応性 | | 5 | |
| | 刺激探求 | | 4 | |

SVOとは、社会的価値志向性のことである。被験者自身と被験者が知らない他者の2名で報酬を分け合う状況で、報酬の分配を決める。本実験では、質問紙SVO slider[10]を用いた。SVO sliderにより、自身と他者の分配を9件法で選択する(図1(B))。SVOは、第一SVO(向社会性)と第二SVO(協力性)に区分される。第一SVOは、分配した自身と他者の報酬に応じて、向社会性を評価する。第二SVOは、平等的(公平さを優先する)か、協力的(共同利益を優先する)かを評価する。Big fiveのうち、調和性と関係する。

セルフコントロール信念は、セルフコントロール資源は有限かに関する暗黙的な信念である。セルフコントロールとは、情動を制御して規範的な利益を獲得する努力のことであり、その努力に必要な資源は有限かの暗黙的な信念を評価する。質問に「強く賛成する」から「強く反対する」までの6件法で選択する(図1(C))。Big fiveのうち、誠実性と関係する。

エフォートフルコントロールは、実行注意の制御機能に関する気質である。質問に「あてはまる」から「あてはまらない」までの4件法で、一番あてはまるものを選択する(図1(D))。下位尺度として、行動抑制の制御、行動始発の制御、注意の制御に分類される。Big fiveのうち、神経症傾向と誠実性に関係する。

BIS/BASとは、行動の抑制や賦活に関する気質である。質問に「あてはまる」から「あてはまらない」までの4件法で、一番あてはまるものを選択する(図1(E))。BISは罰の回避傾向、BASは報酬への接近傾向について評価する。BASの下位尺度として、駆動、報酬反応性、刺激探求も評価できる。Big fiveのうち、神経症傾向と外向性に関係する。

2.1.3.2. 回答反応

デジタル質問紙への回答中に、回答反応を計測した。回答反応については、IT機器の構成にカメラがあれば顔画像、マイクがあれば音声、生体センサがあれば脈拍や皮膚抵抗なども計測できるが、本研究では、一般的にPCでアンケートに回答する際に取得できる指標として、回答時間、回答選択回数、カーソル移動距離の3種類を計測した。以下、各回答反応を説明する。

回答時間として、各質問において、質問文が表示されてから回答を選択するまでの時間を計測した。回答を選択する時間については、回答選択後に「次へ」をクリックして回答を確定した時間を用いた。

また、回答選択回数として、各質問における回答を選択した回数を計測した。回答選択回数は、回答を変更しなかった場合は1回となり、回答を変更した場合は変更した回数に応じて増加する指標とした。

さらに、カーソル移動距離として、各質問で、質問文が表示されてから回答を選択して「次へ」をクリックするまでにマウスカーソルが移動した距離を計測した。カーソル移動距離は、画面上のマウスカーソルの位置座標を10 Hzで取得し、取得した座標間の距離の総和を算出することで計測した。

以上により、5種類のパーソナリティと3種類の回答反応を計測し、パーソナリティと回答反応の関係を評価した。尚、本研究のデータは、全ての被験者からインフォームド・コンセントを得た上で取得された。

2.2. 解析方法

2.2.1. パーソナリティの算出

計測したデジタル質問紙への回答データを用いて、17種類のパーソナリティを評価した。パーソナリティは、先行研究における日本人のパーソナリティ評価結果[5][10]-[13][15]-[17]を参照して、大きな違いが見られないことを確認した。

また、取得したパーソナリティデータの信頼性を確認するため、SVO以外について、内的整合性の指標となるクロンバックの α 係数を算出した(SVOは算出負荷のため、評価対象外とした)。クロンバックの α 係数は、質問の項目数を m 、各質問項目の分散を σ_i^2 、質問項目合計のパーソナリティの被験者間分散を σ_x^2 とすると、以下の式(1)で表せる。

$$\alpha = \frac{m}{m-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2}{\sigma_x^2} \right) \quad (1)$$

これにより、各パーソナリティデータの信頼性を確認した。本研究では、クロンバックの α 係数が0.65以上であれば許容範囲とし、評価対象としたパーソナリティ17種において許容範囲に収まることを確認した。

2.2.2. 回答反応指標の抽出

計測した回答反応を用いて、デジタル質問紙における回答反応指標を抽出した。本研究では、各被験者の各質問紙への質問回答時に計測した回答時間、回答選択回数、カーソル移動距離について、質問項目間の平均値と標準偏差を算出し、それぞれ回答反応指標とし

た。そのため、計6種の回答反応指標について、パーソナリティとの関係を評価した。

ただし、先行研究において、認知課題における回答反応時間は平均値と標準偏差が正の相関を示すため、相関しないように標準偏差を補正する処理が適用されている[18]。また、デジタル質問紙の回答反応は、質問文の文字数や選択する回答の位置(座標)などが影響する可能性が考えられる。そこで、以下の手順で、これらの影響を除去する信号処理を施した上で、回答反応指標を抽出した。

1. 回答反応指標3種を計測する
2. カーソル移動距離について、各質問項目で選択した選択肢の位置と「次へ」の中心位置の直線距離の2倍を差し引く
3. 全ての回答反応指標について、各質問文の文字数の長さを用いて、最小二乗法による回帰分析で、文字数と相関しないように補正する
4. 全ての回答反応指標について、それぞれ各被験者の各質問紙における平均値と標準偏差を算出し、対応する平均値と標準偏差が相関しないように、最小二乗法による回帰分析で残差標準偏差を算出する

以上により、デジタル質問紙における回答反応指標を抽出した。

2.2.3. パーソナリティと回答反応の関係評価

2.2.1で算出したパーソナリティと、2.2.2で抽出した回答反応指標を用いて、デジタル質問紙のパーソナリティと回答反応の関係を評価した。パーソナリティと回答反応の関係は、相関係数としてピアソンの積率相関係数を算出することで評価した。ピアソンの積率相関係数 r は、パーソナリティと回答反応指標をそれぞれ x_i, y_i 、データ数を n とすると、次頁の式(2)で表せる。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2)(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2)}} \quad (2)$$

\bar{x}, \bar{y} はそれぞれのデータの相加平均である。尚、有意水準は0.05とした。

先行研究では、相関係数の有意水準を参照して、有意な相関関係であれば、パーソナリティと関係する指標であると解釈している[6]-[8]。本研究においても、パーソナリティとの間に有意な相関関係を示す回答反応の指標があれば、質問項目の削減に寄与すると仮定し、有意な相関関係の有無に着目して評価した。

3. 結果

デジタル質問紙で算出したパーソナリティと回答反応の関係を評価したところ (表 2), 評価対象としたパーソナリティ 17 種中 12 種において回答反応の指標との有意な相関関係 (表 2 の緑色部) が見られた. 以下, 代表的なパーソナリティである Big five とその回答反応の相関解析結果について, 詳細を述べる.

Big five のうち, 神経症傾向, 外向性, 調和性の 3 種は, 有意な相関を示す回答反応指標が見られた (図 2). 神経症傾向は, カーソル移動距離の標準偏差との間に有意な正の相関が見られた (図 2(A), $p < 0.05$). 外向性は, 回答時間およびカーソル移動距離の標準偏差との間に有意な正の相関が見られた (図 2(B)(C)), 回答時間の標準偏差との相関は $p < 0.05$, カーソル移動距離の標準偏差との相関は $p < 0.01$. 調和性は, 回答時間

表 2 パーソナリティと回答反応の相関解析結果

| 質問紙 | パーソナリティ | 回答時間 | | 選択回数 | | 移動距離 | |
|-------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Avg | SD | Avg | SD | Avg | SD |
| Big five | 神経症傾向 | -0.01 | .01 | -0.07 | -0.08 | -0.11 | .29* |
| | 外向性 | .10 | .34* | -0.11 | -0.03 | .13 | .38* |
| | 開放性 | .02 | -0.01 | -0.00 | -0.04 | -0.22 | .18 |
| | 調和性 | -.28* | .10 | -0.11 | -0.01 | -0.26 | .18 |
| | 誠実性 | -.17 | -0.07 | -0.06 | -0.07 | -0.08 | -.10 |
| SV O | 向社会的性 | .02 | .04 | -.39* | -.21 | -.26 | -.18 |
| | 協力性 | .21 | -.14 | .13 | -0.09 | .34* | -.35* |
| セルフコントロール信念 | | | -.07 | .16 | -0.07 | .01 | -.09 |
| エフトロール | 全体 | -.05 | -.31* | -.02 | -.14 | -.07 | -.07 |
| | 行動抑制の制御 | .06 | -.21 | .00 | -.13 | -.05 | .11 |
| | 行動始発の制御 | -.25 | -.04 | .05 | -.32* | -.16 | -.01 |
| | 注意の制御 | .02 | -.37* | -.07 | .09 | .07 | -.02 |
| BIS / BAS | BIS | -.17 | .15 | -.03 | -.10 | .17 | .14 |
| | BAS | -.38* | -.03 | -.05 | .04 | .10 | -.13 |
| | 駆動 | -.39* | .24 | .19 | .02 | .03 | -.17 |
| | 報酬反応性 | -.26 | -.21 | .01 | .30* | .06 | -.19 |
| | 刺激探求 | -.25 | -.20 | -.19 | -.47* | .03 | -.27 |

緑色部: 有意な相関係数を示した相関関係.

との間に有意な負の相関が見られた (図 2(D), $p < 0.05$). これらの結果から, 過半数のパーソナリティについて, 回答反応を用いた評価可能性を示すことができた.

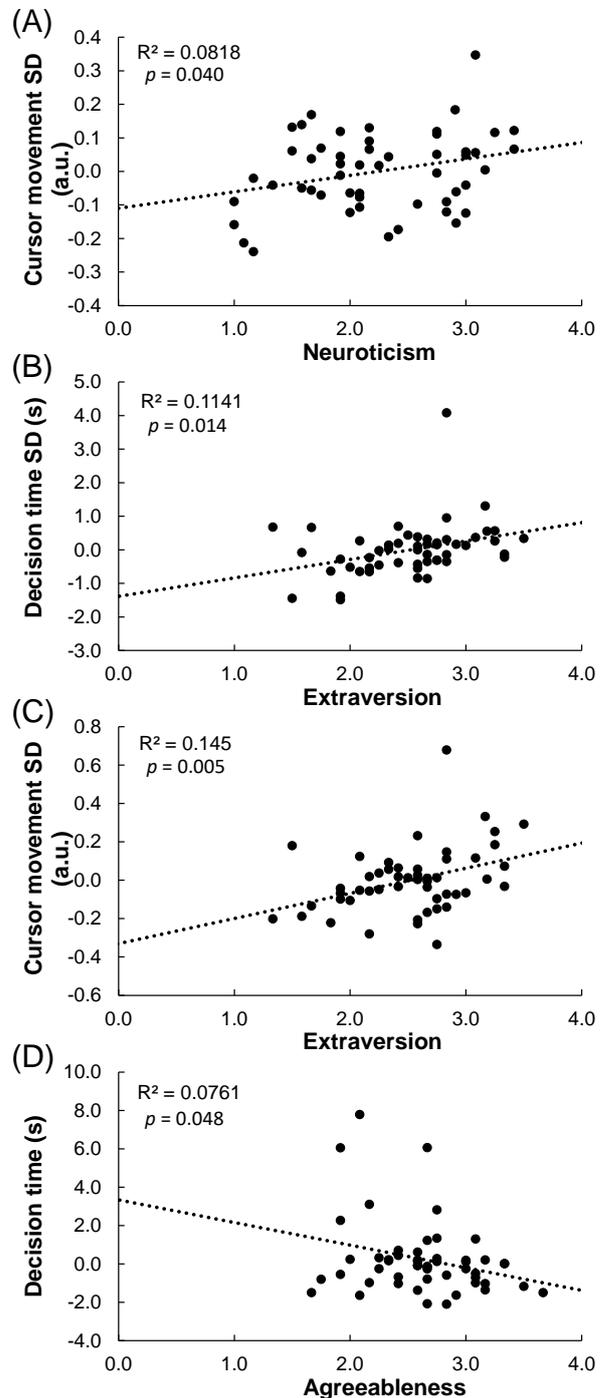


図 2 Big five と回答反応の有意な相関関係 (A) 神経症傾向とカーソル移動距離の標準偏差, (B) 外向性と回答時間の標準偏差, (C) 外向性とカーソル移動距離の標準偏差, (D) 調和性と回答時間

4. 考察

本研究では、様々なパーソナリティと相関する回答反応を抽出できたが、いずれも弱から中程度の相関であった。また、Big fiveの開放性や誠実性など、一部のパーソナリティは有意な相関を示す回答反応を抽出できなかった。そのため、回答反応指標の追加計測や解析方法の改善が望ましい。たとえば、回答を選択し直した際の各選択時間やマウスカーソルの移動速度などの回答過程の情報も評価指標の候補として考えられる。

本研究で有意な相関関係の一部は、先行研究におけるパーソナリティと認知課題に対する反応の関係と類似している。たとえば、Big fiveの外向性は、回答時間の標準偏差との間に有意な正の相関を示したが、先行研究で認知課題の負荷が高いほど反応時間のばらつきが大きいことが報告されている[19]。そのため、外向性が強いほど、内省を促すデジタル質問紙への回答における認知負荷が高く、標準偏差が大きくなった可能性が考えられる。このように、先行研究におけるパーソナリティと行動特性の関係を参照し、各パーソナリティが影響する行動特性を考慮することが、より有用な回答反応指標の抽出につながると考えられる。

5. まとめと展望

本研究では、簡易的かつ高精度にパーソナリティを推定する技術の開発に向け、質問紙への回答に加えて、回答反応を取得可能なデジタル質問紙を開発した。そして、デジタル質問紙を用いて、パーソナリティと回答反応の関係を評価し、デジタル質問紙への回答反応により、パーソナリティを評価できる可能性を示した。

本研究では、PCとマウスによる回答を課したが、他のIT機器で回答するデジタル質問紙の開発も有用と考えられる。他のIT機器のうち、たとえばスマートフォンではカーソル移動距離ではなくスライダの操作軌跡を取得する、(画面サイズが小さいために生じる)1つの質問内の画面遷移やスクロールを計測するなど、別の回答反応指標の検討が必要になる。これらも考慮し、パーソナリティと行動特性の関係を解明しながら、様々なIT機器で適切な回答反応指標を設定できるデジタル質問紙を開発していくことが望ましい。

文献

[1] Ozer, D. J. and Benet-Martínez, V., (2006) "Personality and the prediction of consequential outcomes," *Annual Review of*

- Psychology*, Vol. 57, No. 1, pp.401-421.
- [2] Chapman, B. P. and Goldberg, L. R., (2017) "Act-frequency signatures of the big five," *Personality and Individual Differences*, Vol. 116, pp. 201-205.
- [3] Rothmann, S. and Coetzer, E. P., (2003) "The big five personality dimensions and job performance," *Journal of Industrial Psychology*, Vol. 29, No. 1, pp. 68-74.
- [4] Costa, P. T., Jr. and McCrae, R. R., (1990) "Personality disorders and the five-factor model of personality," *Journal of Personality Disorders*, Vol. 4, No. 4, pp. 362-371.
- [5] Costa, P. T., Jr. and McCrae, R. R., (1989) "Revised NEO personality inventory (NEO-PI-R) and NEO five factory inventory (NEO-FFI) professional manual," *Psychological Assessment Resources*. 下仲順子, 中里克治, 権藤恭之, 高山緑訳. "日本版NEO-PI-R, NEO-FFI仕様マニュアル". 東京心理株式会社.
- [6] Stock, A-K., and Beste, C. (2015) "Conscientiousness increases efficiency of multicomponent behavior," *Scientific Reports*, Vol. 5, Article. 15731.
- [7] Sato, E. and Matsuda, K., (2016) "The feature of the reaction time for performing personality self-rating: conditions by personality trait terms and by sentence," *Japanese Journal of Applied Psychology*, Vol. 42, pp.8-15.
- [8] Klein, R. J. and Robinson, M. D., (2019) "Neuroticism as mental noise: evidence from a continuous tracking task," *Journal of Personality*, Vol. 87, No.6, pp.1221-1233.
- [9] Peirce, J. W., et al., (2019) "PsychoPy2: experiments in behavior made easy," *Behavior Research Methods*, Vol. 51, pp.191-203.
- [10] Murphy, R. O., Ackermann, K. A., and Handgraaf, M. J. J., (2011) "Measuring Social Value Orientation," *Judgement and Decision Making*, Vol. 6, No.8, pp.771-781.
- [11] 櫻井良祐, 渡辺匠, (2019) "活発な精神的活動に対する意志力の暗黙理論尺度", *パーソナリティ研究*, Vol. 27, No. 3, pp.259-262.
- [12] 山形伸二, 高橋雄介, 繁榎算男, 大野裕, 木島伸彦, (2005) "成人用エフォートフル・コントロール尺度日本語版の作成とその信頼性・妥当性の検討", *パーソナリティ研究*, Vol. 14, No.1, pp.30-41.
- [13] 高橋雄介, 山形伸二, 木島伸彦, 繁榎算男, 大野裕, 安藤寿康, (2007) "Grayの気質モデル—BIS/BAS尺度日本語版の作成と双生児法による行動遺伝学的検討", *パーソナリティ研究*, Vol. 15, No. 3, pp.276-289.
- [14] 高橋雄介, (2016) "パーソナリティ特性研究をはじめとする個人差研究の動向と今後の展望・課題", *The Annual Report of Educational Psychology in Japan*, Vol. 55, pp.38-56
- [15] Komiya, A., and Mifune, N., (2015) "An individual difference in Betrayal aversion: prosociality predicts more risky choices in social but not natural domains," *Letters on Evolutionary Behavioral Science*, Vol. 6, No.1, pp.5-8.
- [16] Fukuda, H., et al., (2019) "Computing social value conversion in the human brain," *The Journal of Neuroscience*, Vol. 39, No.26, pp.5153-5172
- [17] Kuroda, K., Kamijo, Y., and Kameda, T., (2021) "Investor's pessimistic and false belief about trustworthiness and stake size in trust decision," *Japanese Psychological Research*, Vol. 63, No. 2, pp. 85-94.
- [18] Robinson, M.D., and Tamir, M. (2005) "Neuroticism as mental noise: a relation between neuroticism and reaction time standard deviations," *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 89, No.1, pp.107-114.
- [19] Kochan, N.A., et al., (2017) "Is intraindividual reaction time variability an independent cognitive predictor of mortality in old age? Findings from the Sydney memory and ageing study," *PLoS ONE*, Vol. 12, No. 8, e0181719

理解確認のための説明活動が説明者と聞き手の理解に及ぼす影響

The Effect of Explanatory Activities for Confirmation of Understanding on the Understanding of Explainers and Listeners

伊藤 貴昭
Takaaki Ito

明治大学
Meiji University
t_ito@meiji.ac.jp

概要

本研究では、理解を確認するための説明活動が、説明者および聞き手の理解に及ぼす影響を検討した。大学生ペアを対象に、Zoom を利用して、遠隔での説明活動を実施した結果、説明者と聞き手の得点には差が見られなかったが、説明前後における自己評価の変化と得点との間に両者で異なる結果が得られた。説明者は自己評価を下げ一方、聞き手は自己評価を上げており、また、自己評価の変化と得点とは逆相関の関係が見られた。

キーワード：説明、理解確認、説明者、聞き手

1. はじめに

現在、学校現場では生徒同士の話し合いなどの言語活動が積極的に取り入れられつつある。なかでも「相手に説明する」ことで何らかの学習効果を期待する活動は重要な取り組みの一つになっている。本研究は説明活動のなかでも特に理解を確認するため（以下、理解確認と表記）に説明を生成させる活動に焦点を当てるものである。

理解確認の説明活動とは、一度学習した内容について学習者自身に説明を生成させることで、当人の理解状況の把握・改善を狙った活動である。たとえば、「教えて考えさせる授業」を提唱した市川（2008）は、認知心理学の知見を踏まえ、教師からの説明を聞くだけでなく、理解確認、理解深化、自己評価と段階を追って学習を進めることが重要であると指摘している。このうち、理解確認の方法の一つとして、学習者本人に説明させてみるのが推奨され、その効果も実証的に示されている（たとえば、深谷・植阪・市川, 2016）。こうした理解確認は、学習者の「わかったつもり（西林, 1997）」を抑制し、より深い理解へとつながるために重要な活動であるといえるだろう。

しかし、実際の教育場面において説明活動の適用を考えた場合、説明者の説明を聞く役割を担う学習者の存在を無視することはできないだろう。理解確認のための説明は、聞き手も同一の内容を学習した上で聞き手役を担うのが一般的であるため、聞き手にとって説明者の説明内容が、新しい情報源になるとは限らないという特徴がある。では、理解確認の活動は、聞き手にとって何の意義

もない活動となっているのだろうか。仮に理解確認における聞き手が、説明者の理解促進のためだけに存在しているのならば、それは人的資源の無駄遣いといえよう。本研究は、以上のような問題意識で、理解確認のための説明活動において、聞き手に及ぼす影響を考慮に入れた検討を行うことが目的である。以下、説明者、聞き手に及ぼす影響について先行研究を踏まえた仮説を示す。

先にも述べたように、理解確認のための説明活動は、説明者自身の理解促進に寄与することが指摘されている。これは、説明生成そのものが、モニタリングの機会を得ることにつながり、結果的に理解促進につながるからである。また、説明生成そのものが知識構築（Roscoe & Chi, 2008）につながることも影響しているだろう。さらにいえば、理解確認のための説明が、たとえば自己説明効果（Chi, 2000）のように機能すれば、説明者の理解促進を期待することができる。このように、理解確認のための説明が、説明者自身の理解促進に寄与する可能性はこれまでの先行研究を踏まえても十分に期待できるといえよう。

ただし、理解確認のための説明は、常に効果的とは限らないことを示唆した研究もある。伊藤・垣花（2019）では、理解確認のための説明と、相手に教えるための説明を比較したところ、後者の方が事後テストの得点が高く、説明内容の分析においても理解に寄与するとされる知識構築的な発言が多く生成されたことを示している。しかし、この研究では統制群が設けられていないため、理解確認のための説明を生成することが、説明を生成しないときと比べ差がないかどうかは明らかにされておらず、理解確認のための説明の効果をここであらためて検討してみるの意義は残されているといえよう。

一方、理解確認のための説明活動は、聞き手にとってどのような活動となるのだろうか。一つの可能性として、説明者の説明を聞く活動が、協同問題解決の領域で指摘される「モニター役（Miyake, 1986）」と類似する活動として機能するという点を挙げるができる。協同問題解決で示される「モニター役」とは、たとえばペアで課題に参

加した際、実際に課題に取り組む「課題遂行者」ではなく、その様子を観察する立場に置かれたものを指す。協同問題解決の領域では、この「モニター役」が解決のための新たな糸口を発見しやすいことが示唆されている(Shirouzu, Miyake, & Masukawa, 2002)。これを理解確認場面に適用するならば、「課題遂行者」とは説明を生成する説明者に該当し、聞き手はその説明内容を吟味する「モニター役」とみなすこともできるだろう。つまり、聞き手は説明者の説明を利用して、相手の理解状況を客観的にとらえる機会に恵まれることで、自らの理解状況をより精緻に改善することが可能になると考えることもできる。もしこうした現象が生じているならば、理解確認における聞き手にとって、説明を聞く活動自体が実は説明者以上に意味のある活動になっている可能性もある。これが示されれば、理解確認活動が、説明者のみならず、聞き手にとっても有効な活動であるという実証的な裏付けが得られることになる。

本研究では、理解確認活動における説明者・聞き手の双方に焦点を当て、学習材料および説明内容に対するモニタリングという観点から検討した。説明者にとっては、説明活動そのものが学習材料に対するモニタリングを促す役割を果たす。一方、聞き手にとっては、説明者の説明が、自身の理解度についてのモニタリングにつながることに加え、説明者自身の理解度についてもモニターするという二重のモニタリング活動になる可能性がある。こうした違いが内容理解に及ぼす影響を検討することが本研究の狙いである。

なお、対面での説明活動が自粛される昨今の情勢に鑑み、本研究は Web 会議システム (Zoom) を活用し、完全非対面・非接触の手続きながら、教室で展開される説明活動にできるだけ近づけた活動となるよう設計し実施した。次項において、その具体的な方法について述べる。

2. 方法

参加者 首都圏にある二つの私立大学の大学生 32 名 (平均年齢 20.7 歳) が参加した。基本的には実験参加順にペア (16 組) を構成し、ペアのうち先に参加したものを説明者 (以下説明群, 16 名)、後に参加したものを聞き手 (以下聞き手群, 16 名) に機械的に割り振った。なお、この際、大学や学部による学力の違いが結果に影響しないよう、ペアは同じ大学内で構成し、所属学部については、同一学部を基本とし、人数が合わない場合も、文理の別が同一となるように調整した。

材料 伊藤・垣花 (2019) で使用された「カイ二乗検定」に関する実験用の説明文ならびに事後テストを利用した。この説明文は「カイ二乗検定」に関する記述 (佐藤, 1968, pp. 95-105) を編集し作成されたものであり、具体的な事例を挙げ、期待値と実現値の概念、カイ二乗値の計算、自由度 1 のカイ二乗分布の性質、検定の手順などを解説したものであった (3161 字)。また、この説明文からタイトル、図、表を抜き出し、A4 用紙 1 枚に印刷したものを学習時および説明時に用いるメモ用紙とした (以下、メモ用紙)。

事後テストは、伊藤・垣花 (2019) で正答率が極端に高かった問題 1 題を除く大問 6 題、計 19 問を使用した。問題には、カイ二乗値の性質を確認するもの (例 カイ二乗値を複数提示し、最も食い違いの大きいものを選択させる)、説明文の事例とは別の文脈の事例において期待値、カイ二乗値を求め (計算式含む)、それらを用いてカイ二乗検定をさせるものなどであった。配点は、1 問 1 点を基本としたが、カイ二乗値の計算式 (計 4 問) は、式と値 (または検定結果の判定) でそれぞれに 1 点を与え、満点は 23 点であった。また、解答用紙を別に作成した。

また、説明者および聞き手のモニタリングの実態を把握するため、理解状況を評価するための評価シートを作成した。評価シートには、説明文の内容に基づき、5 つの項目について 5 段階評価する形式で作成した。5 つの項目とは、それぞれ①なぜ検定が必要なのか、②期待値の求め方、③カイ二乗値の求め方、④カイ二乗分布の仕組み、⑤検定の手順であった。

事前アンケートとして、高校での数学履修歴等について質問した。

Web 会議システムとして Zoom (Ver5.2.2) を利用した。

手続き 参加者は、学習材料である「カイ二乗検定」について未学習であることを条件に授業等を通じてオンライン上で案内・募集した。Google Form を利用した申込フォームから申し込みのあった学生とメールにて日程調整後、事後テスト問題用紙を除く上記の学習材料 (厳封) および返信用封筒を送付した。

実験当日は、まず Zoom での接続を確認後、調査の概要 (ある内容について学習してもらい、その後説明活動に取り組む、最終的には内容の理解度を確認するためのテストを受けてもらう) を説明した上で同意書に記入を求め、事前アンケートを実施した。その後、学習材料を開封

させ、活動の詳細を次のように説明した。「これから説明文を読み、説明活動を行ってもらおう。具体的には、説明文読解後ペアを組み、説明者、聞き手のいずれかの役割を担ってもらい、理解を確認するための説明活動に取り組んでもらう。」と伝え、説明者、聞き手の役割について、それぞれ以下のように説明した。

(a) 説明者

「説明役になった場合は、これから読む文章の内容について、メモ用紙を画面共有しながら、ペアの聞き手役の人に向かって理解した内容を説明してもらいます。」と説明した。説明準備時にメモ用紙にメモを取り準備をすること、メモ用紙は写真で撮影して画面共有すること、説明中に説明文を見てもよいが、相手にはメモ用紙だけが表示されていることなどが伝えられた。また、実際にはペアの相手は Zoom に参加していないため、説明の様子はレコーディングし、後日ペアの相手が聞き手役として視聴することになると教示した。

(b) 聞き手

「聞き手役になった場合は、説明役の説明を聞き、説明者の理解状況について評価してもらいます。」と説明した。説明は事前に参加したペアの相手の説明場面をレコーディングした映像を見ること、そこではメモ用紙だけが表示された映像になっていることが伝えられた。

ペアのうち、自分がどちらの役割を担うかについては、説明準備後に指示するため、まずは自分が説明者になってもいいように準備するよう教示した。説明準備時間は最大で 25 分とした。

参加者の準備完了の申告（または制限時間終了）のあと、参加者自身の理解状況について評価シートの 5 つの項目について 5 段階で自己評価させた。

自己評価完了後、説明活動を実施した。まず、参加者がどちらの役割を担うかについて指示した。ここで説明役となった場合は、作成したメモ用紙をスマートフォン等で撮影し、データをパソコンに転送の上、画像ファイルを画面共有させた。ここで参加者、実験者のカメラはオフにし、メモ用紙のみが画面表示された状態になっていることを確認した上で、説明するよう指示した。説明の様子は Zoom のレコーディング機能を利用して記録した。また、聞き手役となった場合には、事前に組まれているペアの相手の説明をレコーディングした映像を再生し、それを視聴しながら、説明者の理解度について評価シートの 5 つの項目について評価するように指示した。

説明活動終了後に、再度評価シートを用いて、現在の理解状況を自己評価させた。

説明群、聞き手群とも二度目の自己評価後に事後テストを実施した。解答用紙を取り出させ、実施に際する注意事項を確認した。具体的には、問題は画面に大問 1 題ずつ提示するため 1 つの大問が終了したら合図をすること、次のページに進んだら前のページには戻らないこと、必要であれば電卓を用いてもよいことを教示した。解答の時間制限は設けなかった。事後テストの平均所要時間は約 20 分であり、事前アンケートから事後テストまで実験全体で 90 分程度であった。

3. 結果と考察

(1) 事後テスト

事後テストの結果、説明群 16.5 点 (SD=5.20)、聞き手群 14.8 点 (SD=5.05) となり、説明群の得点のほうが高いものの、有意差は認められなかった ($t(30)=.931, ns.$; 効果量 $d=.33$)。したがって、本研究の条件下において、少なくとも事後テストの得点からは、説明者と聞き手に与える影響の違いは見いだされなかった。本研究では統制群を設けていないため、説明生成の効果（説明者）や他者をモニタリングすることの効果（聞き手）の有無自体を特定することは困難だが、有意差が見られなかったことから、少なくとも説明生成が説明者のみに利点として寄与するというわけではない可能性があるといえる。

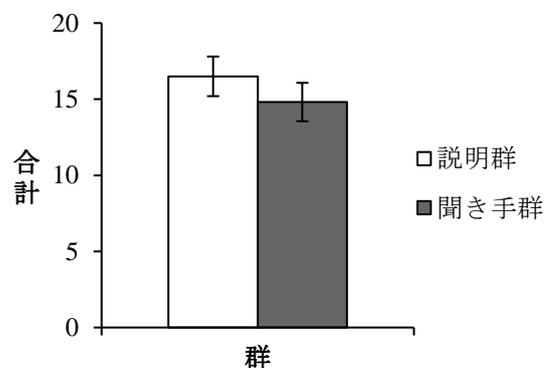


図1 事後テストの比較

(2) 自己評価

自己評価の変化と事後テスト得点との間に興味深い関係が 2 点見いだされた。

1 点目は、説明活動前後の自己評価の変化についてである。表 1、図 2 に示すように、説明群が説明生成後（自己評価②）の自己評価を減少させているのに対し（平均 0.69 ポイント減少）、聞き手群は説明評価後の自己評価を増加させていた（平均 1.44 ポイント増加）。両群の変化分の平均に対して t 検定を行ったところ、有意差が検出された (t

表1 自己評価の比較

| | 自己評価① | 自己評価② | 変化分 (②-①) |
|------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 説明群 | 19.3 (SD=3.28) | 18.6 (SD=3.58) | -0.69 (SD=2.00) |
| 聞き手群 | 19.1 (SD=3.93) | 20.6 (SD=4.32) | 1.44 (SD=2.00) |

※自己評価：①=説明活動前の評価，②=説明活動後の評価

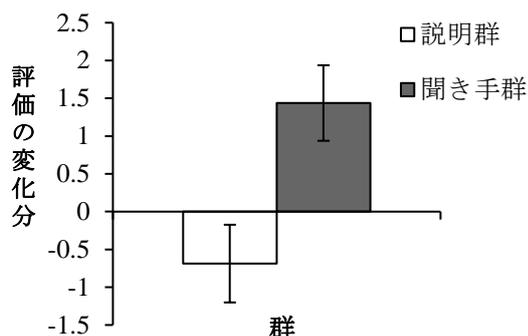


図2 自己評価の変化分の比較

(30)=-2.96, $p<.01$).つまり、説明者は説明生成によって、理解不足を認識し、逆に聞き手は説明を聞くことで、より理解が促進したと感じているということである。

2点目は、上記の自己評価の変化分と得点との関係についてである。変化分と得点の相関を求めたところ、 $r=-.406$ となり、有意差が検出された($p<.05$)。つまり、説明活動後の自己評価が下がるほど、得点が上がリ、自己評価が上がるほど得点の下がることを示している。

以上のことから説明者、聞き手それぞれに対して与えた影響について解釈すると次のようなことが考えられる。まず、説明者は説明生成によって自らの理解不足を認識することになり、それが自己評価の減少に反映されていることがわかる。つまり、理解確認の説明活動は、モニタリングの機会につながり、「わかったつもり(西林,1997)」を抑制する働きがあることを示唆している。ただし、本研究で設定した条件下では、聞き手との間に事後テスト得点で有意差は検出されなかったため、その効果は限定的な可能性もある。伊藤・垣花(2019)でも理解確認のための説明は、教授のための説明よりも効果が小さいことが示されていることから、理解確認のための説明だけは十分な活動とならないことが示唆される。市川(2008)が提唱する「教えて考えさせる授業」のように、理解確認に加え、それを深めるような取り組みを実施することが、学習効果を最大限高めるためには必要だといえるだろう。

一方、聞き手にとって、説明者の説明を聞く行為が、協

同問題解決で示される「モニター役」と類似の役割を果たし、それが理解を促進する可能性を指摘したが、本研究の結果から、それは支持されなかった。自身が学習した内容について、他者が説明している様子を観察するという活動は、聞き手にとってそれほどメリットがないということだろうか。もちろんこの聞き手にとっての効果に関しては、本研究の結果だけでは明確なことは言えないため、今後さらに検討していく必要があるが、ここでは1点だけ検討していく上での方向性を指摘しておきたい。それは、聞き手に与える影響が説明者に依存するという点である。以下、この点について間接的に分析を加える。

本研究の枠組みでは、説明者は自身が準備した内容に基づいて説明を自由に展開できるのに対し、聞き手は説明者が生成する説明をなかば強制的に聞くことになる。したがって、説明者の生成する説明の質や分量の違いが、聞き手に及ぼす影響の違いになることは容易に予想されることである。実際、説明者の説明時間は平均で582秒であったが、最小値が158秒、最大値が1174秒と個人差が非常に大きい。説明時間と聞き手の得点について相関係数を算出したところ、 $r=.643$ ($p<.01$)となった。つまり、情報量の多い説明を聞く機会を得られれば、説明を聞くことが有効な活動として機能する可能性もあることが示唆される。なお、説明時間と説明者の得点には相関関係は見られなかったため($r=.079$)、説明者、聞き手の双方のメリットという面で考えると、必ずしも長い時間説明すること自体が重要とも言い切れず、説明活動が互いにとって効果的なものになるためには、何を指針とするのがよいのかについては、今後さらに検討していく必要があるだろう。

なお、聞き手については、理解状況の自己評価が向上しているにも関わらず、それが事後テストの得点には結びついていないことが示された。これは実践の場で説明活動を行う上での留意点を示している。学校現場で説明を聞く機会の多い学習者にとって、本人が理解できたつもりになっていたとしても、それは「わかったつもり(西林,1997)」になっている可能性があることを示唆している。だからこそ、理解確認のための説明が重要となるわけである。理解確認のための説明活動を実践に取り入れる際には、どちらか一方のみを説明者にするのではなく、たとえば互いに説明しあってみるなど、すべての学習者に説明の機会をもれなく提供することが重要になってくるのかもしれない。いずれにしても説明者、聞き手の双方に及ぼす影響については、関連する影響を整理して、さらに検討を続けていく必要があるといえよう。

最後に、本研究はWeb会議システム（Zoom）を利用した説明活動を実施した。コロナ禍における現在の状況に鑑み、非接触かつ同日同時刻でなくても、ペアによる説明活動に類似した活動になる方法を考案した。Web会議システムのレコーディング機能を活用した説明生成およびその視聴というスタイルは、理解確認を目的とした説明活動という形でなかったとしても、今後教育現場に広まっていく可能性はあるだろう。

また、本研究では十分に示されなかったが、仮に説明者の説明内容や質が高ければ、聞き手に対する効果が見込めるのならば、その要因を踏まえた説明を事前にレコーディングしておき、学習者に視聴させるという方法も利用可能である。こうした視聴による学習は、聞き手にとって受動的な活動になりやすいとはいえ、初学者やその教科を苦手としている学習者のように説明生成そのものが高度な内容になりやすい場合には、認知的な負荷を下げ、適切な学習活動へつながっていく可能性もあるといえるだろう。今後、録画映像を利用した学習活動へと発展させていく一つのたたき台として本研究の方法や結果が位置づけられていくものと考えている。

また、実験そのものを非接触で実施することで、直接参加者を実験室に召集しなくても、ペアによる学習活動がある程度再現することができた。1時間半にわたる長時間の実験によってデータを収集していくのは、参加者の確保が課題になることが多い。参加への障壁を少しでも下げるためにも、自宅等から都合の良い時間のみ実験・調査に参加するという方式は、大きな利点として機能する可能性があり、今後ますますこうした形態が広がっていくことが予想される。その点でも、本研究の試みは一つのモデルケースとなるのではないかと考えている。

4. 参考文献

- [1] 市川伸一（2008）「教えて考えさせる授業」を創る—基礎基本の定着・深化・活用を促す「習得型」授業設計 図書文化
- [2] 深谷達史・植阪友理・市川伸一（2016）「教えて考えさせる授業」の効果検証—中学生に対する理科の実験授業から— 日本教育心理学会第58回総会発表論文集, 509
- [3] 西林克彦（1997）「わかる」のしくみ：「わかったつもり」からの脱出 新曜社
- [4] Roscoe, R. D., & Chi, M. T. H. (2008). Tutor learning: The role of explaining and responding to questions. *Instructional*

Science, 36, 321-350. doi:10.1007/s11251-007-9034-5

- [5] Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inference and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science*, vol. 5. (Pp. 161-238). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- [6] 伊藤貴昭・垣花真一郎（2019）説明状況の違いが説明者自身の理解促進効果に与える影響—相手に教授する状況と自分の理解を確認する状況の比較— 教育心理学研究, 67, 132-141
- [7] Miyake, N. (1986). Constructive interaction and the iterative process of understanding. *Cognitive Science*, 10, 151-177.
- [8] Shirouzu, H., Miyake, N., & Masukawa, H. (2002). Cognitively active externalization for situated reflection. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 26, 469-501.
- [9] 佐藤 信（1968）. 推計学のすすめ—決定と計画の科学 講談社

内なる表象の解読 -内的な心理過程の多様性について- Decoding the mind representation -the diversity of information processing in our mind-

中山一輝[†] 高橋英之[†] 石川悟[‡] 伴碧[†] 石黒浩[†]

Kazuki Nakayama, Hideyuki Takahashi
Satoru Ishikawa, Midori ban, Hiroshi Ishiguro

[†]大阪大学大学院 基礎工学研究科, [‡]北星学園大学 文学部
Osaka university, Hokusei Gakuen University
takahashi@irl.sys.es.osaka-u.ac.jp

概要

本稿では、心の多様性の一例として、内言（声に出さない心的な思考）がどれだけ個体間で異なっているのか、それを定量的、定性的に明らかにすることを目指す。さらに、そのような内的な心的過程の可視化を進めていくことにより実現する、個人によりあったサービスや補助などの提供の可能性について議論を行いたい。

キーワード：内言、多様性

研究領域において研究がなされてこなかった内的な心理過程で用いられる表象の多様性について、一般参加者を対象としたオンラインアンケート調査を行い、そして互いの内言の類似性、相違性を語り合うオンラインワークショップによる検討などから多角的に明らかにすることを目指す。

1. はじめに

内言とは、実際の音声を伴わない内面化された思考のための道具としての内的な心理過程を指す

[1]. 内言は外界で生じた現象を分析したり、計画を立てたりする上で非常に重要な役割を担っていると考えられている。一方、内言は直接観測することが不可能な個人内に閉じた現象であるため、なかなか定量的な解析を実施することが困難であり、その詳細は十分に解明されているとは言えない。

興味深いことに、内言のような心理過程で用いられる表象は、すべての人で共通ではなく、人によっては言語優位である、映像有意である、といったように、その多様性に関する言及がこれまで言語報告レベルでは示唆されてきた [2, 3]. しかし実際に個々人の内言で用いられる表象がどれだけ多様で、具体的にどのような種類が存在しているのか、その多様性の詳細について具体的に調査した研究は殆ど存在していない。心的過程の多様性について議論している先行研究として、視覚優位、聴覚優位、といったように、感覚モダリティにもとづいて個人の認知特性を表現した研究はあるが[4]、これらの先行研究は表出される行動傾向なども包含した個人特性を対象としており、内的な心理過程そのものを純粋に現象として扱ったものではなかった。

そこで本研究では、これまであまり心理学などの

2. 予備的な調査の概要

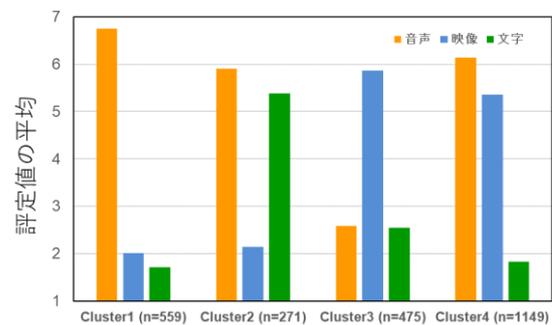


図 1. クラスターごとの参加者数と評定値の平均

本研究の第一歩として、インターネット上で参加者を募ったオンライン調査を実施した。本調査では、まず「昼食で何を食べるのかを検討する」という単純な場面において、「音声言語」を用いている内言の動画、「映像」を用いている内言の動画、「文字」を用いている内言の動画の三種類を用意し、それぞれの動画がどれだけ調査参加者が実際に行っている心理過程に近いのかを7件法のリッカート尺度で評定してもらった。さらにこれらの設問に加えて、「大事なメールを作成する際に、(メモなどを取らずに) 頭の中だけで事前に文面を考えることができますか」、「粘土細工をつくる際に、(スケッチなどをせずに) 事前に頭の中だけで完成させたい粘土

細工の映像を思い浮かべることができるか」という二つの事例について、それぞれが実行可能かどうかを「はい」か「いいえ」の二択で参加者に尋ねた。そして最後に、自らの内言について、このアンケートだけでは表現できない他の特徴があれば、自由に参加者に記述してもらった。

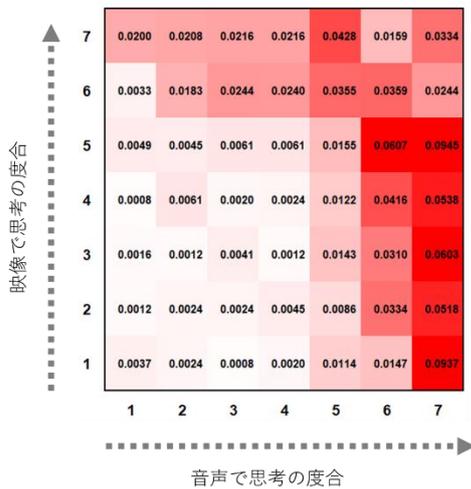


図2. 「音声」と「映像」の評定値の組み合わせごとの全体に対する参加者の割合

本調査では、2454人の参加者から回答を得ることができた。まず昼食の選択場面において「音声言語」、「映像」、「文字」それぞれを用いている動画の自身への当てはまりの良さを評定したリッカート尺度の3次元の値をクラスター分析にかけたところ、回答傾向に4種類のクラスターを見出すことができた。それぞれのクラスターに含まれる参加者数と、クラスターごとのリッカート尺度の評定値の平均を図1に示す。

この図から Cluster1の参加者は音声, Cluster2の参加者は音声と文字, Cluster3の参加者は映像, Cluster4の参加者は音声と映像、と内言の中で主に用いられている表象の感覚モダリティが異なることが示唆された。また図2は「音声」と「映像」の評定値の組み合わせごとの全体に対する参加者の割合をヒートマップで示したものである。この図から、「音声」だけが主、「映像」だけが主、「音声」と「映像」の組み合わせ、の三通りの内言のパターンが少なくとも存在していることを視覚的に理解することができる。さらにこれらの内的な心理過程において用いている表象と、「メール」と「粘土細工」を頭の中で操作可能かを問うた設問との関係を見ると、「メ

ール」については Cluster2（「音声」と「文字」）の参加者で可能と回答する参加者が、「粘土細工」については Cluster3（「映像」）と Cluster4（「音声」と「映像」）の参加で可能と回答する参加者がそれぞれ多いことが、カイ二乗検定から明らかになった。

一方、これらの解析は、あくまでも多数派に注目した統計的解析であり、個々の参加者の言語報告に注目すると、より多様な内的な心理過程の存在が示唆される。参加者の記述の例として、「メールなどの複雑な思考における内言は写実的な映像よりも記号的なことが多いように思います（フローチャートのような）」や、「思考に触覚的な感覚がある気がする。また、思考のレイヤーを切り替える際、自分が（想像の空間を）上下したりするようなイメージも使う（重力的な(?)体感覚をとまなう)」といった、こちらが候補として用意した感覚モダリティでは説明できないような表象を報告する参加者も散見された。さらに自分自身で内言を制御している感覚の参加者と、受動的に脳内に生じる内言を“観察”している参加者が存在することも言語報告から示唆された。

3. 今後の展望について

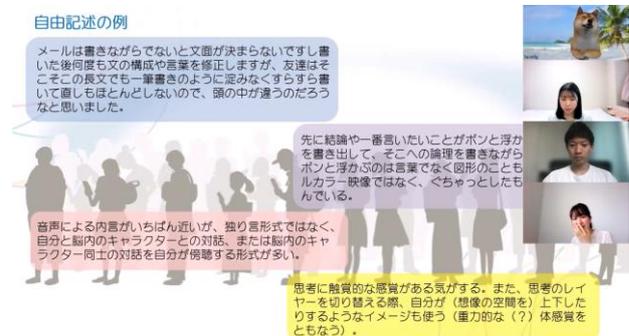


図3.ZOOMで実施した、内言の違いについて語り合うワークショップの様子

今後は、継続して内言の多様性をより明確に記述する調査（可能であれば、直接行動を計測する心理実験も）を実施するとともに、オンラインで実施する内言をテーマにしたワークショップも開催し（図3）、個々人の内的な心理過程の多様性について、より詳細に分析していきたいと考えている。学会当日はこれらの検討の最新の結果についてもご報告させていただき予定である。

文献

- [1] 藤岡久美子, 岩男征樹, 内田伸子, 茂呂雄二, & 天野清. (2001, July). ヴィゴツキーの射程: プライベートスピーチ研究の実際. In 日本教育心理学会総会発表論文集 第43回総会発表論文集 (pp. S82-S83). 一般社団法人 日本教育心理学会.
- [2] 今田恵. (1923). 思考作用と言語表象との関係. 日本心理学雑誌, 1(1), 34-95.
- [3] Bainbridge, W. A., Pounder, Z., Eardley, A. F., & Baker, C. I. (2021). Quantifying Aphantasia through drawing: Those without visual imagery show deficits in object but not spatial memory. *Cortex*, 135, 159-172.
- [4] Kozhevnikov, M., Hegarty, M., & Mayer, R. E. (2002). Revising the visualizer-verbalizer dimension: Evidence for two types of visualizers. *Cognition and instruction*, 20(1), 47-77.

シント・マールテンの新型コロナウイルス感染者は何人ですか？： コロナ感染者数の推定によるリスク認知の利用可能性仮説の検討

中村 國則[†]

Kuninori Nakamura

[†]成城大学社会イノベーション学部

Faculty of Social Innovation

nakamura.kuninori@gmail.com

概要

A tendency to overestimate small frequencies and underestimate large ones, and exaggerate the frequency of specific causes while underrating the frequency of others is a prominent feature of risk judgment. Regarding this phenomenon, the availability heuristic hypothesis explains that the memorability or imaginability of events affects subjective frequencies. Specifically, this hypothesis assumes that certain rare events such as death by a natural disaster are frequently reported, whereas more frequent events such as death by cancer are seldom reported. Thus, disproportional availabilities are linked to events according to the tendency to overestimate small frequencies and underestimate larger ones. In this context, estimating the number of patients infected by COVID-19 would be a good sample to examine the availability hypothesis. Hence, the present study asked Japanese undergraduates to estimate the number of COVID-19 patients in 100 countries. Moreover, this study also counted the number of searches that contained the following phrases, names of the countries, “coronavirus”, and “infection.” Contrary to the prediction of the availability hypothesis, the results demonstrated an overestimation of infection cases in countries with a small number of patients and an underestimation of cases in countries with a large number of patients; moreover, the number of searches were positively correlated with the number of patients in the countries.

キーワード: 低頻度事象の過大評価, 高頻度事象の過小評価, 利用可能性仮説, 新型コロナウイルス

1. はじめに

実際には起こりにくいものを起こりやすく、起こりやすいものを起こりにくいと考えてしまう低確率・低頻度の過大評価、高確率・高頻度の過小評価は理論面(Kahneman & Tversky, 1979)でも現実面(Lichtenstein, Slovic, Fischhoff, Layman, & Combs, 1978)でも不確実性下の意思決定の古典的な知見の1つである。特に現実場面におけるリスク事象の頻度については、Lichtenstein et al. (1978)で扱われた死亡理由の例が示すように、実際の生起頻度との比較でみると、竜巻・洪水といった自然災害といった実際にはそれほど多くないにも関わらずしばしば報道される死亡理由の発生件数は実際よりも高く、がん・心臓発作といった死因としてはありふれているが話題にはなりにくい死亡理由の発

生件数は実際よりも低く見積もられる傾向があることが知られている。

利用可能性ヒューリスティック(Tversky & Kahneman, 1973; Lichtenstein et al, 1978)は、このような現実場面における低確率の過大評価・高確率の過小評価に対する主要な説明としてしばしば言及されてきたものである。たとえば、竜巻・洪水といった災害による死亡は報道で取り上げられる機会が多く、その結果人々の記憶に残りやすい。それに対してガンや心臓発作という理由による死亡はありふれすぎているため、かえって注目を集めにくく、記憶に残りにくい。その結果、その記憶の鮮明さに基づいて起こりやすさが見積もられると、現実とは異なった頻度の推定が行われることになる。つまり、現実が与える確率情報ではなく、記憶の鮮明さや思い出しやすさに基づいて不確実性の判断が行われるために、このような判断のアノマリが生じるものこれまで考えられてきた

さて、この利用可能性仮説を考える上で興味深いのが、現在の新型コロナウイルス感染をめぐる情報環境である。2021年4月26日現在に至るまでの新型コロナウイルスの累積感染者数はアメリカでは3000万人、ブラジルでは1000万人に達しており、これらの国の感染状況の深刻さはしばしば報道されたところである。一方、シント・マールテン、コモロといった国・地域では、同期間の累積感染者数は5000人に満たず、これらの国・地域については感染状況どころか国自体の情報もほぼ報じられることはない。このように、新型コロナウイルスの感染状況に関する報道については頻度が高い方がかえって言及される機会が多いため、利用可能性仮説に基づけば、感染者数の推定については感染者が高頻度で現れるアメリカのような国の方がかえって過大評価が起きる状況が成立していると考えられる。それにもかかわらず、低頻度の過大評価・高頻度といった現象は新型コロナウイルスの感染状況に関する推定についても成立するのだろうか。この点を検討するのが本研究の目的である。

2. 研究 1

研究 1 の目的は、(1)各国・地域のコロナウィルス感染者数の推定で感染者数が少ない国に対する過大評価、多い国に対する過小評価が生じているか、(2)感染者数の評価が記憶痕跡、再認といった側面と同関連しているのかを検討することである。記憶痕跡と感染者数の判断の関連で研究 1 が特に注目するのが再認原理 (recognition principle: Goldstein & Gigerenzer, 2002)である。この原理は、二肢選択の場面で片方の選択肢が再認できてもう片方の選択肢が再認できない場合、判断基準に照らし合わせて再認できる選択肢の方がより高い値を持つと考える決定方略である。この決定方略に従えば、100 ある国・地域の感染者数評定についても、名前を知っている国の方がそうでない国よりも感染者数が多いと判断することが予測できる。この目的のため、研究 1 では各国の感染者数の推定と同時に、個々の国・地域に対する再認評定を求めたうえで、データ収集を行った時点での検索件数・再認の有無の感染者数評定に対する影響を検討した。

2.1 方法

私立大学生 108 名が“新型コロナウイルスに関する調査”と題した Google form 上の質問に回答した。参加者は、Google form 上に提示される 100 の国・地域について、2019 年 12 月から現在に至るまでの新型コロナウイルスの累積感染者数、およびそれらの国を知っているかどうかを回答することを求められた。感染者数の回答は空欄に数値を記入し、知っているかどうかについては“知っている”“知らない”のどちらかを選択することで回答した。それぞれの質問ごとに同じページの中に提示され、国・地域の順序は参加者間でランダムにされた。また、2 種類の質問については半数が感染者数の設問を先に、残りの半数が後に回答した。推定の対象となった国・地域は web 上の”地図とグラフでみる新型コロナウイルスの感染者数 (reuters.com)”を参照し、4 月 26 日時点での感染者数 1 位から 200 位までの国・地域の中から奇数順位のものを選び出した。また、各国・地域の利用可能性の指標として、4 月 27 日時点での国・地域名に加えて“コロナ”、“感染者数”の 2 語を加えて検索した際の検索ヒット数を 100 の国を記録した。

2.2 結果及び考察

図 1 に各国・地域の累積コロナ感染者数の推定値の幾何平均と実際の感染者数の散布図を示す。図 1 の対角線は実際の感染者数と推定値が一致していた場合を表しており、この線よりデータポイントが上にあれば過大評価、下にあれば過小評価をしていることになる。この図をみるとわかるように、実際の感染者数が相対的に少なければ推定値のデータポイントは対角線より上に、多ければ対角線より下にあることがわかる。このような結果は、コロナの感染者数についても低頻度の過大評価、高頻度の過小評価が生じていることを示している。

また、国・地域ごと実際の値と比較して過大推定した参加者の比率をみると(図 2)、過大評価する参加者の比率は順位の高い国ほど低く、順位の低い国ほど高い傾向があることがわかる。一方、個々の国の検索ヒット件数を表す図中のバブルの大きさをみると、概して感染者数が多い国・地域ほど検索件数が多い傾向があり、検索件数と感染者数の平均推定値(Spearman's $\rho=0.49$, $p<.01$)、および実際の感染者数(Spearman's $\rho=0.58$, $p<.01$)との間の相関はともに正に有意であった。

続いて、このコロナ感染者数の推定と再認原理の関連を検討するため、参加者の国・地域を知っているかどうかの判断と、現実の感染者数の大小関係との対応、および参加者の評定における大小関係との対応を検討した。その結果、参加者が再認ヒューリスティックを用いた場合の感染者数の大小判断の平均正答率は $0.76(SD=0.04)$ であり、参加者の再認は感染者数の判断に対して高い妥当性を有していたものといえる。しかしながら、参加者の感染者数の評定値に基づいて感染者数の大小判断を予測したところ、平均的な正答率は $0.63(SD=0.05)$ であり、再認ヒューリスティックを用いた場合の正答率よりも低くなった。そして、参加者の評定値と再認ヒューリスティックとの一致率は $0.69(SD=0.12)$ であった。

以上をまとめると、研究 1 の結果は以下の点を示している；(1)国別の新型コロナウイルスの感染者数の評価についても、低頻度の過大評価・高頻度の過小評価といった先行研究の知見(Lichtenstein et al, 1978)が確認された、(2)検索件数を記憶痕跡を知識の利用可能性の指標と考えれば、相対的に利用可能性が高い国ほど過小評価される傾向がみられ、このような傾向は過小評価・過大評価が利用可能性によって生じるとする先行研究の説明とは合致しない。

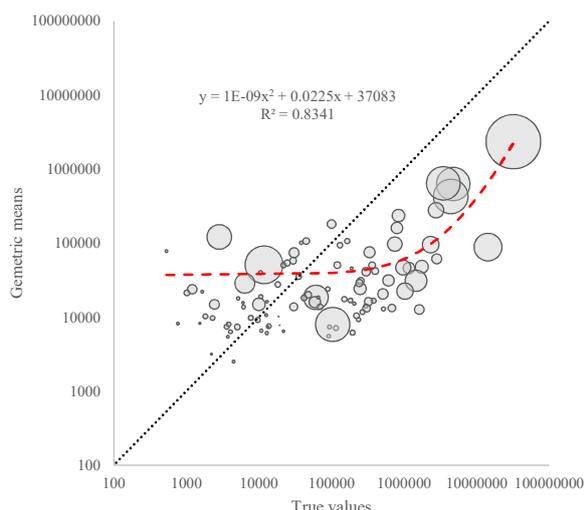


図1 4月26日までの各国・地域の新型コロナウイルスの累積感染者数の幾何平均評定値と実際の頻度との関連：対角線は実際の感染者数と推定値が一致していた場合を表す。データポイントのバブルサイズは各国・地域の名称と“コロナ”, “感染者数”の2語とともに検索した際の検索ヒット数を、赤い点線は二次の回帰曲線を表す。

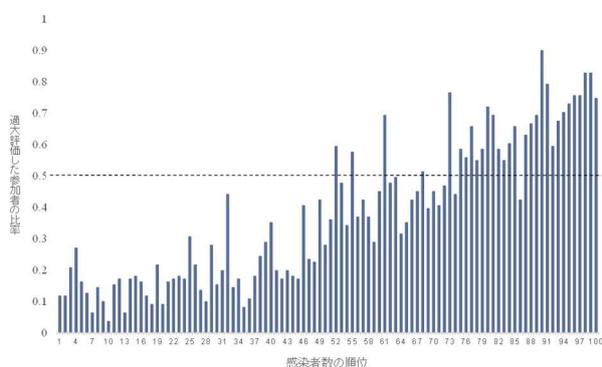


図2 研究1において回答が実数と比較して過大評価であった参加者の比率：x軸は国・地域の感染者数の順位, y軸は参加者の中で評定値が実際の値より高かった参加者の比率を表す。

3. 研究2

研究2の目的は、感染者数の過大・過小評価が感染の深刻さとの評価と同関連するのかを検討することである。利用可能性仮説の含意の1つに、結果の深刻さが頻度の評価に影響するという可能性が考えられる(Lichtenstein et al, 1978)。コロナ感染者の評価の問題に即して述べれば、低頻度の国・地域が過大評価されている

理由として、これらの国・地域の感染状況が深刻と参加者が考え、その結果感染者数の過大評価が生じている可能性が考えられる。そこで研究2では、感染者数の数的な評価と同時にそれらの国・地域の感染状況の深刻度という主観的な判断を測定し、過大評価・過小評価との関連を検討する。

3.1 方法

78名の参加者に対し、研究1と同様にGoogle form上に提示される100の国・地域について、2019年12月から6月15日現在に至るまでの新型コロナウイルスの累積感染者数、およびそれらの国の感染状況がどの程度深刻かを“全く深刻ではない：1～非常に深刻である：5”の5件法で評価することを求めた。国・地域の提示方法、および感染者数評価・深刻さの評価の順序は研究1と同様のランダム化・およびカウンターバランスがとられた。また、研究1同様に各国・地域の利用可能性の指標として、国・地域名に加えて“コロナ”, “感染者数”の2語を加えて検索した際の2019年1月1日から6月15日時点での検索ヒット数を1記録した。

3.2 結果及び考察

図3に研究2の結果を示す。研究1同様、感染者数の評価は実際の感染者数が相対的に低い国・地域であれば推定値は対角線より上に、相対的に高い国・地域であれば推定値より対角線より下に位置しており、低頻度の過大評価・高頻度の過小評価が生じていることがわかる。また、検索件数と感染者数との関連をみても、検索件数が相対的に低い国・地域については過大評価、検索件数が多い国・地域については過小評価の傾向となっている。また、研究1と同様に個人ごとの過大・過小評価の傾向と検索件数との関連を分析した結果、感染者数が多い国・地域ほど検索件数が多い傾向があり、検索件数と感染者数の平均推定値(Spearman's $\rho = 0.56, p < .01$)、および実際の感染者数(Spearman's $\rho = 0.79, p < .01$)との間の相関はともに正に有意であった。

さらに、深刻さの評価と感染者数の評価の関連をみると、深刻さの評定と感染者数の推定との間には有意な相関があり($r = 0.58, p < .01$)、さらに過大評価されている国・地域では深刻さの評価は相対的に低く、過小評価されている国・地域ほど深刻さの評価は相対的に高くなっていることがみてとれる。このような結果は、深刻さの判断は過小評価・過大評価を強めるものとはなっていないことを示している。

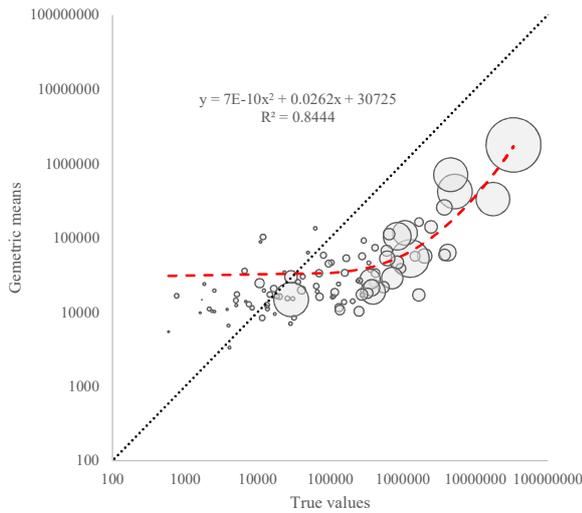


図3 6月15日までの各国・地域の新型コロナウイルスの累積感染者数の幾何平均評定値と実際の頻度との関連：対角線は実際の感染者数と推定値が一致していた場合を表す。データポイントのバブルサイズは各国・地域の名称と“コロナ”，”感染者数”の2語とともに検索した際の検索ヒット数を、赤い点線は二次の回帰曲線を表す。

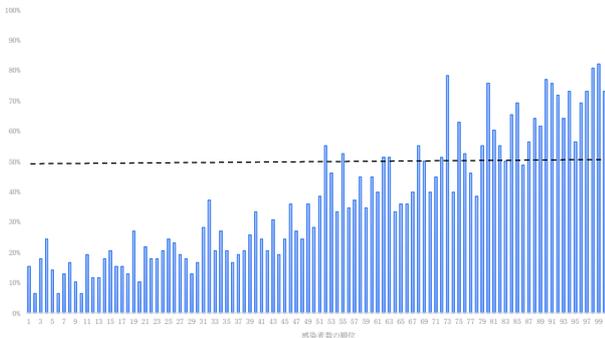


図4 研究2において回答が実数と比較して過大評価であった参加者の比率：x軸は国・地域の感染者数の順位、y軸は参加者の中で評定値が実際の値より高かった参加者の比率を表す。

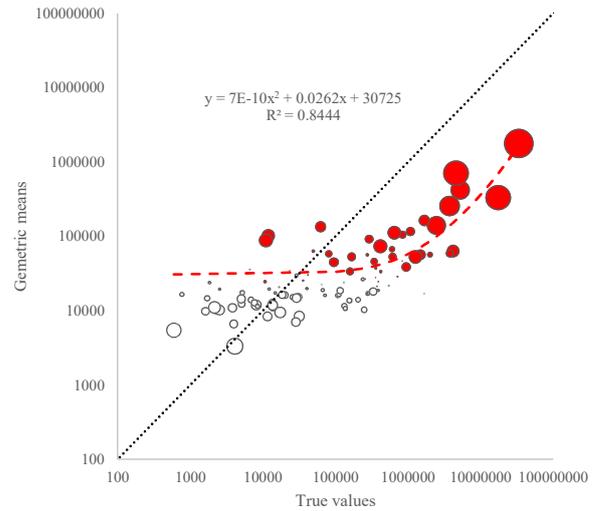


図5 6月15日までの各国・地域の新型コロナウイルスの累積感染者数の幾何平均評定値と深刻さの評定値との関連：対角線は実際の感染者数と推定値が一致していた場合を表す。データポイントのバブルサイズは深刻さの評定値を表し、赤い色は平均以上、白い色は平均未満の評定値であることを示す。

4. 結論

以上を踏まえると、現時点の分析結果は低頻度の過大評価、高頻度の過小評価という先行研究の知見を再現しているものの、その機序は利用可能性仮説とは異なるものであること示していると考えられる。具体的には、過大評価・過小評価の傾向は再認、記憶痕跡、感染の深刻さといった要因ではなく、むしろ数に対する人間の感覚そのものから生じている可能性を示唆するものである。

5. 参考文献

[1]Gigerenzer, G., & Goldstein, D. G. (1996). Reasoning the fast and frugal way: Models of bounded rationality. *Psychological Review*, 103, 650–669.

[2]Lichtenstein, S., Slovic, P., Fischhoff, B., Layman, M., & Combs, B. (1978). Judged frequency of lethal events. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4, 551–578.

[3]Kahneman, D & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica* 47, 263-

選択のオーバーロードに商品購入場所と購入対象が及ぼす影響

Format Guideline for Manuscripts of JCSS

松田 憲[†], 高宗 加奈[†], 畔津 憲司[†], 有賀 敦紀[‡]
Ken Matsuda, Kana Takamune, Kenji Azetsu, Atsunori Ariga

[†]北九州市立大学, [‡]広島大学
University of Kitakyushu, Hiroshima University
matsuken@kitakyu-u.ac.jp

概要

本研究では、商品の少数選択肢ないし多数選択肢を呈示して、自分のための選択と友人のための選択、さらに希少性（近所のコンビニか東京限定か）を操作することによって、選択のオーバーロード現象にどのような影響を及ぼすのかを検討することを目的とした。実験の結果、近所のコンビニで選択する場合と東京で地域限定商品を選択する場合とでは、選択肢の多い方が、選択肢の少ない方よりも、選択への後悔度や選び直したい欲求が高かった。また、自分用か友人用かで比較して検討を行うことで、選択への主観的認知に明確な違いが生じていることが明らかとなった。

キーワード：選択肢過多 (choice overload), 希少性の原理 (principle of scarcity)

1. 背景と目的

我々消費者は、通常は選択肢の多い状況を好み、結果的に商品やサービスの提供者もまた、選択肢の多い環境の構築を迫られてきた。しかしながら、近年は消費者が利用可能な商品や情報はますます量が増大し、種類と質もまた多様化され続けており、消費者の購買意思決定はますます複雑に行われるようになっていく。

商品の種類や情報が多すぎると、かえって多くの中から一つを選択することが困難になり、その場での購入を避けるようになる。このように、選択肢が増加することで選択行動が放棄されたり、選択結果の満足度が低下したりする現象を、選択のオーバーロード現象という。この現象は、近年の認知心理学や行動経済学の研究者間でもその存在をめぐって様々な意見が対立し、多くの研究で検証が行われている。選択のオーバーロード現象を最初に提唱したのは、Iyengar & Lepper (2000) [1] であり、3つの実験によってその効果の存在を証明した。

一方で、選択のオーバーロード現象がうまく生じられなかった実験も数多く存在する[2,3]。その中で、道家・村田 (2007) [4] は、自分のための選択と他者のための選択を行う場合において、選択肢の多さが双方の選択への後悔に及ぼす影響を検討した。実験では、買

い物場面を設定し、他者のための買い物をする状況（両親；温泉，恋人；腕時計，先輩；タルト）と、自分のための買い物をする状況を想定した。選択肢の数は、多い条件は少ない条件の5倍（温泉；20対4，腕時計；40対8，タルト30対6）として、参加者は商品一覧を2分間見た後に、どの商品を買うのかの選択を求められた。そして、選択肢についてのネガティブな情報を呈示した後に、選択結果に対して「どのくらい後悔すると思うか」、「もしもう一度選び直すとしたら違うものを選ぶと思うか」、「もし違うのを選んでいたら、どれくらい幸せだったと思うか」の3項目を7件法で測定した。その結果、他者のための選択を行う場合には自分のための選択を行う時よりも責任が重いこと、選択肢の多少にかかわらず後悔が強いが、自分のための選択を行う場合は選択肢の多少に影響を受け、選択肢が少ない場合は多い場合よりも後悔が弱くなることを示唆する平均値パターンを得たものの、統計的な有意差を得ることは出来なかった。その原因として、実験シナリオ中の意思決定の失敗が参加者にさほど大きなリスクを感じさせるものではなかったため、参加者の後悔を生起させなかった可能性が示唆された。よって、選択を行う際のリスクを高めることで有意な結果が得られるのではないだろうか。

Cialdini (2014) [5] は、限定販売によって購買行動が促進される理由を、希少性の原理を用いて説明している。本研究では、希少性の原理を用いることで、選択を行う際のリスクを高めることができるのではないかと考えた。人は入手可能性が制約されることによって、その商品に価値を感じるようになる。そのため、選択肢が多くなればなるほど選択する際のリスクが高くなり、後悔を生起させることができるのではないだろうか。

限定販売が、購買行動に促進的な影響を及ぼすことは、複数の研究によって検証されている。Van Harpen, Pieters, & Zeelenberg (2014) [6] の実験では、陳列棚の容量と比較して陳列数の少ない商品は、他の商品より

も人気があり、品質が高いと推論され、その希少な商品が購入される傾向にあることが示された。また、自分の商品として購入する場合には希少性の効果は明確でなかった一方で、友人へのプレゼント用として購入する場合には希少性の効果が得られる結果となった。三村 (2009) [7] は、実際に市場に流通している通常品と期間限定品のいずれかを選択させ、通常品よりも期間限定品のほうが選択されやすくなるという結果を示した。また、布井・中嶋・吉川 (2013) [8] は限定ラベル (期間限定・数量限定・地域限定) が商品の魅力評価および商品選択に及ぼす影響についての実験を行い、すべての限定条件において限定ラベル刺激によって商品魅力度が上昇することを示した。つまり、商品の持つ入手困難性が商品の魅力を高め、購買をもたらしているといえる。

そこで本研究では、自分のための選択あるいは友人のための選択、さらに選択対象の入手可能性を操作することによって、選択のオーバーロード現象が生起するかを検討することを目的とした。友人のための選択は自分のための選択よりも重い責任が伴うこと、さらには選択対象の入手可能性が制限される (すなわち希少性を高める) ことによって、その対象に感じる価値が高められることで、選択肢が多くなるほど選択する際のリスクが高くなり、選択のオーバーロード現象が生起するのではないかと考えた。

2. 方法

要因計画 2 (購入対象: 自分, 友人) × 2 (購入場所: 近所の最寄りのコンビニ, 東京) × 2 (選択肢数: 多数, 少数) × 3 (主観的認知: 満足度, 後悔度, 再選択欲求) の 4 要因参加者内計画であった。

参加者 福岡県内在住の女子大学生 48 名 (平均年齢 18.6 歳) に対して google フォームを用いての質問票調査を行った。

材料 本実験に先立って行った予備調査では、本実験で呈示する選択肢であるスイーツの画像を選定した。スイーツの画像は、福岡県内でも入手可能なコンビニスイーツ 16 種類と、入手不可能である東京限定スイーツ 16 種類であり、購入場所で希少性を操作した。

本実験での選択肢の呈示およびその後の評定は、google フォーム上で行った。多数選択肢 (12 種類) 条件では画面上の商品呈示位置は 3 段構成であり、商品画像は上段に 4 枚、中段に 4 枚、下段に 4 枚を呈示し

た。少数選択肢 (4 種類) 条件では 2 段構成であり、上下の各段に 2 枚ずつ呈示した。

手続き 実験は参加に同意した大学生 48 名に対して行われた。参加者には近所の最寄りのコンビニに立ち寄った状況あるいは東京に旅行で訪れた状況を想定させたうえで、コンビニスイーツと東京限定スイーツを多数選択肢 (12 種類) と少数選択肢 (4 種類) の状態で呈示し (図 1, 2), 自分用と友人へのプレゼント用について、それぞれ 1 位から 3 位まで回答してもらい、選択した商品の順位付けに対する満足度と後悔度、再選択欲求度 (もしもう一度選び直せるとしたら、違う選択肢を選ぶかどうか) について、それぞれ 7 段階評定で求めた。少数選択と多数選択の各条件の呈示順や、各選択条件内での商品の組み合わせは、参加者ごとにカウンターバランスを行った。



図 1 多数選択肢 (東京限定スイーツ)



図 2 少数選択肢 (コンビニスイーツ)

3. 結果と考察

購入対象と購入場所、選択肢数、主観的認知を要因とする参加者内分散分析を行った。その結果 (図 3), 購入対象の主効果が有意であった ($F(1,47) = 13.89, p < .001, \eta_p^2 = .227$)。購入場所の主効果は有意ではなく ($F(1,47) = 0.60, p = .441, \eta_p^2 = .012$)、近所の最寄りのコ

コンビニで購入する場合と東京で購入する場合とは、統計的な有意差はなかった。選択枝数の主効果は有意であり ($F(1,47) = 13.16, p < .001, \eta_p^2 = .219$)、主観的認知の主効果も有意であった ($F(2,47) = 194.91, p < .001, \eta_p^2 = .806$)。

また、購入対象と選択枝数の交互作用が有意傾向であり ($F(1,47) = 2.97, p = .091, \eta_p^2 = .059$)、選択枝数と主観的認知の交互作用が有意であった ($F(2,94) = 26.44, p < .001, \eta_p^2 = .158$)。単純主効果検定の結果より、満足度における選択枝の効果は有意ではなかったもの ($F(1,141) = 0.62, p = .432$)、後悔度における選択枝の効果は有意であり ($F(1,141) = 7.76, p = .006$)、再選択欲求における選択枝の効果も有意であった ($F(1,141) = 23.15, p < .001$)。選択枝数の多少によって後悔度と再選択欲求の評定値に差が生じることが明らかになった。

対象と購入場所、主観的認知の交互作用が有意傾向であり ($F(2,94) = 2.37, p = .099, \eta_p^2 = .048$)、購入場所と選択枝数、主観的認知の交互作用も有意であった ($F(2,94) = 4.22, p = .017, \eta_p^2 = .082$)。単純交互作用検定より、満足度において購入場所と選択枝数の交互作用が有意傾向であり ($F(1,141) = 3.51, p = .063$)、後悔度においては有意であった ($F(1,141) = 5.33, p = .022$)。選択枝数が多いときの購入場所と主観的認知の交互作用は有意傾向であった ($F(2,188) = 2.54, p = .082$)。また、近所のコンビニでの購入において選択枝数と主観的認知の交互作用が有意であり ($F(2,188) = 4.47, p = .012$)、東京での購入においても交互作用が有意であった ($F(2,188) = 11.40, p < .001$)。単純・単純主効果検定の結果より、選択枝が多いときの満足度において近所のコンビニと東京との間で評定値の差が有意であり ($F(1,282) = 3.89, p = .050$)、選択枝が少ないときの後悔度においても有意であった ($F(1,282) = 4.21, p = .041$)。また、近所のコンビニでの購入時の再選択欲求において選択枝の効果も有意であり ($F(1,282) = 16.84, p < .001$)、東京での購入時の後悔度と、東京での購入時の後悔度と再選択欲求において、選択枝数の効果がそれぞれ有意であった ($F_s(1,282) = 16.84, 12.17, 21.80, p_s < .001$)。以上より、近所のコンビニと東京のどちらで購入する場合においても、選択枝が多い方が少ないよりも後悔度や再選択欲求は高いことが明らかとなった。

続いて、自分用と友人用のそれぞれに対して分析を行い、購入対象が選択枝数や購入場所、主観的認知にどのように影響するかについて検討を行った。

自分用の購入について、購入場所と選択枝数、主観

的認知を要因とする 3 要因分析を行った。その結果、購入場所の主効果は有意ではなく ($F(1,47) = 0.01, p = .935, \eta_p^2 < .001$)、自分用の選択する際は、購入場所による希少性の効果に統計的な差はなかった。一方で、選択枝数の主効果は有意であり ($F(1,47) = 17.08, p < .001, \eta_p^2 = .267$)、主観的認知の主効果も有意であった ($F(2,94) = 189.54, p < .001, \eta_p^2 = .801$)。

選択枝数と主観的認知の交互作用が有意であった ($F(2,94) = 5.62, p = .005, \eta_p^2 = .107$)。単純主効果検定では、満足度における選択枝数の効果は有意ではなかったもの ($F(1,141) = 0.06, p = .806$)、その他の条件は全て 5%水準で有意であった。

また、購入場所と選択枝数、主観的認知の交互作用が有意であった ($F(2,94) = 4.08, p = .020, \eta_p^2 = .080$)。単純交互作用検定の結果、満足度と後悔度、再選択欲求において購入場所と選択枝数の交互作用が有意傾向であった ($F(1,141) = 3.23, 2.90, 3.23, p = .074, .091, .074$)。また、選択枝数が少数のときに購入場所と主観的認知の交互作用は有意であり ($F(2,188) = 4.46, p = .013$)、東京での購入において選択枝数と主観的認知の交互作用が有意であった ($F(2,188) = 8.99, p < .001$)。

単純・単純主効果検定の結果より、選択枝が多いときの満足度と再選択欲求において購入場所の効果が有意であり ($F(1,282) = 4.06, 5.45, p = .045, .020$)、選択枝が多い場合には近所のコンビニで購入するよりも東京で購入の方が満足度は低下する一方で再選択欲求は高まった。また、近所のコンビニで購入する際の後悔度において選択枝の効果も有意傾向であり ($F(1,282) = 2.76, p = .098$)、再選択欲求においては有意であった ($F(1,282) = 9.92, p = .002$)。東京で購入する時の後悔度と再選択欲求においても選択枝の効果が有意であった ($F(1,282) = 10.47, 23.14, p = .001, < .001$)。ここから、近所のコンビニで購入する場合よりも東京で購入する場合の方が、また、選択枝の多い方が選択枝の少ない場合よりも、後悔度と再選択欲求は高いことが明らかになった。

友人用の購入時についても同様に、購入場所と選択枝数、主観的認知を要因とする 3 要因分析を行った。その結果、選択枝数の主効果 ($F(1,47) = 7.45, p = .009, \eta_p^2 = .137$) と主観的認知の主効果 ($F(2,47) = 160.47, p < .001, \eta_p^2 = .773$) がそれぞれ有意であった。また、選択枝数と主観的認知の交互作用は有意であった ($F(2,94) = 8.78, p < .001, \eta_p^2 = .157$)。単純主効果検定の結果より、後悔度と再選択欲求において選択枝数の効果が有意で

あり ($F(1,141) = 5.20, 17.99, p = .024, <.001$), 選択肢数が多い方が少ない場合よりも後悔度と再選択欲求が高いと言える。

3次の交互作用は有意ではなかったものの ($F(2,94) = 2.03, p = .136, \eta_p^2 = .042$), 単純・単純効果検定を行ったところ, 選択肢数が少ないときの後悔度における購入場所の効果が有意傾向であった ($F(1,282) = 2.75, p = .098$). 近所のコンビニで購入する際の再選択欲求において選択肢数の効果が有意であり ($F(1,282) = 15.78, p < .001$), 選択肢数が多い方が少ない場合よりも選び直したいと思う人が多かった。また, 東京で購入する際の後悔度と再選択欲求における選択肢の効果も同様に有意であり ($F(1,282) = 7.83, 10.56, p = .006, .001$), 選択肢が多い方が少ない場合よりも後悔が高まり, 選び直したいと思う人が多いといえる。

以上より, 自分用の購入時において, 近所のコンビニスイーツよりも東京限定の方が, 後悔度と再選択欲求は高く, さらに選択肢の多い方が選択肢の少ない方よりもその傾向はより強く見られた。東京限定スイーツに対して希少性の効果ははたらし, 容易に購入できる近所のコンビニのスイーツより魅力的に感じたうえで, 選択肢が多く示された場合に, 選択意思決定に困難を感じたと考える。友人用の購入時には, 購入場所の効果は見られず, 希少性の効果は表れなかった。友人用の場合は, 自分用と比べて商品そのものへの執着は弱いことが考えられるために, 購入場所による希少性に影響されなかったのではないだろうか。

続いて, 自分用と友人用のいずれにおいても選択肢数と主観的認知の交互作用において, 後悔度と再選択欲求の単純主効果が有意であったため, それぞれについて, 購入対象と購入場所, 選択肢数を要因とした分散分析を行った。

後悔度評定において, 対象と選択肢数の主効果がそれぞれ有意であり ($F_s(1,47) = 5.88, 7.69, p_s = .019, .008, \eta_p^2_s = .111, .141$), 自分用よりも友人用で, 選択肢が少ない時よりも多い時に, 後悔度は高かった。また, 購入場所と選択肢数の交互作用が有意であった ($F(1,47) = 6.56, p = .013, \eta_p^2 = .122$)。単純主効果検定の結果, 選択肢数が少ないときの購入場所の効果が有意であり

($F(1,94) = 5.20, p = .025$), 東京での購入時における選択肢数の効果は有意であった ($F(1,94) = 12.46, p < .001$)。選択肢数の多少で後悔度が影響を受けたのは, 近所のコンビニよりも東京で購入する方であった。

再選択欲求において, 選択肢数の主効果が有意であ

った ($F(1,47) = 19.17, p < .001, \eta_p^2 = .290$)。また, 購入対象と購入場所の交互作用が有意傾向であり ($F(1,47) = 3.46, p = .070, \eta_p^2 = .069$), 購入対象と購入場所, 選択肢数の交互作用も有意傾向であった ($F(1,47) = 3.19, p = .081, \eta_p^2 = .064$)。

購入対象と購入場所の交互作用において, 単純主効果検定を行ったところ, 近所のコンビニで多数選択肢での購入の行う場合, 自分用か友人用かで差が生じた ($F(1,94) = 5.37, p = .023$)。自分用の選択を行うよりも友人用の選択を行う方が, 選び直したいと考える傾向が高かった。近所のコンビニでは自分用はいつでも購入することができる一方で, 友人用は購入する機会の少なさから, より選択に慎重になったと考える。

3次の交互作用の単純交互作用について, 選択肢数が多い条件において購入対象と購入場所の交互作用が有意であり ($F(1,94) = 6.47, p = .013$), 購入場所が東京の時の購入対象と選択肢数の交互作用が有意傾向であった ($F(1,94) = 3.10, p = .082$)。単純・単純主効果検定の結果, 近所のコンビニで選択肢が多い場合に購入対象の効果が有意であり ($F(1,188) = 5.49, p = .020$), 友人用への再選択欲求が高かった。また, 自分用に多数選択肢を行う場合には, 購入場所の効果が有意であり ($F(1,188) = 4.82, p = .029$), 多数選択肢から自分用に購入する場合には, 近所のコンビニよりも東京で購入する方が再選択欲求評定値が高かった。これは, 東京限定という希少性の効果により, 他の選択肢を切り捨てることに困難が生じたことが考えられる。それに対して, 友人用の商品を購入する場合は, 後悔度評定と同様に, 購入場所による差が生じなかった。これは, 自分用の選択に比べて商品そのものへの執着が弱いことと, 同一の友人用に東京でスイーツを複数回購入するという状況が想定しにくいことから, 東京限定という希少性の効果が減じられたと考えられる。

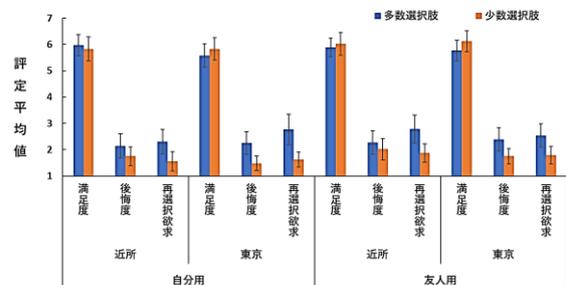


図1 選択のオーバーロード現象に商品購入場所と購入対象が及ぼす影響 (エラーバーは95%信頼区間を示す)

4. まとめと今後の課題

近年、多すぎる選択肢はかえって消費者の選択行動を阻害したり、あるいは選択結果に対する満足度を低下させたりする可能性があると示されている。この現象は選択のオーバーロード現象と呼ばれ、多くの研究が行われてきた。その中で、この現象はどのような状況でも生じる頑健なものではなく、状況依存的なものであることが示唆されるようになってきた。

本研究は、道家・村田 (2007) [4] の先行研究と同様に自分用と他者用（本研究では友人用）の選択状況を設定した上で、さらに購入場所を選択の失敗によるリスクの少ない近所のコンビニと、福岡在住の参加者にとってはリスクが大きい東京にそれぞれ設定することによって選択肢の希少性を操作し、それらが選択のオーバーロード現象に及ぼす効果の検討を行った。

購入対象と購入場所を考慮した分析に先立って、選択肢数が主観的評価に及ぼす効果についてみると、満足度評定値は選択肢の多少の影響を受けなかったものの、後悔度と再選択欲求は選択肢数が多い時のほうが少ない時よりも高まったことから、全体として選択のオーバーロード現象が生じたことが確認できた。

購入対象と希少性について、Van Harpen et al., (2014) [6] の研究では、自分用のワインとして購入する場合には、希少性の効果は明確でなかった一方で、友人へのプレゼント用として購入する場合には希少性の効果が表れた。また、鈴木 (2008) [9] の研究では、限定商品は商品のもつ魅力を高め、購買をもたらしめているという結果を得ている。これらの先行研究と同様に、本研究でも購入対象については自分用より友人用の後悔度評定値が高かった。さらに再選択欲求においても近所のコンビニで選択肢が多い場合には友人用の評定値が高かった。これは、道家・村田 (2007) [4] と同様に、友人のための選択を行う時は自分のための選択を行う時よりも責任が重いため、後悔と選びなおしたい気持ちが強くなったのではないだろうか。購入場所によって操作した希少性については、統計的な効果を得られることは出来なかったものの、購入場所が関わるいくつかの有意な交互作用が得られた。

選択対象ごとに見ると、自分のための選択を行う場合には、選択肢が多いと、近所のコンビニよりも東京で購入の方が満足度が低下し、選び直したくなるという結果を得ている。これは、希少性の効果で東京限定スイーツを近所のコンビニのスイーツより魅力的に

感じたらえに、選択肢が多くどれを選ぶのか迷いが生じたからではないだろうか。あるいは、東京のスイーツは購入できる機会が限られているために、他の選択肢を切り捨てることが惜しくなり、選び直したいという欲求が出たのかもしれない。

一方で友人用の選択には、東京で選択肢が少ない場合の後悔度を除いて、主観的認知に購入場所による差が見られなかった。友人のための選択を行う場合には、良いものを送ったという事実が重要視されるために、自分用の選択を行う場合よりも商品そのものに対する執着が弱く、購入場所が遠いことによる再選択の困難性についても比較的あきらめが生じやすく、結果として希少性の効果が相殺されたのではないだろうか。それに対して、近所のコンビニでの多数選択の場合に自分用よりも友人用の選択を行った方が再選択欲求が高かった結果については、近所だと自分ではいつでも購入することが出来るが、友人のための選択をする機会はそれほど多くなく、相手からの称賛を受けたいという思いや責任が伴うため、もっと良い商品に選び直したいという考えに至るのではないだろうか。

本研究は、選択肢数の多少は、自分のための選択と友人のための選択、さらに希少性の効果によって、それぞれ主観的認知にどのような影響を及ぼすのかを検討した。その結果、購入対象が自分用か友人用かによって、また、購入場所が近所のコンビニか東京なのかによって、選択への主観的認知に明確な違いが生じていることが明らかとなった。本研究では購入場所によって希少性の操作を行ったが、地域限定でなく期間限定や数量限定といった他の希少性の効果を操作することによって、また異なる結果が得られる可能性も考えられる。また、今回の実験では対象商品としてスイーツを取り上げ、参加者も女性のみだった。今後は男性も参加者に加え、さらには選択対象も買い回り品や最寄り品、旅行関連のホテルの予約など、他の特性を有する多くのカテゴリーにおいても調査を行っていく必要があると考える。

文献

- [1] Iyenger, S., Lepper, M. R. (2000) "When choice is demotivating: Can one desire too much of a good thing?" *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 79, pp. 995-1006.
- [2] Chernev, A., Bockenholt, Ulf, Goodman, J. (2015) "Choice overload: A conceptual review and meta-analysis", *Journal of Consumer Psychology*, Vol. 25, pp. 333-358.
- [3] Scheibehenne B., Greifeneder R., Todd PM (2010) "Can there ever be too many options? Meta-analytic review of choice

- overload.” *Journal of Consumer Research*, Vol.37, pp.409-425.
- [4] 道家瑠美子・村田光二 (2007) ”選択肢は多ければ多いほど良いとは限らない：選択肢の数と責任が与える影響” 日本心理学会第71回大会発表論文集, p. 224.
- [5] Cialdini, R. B. (2009) “*Influence: Science and practice* (5th ed.)”, Boston: Allyn & Bacon.
- [6] van Herpen, E., Pieters, F. G. M. (Rik) & Zeelenberg, M. (2014) “When less sells more or less: The scarcity principle in wine choice”, *Food Quality and Preference*, Vol. 36, pp. 153–160.
- [7] 三村浩一 (2009) ”限定品を購入する消費者像—心理的リアクタンス理論から見えるパーソナリティ特性”, *日経広告研究所報*, Vol. 43, pp. 46-50.
- [8] 布井雅人・中嶋智史・吉川左紀子 (2013) “限定ラベルが商品魅力・選択に及ぼす影響”, *認知心理学研究*, Vol. 11(1), pp. 43-50.
- [9] 鈴木 寛 (2008) “限定商品に対する消費者購買行動の理論的・実証的研究：心理的リアクタンス理論と独自性理論を中心に”, *企業研究*, Vol. 14, pp. 201–223.

Computational Thinking は評価可能か： ビーバーチャレンジの協働問題解決過程の分析 Can Computational Thinking be Evaluated: Analysis of Collaborative Problem Solving Process of “Bebras”

遠山 紗矢香¹, 松澤 芳昭², 谷 聖一³

Sayaka Tohyama, Yoshiaki Matsuzawa, Seiichi Tani

¹静岡大学, ²青山学院大学, ³日本大学

Shizuoka University, Aoyama Gakuin University, Nihon University

tohyama@inf.shizuoka.ac.jp

概要

本研究は、Computational Thinking (CT) とはどのような能力なのかを検討することを目指して、計算機科学と CT に関連した問題が出題される「ビーバーチャレンジ」の問題解決過程を分析した初期段階の研究である。本研究では大学生の正答率が低かった「検査」と「画像圧縮」の2問に焦点化して、2名で話し合いながら問題を解かせて問題解決過程を観察した。大学生4ペアの分析結果を用いて、問題解決過程でのCTの発現について検討した。

キーワード：ビーバーチャレンジ, 協調問題解決, Computational Thinking (CT)

1. はじめに

本研究は、“Computational Thinking” (CT) とはどのような能力なのかを検討することを目指して、計算機科学と CT に関連した問題が出題される「ビーバーチャレンジ」の問題解決過程を分析した初期段階の研究である。近年では子ども向けプログラミング教育が日本の義務教育段階にも導入されただけでなく、GIGA スクール構想による児童生徒への1人1台の学習用計算機の配布など、ICTを活用した教育に関して様々な動きがある。こうした中で、CTの観点からもICTを活用した教育の効果に対する関心が高まっていると考えられる。一方でCTが指す能力観については、現在も議論されているところである。

本研究では2名で話し合いながらビーバーチャレンジの問題を解く状況を設定することで、どのような知識が問題解決中に使用されるのか、どのような問題解決方略が適用されるのかといったことを観察する。この観察から得られた結果を用いて、問題解決過程で観察される知識や問題解決方略等は先行研究で指摘されてきた能力観とどのように異なるのか、またCTと呼ばれる能力観とどのように関連しているのかを検討することを、本研究の目的とする。

2. 背景

2.1. ビーバーチャレンジ

国際情報科学コンテスト「ビーバーチャレンジ」は、計算機科学と CT に関連した問題を出題することで、児童・生徒・学生が計算機科学やその関連領域に興味を持つきっかけを与えることを目指すものである[1]。このコンテストは、“Bebras”として2004年にリトアニアで始まり、現在まで欧州を中心に展開が進められている。日本では2010年より、数理情報科学教育の裾野を広げる目的から、小学生から高校生を対象とした国際情報科学コンテストとして実施されている[2]。

ビーバーチャレンジは前述の目的に資するため、チャレンジする児童生徒がプログラミングやコンピュータの仕組みに関する特別な知識を持っていなくても回答できるように問題が作成されている。このため、長さがばらばらな色鉛筆一式を短い順に並び替える問題としてソートの問題を出題する、などの工夫がなされている。また、ブラウザでテストができるように設計されており、回答は多肢選択式である。多くの場合、選択肢は4つ提示され、このうち1つが正解である。

例年開催されている「International Bebras Task Workshop」には世界各国の協力者が参加し、新規の問題作成と検討が進められている[3]。このため、作問の際に持ち込まれる文化も多様だと考えることができる。

2.2. Computational Thinking

CTは、Wingが提唱した能力観であり[4]、日本語では「計算論的思考」と訳されている[5]。CTは、コンピュータ科学者のように考える態度や能力のことを指しており、万人にとって学びたい・使いたい普遍的なものだと主張されている。Wing[4]では、CTの具体例

として、問題を小さくすること、抽象化すること、再帰的に考えることといったものが挙げられている。

Wing の主張に続いて、CT の能力観や観点については Wing 本人が再整理を行うまでの間に様々な整理がなされた。Brennan & Resnick では、CT を 3 つの側面から整理し、それぞれと関連の深い学習者の活動を例示した[6]。Grover & Pea は、CT について 6 つの概念と 5 つのプラクティスに整理可能であることを主張した[7]。なお、Wing は 2014 年に、CT の定義について次のように説明した：“Computational thinking is the thought processes involved in formulating a problem and expressing its solution(s) in such a way that a computer – human or machine – can effectively carry out” [8]。その後も CT が何を指すのかについては diSessa の提唱した “Computational Literacy” と比較されたり[9]、各学問領域における CT の解釈に幅があることを指摘されたり[10]といったことを経ながら、現在も議論は続けられている。

CT の「コンピュータ科学者のように」という考え方は、近年の子ども向けプログラミング教育の隆盛に通じているとする見方がある[9]。子ども達がプログラミングを学ぶことを通じて、コンピュータ科学者の思考習慣に触れることができるならば、Wing[8]の言う CT の育成も促される可能性がある。しかしながら、この考え方は 1980 年代の子ども向けプログラミング教育で標榜されたものに類似しており、当時の限られた一部研究でのみ成果が示されたものであるため[11]、慎重な検討が必要な点でもある。

2.3. プログラミング教育と CT

プログラミング教育がコーディングのみを教えるものではなく、CT として説明されるような能力を育成するための営みである場合、プログラミング教育の成果を CT の伸びで評価することが試みられる。計算機と CT をテーマとして作成されているビーバーチャレンジは、学習者の CT を評価する機能があると期待されるため、プログラミング教育の評価として使用した先行研究がある。

Matsuzawa ら[12]は、プログラミングの実技テストやペーパーテストとビーバーチャレンジの結果に一定の相関関係が見られたことを示している。一方で Djambong ら[13]や Dolgopolas ら[14]の研究では、学習者の授業等での成果とビーバーチャレンジの得点

に相関関係が見られなかったことが示されている。

Dolgopolas らはこの結果について、調査対象であった学生が受講していたプログラミング授業の改善が必要であるという考察を行っている。つまり Dolgopolas らは、受講生の達成度がビーバーチャレンジの結果として反映されることを期待していた。この期待は、授業内容と、出題したビーバーチャレンジの一部問題との間に類似性が見られたことから生じていると考えられる。

プログラミング教育とビーバーチャレンジの関係性について、先行研究によって異なる結果が示されていることについて検討するためには、CT が指す幅広い能力観の中で、ビーバーチャレンジが CT のどのような側面をテストしているのかを調査する必要があると考えられる。そこで本研究では、ビーバーチャレンジで出題されている問題が、問題解決者のどのような知識や考え方を駆動するものであるかを検討することを目的とする。

3. 研究方法

3.1. 問題の概要

本研究では、ビーバーチャレンジの中で高校生に向けて作成されたシニア問題の中でも「検査¹」と「画像圧縮²」に焦点化して、2 名で話し合いながら問題を解かせることで、問題解決過程を観察する。2 つの問題を本稿末尾の付録に示す。これらの問題は、2019 年度にプログラミング言語 Java を用いてプログラミングを半年間学んだ文系学科に所属する大学学部 1 年生 60 名が取り組んだにもかかわらず、正答率が 50%に満たなかった問題であったため、一定の難易度が認められると考え、本研究で採用した。

いずれの問題も、問題解決上の決まりや、行わなければならないことは説明文の形で問題に全て示されており、事前知識は不要である。ただし、「検査」はプログラミング言語 BASIC のように行番号を指定して処理を行うプログラムや go to 文が使用できるプログラミング言語でのプログラミングを経験している場合、「画像圧縮」は再帰的な考えに触れたことがあったり「分割統治」といったアルゴリズムを学んだことがあ

¹ <http://bebras.eplang.jp/index.php?2018-検査>

² <http://bebras.eplang.jp/index.php?2017-画像圧縮>

ったりする場合には、これらの経験を応用できるため、正答しやすい可能性がある。問題の特徴を次節に示す。

3.2. 「検査」問題の特徴

「検査」は、自然言語で書かれた条件分岐や変数を含むプログラムを解読して実行結果を正確に予想する問題である。各行には番号が振られており、いわゆる「go to 文」と呼ばれる処理が埋め込まれている。手続き型のプログラムは一般的に上から順に処理されるが、go to 文では無条件で指定された行番号へと処理が移る³。したがって検査の問題を解くことで go to 文の仕組みに触れることができる。

検査の問題は、自然言語で示されたプログラムを頭の中で実行すると、反復処理の中で変数の値が増加していくことに気付く。また、go to 文の働きによってプログラムの特定部分が繰り返し無限に実行される形式となっているため、変数の値は無限に増加する。しかしながら「変数が示す値の分だけ容器を振る」というプログラムが実行されることはないため、増加していく変数は参照されないままプログラムが終了する。

3.3. 「画像圧縮」問題の特徴

「画像圧縮」は、8×8 マスの二次元平面の各マスに1か0の値が設定された図が与えられ、その図に示された情報に対して与えられた手続きを適用することで、図の情報量を少なくするものである。各マスの値を全て記憶しようとするとも情報量が多くなるが、隣り合うマスの値が同じ限りは範囲と値を記録しておけば、記憶すべき情報量を少なくできる場合がある。この問題では、再帰的なデータ構造を用いた画像圧縮アルゴリズムを体験することを主眼としている。

3.4. 調査方法

プログラミングを約1年間学んだ国立A大学の2年生に対して、「検査」と「画像圧縮」の問題を解かせた。各問題につきのべ4ペア、8名分の回答を得た。このうち、2ペアはいわゆる文系の学科に所属する学生であり、残り2ペアはいわゆる理系の学科に所属する学生であった。文系学科の学生と理系学科の学生はいず

³ go to 文は近年のプログラミング言語では使用が推奨されていないことが多い。例えばプログラミング言語 Java では go to 文が実装されていない。

れも、プログラミングの基本的な概念や操作を学ぶ授業を1年次に履修していた。ただし、授業は文系と理系で別々に実施されていた。

参加した大学生らのプログラミング授業での到達度はいずれも、クラス全体の中程度以上であった。中程度の到達度であれば、学習者が1人で、基本的な制御構造を数個組み合わせることで10~20行程度のプログラムを困難なく完成させることができる。実験協力者の学生が用いてきたのはプログラミング言語 Java であった。

研究の手続きは遠山・白水[15]を参考にし、1人で問題を解いた後で、2人で同じ問題を再度解くデザインとした。ただし、本調査では、一部参加者において、遠山・白水[15]で行われていた以下の3までのステップでは未消化感が観察されることがあったため、参加者の希望に応じて4のステップを追加した。なお、1問あたりの時間を3分としたのは、ビーバーチャレンジで設定されていた1問あたりの標準問題解決時間が3分程度であったためである。

1. 1人で問題を解く (3分)
2. 1人で解いたものと同じ問題を今度は2人で話し合いながら解く (3分)
3. 1人で同じ問題の解き方を実験者へ説明する (3分程度)
4. 再度2人で納得できるまで同じ問題を解く (時間は任意)

3.5. 分析方法

ステップ1~4について、各実験協力者の各問題の回答の正誤を分析した。また、ステップ2と4については、発話の書き起こしを行った上で、書き起こした発話について分析を行った。なお、ステップ3はステップ1, 2, 4の回答を解釈するための補足資料として使用した。

4. 結果

4.1. 回答の正誤

以下では便宜的に、本研究の実験協力者ペアを文系ペア(文系学科の学生2名)・理系ペア(理系学科の学生2名)と呼ぶ。ステップ1~4の個人回答およびペア回答は表1の結果となった。表では、ステップ1の回答を左に、以後順にステップ4の回答までを示している。○は正答、×は誤答(どの選択肢も選んでいない

未回答状態を含む) であり, 書き間違いやケアレスミスのみで考え方が合っていれば正答とした. 理系ペア 1 を除く 4 ペアでは, 少なくとも 1 つの問題で, 2 名で話し合うことによって 1 名のときよりも回答の質が向上していた.

一方で理系ペア 1 は, 2 名で話し合っても回答の質が 1 名の時と同様あるいは質が下がっていた. このペ

アは検査の問題において 1 名が, 出題者が意図していなかった方法で問題文を読み解いたために誤答していた. 残りの 1 名は, ステップ 1 では出題者の意図通りに問題文を読解していたが, ステップ 2 の話し合いで相手の問題文の読み取り方に賛同したことで, ペアの回答としては誤答となっていた.

表 1 ステップ 1~4 の各回答の正誤

| | 検査 | 画像圧縮 |
|--------|-----------|-----------|
| 文系ペア 1 | ○○→○→○○ | |
| 文系ペア 2 | | ××→×→××→○ |
| 文系ペア 3 | ××→○→○○→○ | ××→○→○○→○ |
| 理系ペア 1 | ○×→×→××→× | ○○→○→○○→○ |
| 理系ペア 2 | ○○→○→○○→○ | ××→○→○○→○ |

4.2. 発話分析

ステップ 2 の問題解決における対話で観察された実験参加者の発話のうち, 特徴的だったものを要約して 4.2.1 項と 4.2.2 項に示す. 「検査」については, 出題者が問おうとしたと考えられる, 変数と容器を振る回数の区別が付いているかどうかという点だけでなく, 問題文に示された手続きが多様に解釈できる可能性があることが, 理系ペア 1 の発話から示された. 「画像圧縮」については, 与えられた図をどのように切り分けてどの部分から処理をしていくのかについて, 2 人で問題を読みながら答えを創り上げていく過程が見られた (文系ペア 2, 文系ペア 3, 理系ペア 2).

4.2.1. 検査の問題

- ・ 文系ペア 1: 行番号の数字と, 変数に加える数字とが示されており, どちらがどちらを指しているのか途中で混乱した.
- ・ 文系ペア 3: プログラムの中で変数の値がどんどん増えていくので, 容器を振る回数もどんどん増えていくと勘違いしていたが, 話し合いによってそうではないことに気付いた.
- ・ 理系ペア 1: プログラムがループして終わらないので「おかしい」と思った. なので「go to X という命令文を含んでいれば, 装置は次にプログラムの行

X を読み込み, 実行を継続します」という問題文の部分を考え直した. その結果, 「実行を継続します」という説明は, go to 文で指定された X 行目のプログラムだけを実行したら, その後は X+1 行目へ処理が移るのではなく, go to 文が書かれていたすぐ次の行に処理が移るという意味だと考えた.

- ・ 理系ペア 2: 「A 回答器を振る」というプログラムが書かれている行が, プログラムのどこからも呼び出されていないため, 容器が振られることはない.

4.2.2. 画像圧縮の問題

- ・ 文系ペア 2: 「4 つの並びに分ける」という説明の意味を誤解していた. (4×4 ではなく, 2×4 だと誤解していた)
- ・ 文系ペア 3: 「4 つの並びに分ける」という言葉の意味や, どのマスから処理を始めるのかがわからなかった.
- ・ 理系ペア 1: 迷いなく解くことができた. ただし, どのマスから処理を始めるのかを示している矢印の図が本文の説明と違ったため混乱した.
- ・ 理系ペア 2: 説明がどのような手続きを表しているのかうまく読み取れなかったため, 話し合いながら少しずつ手続きを確認した. またどのマスから処理を始めるのかを示している矢印の図が本文の説明と違ったため混乱した.

5. 考察と今後の展望

本研究では、ビーバーチャレンジの問題解決過程でどのような知識や問題解決方略が使用されているのかを観察するため、2種類の異なる問題について各4ペアの問題解決過程を分析した。その結果、検査の問題では、作問者が意図的に盛り込んだと考えられる、変数の値が増加していくことと「容器を〇回振る」という処理とを混同しがちであった点に加えて、行番号と変数の値の区別が付き難いことや、「実行を継続します」という問題文が多様に解釈できることが、問題解決を困難にしていたことが示された。

また、画像圧縮の問題では、問題文が示している内容がひとたび解釈できれば正答できる傾向が示されたものの、「4つの並びに分ける」という説明が何を指しているのかを読み取ったり、画像と問題文の説明が異なっているように見えたりしたことが問題解決を難しくしていたことが示された。上記の点は、CTが指している能力を回答者が発揮するよりも前の段階で、問題解決に支障をきたしていたようにも捉えられる。

2つの問題を比較すると、検査の問題では、問題文で示されたルールをそのままプログラムの読み取りに適用することが求められていたのに対して、画像圧縮の問題では、問題文に示された手続きを正確に読み取ることだけでなく、その手続きを自分が使って問題を解くことが求められていた。その意味では、これら2つの問題はどちらも難易度が高い問題ではあったが、後者はより知識の活用が求められる問題だった可能性がある。

理系と文系の学生を比較すると、どちらの学生も2人で話し合うことで問題を解決できていたという意味では、大きな差はなかった。ただし、理系学生が検査の問題文について考えこんだことは当初予想されていなかった。問題文の先頭で「容器を定期的に振ります」と書かれているにもかかわらず、与えられたプログラムが無限ループに陥っている点についても、理系学生は混乱していた。このため、問題の文脈設定にも更なる配慮が必要だと考えられる。

1人と2人の問題解決過程を比較すると、検査の問題では、プログラムの挙動を正確に予測するうえで2人の話し合いが役立っていた可能性が、1ペアの結果から示された。画像圧縮の問題では、3ペアの結果から、求められている手続きを解釈するうえで2人での話し合いが有用だった可能性が示された。これらの話

し合いが、CT発現よりも前の段階での問題解決を支援しただけなのか、それともCTを用いて問題解決を行う過程を支援していたのか、今後検討する必要がある。

本研究では、今後の方向性について検討するため、異なる傾向を持つ少数の対象者について調査を行った事例について報告した。今後は引き続き、一部改善した問題を用いるなどしながら、検討を進めていきたい。

文献

- [1] Bebras. <https://www.bebas.org> (2021.07.06 参照)
- [2] ビーバーチャレンジ . <https://www.ioi-jp.org/junior/bebras2020.html> (2021.07.06 参照)
- [3] 谷聖一・兼宗進・中野由章 (2011). “国際情報科学コンテスト Bebras の問題を検討する Bebras Workshop 参加報告”, 情報処理学会研究報告, Vol.2011-CE-111 No.7, pp. 1-5.
- [4] Wing, J. (2006). “Computational thinking”. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- [5] 中島秀之. (2015). “計算論的思考”, 情報処理, 56(6), pp. 584-587.
- [6] Brennan, K., & Resnick, M. (2012). “New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking”. In Annual American Educational Research Association meeting, Vancouver, BC, Canada.
- [7] Grover, S., & Pea, R. (2013). “Computational thinking in K-12: A review of the state of the field”. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43.
- [8] Wing, J (2014). “Computational Thinking Benefits Society”. Social Issues in Computing. <http://socialissues.cs.toronto.edu/2014/01/computational-thinking/> (: 2021/07/06)
- [9] diSessa, A. (2017). “Computational Literacy and “The Big Picture” Concerning Computers in Mathematics Education”, *Mathematical Thinking and Learning*, 20(1), 3-31.
- [10] Tohyama, S., Matsuzawa, Y., Yokoyama, S., Koguchi, T. & Takeuchi, Y. (2017). “Constructive Interaction on Collaborative Programming: Case Study for Grade 6 Students Group”. In *Tomorrow's Learning: Involving Everyone – Learning with and about Technologies and Computing (IFIP AICT 515)*, pp.589-598, Springer.
- [11] Li, Y., Schoenfeld A. H., diSessa A. A., Graesser A. C., Benson, L. C., English, L. D. & Duschl, R. A. (2020). “Computational Thinking Is More about Thinking than Computing”. *Journal for STEM Education Research*, 3,1-18.
- [12] Matsuzawa, Y., Murata, K., & Tani, S. (2019). “Multivocal Challenge Toward Measuring Computational Thinking Bebras Challenge Versus Computer Programming”. In D. Passey et al. (Eds.): *OCCE 2018, IFIP AICT 524*, pp. 1–11.
- [13] Djambong, T., Freiman, V. (2016). “Task-based assessment of students’ computational thinking skills developed through visual programming or tangible coding environments”. In: Sampson, D.G., Spector, J.M., Ifenthaler, D., Isaias, P. (Eds.) *Proceedings of the International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA)*, pp. 41–51.
- [14] Dolgopolas, V., Jevsikova, T., Savulionienė, L., Dagienė, V. (2015) “On Evaluation of computational

thinking of software engineering novice students".
*Proceedings of the IFIP TC3 Working Conference "A
 New Culture of Learning: Computing and next
 Generations"*, 90-99.

[15] 遠山紗矢香・白水始 (2017). "協調的問題解決能力

をいかに評価するか—協調問題解決過程の対話データを用いた横断分析—". 認知科学, 24(4), 494-517.

<付録>

【検査】

ある臨床検査用の検査装置は、患者から採取した標本を入れた容器を定期的に振ります。

その装置はコンピュータプログラムで制御されていて、そのプログラムは行番号付きで記述されます。装置はプログラムを1行ずつ読み込みます。1行読み込むとその行を直ちに実行します。もし、ある行が "go to X" という命令を含んでいれば、装置は次にプログラムの行 X を読み込み、実行を続けます。

プログラムは、数を A に記憶したり、A に記憶されている数に1を加えたり、A に記憶されている数を他の数と比較したりできます。

プログラム:

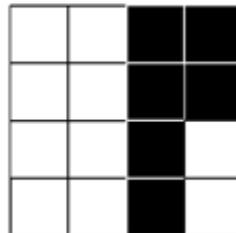
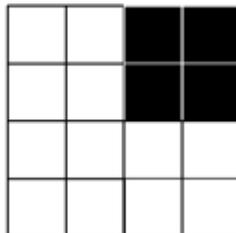
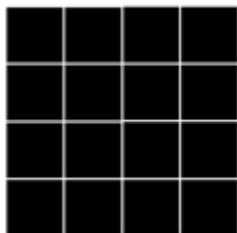
1. A に 0 を記憶
2. A に 1 を加える
3. go to 6
4. もし A が 60 と等しければ go to 8
5. A に 0 を記憶
6. A に 1 を加える
7. go to 2
8. A 回容器を振る
9. end

このプログラムを実行すると標本を入れた容器は何回振られるでしょう？

| |
|-----------------------|
| 容器は振られることはない |
| 容器はちょうど1回振られる |
| 容器は60回振られる |
| このプログラムは容器を振り出すと止まらない |

【画像圧縮】

下の縦横4ピクセルの白黒画像を見てみましょう。



このような画像は、「白は1」「黒は0」と2種類の数字で表せます。

縦横4ピクセルの画像を表すには16個の数字を使いますが、次のような画像圧縮方法を使うと、特に単純な形

の場合には、少ない数字で画像を表せます。

| | | |
|------|---------------|----------------------|
| 0000 | 1100 | 1100 |
| 0000 | 1100 | 1100 |
| 0000 | 1111 | 1101 |
| 0000 | 1111 | 1101 |
| 0 | <u>(1011)</u> | (10 <u>(0110)</u> 1) |

まず、画像を表すピクセルと同じように、0と1の数字を縦横に並べます。

縦横の0と1の並びに、次のようにこの圧縮方法を施し、結果の数字の並びを作ります。

手順1

縦横の数字がすべて0のとき、結果は0。

縦横の数字がすべて1のとき、結果は1。

手順2

そうでない場合は、そうでない場合は、並びを縦と横に半分ずつにして4つの並びに分けます。そして、分けられたそれぞれの並びに左上から時計回りに、この圧縮方法を施します。それぞれの圧縮結果の数字の並びは「(」と「)」で囲み左から並べて書きます。真ん中の図と右の図はこのやり方を説明しています。

分けられた並びは、1個の数字だけのこともあります。右の図の右下の並びでは、4つに分けられたそれぞれには手順1だけを使います。

```

1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 0 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1

```

上の図は、ある縦横8ピクセルの白黒画像に対する0と1の並びです。

これに圧縮方法を施して得られるのはどれでしょう？

| |
|------------------|
| (11(1011)1) |
| (111(1(1011)11)) |
| (1110) |
| (111(1(1101)11)) |

話量は理解となぜ相関しないのか？ —「知識構成型ジグソー法」授業を例に—

How Do the Silent Students Deepen Their Understanding? --- In the Case of Knowledge Constructive Jigsaw Classrooms

中山 隆弘[†], 白水 始[‡], 齊藤 萌木[†], 飯窪 真也[†]
Takahiro Nakayama, Hajime Shirouzu, Moegi Saito, Shinya Iikubo

[†]東京大学, [‡]国立教育政策研究所

The University of Tokyo, National Institute for Educational Policy Research
nakayama@coref.u-tokyo.ac.jp

概要

対話型授業の中で話量が少なくとも理解を深めている生徒が存在する。本稿では「知識構成型ジグソー法」7授業61グループ172名の発話量と学習成果の相関関係を調べた先行研究の結果を詳細に分析した。話量は平均より少なくとも理解を平均以上に深めた48名を対象に、グループメンバーの話量と理解度を分類した上で、対話のパターンを分析した。その結果、寡黙な生徒も他の生徒の対話を聞きながら、対話を意味的に先導するモニター役を務めていたことが示唆された。

キーワード: 発話量, 理解, 建設的相互作用, 知識構成型ジグソー法

1. はじめに

学習者を中心に据えた対話型の授業では、活発な学習者ほどよく学んでいると想定されがちだが、実際には、話量は少なくとも理解を確かに深める学習者が存在する。そこにはどのような認知過程が起きているのだろうか。この問いに答えを出すべく、本稿では、「知識構成型ジグソー法」という授業の型[1]を用いた中高生7授業61グループ172名の発話量と学習成果の相関関係を調べた先行研究[2]の結果を詳細に分析した。

GIGA スクール構想[3]など教育の情報化に伴い、グループ学習における各グループや児童生徒の発話量を計測し、即時フィードバックや介入、グルーピングに役立てようとする研究が増えている[4,5]。そこには、不活発なグループや静かな児童生徒が居ることをよしとしない前提があると考えられる。しかし、その前提が成り立つのかを一人ひとりの児童生徒の学習成果や過程から検証する研究は少ない。それゆえ、仮説の不自然さに無自覚なまま、教育現場に無理な支援方法やテクノロジーを押し付けし兼ねない[5,6]。

そこで筆者らのグループでは、あくまで「知識構成型ジグソー法」授業の範囲ではあるが、各学習者のグループ活動中の話量は理解の程度と相関するのかを検討し、有意な正の相関関係がみられないこと、及びその相関

の低さは話量が少なくとも理解が進んでいる生徒の存在に影響されていることを明らかにした[1]。

この結果は、協調過程に関する建設的相互作用理論[7]に照らせば尤もなものである。なぜなら、協調場面では解決を主導する「課題遂行者」の話し手とその「モニター」を務める聞き手の役割分担が自然に生じるからである。聞き手には発話という目に見える認知活動はなくとも、話し手の説明を咀嚼し、自らの理解に統合しようとする作用が働く。この「聞きながら考える」認知過程の結果、話量と理解度の間に明確な相関関係が見られないという現象が生ずる。

その一方で、建設的相互作用が進めば、モニターを務めていた聞き手も、課題遂行者に代わって話し手に回る一黙ってられないことが一般的である[8,9]。特に少人数グループの場合は、役割交代が生じやすい。もしそうだとすれば、話量の少ない生徒も、他のメンバーの対話を聞いて学ぶ—いわばフリーライドする—だけではなく、最中の対話を聞かずに最後のまとめだけ聞いて答えを写したのでもなく、対話の最中に、随時、そこまでの話に質問したり、まとめてみたり、発展させたりといった課題解決のための課題関与型 (on-task) の発言を行っていたという仮説を立てることができる。

本研究では、この仮説の本格的な検証の準備として、まず先行研究[1]の再分析を行い、1. 各授業における話量と理解度の伸びのクラス平均と比べて、話量は少ないが理解度は伸びている生徒を抽出し、2. その生徒が属するグループのメンバーの話量と理解度の伸びから、各グループを分類した上で、3. 当該生徒がどのような貢献を行っていたかを事例的に検討した。なお、本研究で対象とする「寡黙に学ぶ生徒」の発言が真に課題関与型なのか否かの判定には、理解過程の詳細な把握[10]など質的な分析が必要であるため、次の機会に譲る。

2. 分析対象抽出方法

本節では、分析対象とする生徒をどう抽出したかを報告する。そのために、授業の形態やデータの収集方法を必要な範囲で解説するが、その他の詳細は先行研究[1]を参照されたい。

一連の研究で活用した「知識構成型ジグソー法(以下KCJ)」は、授業の最初と最後に各学習者が同じ問いに対する解答を個人で考え、その間で対話を通して三つ程度の異なる資料を分担・交換・統合して答えを作り上げる学び方である。この授業の最初から最後の解答の変化を理解の深まり(理解度の伸び)とみなした(本稿中「学習成果」と書く場合がある)。理解度は各学習者の記述解答について、授業担当教員の期待する解答の要素に従ってその言及度を分析することで判定した。さらに、資料を交換・統合する「ジグソー活動」中の発言をすべて文字起こしし、その字数を話量とした。話量は発言がされればカウントされるが、発言がない相槌や身振りはカウントされない。

言及度の判定方法は、要素に完全な形で言及できていれば1、不完全に言及していれば0.5を付与した。第二筆者が分析するか、もしくは授業教員が分析する場合も第一筆者が結果を確認して統一した。表1に概要を示した高校1年生地歴の「ドバイ」の授業の生徒解答で分析方法を例示する。

授業前(プレテスト)記述

「もともと港町だったので、ものや人の移動がしやすかった(①)。積極的に開発を行ったから。」

ここでは、①の要素に言及されているため、「1」とする。

これに対し、授業後の記述では、下線のとおりの要素に対応した記述が認められる。これを「4」とする。

授業後(ポストテスト)記述

「税金がかからず物流に適した国…ドバイにもたくさんの物が流れてくる(④)。

油田の石油を資金に、港を開港(③)…人の移動が楽、治安が良い(②)。国外への対応がじゅうなん(宗教のルールなど)で暮らしやすく(⑤)、仕事も出来る。

→ヒトやモノ、カネが集まり、砂漠の中でもさかえている都市になった。」

表1 知識構成型ジグソー法「ドバイ」授業のデザイン概要

| | |
|--|---|
| 課題 | なぜドバイはヒト・モノ・カネが集まる都市になったのか? |
| エキスパートA | 歴史・地理と治安 |
| エキスパートB | 貿易等のためのインフラ整備 |
| エキスパートC | 外国企業誘致と観光・宗教 |
| 期待する解答の要素 (【】内のアルファベットはエキスパート資料のどれに含まれた/暗示された要素を示す) | <p>①ヨーロッパとアジアの結節点である中東に位置するドバイは古くから天然の港を活かした貿易都市である。【地理的条件A】</p> <p>②ドバイ(アラブ首長国連邦)は中東地域のなかでも特に安定した治安状況である。【治安A】</p> <p>③石油産業に頼らない経済をつくるために、世界最大の人造港「ジュベル・アリ港」とドバイ国際空港を建設した。【交通インフラB】</p> <p>④外国資本の積極的な誘致を進めるためにフリーゾーン(自由貿易地域)を整備し、外貨の獲得をにらんで観光地の開発も進めた。【自由貿易B,C】</p> <p>⑤異なる宗教にも寛容であることから外国人労働者・観光客が働きやすい訪れやすい都市になった。【宗教的寛容C】</p> |

以降の分析では、正規化した授業前後の伸び(上記の例では1から4で「3」伸びており、それを期待する解答の要素数「5」で割った60%となる)と1分あたりの話量「ジグソー活動中」に発言した文字数(上記生徒の場合は16.2分で954文字:56.8字)を分析する。なお、[1]は他の授業で同様の分析を行った例を紹介している。

筆者らはこのKCJを用いた授業改善プロジェクトを11年に亘って進めてきており、学校現場教員が年間約200以上の授業をコンスタントに開発・実践している。

その中でも、児童生徒の音声をヘッドセットで収集し、ワークシートなどで学習成果が同定・分析できた7授業(中学理科2, 中学社会1, 高校理科1, 高校社会3)を当面の研究対象とした。

これら7授業に参加した172名の中高生の1分あたりの話量と理解度の伸び(正規化)をまとめたのが、図1である。相関係数は.07であり、有意ではなかった。図に見るように、左上の領域に話量は少ないが、理解度の伸びを見せる生徒が多く存在することがわかる。

ただし、図1は全7授業集計したものであるため、今回の研究では、各授業について、参加した生徒の話量の平均と理解度の伸びの平均をそれぞれ求め、平均の上下で生徒を割り振った。それを再度集計したのが、表2である。各カテゴリに本研究で用いるカテゴリ名を付した。表2のように、話量が当該授業のクラス平均より少ないのに、スコアが平均以上に伸びた「寡黙深化」の生徒が48名いた。この48名が属していた37グループのうち、メンバー全員の話量と学習成果がすべて揃っていた33グループを分析の主たる対象とした(先行研究[1]においてはグループ全員のデータが揃っているかは問わず、授業に出席した生徒の内、話量と学習成果が揃っている生徒のデータを用いていた)。

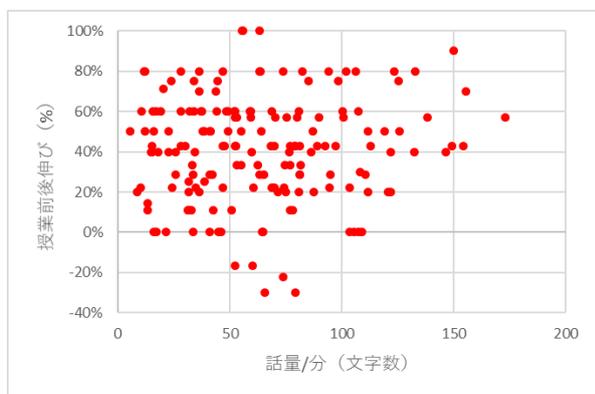


図1 話量と授業前後の伸び(各点が生徒を示す)

表2 話量と授業前後の伸びのクロス集計(人)

| | 話量が平均より少ない | 平均より多い |
|---------------------|------------|------------|
| 授業前後の理解度の伸びが平均より大きい | 寡黙深化 48 | 饒舌深化 49 |
| 平均より小さい | 寡黙停滞 39 | 饒舌停滞 30 |

3. グループメンバー構成パターン

次に、抽出した「寡黙深化」の生徒を軸として、同じグループに表2のカテゴリでどのようなタイプの生徒がいたかを分類する。例えば、3人組で残り2名が「饒舌深化」であれば、「寡黙深化」の生徒は聞き手に回りながら学んでいたプロセスがイメージできる。逆に、残りが2名とも「寡黙深化」であれば、全員で口数は少ないながらも、必要最低限の対話で理解を深めていたプロセスがイメージできる(なお、この場合は3名とも検討対象の主軸となることとなる)。

本節では、先述の33グループがどのようなメンバー構成であったかを分類して、全体の分布を確かめる。なお、ジグソー活動は(先行する「エキスパート活動」で配られる資料数に応じて)3名で行われることが多いが、クラスの生徒数が3で割り切れない場合、4名等で行われることもある。3名組の場合、残り2名が(饒舌深化, 饒舌深化), (饒舌深化, 饒舌停滞), (饒舌停滞, 饒舌停滞) …等と分けていくと理論的には10パターン、4名組の場合、残り3名が(饒舌深化, 饒舌深化, 饒舌深化), (饒舌深化, 饒舌深化, 饒舌停滞) …等と分けると20パターンがあり得る。

表3が実際の分類結果である。それぞれ、3名組、4名組の場合に分けて、グループのメンバー構成パターンと、該当するグループ数を示した。例えば、3名組で一番多かった(饒舌深化, 饒舌深化)は残り2名が平均以上に饒舌で、平均以上に伸びたことを意味する。なお、「※」を付した数字については後ほど説明する。

表3の通り、計14パターンの多様なメンバー構成が見られた。結果の解釈のために、メンバー内に一人でも饒舌深化が居たグループを※1、寡黙のみを※2、饒舌深化はいないが饒舌停滞が居たものを※3と再分類した。

その結果、饒舌深化がいたグループ(※1)が21と最も多かった。次いで、メンバーが寡黙(深化か停滞)のみのグループ(※2)は7であった。メンバー内に一人でも饒舌停滞が居たグループ(※3)は5であった。

まとめると、全33グループ中饒舌が一人でもいたグループは26あり、饒舌な生徒が「課題遂行者」や「課題遂行グループ」として対話している傍で、「モニター」の役割を担っているプロセスが想定できる。しかし、その実態を把握するためには、実際の対話例が必要である。さらに「課題遂行者」と思われる「饒舌」な生徒が(授業前後の記述解答のレベルでは)停滞と判定されているにもかかわらず、「モニター」であるはずの「寡

黙)な生徒のみが深化することもあった。これらは、むしろ饒舌な生徒に「語らせながら」自分はその対話から記述可能なポイントを捉えている可能性も推察できる。

一方、寡黙のみでも寡黙深化の生徒が出現したグループも相当数あった。寡黙か饒舌かの判定をクラス平均と照らして行ったため、寡黙な3名なりに役割分担や役割交代が起きていた可能性も考えられる。この実態もまた、実際の対話を見る必要がある。

表3 残りメンバーの構成と該当グループ数

| 残りメンバーの構成 | 該当グループ数 |
|-----------------------|---------|
| 3名組の場合 | |
| (饒舌深化, 饒舌深化) ※1 | 5 |
| (饒舌深化, 寡黙停滞) ※1 | 5 |
| (寡黙深化, 寡黙停滞) ※2 | 4 |
| (寡黙深化, 饒舌深化) ※1 | 3 |
| (饒舌深化, 饒舌停滞) ※1 | 3 |
| (寡黙停滞, 饒舌停滞) ※3 | 3 |
| (寡黙停滞, 寡黙停滞) ※2 | 2 |
| (寡黙深化, 饒舌停滞) ※3 | 1 |
| 4名組の場合 | |
| (饒舌深化, 饒舌停滞, 寡黙停滞) ※1 | 2 |
| (寡黙深化, 饒舌深化, 饒舌深化) ※1 | 1 |
| (饒舌深化, 饒舌停滞, 饒舌停滞) ※1 | 1 |
| (寡黙停滞, 寡黙停滞, 饒舌深化) ※1 | 1 |
| (寡黙停滞, 寡黙停滞, 寡黙停滞) ※2 | 1 |
| (寡黙停滞, 寡黙停滞, 饒舌停滞) ※3 | 1 |
| 合計 | 33 |

4. 寡黙な生徒の貢献

前節で考察したような寡黙な生徒の関わり方を対話から同定するために、表3の「※1, ※2, ※3」それぞれにおいて、典型的な1グループを抽出し、寡黙な生徒がどう貢献していたかを検討する。

同じ授業を対象にした方が違いも見えやすいため、高校1年生地歴授業から3グループを選んだ。この授業は、ドバイの「歴史・地理と治安(資料A)」「貿易等のためのインフラ整備(資料B)」「外国企業誘致と観光・宗教(資料C)」の資料を基に、「なぜドバイはヒト・モノ・カネが集まる都市になったのか?」を考え、

その答えを例えば「外国企業の経営者にとってドバイは…(自分たちで考えて空欄を埋める)…都市である。その理由は～だからである(具体的に述べる)」という問題文に対する解答として表現することである。

以下、資料内容交換を終え、その解の候補を探究・結論しようとしている際の対話例である。番号は生徒の識別番号、カッコ内は資料を示した。対話時間も示した。なお、「寡黙深化」の生徒のモニターぶりが見やすいようにそれ以外の生徒の発言を四角で囲った。また、音声自動認識の結果を手で修正しているため、助詞や感嘆詞がカタカナとなっている。

※1 饒舌深化と同グループの例

■寡黙深化12(C), 饒舌深化29(A), 饒舌深化32(B)

0:04:49~0:05:56

29(A):外国企業の経営者にとって
 29(A):ドバイはどんな都市エトネ
 32(B):使える都市あれじゃない?エト物流物流ができるじゃん物流簡単に
 29(A):うん簡単に
 32(B):簡単に何か
 29(A):簡単に貿易ができちゃう都市?
 32(B):簡単に貿易ができちゃう
 29(A):ア簡単な簡単な貿易できちゃうような都市
 32(B):そうだね簡単に簡単にとってどういうどうい
 29(A):関税がかからない
 32(B):アどの国でも簡単にア貿易ができちゃう

12(C):税金

29(A):ア
 32(B):税いらぬから
 29(A):税がかかんない

12(C):海外の労働者が自由に雇えるから

29(A):あーそういう感じか

最初の囲みで饒舌な二人29(A)と32(B)が掛け合いをしながら、外国経営者にとって、ドバイは「使える」「物流」や「貿易」に向けた都市だとまとめようとしているところに、寡黙深化の生徒12(C)は「関税」を「税金」と言い換え、その後の「(経営者から見て)税いらぬ」という二人の言葉を引き出した。さらにその対話を聞きながら、「海外の労働者が自由に雇えるから(物流・貿易に向いている使える都市だ)」という理由も追加した。このように口数は少ないながらも、二人の対話を聞

きながら、重点を置くべき要素を言い換えたり新規に追加したりする役割を担っていた。

※2 寡黙だけのグループの例

■寡黙深化 23 (A),寡黙停滞 7 (B),寡黙深化 25 (C)

0:07:40~0:10:25

7 (B): ドバイは何々の都市？

25 (C): 活動しやすい

7 (B): 活動しやすい

7 (B): 貿易

7 (B): 貿易がマしやすいから

7 (B): そっか貿易

25 (C): 貿易がしやすい

7 (B): 貿易がしやすい都市でいいか

25 (C): 理由

7 (B): 理由

7 (B): 理由はマ

25 (C): これ

7 (B): これだよねそのままだよね

25 (C): うん

7 (B): ウーント貿易は港とか

7 (B): 空港が発達してて

7 (B): 外国企業との活動がしやすいでいいかな

7 (B): ン何だろう

25 (C): ここしか書いてない

23 (A): 治安が安定した都市とか

寡黙ながらに 7(B)が主導しているが、その問いかけに応じて、寡黙深化の一人の生徒 25(C)が答えを提案していく。また役割を交代して「理由」を考えるという課題を提案している。この二名の対話をじっと聞きながら、残りの寡黙深化の生徒である 23(A)が（資料の一部しか考慮していないという 25(C)の意見に呼応するように）「治安が安定した都市」という新しい視点を提出する。これはあたかも 7(B)と 25(C)の二人の対話全体をモニターして（その意味ではそこまでの対話全部を含む青い線の囲みに対して）コメントしているかのようである。

※3 饒舌停滞と同グループの例

■寡黙深化 10 (A),寡黙深化 38 (B),饒舌停滞 20 (C)

0:08:24~0:09:03

20 (C): 外国企業が経営

20 (C): 活動しやすい

20 (C): 都市

20 (C): で具体的には？

10 (A): まずフリーゾーン（注：関税や付加価値税が免除される区域のこと）

20 (C): 具体的に

20 (C): フリーゾーンや

20 (C): あとそれは、こっちは？

38 (B): エッ貿易

20 (C): あと貿易の拠点

38 (B): 物流拠点

20 (C): ア物流の拠点そっちは？

38 (B): であるから

10 (A): うん物流も充実してて

饒舌な 20(C)が対話を主導しているが、基本的にその内実は問いかけであり、答えを寡黙な二名から引き出すことで解答を創りあげていっている。さらに、10(A)と 38(B)の間でも、「物流の拠点」であるから「物流も充実していて（活動しやすい都市となる）」と言葉を紡いでいく建設的相互作用が垣間見える。20(C)の発話を聞くだけでなく、それに対する各自の反応をもモニタリングしていると言えるだろう。

5. まとめと今後の課題

本報告は、クラスの平均より話量が少なくとも理解を深める生徒の認知過程を探るべく、寡黙深化の生徒 48 名を対象に、グループメンバーの構成とそのパタンの違いにおける貢献の仕方を検討した。事例検討にとどまるが、その範囲からは、寡黙な生徒も他のメンバーの対話にフリーライドしたり、最後のまとめだけ聞いて答えを写したりするのではなく、対話の最中に、随時、そこまでの話を言い換えたり、質問に応答したり、関連した言及を行ったりといった課題解決のための課題関与型の発言を行っている姿が見い出された。

以上より、寡黙深化の生徒が建設的相互作用で言うモニター役として対話に参加していたことが示唆される。そのパタンは二名の饒舌な生徒の対話に対してモニタリングするパタンや、一名の中心となる生徒の問いかけへの対応や中心となる生徒と別の生徒の二名での対話を聞きながら対話全体をモニタリングするパタ

ン、一名の饒舌な生徒に二名の中でも相互作用しながら答えるパタンなど、多様な形態が見られた。そのパタンの違いに関わらず、いずれの場合でも生徒が他の生徒の会話を「よく聞いている」（無関係な話をしていない）こと、及び、資料の中の情報を押さえ、要所でそれを結び付ける役割を担っていたと示唆される。その点で、場の対話の論点（意味空間）を拡張することや、意味的に先導することに長けたモニター本来の役割をよく果たしていたと言えるだろう[7]。

今後は、4節の例示を基にコーディングカテゴリを作り、全グループの対話を分析して、寡黙深化の生徒の役割をはっきりさせていきたい。また、「知識構成型ジグソー法」授業以外の対話型の授業を対象とすることで、こうした建設的相互作用を行う寡黙深化の生徒が一般的に生じ得るものか、生じないとすれば本授業法の強みはどこにあるかを同定し、デザイン原則として抽出していきたい。一つの候補として、4節の対話に見るように、モニターとしての生徒は、答えそのもののまとまった説明というより、答え創りに向けた極めて断片的で探索的な問題解決過程の発話を聞いている、という特徴が指摘できる。言わば、「話しながら考える」断片としての表現の連鎖を聞きながら、自分でも好きなき、あるいは求められたときにその連鎖にカットインして考えを述べるというプロセス、すなわち「聞きながら考える」プロセスに従事している、と言えよう。

こうした学び方が協調的な学びのコアなプロセスであるとすれば、その学び方は対話から理解を深め、それを言葉にするプロセスとして、児童生徒に体感される可能性がある。こうした学び方を10年経ても学習者が記憶しているという示唆もある[11]。

また、もし、こうしたプロセスを生起させることが話量の多寡に関わらない理解深化に重要だという原則が見えてくれば、その原則は生徒を主体とした授業デザインに転用できるだけでなく、教員の講義の場合でもそれにフリーライドするのではない、講義の対象となった知識構成の部品を用いた生徒の内的な問題解決過程を喚起するような聞き方を可能にするヒントが見えてくるだろう。

謝辞

本研究は、国立教育政策研究所プロジェクト研究「高度情報技術の進展に応じた教育革新に関する研究」、科研費基盤研究S「評価の刷新：学習科学による授業モニ

タリングシステムの開発と社会実装」（17H06107）、挑戦的研究（萌芽）「寡黙な学習者の認知モデル開発：対話を深い学びに繋げるために」（20K20816）、一般社団法人教育環境デザイン研究所CoREFプロジェクト推進部門等の研究機関と埼玉県教委との「未来を拓く『学び』プロジェクト」や全国自治体との「新しい学びプロジェクト」の支援を受けている。

文献

- [1] 三宅なほみ, (2011) “概念変化のための協調過程—教室で学習者同士が話し合うことの意味—”, 心理学評論, Vol. 54, No. 3, pp. 328-341.
- [2] 白水始, 中山隆弘, 齊藤萌木, 飯窪真也, (2020), “話量は理解と相関するか?—「知識構成型ジグソー法」授業を例に—”, 日本認知科学会第37回大会, pp. 798-805,
https://www.jcss.gr.jp/meetings/jcss2020/proceedings/pdf/JCSS2020_P-128.pdf
- [3] 文部科学省, (2020) “GIGAスクール構想の実現について”,
https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm
- [4] ハイラブル, (2018) “話し合いを見える化するクラウドサービス”, <https://www.hylable.com/>
- [5] 緒方広明, (2021) “ラーニングアナリティクス：教育ビッグデータの分析による教育変革”, Nextocm, 45, pp. 12-21.
- [6] 古川雅子, 山地一禎, 緒方広明, 木實新一, 財部恵子, (2019) “学びの羅針盤：ラーニングアナリティクス”, 丸善出版.
- [7] Miyake, N., (1986) “Constructive interaction and the iterative process of understanding”, Cognitive Science, 10, pp. 151-177.
- [8] Shirouzu, H., Miyake, N., & Masukawa, H., (2002) “Cognitively active externalization for situated reflection”, Cognitive Science, 26, pp. 469-501.
- [9] 白水始, (2020) “対話力”, 東洋館出版社.
- [10] Saito, M., Iikubo, S., & Shirouzu, H. (2021). Reconciling Structuring Collaboration and Student Agency. The Annual Meeting of the International Society of the Learning Sciences (ISLS) 2021. Bochum, Germany: International Society of the Learning Sciences.
- [11] 白水始, 齊藤萌木, 飯窪真也, 森山一昌, (2021), “協調学習の成果を10年後に評価する—「知識構成型ジグソー法」による可搬性とメタ学習—”, 日本認知科学会第38回大会, 印刷中.

※URL 参照はすべて 2021. 4. 29

文脈の中で相互理解感を形作る推薦対話システム

Context-dependent recommendation dialogue system forming sense of mutual understanding

前川 知行^{†*}, 松森 匠哉[†], 福地 庸介[†], 今井 倫太[†]

Tomoyuki Maekawa, Shoya Matsumori, Yosuke Fukuchi, Michita Imai

[†] 慶應義塾大学

Keio University

*maekawa@ailab.ics.keio.ac.jp

Abstract

This research aims to build a recommender dialogue system which promotes comfortable interaction like conversation between humans. Problems in existing recommender dialog systems include misunderstanding of the user's implicit interest by the system and misunderstanding of the system's intention by the user. We propose SCAIN/R, which sequentially estimates the user's interest with the progress of the conversation and retrieves appropriate utterance according to confidence on the estimation. We tested the performance of a prototype system of SCAIN/R with participants. The results showed that it is effective to make an unspecific description for continuing the conversation when the system cannot specify the item which the user has mentioned.

キーワード: context, mutual understanding, interaction experience

1. 序論

本研究は人同士の対話のようにインタラクションとしての質の高い推薦を行う対話システムの開発を目的とする。私たちは他者とのインタラクションの中で、相手の欲求に、より適すると思われる行動を提案したり、相手が購入しそうだと思われる商品を推薦したりするというような推薦行為を日常的に行っている。上記のような推薦の場面において、私たちは相手の目標や欲求を推測し、かつそれを踏まえた上で自分の意見や要望を自然に表出することができる。

システムが商品推薦を行う際にも、ユーザがどの商品を欲しがっているかという欲求を推測する機能と、店舗側にとって（利益が大きいなどの理由で）売りたい商品をユーザが購入するように誘導する機能を実装することが求められる。システムがさらにユーザとの対話も行う場合は、上記の推測および誘導の機能に加

えて、人間の店員のように質の高いインタラクションを実現することが重要になる。

従来の推薦システムは、ユーザの購買履歴等の情報を用いてユーザが購入しそうな商品を予測することを主眼として開発された [1]。さらに、推薦対話システムとしては購買履歴等の情報が得られていないユーザに質問を投げかけることでユーザに関する情報収集を行うもの [2] や、システムが推薦を行う際に商品に関する知識を利用してより自然に感じられる発話を生成するもの [3] が提案された。

既存の推薦対話システムに関して、大別して2つの問題点が挙げられる。第1の問題点はユーザに対するシステムの理解が十分に達成されていない点である。人が買い物をして店頭を訪れるとき、どのような商品を買いたいかは買い物客自身にとっても明確に決まっていない場合がある。人間の店員であれば、買いたい商品が明確でなさそうな客に対して、対話を進めながら徐々に客が欲している商品の性質を絞り込んでいくことができる [4]。しかし、ユーザの嗜好を決定的なものとして扱う推薦対話システムは、ユーザの興味が曖昧な状態を考慮できないので、推薦する商品を決定するには直接的に興味を問う質問をせざるを得ない。安易に質問を繰り返すことは、対話の進行を妨げ、インタラクションの質を低下させてしまう。第2の問題点は、ユーザがシステムを理解する過程が十分に検討されていない点である。店員の側に特定の商品売りしたいという事情がある場合、人であれば、客の興味を踏まえながらも特定の商品への誘導を対話に織り交ぜていくことで、売りしたいという意図を自然に表現することができ、客もその意図を認識することができる。しかし、既存の推薦システムは、客の購買確率を指標としてそもそも売る側に特定の商品売りしたいという意図がない場合や、逆に客の意向と無関係にシステムが売りたい商品を一方的に展開する場合はほとんどである。そのため、対話の流れの中でシステムが自然

に推薦意図を表出し、かつユーザに「システムは自分のことを理解してくれている」と感じさせながらシステム側の意図を認識させるための方法論は、明らかでない。

そこで、ユーザとの対話の中で、ユーザがどの商品に興味を持っているかを動的に推定し、推定の確信度に応じてシステムの発話を選択することで相互理解感を形作る推薦対話システム SCAIN/R を提案する。SCAIN/R は推定の確信度が低い段階では質問攻めを避けてあえて多様に解釈可能な曖昧な発話を行うことで、ユーザの興味を推定するための情報が少ない段階でもインタラクションの質を損なわずに対話を継続することができる。さらに発話対象の商品を選択する際に商品ごとの選ばれやすさにバイアスをかけることで対話の進行を妨げることなくユーザの興味を誘導することができる。SCAIN/R は相互理解感を形成することで既存の推薦対話システムにみられた問題点の解決を図る。本研究において相互理解感とは、ユーザにとってシステムがユーザの興味を理解しているという感覚と、ユーザがシステムの意図を理解できているという感覚がともに生じることを指す。実際にはシステムがユーザの興味を絞り込めていなかったり、システムの意図をユーザが取り違えていたりすることで互いに完全な理解ができていなくても、相互理解感は形成できると考えられる。

本稿では、SCAIN/R のプロトタイプとして開発した対話システムを予備的に評価するため、簡易的なインターフェースを用いて行ったユーザ実験の結果を以下の構成で述べる。2 節では相互理解感、推薦対話システムおよび SCAIN に関連する先行研究を紹介する。3 節では SCAIN/R が相互理解感を形成するための確信度計算および発話選択の手法を説明する。4 節ではユーザ実験で行われた対話の内容を分析し、多様に解釈可能な発話に対話の進行に与える影響について考察する。5 節では本稿の結論をまとめる。

2. 関連研究

2.1 相互理解および相互理解感

認知科学および心理学において、人間が他者の意図や心情を推定する過程に関連する研究が行われている。その中でも物体への興味の伝達に関して、対象を注視することで他者との興味の共有が試みられること [5, 6] がわかっている。また、意図の伝達に関しては言語表現におけるフレーム選択によって対象への主観的評価が表出されること [7] がわかっている。このような知見をもとに、ロボットなどの計算機システムが

人間とインタラクションする中で相互理解関係を構築することを旨とした研究が行われている [8, 9]。

他者の理解そのものではなく、他者に理解されているという感覚（被理解感）を対象とした研究も存在する。他者が実際に自分を理解しているかどうかを直接知ることはできないので、被理解感は実際には表面的に観測される他者の行動と、他者は自分を理解するはずだというという自身の信念によって形成される [10]。また、他者に理解されていると感じることで生活上の満足度が高まるという調査結果が報告されている [11]。

2.2 推薦システムおよび推薦対話システム

推薦システムとは、消費者個人の選好を予測することで、対象の消費者が購入するにふさわしい商品を選択して提示するシステムを指す [1]。購買履歴やレビューといった個人に関する情報から選好を予測するモデルとしては、協調フィルタリングをはじめとする様々な機械学習の手法が応用されたものが存在する [12]。対話エージェントを用いた推薦対話システムとしては、ユーザ個人の選好の推定に有用な情報を収集するためにユーザの居住地や予算等を問う質問を投げかけるものがある [2]。また、対話履歴からユーザの選好を推定すると同時に、商品に関する知識を活用して発話を生成することで単なる商品の提示にとどまらず対話の促進を図るシステムも提案されている [3]。

しかしながら、既存の推薦対話システムは店員と客が店頭で行うような対話を扱うには至っていない。その背景には、選好に関する人間同士の対話が複雑かつ口語的なため機械的な処理が困難である [13] という事情が存在すると考えられる。すなわち、客の発言は一つ一つが独立に解釈できるものではなく、対話全体を振り返って初めて客がどの商品に興味を持っていたかが推測できるようになるといえる。したがって、推薦対話システムがより現実的な対話を扱うには、対話を継続する中でユーザの興味に関して複数の仮説を保持しながら発話を逐次的に解釈していく必要がある。

2.3 SCAIN および SCAIN/KE

SCAIN [14] は対話文において話者が言及している対象を確率的に推定するアルゴリズムである。SCAIN において文脈は多数のパーティクルとして表され、各パーティクルは自然言語の分散表現空間上における文脈の位置、観測された単語の分散表現、および単語の観測時刻の情報を保持する。SCAIN では文脈の位置

が発話の観測に伴って分散表現空間上を移動するものとされ、観測された単語と文脈との位置関係に基づいてパーティクルがリサンプリングされる。SCAIN は文脈をパーティクルとして表現することで、話者の言及対象に関して複数の仮説を保持しながら対話を逐次解釈する中で対象を明らかにしていくという特徴がある。

SCAIN/KE[15] は文脈の推定において単語の重要度を考慮するように SCAIN を改良したアルゴリズムである。SCAIN/KE では SCAIN に対して主に以下の 2 点が改良された。

- 発話の観測による文脈の移動を表すベクトルが、発話に含まれる単語を文脈との類似度で重み付けした平均として計算されるようになった。
- パーティクルをリサンプリングする際の重みが、観測された単語の近傍に文脈が存在する場合により大きく付与されるようになった。

3. 提案システム

3.1 SCAIN/R の概要

われわれは新しい推薦対話システム SCAIN/R を提案する。SCAIN/R は以下の 2 つの特徴を有する。第 1 に、ユーザの買いたい商品が曖昧であることを前提として、対話を進めながらユーザの興味を逐次的に推定する。第 2 に、システムの売りたい商品に向けてユーザの興味を誘導することを意図した発話を行う。

SCAIN/R において文脈とは、対話中のユーザが商品に関して抱く興味の状態として解釈される。2.3 項で述べたように、SCAIN および SCAIN/KE では分散表現空間上に位置するパーティクルとして文脈が表現される。個々の商品をパーティクルと同様に分散表現空間上の位置として表現することで、対話の進行に伴ってユーザの興味が複数の商品の間で移りゆくさまを文脈の移動と見なすことができる。文脈の座標と商品の座標との位置関係から文脈の確信度が商品ごとに計算され、文脈の確信度に基づいてシステムの発話が決定される。

SCAIN/R はパーティクルフィルタを用いて確率的に文脈を扱うことで、ユーザの興味を断定せず、あたかもユーザの曖昧な興味をシステムが理解しているかのように見せかけることができる。一方、特定の商品について発話の選択のされやすさにバイアスをかけることで、システムが特定の商品を売りたいという意図を表現できる。これらの文脈推定と発話選択の機構がユーザとシステムとの相互理解感の形成につながると考えられる。

表 1 商品の説明文と特定度の例。ここではカバンの値段を説明する文を挙げる。特定度が低い説明文は他の商品にも当てはまりうる内容になっているのに対し、特定度が高い説明文は対象の商品にしか当てはまらない内容になっている。

| 特定度 | 説明文 |
|-----|--------------------------------------|
| 1 | 少し高めですよ。 |
| 2 | しっかりした商品なので結構なお値段になります。 |
| 3 | このカバンは 10,000 円で販売しています。 |
| 4 | こちらのかっこいい旅行用カバンは 10,000 円でお求めいただけます。 |

3.2 商品説明文の作成

各商品には色、素材、大きさなどの属性を記述した説明文があらかじめ人手で付与されている。説明文ごとに特定度が正の実数値で与えられている。特定度は説明文が対象の商品を説明する詳しさを示す度合いである。1 つの商品に対して特定度の異なる複数の説明文を付与することで、システムが発話選択する際に言及対象の商品を特定する発話と特定しない発話を使い分けることが可能になる。表 1 に、ある商品に対する説明文とその特定度の例を示す。

以降の説明ではシステムが推薦可能な商品の個数を N 、 i 番目 ($1 \leq i \leq N$) の商品に付与された説明文の個数を n_i^D 、その説明文の集合を $D_i = \{d_{ij}\}_{j=1}^{n_i^D}$ 、説明文 d_{ij} の特定度を s_{ij}^d 、説明文 d_{ij} に含まれる名詞、形容詞、形容動詞、動詞の個数の合計を n_{ij}^d 、それらの単語の分散表現ベクトルを $\{\mathbf{v}_{ijk}^d\}_{k=1}^{n_{ij}^d}$ とする。

また、各商品の推薦度を非負の実数値で与え $(r_i)_{i=1}^N$ とする。推薦度はシステムがそれぞれの商品を売りたい度合いを表す数値であり、より売りたい商品に対して大きい推薦度を与える。

3.3 確信度の計算

SCAIN/R はユーザによる発話の言及対象となっている商品に関して、局所確信度と広域確信度という 2 種類の確信度を発話ごとにそれぞれ計算する。局所確信度は直前にユーザから発せられた発話がある商品について言及している程度を表し、広域確信度は対話開始からその時点までの発話全体を解釈してある商品にユーザの関心が向けられた程度を表す。2 種類の確信度を計算する理由は、ユーザの個々の発話にシステム

が返答しながらもユーザの長期的な興味を追跡できるようにするためである。

局所確信度は、直前のユーザの発言と商品の説明文との類似度をもとに以下の手続きで計算される。時刻 t におけるユーザの発言に含まれる名詞、形容詞、形容動詞および動詞の個数の合計を n_t^u とし、それらの単語の分散表現ベクトルを $\{v_l^u\}_{l=1}^{n_t^u}$ とする。ユーザの発言に含まれる上記の各単語について、商品の説明文に含まれる単語とのコサイン類似度で最大のもの M_{il}^{\cos} を商品ごとにそれぞれ求める：

$$M_{il}^{\cos} = \max_{j,k} \text{cossim}(v_l^u, v_{ijk}^d). \quad (1)$$

ただし、 $\text{cossim}(a, b)$ は次の式 (2) で与えられる：

$$\text{cossim}(a, b) = \frac{a \cdot b}{|a||b|}. \quad (2)$$

式 (1) で求めたコサイン類似度の最大値を商品ごとに足し合わせ、ユーザの発言に含まれる単語数で割った値を、その商品に対する発言の類似度スコア simscore_{it} とする：

$$\text{simscore}_{it} = \frac{\sum_{l=1}^{n_t^u} M_{il}^{\cos}}{n_t^u}. \quad (3)$$

1 から類似度スコアを引いた値の逆数を取り推薦度 r_i を加えた値を局所確信度スコア localscore_{it} とする：

$$\text{localscore}_{it} = \frac{1}{1 - \text{simscore}_{it}} + r_i. \quad (4)$$

局所確信度 localconf_{it} は、全商品の局所確信度スコアの合計に対する各局所確信度スコアの比で表され、0 以上 1 以下の値をとる：

$$\text{localconf}_{it} = \frac{\text{localscore}_{it}}{\sum_{k=1}^N \text{localscore}_{kt}}. \quad (5)$$

広域確信度は、分散表現空間における類似度をもとに計算されるという点で局所確信度と共通している。しかし、広域確信度が扱う類似度は、SCAIN/KE による対話全体の文脈推定結果と、システムとユーザとの間で共有されている情報を重視して計算された商品の代表ベクトルとの類似度である点が局所確信度の計算と異なる。広域確信度の計算の手続きは以下のようになる。一連のユーザの発言文を SCAIN/KE に入力したときの任意のパーティクルについて、 i 番目の商品の説明文に含まれる名詞、形容詞、形容動詞、動詞のうちユーザの発言文として観測済みのものの数を n_i^S 、それらの単語の分散表現ベクトルを $\{v_{ij}^S\}_{j=1}^{n_i^S}$ とする。同様に、 i 番目の商品の説明文に含まれる名

詞、形容詞、形容動詞、動詞のうちユーザの発言文として未観測のもの数を n_i^U 、それらの単語の分散表現ベクトルを $U_i = \{v_{ik}^U\}_{k=1}^{n_i^U}$ とする。またベクトル v_{ij}^S, v_{ik}^U で表される単語について、 i 番目の商品の説明文の中でその単語が含まれるものの特定度の最小値を s_{ij}^S, s_{ik}^U とする。分散表現空間上での i 番目の商品の代表ベクトル y_i を、商品の説明文に含まれる単語の重み付き平均ベクトルとして計算する：

$$y_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i^S} \alpha^S s_{ij}^S v_{ij}^S + \sum_{k=1}^{n_i^U} \alpha^U s_{ik}^U v_{ik}^U}{\sum_{l=1}^{n_i^S} \alpha^S s_{il}^S + \sum_{m=1}^{n_i^U} \alpha^U s_{im}^U}, \quad (6)$$

ここで α^S, α^U はそれぞれ観測済みの単語と未観測の単語に対する重みを表すパラメータであり、本稿の実装では $\alpha^S = 1, \alpha^U = 0.1$ としている。SCAIN/KE でパーティクルをサンプリングする際の重みに文脈と発言内の単語とのコサイン類似度の最大値を加えていたことに代えて、SCAIN/R では文脈と各商品の代表ベクトルとのコサイン類似度の最大値を加えるように変更している。時刻 t において、尤度が最も高いパーティクルにおける文脈の座標 x_t^* と i 番目の商品の代表ベクトル y_i とのコサイン類似度を、その商品に対する共有類似度 simshared_{it} とする：

$$\text{simshared}_{it} = \text{cossim}(x_t^*, y_i). \quad (7)$$

局所確信度の計算と同様に、1 から共有類似度を引いた値の逆数を取り推薦度 r_i を加えた値を広域確信度スコア globalscore_{it} とする：

$$\text{globalscore}_{it} = \frac{1}{1 - \text{simshared}_{it}} + r_i. \quad (8)$$

広域確信度 globalconf_{it} は、全商品の広域確信度スコアの合計に対する各広域確信度スコアの比で表され、0 以上 1 以下の値をとる：

$$\text{globalconf}_{it} = \frac{\text{globalscore}_{it}}{\sum_{k=1}^N \text{globalscore}_{kt}}. \quad (9)$$

3.4 システムによる発言の決定

システムの発言は、商品ごとに作成した説明文、または商品によらない一般的応答として用意された文の中から選択される。ユーザの発言内容と局所確信度および広域確信度から、システムの発言の種類、言及対象とする商品、および発言の特定度を決定し、条件に当てはまる発言が選択される。

システムの発言の種類はユーザの発言内容と用意されたキーワードのマッチングによって決定される。

表 2 発話の種類とキーワードの対応関係. 発話の種類に“†”を付けたものは商品によらない一般的応答を返し, その他の発話の種類は商品に付与された該当する属性の説明文を返す.

| 発話の種類 | キーワード |
|------------|--|
| start† | - |
| end† | 終わり, おわり |
| thank† | 買う, 買お, 買いたい, 買います, 買 いましょう, 欲しい, にする, にし ます |
| eliza† | - |
| price | いくら, 値段, 価格, 何円 |
| material | 材質, 素材, 何で, 何製 |
| user | 誰, だれ, 専用, 向け |
| size | 大きさ, 大きい, サイズ, 何センチ |
| weight | 重さ, 重い, 重量, 何キロ, 何グラ ム |
| years | 何年, 使え, 耐用 |
| color | 色, カラー |
| function | 機能, 特徴, 部分 |
| carry | 持, 運, 履, 付 |
| usage | 使い, 使用, 利用, 場面 |
| appearance | 見た目, 外観, カッコいい, きれいな おしゃれ, かわいい, クール |

表 2 に発話の種類とキーワードとの対応関係を示す. ユーザの発話にキーワードが含まれるかどうかを表 2 の上から順に調べ, キーワードが含まれれば該当する発話の種類が選択される. いずれのキーワードも含まれない場合は, “start”, “end” を除く発話の種類の中から無作為に選択される.

一般的応答として用意されている “start” および “end” の発話は, それぞれ対話開始時と対話終了時のみ行われる. “thank” の発話は, 商品を購入する意図を示すユーザの発話に対して感謝を述べるものである. “eliza” の発話は, 言及対象の商品を特定せずに対話を継続するために行われるもので, ELIZA [16] を参考に作成されている.

言及対象とする商品は局所確信度と広域確信度から決定される. 時刻 t における i 番目の商品の言及スコア mentionscore_{it} は以下の式 (10) で与えられる:

$$\text{mentionscore}_{it} = \text{localconf}_{it} + \beta \text{globalconf}_{it}. \quad (10)$$

ここで β は局所確信度と広域確信度のバランスを調整するパラメータであり, 本稿の実装では $\beta = 3$ としている. 言及スコアが最も高い商品を言及対象とする.

表 3 局所確信度, 広域確信度と発話の特定度の関係. 表中で localc.^* は言及対象とする商品の局所確信度を, globalc.^* は言及対象とする商品の広域確信度をそれぞれ表す.

| 特定度 | 条件 | | |
|-----|------------------------------|-----|-------------------------------|
| 0 | $\text{localc.}^* < 0.48$ | かつ | $\text{globalc.}^* < 0.38$ |
| 1 | $\text{localc.}^* \geq 0.48$ | または | $\text{globalc.}^* \geq 0.38$ |
| 2 | $\text{localc.}^* \geq 0.60$ | または | $\text{globalc.}^* \geq 0.42$ |
| 3 | $\text{localc.}^* \geq 0.72$ | または | $\text{globalc.}^* \geq 0.46$ |
| 4 | $\text{localc.}^* \geq 0.84$ | または | $\text{globalc.}^* \geq 0.50$ |

局所確信度と広域確信度はともに推薦度によるバイアスが加えられているので, 推薦度が高い商品についてはユーザの発話がわずかでも説明文に類似していればシステムが言及するようにできる.

発話の特定度は言及対象とする商品の局所確信度および広域確信度と閾値とをそれぞれ比較することで決定される. 本稿の実装では閾値を表 3 のように設定している. 局所確信度のほうが広域確信度に比べてより極端な値になりやすいことから, 局所確信度についての閾値が高めに設定されている. 特定度が 0 となる場合は商品の属性を説明する発話を行わず, “thank” または “eliza” の種類の発話が無作為に選択する.

4. 実験

4.1 実験の概要

本稿で実施した実験は以下の 2 点を目的とする予備実験である. 第 1 の目的は SCAIN/R のプロトタイプを用いて行われる対話の傾向を調べることである. 第 2 の目的は文脈の確信度が低い時点でシステムが行う特定度の低い発話に対話の進行に与える影響を確かめることである. 以上の目的のためにテキストの入出力で対話を行う基礎的なシステムを構築し, 5 人の実験参加者に対話を試してもらった.

4.2 実験設定

予備実験では腕時計, 革靴, カバンの 3 つの画像を商品のイメージとして選び, それぞれの説明文を人手で付与した. 図 1 に示すように, PC の画面上に商品の画像と, ユーザの発話を入力するテキストボックス, および対話の履歴を表示する UI を設計した. 実験に関する教示は対話開始時のシステムの発話として参加者に提示した. 本稿で述べる予備実験では, システム

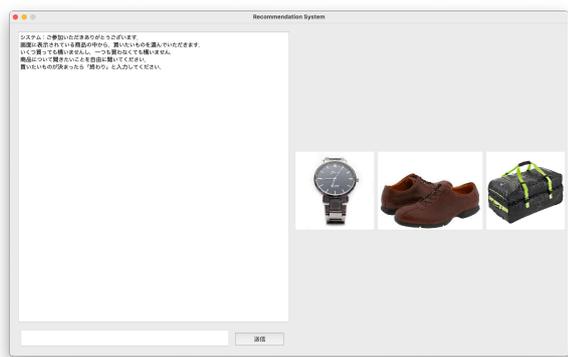


図1 予備実験で設計したUI.

が行う発話の特定度の効果を確認することを目的とし、推薦度の影響を調べないことを目的としないので、全ての商品の推薦度を0に設定した。

4.3 実験結果

5人分の対話ログを収集した結果、システムの指示に従って、実験参加者が商品について質問したり欲しい商品の特徴を述べたりしたのち、購入を希望する商品を決める過程の対話を得られた。参加者は平均で10回発話を送信した。

実験で行われた対話の中で、システムがユーザの興味を逐次的に推測することに成功したと考えられるケースについて以下で説明する。表4に、ある参加者の対話ログと、対話の各時点における局所確信度および広域確信度の値を示す。局所確信度に着目すると、時刻16以外ではどの商品の局所確信度も特定度1の条件である0.48に満たない値になっている。このことから、直前のユーザの発話が1個の商品の説明文とのみ類似しているわけではないことがわかる¹。一方で、広域確信度に着目すると、カバンの広域確信度が対話の進行に伴って上昇している。このことから、対話全体を通してユーザの興味がカバンに向いているとシステムが推測したことがわかる。時刻8以降はカバンの広域確信度が特定度1の条件を満たす0.38以上になっており、システムがカバンについて返答するようになっている。なお、時刻9ではユーザが革靴について質問しているのに対し、時刻10でのシステムの発話は革靴ではなく広域確信度の高いカバンについて返答している。しかしながら、このときのシステムの

¹例外的に時刻16では、「カバン」と「買う」という2単語全てがカバンの説明文に含まれているので、カバンの類似度スコアが1となり、結果的にカバンの局所確信度が1になっている。

発話が特定度の低い説明文であるため、対話の進行上は特に不自然な返答になっていないことがわかる。

5. 結論

本稿は、ユーザの興味が曖昧な状態から自然な対話を通じて売りたい商品に興味を誘導する推薦対話システムの構築を目的とした。簡易的なシステムを用いた予備実験により対話ログを収集した。予備実験の結果から、ユーザの興味に関する確信度が低い時点で、システムが言及対象を特定しない発話を行うことが、対話の自然な進行に有効であることを確認した。

謝辞

本研究は、JST, CREST, JPMJCR19A1 および JSPS, KAKENHI, JP21J1378 の支援を受けたものである。

文献

- [1] Jie Lu, Dianshuang Wu, Mingsong Mao, Wei Wang, and Guangquan Zhang, (2015) "Recommender system application developments: a survey", Decision Support Systems, Vol. 74, pp. 12–32.
- [2] Yueming Sun and Yi Zhang, (2018) "Conversational recommender system", Proceedings of The 41st international ACM SIGIR conference on research & development in information retrieval, pp. 235–244.
- [3] Qibin Chen, Junyang Lin, Yichang Zhang, Ming Ding, Yukuo Cen, Hongxia Yang, and Jie Tang, (2019) "Towards Knowledge-Based Recommender Dialog System", Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP), pp. 1803–1813.
- [4] Hideo Shimazu, (2002) "ExpertClerk: A Conversational Case-Based Reasoning Tool for Developing Salesclerk Agents in E-Commerce Webshops", Artificial Intelligence Review, Vol. 18, pp. 223–244.
- [5] Chris Moore, Philip J Dunham, and Phil Dunham, (2014) "Joint attention: Its origins and role in development", Psychology Press.
- [6] Ulf Liskowski, Malinda Carpenter, Anne Henning, Tricia Striano, and Michael Tomasello, (2004) "Twelve-month-olds point to share attention and interest", Developmental science, Vol. 7, No. 3, pp. 297–307.
- [7] Shlomi Sher and Craig RM McKenzie, (2006) "Information leakage from logically equivalent frames", Cognition, Vol. 101, No. 3, pp. 467–494.
- [8] Alessandra Sciutti, Martina Mara, Vincenzo Tagliasco, and Giulio Sandini, (2018) "Humanizing human-robot interaction: On the importance of mutual understanding", IEEE Technology and Society Magazine, Vol. 37, No. 1, pp. 22–29.
- [9] 中村慎也, 岩橋直人, 長井隆行, (2009) "実世界における人とロボットの共有信念の推定に基づいた相互適応的な発話生成", 知能と情報, Vol. 21, No. 5, pp. 663–682.

表4 ある参加者の対話ログと、対話の各時点で計算された局所確信度および広域確信度の値。

| 時刻 | 発話者 | 発話内容 | 局所確信度 | | | 広域確信度 | | |
|----|------|--|-------|------|------|-------|------|------|
| | | | 腕時計 | 革靴 | カバン | 腕時計 | 革靴 | カバン |
| 0 | システム | ご参加いただきありがとうございます。画面に表示されている商品の中から、買いたいものを選んでいただきます。いくつ買っても構いませんし、一つも買わなくても構いません。商品について聞きたいことを自由に聞いてください。買いたいものが決まったら「終わり」と入力してください。 | | | | | | |
| 1 | ユーザ | それぞれ値段はいくらですか | | | | | | |
| 2 | システム | 聞きたいことはなんですか？ | 0.29 | 0.38 | 0.32 | 0.32 | 0.31 | 0.36 |
| 3 | ユーザ | 時計の値段を教えてください | | | | | | |
| 4 | システム | どんな商品をお探しですか？ | 0.40 | 0.33 | 0.27 | 0.33 | 0.31 | 0.36 |
| 5 | ユーザ | どれが一番安いですか | | | | | | |
| 6 | システム | あなたはどう思いますか？ | 0.33 | 0.35 | 0.32 | 0.33 | 0.30 | 0.37 |
| 7 | ユーザ | カバンの大きさはどれくらいですか | | | | | | |
| 8 | システム | やや大きめです。 | 0.30 | 0.32 | 0.37 | 0.35 | 0.26 | 0.38 |
| 9 | ユーザ | 靴のサイズはどれくらいですか | | | | | | |
| 10 | システム | やや大きめです。 | 0.31 | 0.46 | 0.23 | 0.31 | 0.29 | 0.40 |
| 11 | ユーザ | カバンの素材を教えてください | | | | | | |
| 12 | システム | 軽い素材です。 | 0.31 | 0.35 | 0.34 | 0.32 | 0.29 | 0.39 |
| 13 | ユーザ | カバンはいくらですか | | | | | | |
| 14 | システム | 少し高めですよ。 | 0.28 | 0.36 | 0.35 | 0.30 | 0.30 | 0.40 |
| 15 | ユーザ | カバンを買います | | | | | | |
| 16 | システム | 恐れ入ります。 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.29 | 0.29 | 0.42 |
| 17 | ユーザ | 終わり | | | | | | |
| 18 | システム | 対話を終了します。ありがとうございました。 | | | | | | |

[10] Harry T. Reis, Edward P. Lemay, and Catrin Finkenauer, (2017) “Toward understanding understanding: The importance of feeling understood in relationships”, *Social and Personality Psychology Compass*, Vol.11, No.3, pp. e12308.

[11] Janetta Lun, Selin Kesebir, and Shigehiro Oishi, (2008) “On feeling understood and feeling well: The role of interdependence”, *Journal of Research in Personality*, Vol. 42, No. 6, pp. 1623–1628.

[12] Jesús Bobadilla, Fernando Ortega, Antonio Hernandez, and Abraham Gutiérrez, (2013) “Recommender systems survey”, *Knowledge-Based Systems*, Vol. 46. pp. 109–132.

[13] Filip Radlinski, Krisztian Balog, Bill Byrne, and Karthik Krishnamoorthi, (2019) “Coached Conversational Preference Elicitation: A Case Study in Understanding Movie Preferences”, *Proceedings of the*

Annual SIGdial Meeting on Discourse and Dialogue.

[14] Yusuke Takimoto, Yosuke Fukuchi, Shoya Matsumori, and Michita Imai, (2020) “SLAM-Inspired Simultaneous Contextualization and Interpreting for Incremental Conversation Sentences”, *arXiv:2005.14662*.

[15] Teppei Yoshino, Shoya Matsumori, Yosuke Fukuchi, and Michita Imai, (in press) “Simultaneous Contextualization and Interpretation with Keyword Awareness”, *Proceedings of The 20th International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing*.

[16] Joseph Weizenbaum, (1966) “ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine”, *Communications of the ACM*, Vol. 9, No. 1, pp. 36–45.

写真とイラストから否定を認識する：人間と深層学習モデルの比較

Recognizing negation from photographs/illustrations: comparing humans and deep learning models

佐藤 有理[†], 峯島 宏次[‡], 植田 一博[†]

Yuri Sato, Koji Mineshima, Kazuhiro Ueda

[†] 東京大学, [‡] 慶應義塾大学

The University of Tokyo, Keio University

satoyuri0@gmail.com

概要

視覚表現は否定を描くことができるだろうか。この問題を、写真とコミックイラストの実世界視覚表現のデータ分析を用いて検討する。まず、画像キャプション課題を用いた実験により、従来の見解に反して、一部の視覚表現が否定を表現できることを示す。さらに、画像が否定を表現できる理由を分析するために、否定に関連する画像の分類課題を用いた実験を行い、機械学習（深層学習 CNN）と人間のパフォーマンスを比較する。その結果、人は画像には直接描かれていない背景知識や常識を利用して否定を認識することを議論する。

キーワード：否定, 視覚表現, 写真, イラスト, 実世界データ, 機械学習

1. はじめに

否定表現は、人の思考やコミュニケーションにおいて重要な役割を果たしている。自然言語では「電車が来ている」から「電車が来ない」のように否定文を作ること、何らかの事態の否定を比較的容易に表現することができる。同様に、記号論理の言語やプログラミング言語では、否定は入力真理値を反転させる真理関数の演算子 (\neg) として捉えられ、一定の役割を果たす。こうした言語表現における否定の意味や使用については、これまでに言語学や論理学に関連する分野 [6, 8, 9, 17] において研究が蓄積されてきた。

言語表現と比べて、写真やイラストなどの視覚表現において否定を表現するのはそれほど簡単ではない。例えば、「電車が来ない」ことを知らせるために、電車が写っていない駅のプラットフォームの写真を送ったとしよう。受け手は送り手の意図通りに情報を理解できるだろうか。おそらくこの情報伝達はテキストによるものほど確実ではないだろう。写真や絵、地図のような非言語的表現によって否定を描くことはできないという見解は、前期ウィットゲンシュタイン [18] に典型

的に見られるように、分析哲学において広く支持されている [7, 5]。

本研究の目的は、「否定を表現するものとして人が認識できる視覚表現はあるのか」という問いを検討することである。視覚表現に関する実証研究としては、統制された評価実験を行うためにトップダウンで設計・作成されたタイプの表現を扱う図的推論や論理図の実験研究がある [14]。これに対し本研究は、科学の領域の外で自然に発生し、日常的な場面で人間の思考を表現し伝達するために使用されるタイプの視覚表現に焦点を当てる。すなわち、実際に人々に使われ、文化の中でデザインとして生き残っている実世界の視覚表現について収集と分析を行うデータ駆動型アプローチをとる。実世界の視覚表現のなかでも、写真画像とコミックイラストを題材とする [15, 16]。人が画像から読み取れることを説明するという画像キャプション課題を用いた実験により、視覚表現が否定を表現できるのか検証する。さらに、画像が否定を表現できる理由を分析するために、否定に関連する画像の分類課題を用いた実験を行い、機械学習（深層学習 CNN）のパフォーマンスと人間のパフォーマンスを比較する。最後に、否定認識における常識想起の役割について考察する。

2. 写真における否定

写真キャプション 機械学習用の写真画像データセット MS-COCO [11] とその 1 画像に 5 つキャプションを付与した日本語キャプション STAIR Captions [19] を使用した。否定表現「～ない」を含むキャプションが 1 つ以上付された画像を選び、さらに否定に関連するかどうかのアノテーションとその理由説明（否定の対象）の両方が 3 名中 2 名以上一致した 65 枚を「否定画像」として抽出した。否定に関連しない「否定フリー画像」も同様に抽出した。

人間による写真分類 参加者 (203 名, オンライン) に

は、写真画像が与えられ、それを否定を含む（否定を使うのが自然である・適切である）ものとそうでないものに分類するよう求めた。否定の典型例として「～がない」「～がない」「～でない」「～できない」「～が消えた」「～が空っぽだ」「動かない」といった表現が教示された。まず（130枚からランダムに抽出された）18枚の画像分類課題を解き、正解・不正解が与えられた。それをもう一度繰り返したあと、新規のテスト課題が与えられた。人間の正答率は、否定画像の判定で67.5%、否定フリー画像の判定で73.6%だった。

機械による写真分類 否定画像と否定フリー画像を training 用, validation 用, test 用に分け、データ拡張のうえ使用した。VGG16 ファインチューニング付きの畳み込みニューラルネットワーク (CNN) モデルで学習を行った。この CNN モデル学習の結果、test の 20 枚の否定画像のうち 11 枚 (55%) が否定と正しく分類された。否定フリーの画像の正答率も同じだった。

3. イラストにおける否定

写真画像のキャプション数の少なさ、(出版作品でないが故の) 伝達意図の不明確さの改善を目指し、コミックイラストを題材としたデータ分析を行なった。

イラストキャプション 日本マンガデータセット Manga109 [1, 12] と合わせて、傑作マンガ作品 (主要な漫画賞受賞者による主要な漫画賞受賞作品) をリストアップした。手塚治虫『火の鳥』など 131 作品を含めた。否定のアノテーションをつけ、3 名中 2 名以上一致したに 111 画像を「否定画像」として抽出した。「否定フリー画像」も同様に抽出した。459 名の参加者に対して、画像 (言語部分は削除) から読み取れることを説明するように求め、結果として画像 1 枚につき平均 23.95 件のキャプションを得た。とくに 17 枚の画像については、コマ一つの状態かつ効果線などの特殊記号 [4] のない状態で、否定画像における否定句の出現頻度が否定フリー画像のそれよりも有意に多かった。これは純粋な視覚的要素のみで否定を表現することが可能である事例として捉えられる。

人間によるイラスト分類 上記の 17 枚と 10% 有意の 1 枚を加えた計 18 枚の否定画像と同数の否定フリー画像を用いた。人間 (205 名参加) の正答率は、否定画像の判定で平均 84.3%、否定フリー画像で 84.1% だった。

機械によるイラスト分類 18 枚の画像について、1 枚を test 用に外して、残りを training と validation 用にして CNN 学習を繰り返した。結果、18 枚の否定画像のうち平均 61.1% が正しく否定画像と分類された。また、否定フリー画像の正答率も同じく 61.1% だった。

4. 考察：否定認識と常識想起

「否定を表現するものとして人が認識できる視覚表現はあるのか」という問いに対して、これまでの画像キャプションの結果から「ある」と答えることができる。とくに、十分な数のキャプションを収集したコミックイラストについては、視覚的要素だけで否定を表現できるケースがあることをより確実に示すことができた。では、画像のどのような特徴が否定認識を可能にしているのだろうか。図 1 は、人間の否定分類で正答率の高かった写真画像である。例えば、否定画像 (a_2) の正答率は 95% であり、キャプションやアノテーターの理由記述は「部屋に家具がない」というものだった。この記述の対象は、画像に直接描かれていないもの (家具) であり、それを復元するには、背景知識 (通常、部屋には家具がある) の利用がうかがえる。また図 2 (a_1) のように、正しく否定分類されたイラスト画像 (正答率 100%) についても、「トイレには通常、紙がある」という背景知識の利用がうかがえる。このように、画像に直接描かれていない知識や常識を使って否定情報を認識していることが想像される。深層学習モデルにおける全体正答率は、写真画像とコミックイラストとも、モデルが否定画像と否定フリー画像を一般に分類できないことを示していた。今回の機械学習実験で使用した程度の訓練データの大きさでは、背景知識にあたるものまでは得ることができず、画像的特徴のみから否定を自動的に分類することは困難であったと考えられる。このことは、機械学習一般において背景知識や常識を扱うことが困難であるという見解 [3, 10] と整合的である。

これまで考察した否定認識と常識想起の関係について、否定と認識されやすい画像は、そうでない画像よりも、(画像内容と矛盾するところの) 常識が想起されやすいという仮説を検証する追加実験を実施した。否定分類と否定フリー分類で正答率の高かった上位 5 画像 (85% 以上) を写真・イラストごとに用いた (計 20 画像)。画像の表す状況の適切な説明となるように、「ふつう _____ のに、画像のような状況になっている」という空欄を埋めることを求めた。この空欄に対する記述が特に必要でないと考え場合には、「なし」と書くように指示した。例題として、ギザの Sphinx 像の画像が与えられ、解答例として、「ふつうは顔に鼻があるのに、画像のような「顔に鼻がない」状況になっている」という例が与えられた。参加者は 30 名で、オンライン実験として行われた。結果として、10 画像のうちの常識記述の出現回数は、否定画像で 7.97 回、否定フリー画像で 1.76 回だった。「な



図1 写真画像の分類結果，正答率の高い上位5つの事例．N/NF/90%”は，正解ラベルが「否定(N)」，CNNによる予測ラベルが「否定フリー(NF)」，人間の平均正答率が90%ということを示す．

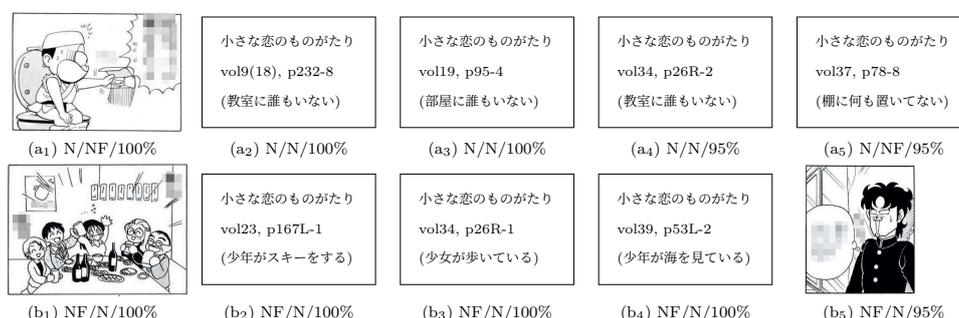


図2 コミックイラスト画像の分類結果，正答率の高い上位5つの事例．利用許諾のある Manga109 データセット所収作品以外のコミックイラスト a₂-a₅，b₂-b₄ は，著作権の都合上作品の該当箇所情報のみ記載．

し」という回答については，否定画像で0.86回，否定フリー画像で4.28回だった．否定画像と否定フリー画像の比較においていずれも有意差があった．この結果は，画像内情報だけでなく画像外の常識も利用することで，否定が認識されることを支持するものとして理解することができる．

今後，他の機械学習・深層学習モデル（例えば，アテンション機構を入れたもの）においてもさらに分析を行い，機械学習との対比によって人間の否定認識の特徴を明らかにしていきたいと考えている．また，否定以外にも，人の意図など，一般に視覚的に表現されにくいとされる情報が指摘されており [2]，それらの認識についても研究を進めていく計画である．

Appendix

否定画像として使用したコミック作品のリスト

| |
|----------------------------|
| あくはむ，新居さとし，講談社 |
| 天晴れ！カッポーレ，菅野博之，徳間書店 |
| ありさ ² ，八神健，角川書店 |
| ぶらり鉄扇捕物帳，佐佐木あつし，集英社 |
| デュアルジャスティス，竹山祐右，東京三世社 |

| |
|---|
| 永遠のウィズ，みやうち沙矢，講談社 |
| はるかりフレイン，伊藤伸平，白泉社 |
| ハイスクール！奇面組 vol20，新沢基栄，集英社 |
| ラブひな vol14，赤松健，講談社 |
| 魔法使い養成専門マジックスター学院，南澤久佳，東京三世社 |
| 燃える！お兄さん vol19，佐藤正，集英社 |
| むこうきずのチョンボ，みなもと太郎，講談社 |
| OLランチ，さんりようこ，小学館 |
| びかる 元気です！，栗城祥子，小学館 |
| しまっていこうぜ！ vol1，吉森みき男，秋田書店 |
| タップ君の探偵室，ふくやまけいこ，徳間書店 |
| てんしのはねとアクマのシippo，霧賀ユキ，東京三世社 |
| 徹さん，川口憲吾，東京三世社 |
| 東洋綺談，トオジョオミホ，講談社 |
| 翼の記憶，佐藤晴美，朝日ソノラマ |
| うちの猫' ず日記，がぁさん，東京三世社 |
| (以上，Manga109 より) |
| ブラックジャック vol05 06 12 13 14 22，手塚治虫，秋田書店 |
| ブッダ vol01 03 12 13，手塚治虫，潮出版社 |
| 小さな恋のものがたり vol01 02 08 12 15 16 18 19 20 22 23 25 32 34 37 38 39 40 41 42，みつはしちかこ，学研/立風書房 |
| サイボーグ 009，石ノ森章太郎，秋田書店 |
| 火の鳥 vol02 05 08 09 手塚治虫，朝日新聞出版 |
| のたり松太郎 vol03 04 07 13 16 18，ちばてつや，小学館 |
| おれは鉄兵 vol01 10 12 14，ちばてつや，講談社 |
| テレビくん，水木しげる，中央公論新社 |
| (以上，傑作リストより) |

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20K12782 (代表：佐藤) の助成を受けたものです。

文献

- [1] Aizawa, K., Fujimoto, A., Otsubo, A., Ogawa, T., Matsui, Y., Tsubota, K., & Ikuta, H. (2020). Building a manga dataset “Manga109” with annotations for multimedia applications. *IEEE MultiMedia*, 27, 8–18.
- [2] Alikhani, M., & Stone, M. (2019). “Caption” as a coherence relation: Evidence and implications. In *Proceedings of SiVL@NAACL 2019* (pp. 58-67), ACL.
- [3] Bernardi, R., Cakici, R., Elliott, D., Erdem, A., Erdem, E., Ikizler-Cinbis, N., Keller, F., Muscat, A., & Plank, B. (2016). Automatic description generation from images: A survey of models, datasets, and evaluation measures. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 55, 409-442.
- [4] Cohn, N. (2013). *The Visual Language of Comics: Introduction to the Structure and Cognition of Sequential Images*. Bloomsbury. (中澤潤 (訳) (2020) マンガの認知科学：ビジュアル言語で読み解くその世界 北大路書房)
- [5] Crane, T. (2009). Is perception a propositional attitude? *The Philosophical Quarterly*, 59, 452–469.
- [6] Déprez, V., & Espinal, M.T. (eds.) (2020). *The Oxford Handbook of Negation*. Oxford University Press.
- [7] Heck, R. (2007). Are there different kinds of content?. In B.P. McLaughlin & J.D. Cohen (eds.), *Contemporary Debates in Philosophy of Mind* (pp. 117–138). Blackwell.
- [8] Horn, L. R. (1989). *A Natural History of Negation*. University of Chicago Press. (河上誓作 (監訳) (2018) 否定の博物誌 ひつじ書房)
- [9] 加藤泰彦, 今仁生美, 吉村あき子 (編) (2010). 否定と言語理論 開拓社.
- [10] Lake, B. M., Ullman, T. D., Tenenbaum, J. B., & Gershman, S. J. (2017). Building machines that learn and think like people. *Behavioral and Brain Sciences*, 40, E253.
- [11] Lin, T.Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., & Perona, P. (2014). Microsoft COCO: Common objects in context. In *Proceedings of ECCV 2014, LNCS 8693* (pp.740–755). Springer.
- [12] Matsui, Y., Ito, K., Aramaki, Y., Fujimoto, A., Ogawa, T., Yamasaki, T., & Aizawa, K. (2017). Sketch-based manga retrieval using manga109 dataset. *Multimedia Tools and Applications*, 76, 21811–21838.
- [13] Sato, Y., & Mineshima, K. (2020). Depicting negative information in photographs, videos, and comics: a preliminary analysis. In *Proceedings of Diagrams 2020, LNAI vol.12169* (pp.485–489). Springer.
- [14] 佐藤有理, 峯島宏次 (2021). 論理の図形表現. 認知科学 28, 139-152.
- [15] Sato, Y., Mineshima, K., & Ueda, K. (2021). Visual representation of negation: Real world data analysis on comic image design. To appear in *CogSci 2021*, 7 pages. Preprint at arXiv:2105.10131
- [16] Sato, Y., & Mineshima, K. (2021). Can humans and machines classify photographs as depicting negation? To appear in *Diagrams 2021*, 4 pages. Springer.
- [17] Wansing, H. (Ed.). (1996). *Negation: A Notion in Focus*. Walter de Gruyter.
- [18] Wittgenstein, L. (1914/1984). *Notebooks 1914–1916.*, Anscombe, G.E.M. & von Wright, G.H. (Eds.). University of Chicago Press.
- [19] Yoshikawa, Y., Shigeto, Y., & Takeuchi, A. (2017). STAIR captions: Constructing a large-scale Japanese image caption dataset. In *Proceedings of ACL 2017*, pp. 417–421.

立脚点の違いによって相互予測問題を解消する強化学習エージェント Reinforcement Learning Agents Solving the Mutual Prediction Problem through Different Standpoints

高田 亮介[†], 竹内 勇剛[†]
Ryosuke Takata & Yugo Takeuchi

[†] 静岡大学

Shizuoka University

takata.ryosuke.18@shizuoka.ac.jp

概要

人は他者の意図を推定することで円滑に協調できる一方で、自己と他者の意図推定過程が同じである場合は円滑に協調できない“相互予測問題”に陥る。意図推定には再帰のレベルがあり、相互予測問題を解決するためにはこのレベル差を1にする必要があることが知られている。これまで意図推定レベルごとに異なるモデル化を行う研究が行われてきたが、意図推定レベルを切り替えるためにモデル化手法を変えなければならないという問題があった。本研究では、全てのエージェントが同一のモデル化手法のもとで円滑な協調を実現することを目的に、エージェントの立脚点が意図推定レベルに相当するという仮説のもとで相互予測問題を解消することを、強化学習を用いたシミュレーション実験によって確認した。本研究の成果は、相互予測問題を解消する意図推定モデルの実現と、それを獲得するプロセスの解明に寄与し得る。

キーワード：立脚点, 意図推定レベル, 相互予測問題, 協調, 強化学習

1. はじめに

人は他者と社会的関係を築くうえで、他者の行動を観測し、その行動の背後に隠された意図を推定する。さらに、自分の行動が他者にとってどのような意図として捉えられるのか、といった影響を考えることができる。例えば人混みの中を移動するときには、向かってくる相手と衝突しないように相手の行動をよく観察して相手の移動経路を予測し、その予測結果に合わせて自分の移動経路を変更することがある。このとき、相互に相手の移動経路を推定しながら歩くにもかかわらず、自分が相手との衝突を回避しようと右に移動すると同時に相手も同様の理由で右に移動し、それならばと左に移動すると相手も同時に左に移動する、といった意図推定の衝突が生じることがある。

Premack et al. (1978) は、自己と他者の目的・意図・

知識・信念・疑念・推測・嗜好・ふりなどを推定したり理解できる能力を“心の理論 (Theory of Mind)” と呼んだ [1]。心の理論における他者の心の状態の推定には、他者が推定した自己の心の状態の推定、といった再帰性があることが知られている [2]。横山ら (2009) は、心の理論に基づく他者の心の状態の推定の再帰性について、特に他者の意図の推定についての再帰の深さを意図推定レベルと呼んだ [3]。自己と他者が相互に相手の意図を予測する相互予測の状況では、自己と他者が同じ意図推定過程に基づく行動決定モデルを有していると円滑な協調が行えないという問題が生じることが知られており [4]、長田ら (2010) はこの問題を意図推定レベルを用いた説明に拡張した [5]。すなわち、自己と他者の行動決定モデルが同じである場合、意図推定レベルが同一だと自己と他者の予測が重複してしまい、結果的に自己と他者の行動が衝突してしまう“相互予測問題”に陥る。相互予測問題を解決するためには、自己と他者の意図推定レベルに1レベルの差を持たせる必要があることが明らかになっている (図1)。以上の知見は、数理モデルによる2次元グリッド環境で表された協調課題のシミュレーション実験 [5] だけでなく、進化計算による意図推定レベルの最適化 [6] や、単純な強化学習手法であるQ学習による協調課題のシミュレーション実験 [7]、子どもの遊び行動の中での他者に対する意図推定のモデル化 [8] によって確認されている。

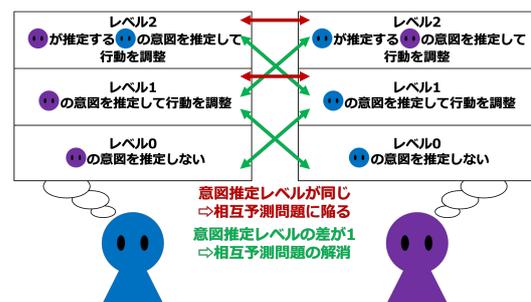


図1: 意図推定レベルと相互予測問題

これまで行われてきた意図推定レベルの実装によって相互予測問題を解消することを目的とする研究は、複数エージェントが各自の視界を持っており、意図推定レベルごとに内部処理が異なるモデル化を行ったエージェントによる実験であった。そのため、意図推定レベルを切り替えるためにエージェント内部の意思決定モデルのアルゴリズムを変えなければならないという問題があった。この問題によって、複雑な課題を解くことができる深層強化学習を使うことがこれまで不可能であった。なぜなら、深層強化学習は End-to-End プロセスであり、モデル内部処理に言及することができないからである。この問題を解決するためには、モデルへの入力段階で意図推定レベルと同質の作用を考える必要がある。

本研究では、“他者の意図を推定する”ということ“他者の立場に視点（立脚点）を置く”ことと同質であると考えられる。立脚点の変更が意図推定レベルの変更と同質であると仮定すれば、行動モデルの入力の変更によって意図推定レベルを変更することができるため、深層強化学習によって意図推定レベルを表現することが可能となる。深層強化学習のような End-to-End 深層学習は、設計者のドメイン知識を用いることなく、人による設計より優れたモデルの入出力関係を獲得できる [9]。本研究では、深層強化学習を用いることで設計者がエージェント内部の意思決定モデル処理を設計することなく円滑な協調を実現することを目的とする。

本稿では、実験課題として重い箱を複数エージェントで協調的に持ち上げる“箱持ち上げ課題”を用いる。この課題は、2体のエージェントがタイミングや距離・角度を合わせて行動することで箱が持ち上がるが、エージェント間のタイミングや距離・角度のバランスが合わずに行動すると箱がバランスを崩して落下する。すなわち、2体のエージェントが時間的・空間的に同期して振る舞う必要があるため、箱持ち上げ課題は相互予測問題に陥る課題であると言える。本研究では、立脚点を変えた条件ごとに深層強化学習を用いて箱持ち上げ課題を解き、その学習結果と振る舞いの変化について分析を行い、構成論的手法によって議論する。本研究の成果は、設計者が環境モデルを保有する必要なくエージェントが円滑に協調する行動決定モデルの実現と、相互予測問題を解消するモデルが構築されるプロセスの解明に寄与し得る。

2. 協調課題

2.1 意図推定レベルと相互予測問題

人は他者と協調するとき、他者の意図を推定し行動を予測している。Dennett (1987) は、心の理論による他者の心の推定には再帰のレベルが存在することを提唱した [2]。横山ら (2009) は、心の理論に基づく他者の意図推定のレベルを表1のように定式化した [3]。なお、表1ではレベル2までしか記述していないが、意図推定レベルは無限に再帰し得る。

表 1: 行動主体が推定する意図推定レベル

| レベル | 定義 |
|-------|--|
| レベル 0 | 他者の意図を推定せず自己の行動を決定する行動主体 |
| レベル 1 | 他者をレベル 0 と想定して意図を推定し予測される他者の行動に対応して自己の行動を決定する行動主体 |
| レベル 2 | 他者をレベル 1 と想定して他者が推定する自己の意図を推定し、その推定から予測される他者の行動に対応して自己の行動を決定する行動主体 |

2体の行動主体が相互に相手を予測するとき、同じ行動決定過程を有していると円滑な協調が行えないことが知られている [4, 5]。この問題は相互予測問題と呼ばれる。相互予測問題は、意図推定レベルの差が1であるときに解消することが明らかになっている [6]。

2.2 箱持ち上げ課題

実験には、2体のエージェントが重い箱を持ち上げる“箱持ち上げ課題”を用いる (図 2)。エージェントは、静止、左右移動、ジャンプを行うことができ、バランス良く箱を持ち上げるためには、2体のエージェントがジャンプのタイミングを合わせ、エージェント間の適切な距離・角度を保つ必要がある。エージェントがジャンプするタイミングが合わなかったり、2体のエージェント間の距離・角度が適切でない場合、箱はバランスを崩して落下する。このように、時間的・空間的に同期して振る舞う必要があり、2体のエージェントが相互に相手の行動予測を行うことで相互予測問題に陥る可能性のある課題である。

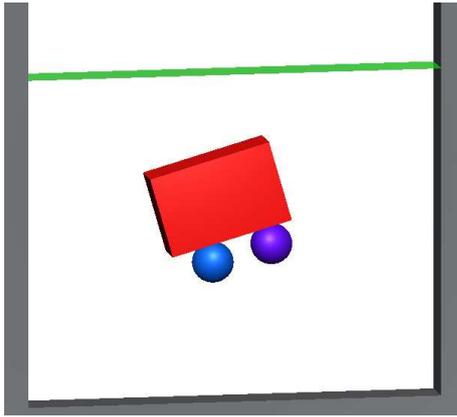


図 2: 箱持ち上げ課題 (赤の箱 (B), 青のエージェント (A1), 紫のエージェント (A2), 緑の課題達成ラインで構成される)

3. 学習実験

3.1 立脚点を変えた実験条件

本研究では、立脚点を変化させることで意図推定レベルが変化するという仮説のもとで、表 2 に示す 4 条件で実験を行った。表 2 において、A1 は左エージェント、A2 は右エージェント、B は箱を表す。2 体のエージェントとも自己の立脚点、他者の立脚点、箱の立脚点、A1 の立脚点、の 4 条件で箱持ち上げ課題を学習させ、相互予測問題を解消するか否かを検証した。

A1 の立脚点から観測する成分を図 3 に示す。A1, A2, B の各立脚点から観測する成分は、立脚点を原点として極座標系を張った際の各対象への距離と角度で表される。

表 2: 実験条件

| 条件名 | 立脚点 | | 備考 |
|-----|-----|----|---------|
| | A1 | A2 | |
| C1 | A1 | A2 | 自己の立脚点 |
| C2 | A2 | A1 | 他者の立脚点 |
| C3 | B | B | 箱の立脚点 |
| C4 | A1 | A1 | A1 の立脚点 |

3.2 学習手法

3.2.1 強化学習

本研究では、エージェントの意思決定モデルをボトムアップに構築する手法として強化学習 [10] を用いた。強化学習は動物の行動決定則の変化をモデル

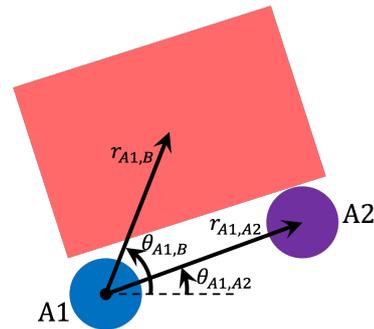


図 3: A1 の立脚点における観測成分

化した手法であり、その仕組みが動物の脳内に存在することを示唆する研究が行われている。Schultz et al. (1993) は、強化学習に用いられる報酬の期待誤差 (TD 誤差) が脳神経におけるドーパミン反応と近似していることを明らかにし [11], Barto (1995) や Schultz et al. (1997) によって、大脳基底核で TD 誤差を用いた強化学習が行われていることが示唆された [12, 13]. さらに Doya (2002) は強化学習における割引率や学習率などのハイパーパラメータがそれぞれセロトニンやアセチルコリンなどの神経修飾物質と対応していることを提唱した [14]. 以上のように、脳神経科学の観点から強化学習は人を含む動物の行動学習のモデルとして有効であり、本研究で行うエージェントの意思決定モデルの構築手法として妥当であると考えられる。

3.2.2 PPO

本研究では、設計者がモデル内部のプロセスに言及しない深層強化学習手法である PPO (Proximal Policy Optimization) [15] を用いた。PPO は、環境からの情報取得と目的関数の最適化を交互に繰り返すアルゴリズムであり、ゲーム課題や物理演算シミュレーション等で成果を挙げている [15, 16]. PPO の特徴は、式 (1) を目的関数として勾配法を用いる点である。式 (1) 中の clip 関数によって、方策を更新する際にその変化量が大きくなり過ぎないようにクリッピングされる。clip 関数では、式 (2) に示す方策の変化量が $1 - \epsilon$ より小さい場合、および $1 + \epsilon$ より大きい場合に変化量を一定の値にする処理が行われる。なお、式 1 中の \hat{A}_t は時点 t における Advantage (状態に依らない行動自体の価値) の推定値を表している。以上の処理によって、エージェントは自身の方策に対して急激な変化を行わないため、安定した学習が期待される。また、方策勾配は再帰型ニューラルネットワーク (Recurrent Neural Network, RNN) によって近似的に

求められる。これにより、意思決定モデルの中で時間的な行動系列を扱うことができる。

$$L^{CLIP}(\theta) = \hat{\mathbb{E}}_t[\min(r_t(\theta)\hat{A}_t, \text{clip}(r_t(\theta), 1 - \epsilon, 1 + \epsilon)\hat{A}_t)] \quad (1)$$

$$r_t(\theta) = \frac{\pi_\theta(a_t|s_t)}{\pi_{\theta_{old}}(a_t|s_t)} \quad (2)$$

3.2.3 学習パラメータ

エージェントの強化学習に用いる状態空間を表3に、行動空間を表4に示す。表3における r 、 θ は、図3に示すようにそれぞれ相対距離と相対角度を表し、状態空間は立脚点によって異なるものとする。なお、エージェントの直径は1、箱の縦サイズは2、箱の横サイズは3、フィールドの横サイズは10、課題達成ラインまでの高さは8である。

表 3: 立脚点と状態空間

| 立脚点 | 状態変数 | 範囲 |
|-----|------------------|---------------|
| A1 | $r_{A1,A2}$ | [1.0, 11.7] |
| | $\theta_{A1,A2}$ | $[-\pi, \pi]$ |
| | $r_{A1,B}$ | [1.5, 11.4] |
| | $\theta_{A1,B}$ | $[-\pi, \pi]$ |
| A2 | $r_{A2,A1}$ | [1.0, 11.7] |
| | $\theta_{A2,A1}$ | $[-\pi, \pi]$ |
| | $r_{A2,B}$ | [1.5, 11.4] |
| | $\theta_{A2,B}$ | $[-\pi, \pi]$ |
| B | $r_{B,A1}$ | [1.5, 11.4] |
| | $\theta_{B,A1}$ | $[-\pi, \pi]$ |
| | $r_{B,A2}$ | [1.5, 11.4] |
| | $\theta_{B,A2}$ | $[-\pi, \pi]$ |

表 4: 行動空間

| 行動名 | 値 |
|------|----------------|
| ジャンプ | (静止, ジャンプ) |
| 左右移動 | (静止, 左移動, 右移動) |

2体のエージェントに毎ステップ与える報酬は式(3)によって計算される。式(3)において、 $height^t$ は時点 t において箱を持ち上げた場合の箱の高さであり、式(4)によって表される。また、 $FieldHeight$ は地面から課題達成ラインまでの高さを表す。式(4)において、 y_B^t は時点 t における箱のY座標を表す。

$$Reward^t = \frac{height^t}{FieldHeight} \quad (3)$$

$$height^t = \begin{cases} 0 & (y_B^{t-1} > y_B^t) \\ y_B^t & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (4)$$

PPOにおけるハイパーパラメータは表5のように設定した。今回の設定はUnity ML-Agents¹のデフォルト設定を用いた。また、学習ステップ数は10,000,000(以降、10Mと表記)ステップとした。

表 5: PPOのハイパーパラメータ

| パラメータ名 | 値 |
|---------------------|--------|
| バッチサイズ | 2048 |
| バッファサイズ | 20480 |
| 方策変化量の閾値 ϵ | 0.2 |
| エントロピー正規化率 β | 0.005 |
| 正規化パラメータ λ | 0.95 |
| 学習率 η | 0.0003 |
| 割引率 γ | 0.99 |
| エポック数 | 3 |
| 隠れ層のニューロン数 | 256 |
| 隠れ層の数 | 2 |

3.3 学習結果と考察

PPOを用いて10Mステップ学習した結果、エージェントが獲得した報酬の推移を図4に示す。なお、図4では、各条件10試行の平均値を描画している。

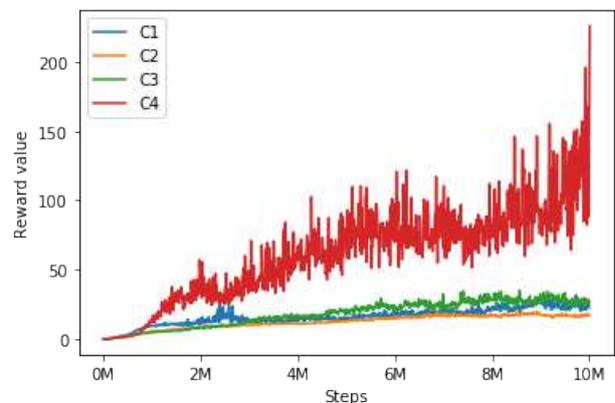


図 4: 学習の結果エージェントが獲得した報酬の推移(各条件10試行の平均値)

¹<https://github.com/Unity-Technologies/ml-agents>

図4より、C4が他の3条件と比べて獲得報酬の水準が高いことがわかる。この結果より、箱持ち上げ課題における相互予測問題を解消し、2体のエージェントが円滑に協調していることが示唆された。C4はA1、A2共にA1の立脚点から観測し行動を決定する条件である。そのため、A1にとっては自身の立脚点から観測した相手の状態をもとに行動を決定する“意図推定レベル1”に相当し、A2にとっては相手の立脚点から観測した自身の状態をもとに行動を決定する“意図推定レベル2”に相当すると考えられる。これによって、意図推定レベルに1の差が生じ、相互予測問題を解消しているのではないかと推察される。

次に、C4を除く3条件の獲得報酬の推移に注目する。図5に10試行の平均値の推移を示す。

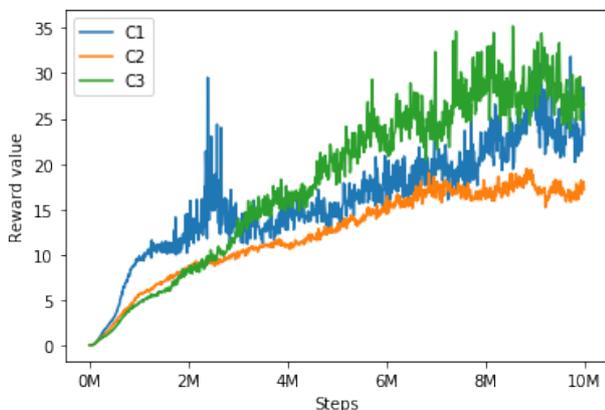


図5: 学習の結果エージェントが獲得した報酬の推移 (C4を除いた3条件、各10試行の平均値)

図5のC1に注目すると、2Mから3Mステップにかけて獲得報酬の急激な増加とその後の急激な減少が見てとれる。3Mステップ以降は次第に増加しているが、10Mステップまで学習して最終的に獲得した報酬は、2Mから3Mステップで獲得した報酬と同程度か、それ以下であることがわかる。また、C1以外の2条件ではC1のような急激な増減は見られない。C1は、2体のエージェントが共に自身の立脚点から状態を観測し行動を決定する条件であるため、両者とも“意図推定レベル1”に相当すると考えられる。この結果は、自己の立脚点から状態を観測して行動する場合、学習の初期で円滑に協調する振る舞いを獲得する段階があり、その段階からさらに学習を行うことで過学習による相互予測問題に陥ることを示唆している。

学習の結果獲得したエージェントの行動のうち、特徴的な様子を図6に示す。全ての条件で最終的に課題達成ラインまで箱を持ち上げていたが、持ち上げる過

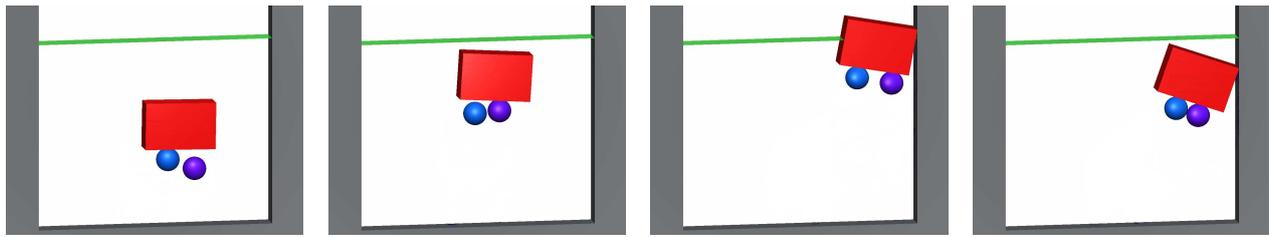
程に特徴的な違いが見られた。C1とC2はどちらか一方のエージェントが常に箱に接して持ち上げ、もう一方のエージェントは箱が傾いた際に箱を支える行動をとった。このようにリーダーとフォロワーとしての行動が創発した要因としては、各エージェントの立脚点が異なることが考えられる。一方で、C3とC4はフィールド右側の壁に箱を寄りかけて持ち上げていた。また、C4は課題達成ライン付近のフィールド上部で上下させる行動が見られた。C4に見られた行動は、式(3)で定義した報酬を最大化するうえで、箱を課題達成ラインまで単調に持ち上げる行動より多く報酬を得られる行動であり、他の条件と比べて高次な戦略を獲得したと言える。

次に、学習の進捗に注目する。図5より、推移の全体を見ると学習の進捗はC2が最も遅く、最終的に獲得した報酬が最小である。C2は、2体のエージェントが共に相手の立脚点から自身の状態を観測し行動を決定する条件であるため、両者とも“意図推定レベル2”に相当すると考えられる。長田ら(2010)は、意図推定レベル0から2までのエージェントを設計し、レベルの組み合わせを変えて協調課題のシミュレーションを行っており、意図推定レベル2同士では課題達成率は高いが達成までに最もステップ数がかかるという結果を示している[5]。本研究の結果においても、C2は学習の中で単調に獲得報酬を増加しているが、その進捗は他の条件に比べて遅いという特徴が、長田らの結果と合致している。

4. 議論

4.1 立脚点と意図推定レベルの対応

本研究では、相互予測問題が生じることで円滑に協調できない箱持ち上げ課題において、エージェントの立脚点の組み合わせを変化させて学習実験を行った。図4に示したように、A1とA2の両方がA1の立脚点から状態を観測して意思決定することで、円滑に協調できることが示された。自身に立脚点を置くことで“自分から観測した相手”の状態をもとに意思決定を行うため、意図推定レベル1を表現し、協調する相手に立脚点を置くことで“相手から観測した自分”の状態をもとに意思決定を行うため、意図推定レベル2を表現すると考えられる。このように、立脚点をどこに置くかによって異なる意図推定レベルを表現でき、相互予測問題を解消することができることが示唆された。



(a) C1: A1 がリーダー, A2 がフォロワーとなって箱を持ち上げる

(b) C2: A1 がフォロワー, A2 がリーダーとなって箱を持ち上げる

(c) C3: A1 と A2 が適切な距離を保ち, 箱を壁に寄りかけて持ち上げる

(d) C4: A1 と A2 が密接し, フィールド上方で箱を壁に寄りかけて上下させる

図 6: 学習の結果獲得したエージェントの行動

4.2 人の学習と強化学習との比較

本研究では強化学習を用いてエージェントの協調行動を獲得した。ここで、協調行動の獲得にかかったステップ数に注目する。今回は実験的に 10M ステップの試行であったが、図 4 と図 5 からわかるように、終盤まで右肩上がりの学習曲線になっている。すなわち 10M ステップまで行動獲得のための学習が進行していることを表している。強化学習と人の学習を比較したとき、人の学習は強化学習のように膨大な時間をかけて処理を実行しているとは考え難い。人の学習と強化学習との学習時間・学習ステップの差は、メタ学習の有無と身体的な常時学習の有無から生じると考えられる。人は“どのように学習すべきか”というメタ戦略を学習することができる一方で、今回行った強化学習は箱持ち上げ課題の環境から得られる状態をもとに一元的な学習しか行っていない。そのため、人が行うような転移学習は今回の強化学習では生じないことから学習に時間がかかると考えられる。また、人は成功/失敗体験のフィードバックに基づく認知的な学習だけでなく、皮膚などの膨大な数のセンサーから常に環境の状態を観測し、常に体感フィードバックを得て身体的な学習を行っている。そのため、人が新しい課題に取り組む際には常時行われている身体的な学習によって獲得されている身体能力を用いることができる。一方で、今回行った強化学習では認知的な学習だけでなく身体的な学習を事前学習の無い状態から行っていると考えられるため、人より学習時間がかかったと考えられる。

4.3 立脚点に基づく観測の主観性・客観性

C3 と C4 は、どちらの条件も A1 と A2 が同じ立脚点から状態を観測しているにもかかわらず、学習結果に差が生じた。この要因として、立脚点から得られる

情報の質の違いが影響していると推測する。C3 の観測成分は、図 7 に示すように、箱に立脚点を置いた際の A1 と A2 の状態である。このとき、A1 と A2 は共に自身の外部から自身の状態を観測して行動を決定する。すなわち、A1 と A2 はどちらも客観的に（あるいは間主観的に）自身の状態を観測している。それに対して、C4 の観測成分は図 3 に示した通り、A1 にとっては主観的な観測であり、A2 にとっては客観的な観測である。以上より、C4 は相互予測問題を解消し、C3 は相互予測問題によって獲得報酬が C4 ほど増加しなかったと考えると、相互予測問題の解消には立脚点の設置によって主観的な観測と客観的な観測が両方とも実現されることが必要であると予想される。

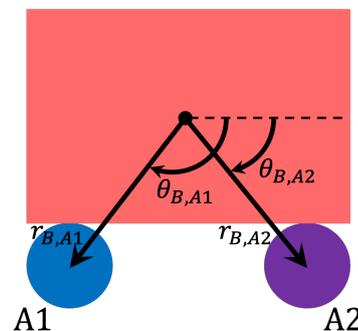


図 7: 箱に立脚点を置いた際の観測成分

5. おわりに

本稿では、時間的・空間的に同期が必要であることから相互予測問題に陥る可能性のある箱持ち上げ課題を題材に、強化学習によってボトムアップに意思決定モデルを構築するエージェントの立脚点の組み合わせが相互予測問題を解消することを検証した。学習の結果、立脚点の設置によって主観的な観測を行うエージェントと客観的な観測を行うエージェントを実現することで円滑に協調できることが認められた。

本研究により、設計者によるモデル設計を伴わない、行動主体の立脚点に基づいたボトムアップなモデル化によって、相互予測問題を解消できることが示唆された。この知見を用いることで、これまで設計者が環境に関するドメイン知識を保有していなければモデル化が困難であった複雑な環境において、相互予測問題を解消して協調的に振る舞うエージェントの設計を行うことができる。また、エージェントが他者とのインタラクションを通して協調行動を学習する過程を観察することができるため、相互予測問題を解消し協調的なインタラクションを獲得するプロセスの解明に寄与し得る。

本研究は、エージェント間の身体的及び認知的な能力差が無いという前提のもとで実験を行った。そのため、本研究では個体間の能力差を考慮した協調については言及できない。人が協調して課題を達成するために他者の意図を推定する場合、少なからず自己と他者の身体能力や認知能力を考慮すると考えられる。このような自己と他者の能力差を考慮して協調するエージェントを実現するためには、エージェントごとに身体的、認知的なパラメータを設定し、それらを観測し相対的に処理する仕組みをモデル内に組み込む必要がある。

今後の課題として、まずは学習過程の振る舞いの分析が挙げられる。今回実現した2体のエージェントがどのように協調行動を獲得していったのか、そのダイナミクスの分析を通して、相互予測問題を解消する協調行動を実現する方法を構成論的に解明していきたい。また、今回行った4条件は全てエージェントの移動によって立脚点が変わる条件であった。特にC3において、立脚点が置かれた箱の位置はA1とA2のどちらの行動によっても変化するため、箱の位置情報にエージェント自身の位置情報を含むという解釈が可能であるということから完全に客観的な観測とは言えない点に注意が必要であった。そのため、今回行ったローカル極座標系だけでなく、移動しない実験環境上の原点に立脚点を置いたグローバル座標系での実験を行い、C3との比較によって立脚点のエージェントの主観性にどのようにかわるのか考察したい。

文献

- [1] Premack, D., & Woodruff, G. (1978) "Does the chimpanzee have a theory of mind?" Behavioral and brain sciences, Vol. 1, No. 4, pp. 515-526.
- [2] Dennett, D. (1987) "The Intentional Stance" MIT Press. (若島正, 河田学 訳 (1996) 『志向姿勢の哲学—人は人の行動を読めるのか?』 白揚社.)

- [3] 横山 絢美, 大森 隆司 (2009) "協調課題における意図推定に基づく行動決定過程のモデル的解析" 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. 92, No. 11, pp. 734-742.
- [4] Nagata, Y., Ishikawa, S., Omori, T., & Morikawa, K. (2007) "Computational model of cooperative behavior: Adaptive regulation of goals and behavior" In Proc. Second European Cognitive Science Conference, pp. 202-207.
- [5] 長田 悠吾, 石川 悟, 大森 隆司, 森川 幸治 (2010) "意図推定に基づく行動決定戦略の動的選択による協調行動の計算モデル化" 認知科学, Vol. 17, No. 2, pp. 270-286.
- [6] 高野 雅典, 加藤 正浩, 有田 隆也 (2005) "心の理論における再帰のレベルの進化に関する構成論的手法に基づく検討" 認知科学, Vol. 12, No. 3, pp. 221-233.
- [7] 椿本 樹矢, 小林 邦和 (2015) "意図推定法を用いたマルチエージェント強化学習システムにおける協調行動の獲得" 電気学会論文誌 C(電子・情報・システム部門誌), Vol. 135, No. 1, pp. 117-122.
- [8] 阿部 香澄, 岩崎 安希子, 中村 友昭, 長井 隆行, 横山 絢美, 下斗米 貴之, 岡田 浩之, 大森 隆司 (2013) "子どもと遊ぶロボット: 心的状態の推定に基づいた行動決定モデルの適用" 日本ロボット学会誌, Vol. 31, No. 3, pp. 263-274.
- [9] Bengio, Y., Courville, A., & Vincent, P. (2013) "Representation learning: A review and new perspectives" IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol. 35, No. 8, pp. 1798-1828.
- [10] Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018) "Reinforcement learning: An introduction" MIT press.
- [11] Schultz, W., Apicella, P., & Ljungberg, T. (1993) "Responses of monkey dopamine neurons to reward and conditioned stimuli during successive steps of learning a delayed response task" Journal of neuroscience, Vol. 13, No. 3, pp. 900-913.
- [12] Barto, A.G. (1994) "Adaptive critics and the basal ganglia" Models of Information Processing in the Basal Ganglia, pp. 215-232.
- [13] Schultz, W., Dayan, P., & Montague, P. R. (1997) "A neural substrate of prediction and reward" Science, Vol. 275, No. 5306, pp. 1593-1599.
- [14] Doya, K. (2002) "Metalearning and neuromodulation" Neural networks, Vol. 15, No. 4-6, pp. 495-506.
- [15] Schulman, J., Wolski, F., Dhariwal, P., Radford, A., & Klimov, O. (2017) "Proximal policy optimization algorithms" arXiv preprint arXiv:1707.06347.
- [16] Böhn, E., Coates, E. M., Moe, S., & Johansen, T. A. (2019) "Deep reinforcement learning attitude control of fixed-wing uavs using proximal policy optimization" In 2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), pp. 523-533.

メッセージ付きジレンマゲームにおけるコミュニケーションシステム の変化に関する実験的検討

Experimental study of changing communication system in dilemma games involving messaging

矢野 颯真[†], 森田 純哉[‡], 井上 直紀^{‡*}

Soma Yano, Junya Morita, Naoki Inoue

^{† ‡} 静岡大学

Shizuoka University

yano.soma.18@shizuoka.ac.jp[†], j-morita@inf.shizuoka.ac.jp[‡], inoue.naoki.15@shizuoka.ac.jp[‡]

概要

ジレンマ環境での新規なコミュニケーションシステムの成立と変化を実験的に検討した。実験の結果、ジレンマ環境におかれることで、それまでに形成されてきたコミュニケーションシステムが大きく変化することが示された。また、競争優位なジレンマ環境において高い利得を獲得した参加者は、他の参加者の利得を明示的に搾取した。それに対し、協調優位なジレンマ環境においては、コミュニケーションの曖昧性を利用した、非明示的な搾取構造が示唆された。

キーワード：実験記号論, ジレンマ, コミュニケーションシステム

1. はじめに

人間は他者とコミュニケーションをとることで意図を共有している。言語はそのための一つの手段であるが、身振りなどの他の手段よりも複雑な意図を相手に伝えることができる。その要因の一つは言語の持つ曖昧性であると考えられる。たとえば言語は階層構造によって文を構成する要素の複雑な関係を表現できるが、同時に係受けの解釈に由来する曖昧さ（構造的曖昧性）が生じることもある。例えば「最新日本語辞典」という言葉が「最新の日本語辞典」と「最新日本語の辞典」という2通りの解釈ができてしまう。また、言語の曖昧性は単語の持つ多義性からも生じる（語彙的曖昧性）。例えば英語で「bank」は「銀行」という意味と「土手」という意味を同時に持つ。

言語の曖昧性は社会的な場面での駆け引きに使われることも指摘されている。ピンカーは曖昧な表現を利用したほめかしにより、利得を得ることを指摘した[1]。こういった社会関係のなかでの駆け引きが人間の知能を向上させる要因であると、霊長類研究において

考えられており、この仮説はマキャベリの知性仮説と呼ばれる[2]。マキャベリの知性仮説とは人間が進化の過程において、集団生活の中で嘘や騙しで他人から利益を掠め取ったり、逆に嘘や騙しを見破ったり、というように自己利益の追求のために複雑なコミュニケーションを繰り返したことで、現在に見られる高度な知能を獲得するに至ったとする仮説である。つまり、この仮説では競争環境への適応の繰り返しが人間の知能向上に作用したと考えられている。

このような背景のもとで、マキャベリの知性仮説を実験室実験によって検証する以下2つのリサーチクエストionsを検討する。

1. 裏切りと協調を選択可能なジレンマ環境においてコミュニケーションシステムの曖昧性がどのように生じるか。
2. 曖昧性が生じたとして、曖昧性は裏切りの意図の隠ぺいと関連するか。

2. 方法

2.1 参加者

参加者はクラウドソーシングにて募集し、76名を分析対象とした。参加者は、競争優位条件で男性22名、女性16名 ($Mean_{age} = 38.05$, $SD_{age} = 9.49$), 協調優位条件で男性21名、女性17名 ($Mean_{age} = 38.87$, $SD_{age} = 10.95$)であった。

2.2 課題

本研究で用いた課題は実験記号論[3, 4]に基づくものであり、実験室内で新規なコミュニケーションを実験参加者に構成させる。これまでに様々な実験記号論的な課題が構成されているものの、本研究では著者らのが過去に構築した課題[5]を一部で改変して用いる。

*本論文は、第3著者による修士論文を、第1著者が中心となって学会発表の形態に編集、加筆したものである。

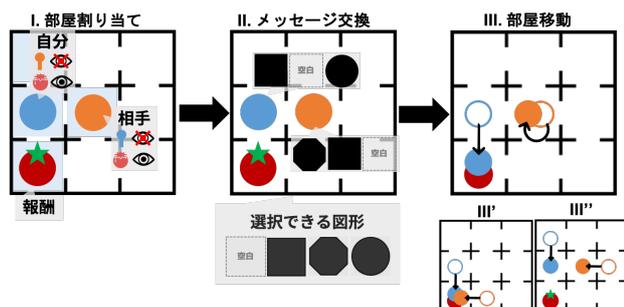


図 1: ラウンド開始から終了までの流れ

図 1 に本研究が設定した課題の概略を示す。この課題は、 3×3 のグリッドに区切られた環境に配置された二人の参加者が、環境中の報酬を探索し獲得するものである。この時、報酬を独占することも共有することもできた。報酬を独占した場合と共有した場合で、参加者は異なるポイントを取得した。すなわち独占と共有の選択にジレンマが生じる課題であった。

本課題は、複数のラウンドから構成された。ラウンドの開始時点で、参加者および報酬が環境のランダムな位置に配置された。そこから参加者はメッセージを交換し、移動する。移動の結果、報酬が取得された場合には、改めて参加者と報酬が環境に再配置し、次のラウンドが開始する。移動の結果、報酬が報酬が取得されなかった場合、再配置は行われずにラウンドが継続し、再びメッセージ送信と移動が繰り返された。

上記のラウンドを参加者は設定された制限時間に至るまで繰り返し、可能な限り多くのポイントを獲得することを目指した。このゲームでは、メッセージを利用することで、報酬の位置を伝え合い（報酬は隣接しているグリッドにある場合においてのみ観察できる）、報酬の探索を効率化できた。また、メッセージには、図形を組み合わせる人工的なコミュニケーションの手段のみが用いられた。今回の実験では、4種類の図形から3つを組み合わせるメッセージを構成した。実験参加者には事前に図形の意味を伝えず、課題のやり取りの中で、参加者間でその意味を形成させた。図形の意味の形成を促すために、独占と共有のジレンマが生じる課題（ジレンマゲーム）の前に、共有のみで報酬を獲得できる課題（協調ゲーム）を実施した。協調ゲームで形成されたコミュニケーションが、ジレンマゲームでどのように変化するのかを観察した。また、メッセージの作成において組み合わせる図形を3つに設定することで、構造的曖昧性が生じる状況を設定した。この点が、本研究の課題と先行研究 [5] との差分となる。

表 1: 実験の流れ

| 時間 (m) | フェーズ |
|--------|------------|
| 15 | 協調ゲームの説明 |
| 30 | 協調ゲームの実施 |
| 5 | ジレンマゲームの説明 |
| 30 | ジレンマゲームの実施 |
| 10 | アンケート |
| 90 | 所要時間合計 |

表 2: ジレンマゲームにおける得点表

| (自分, 相手) | 競争優位 | 協調優位 |
|----------|--------|--------|
| (共有, 共有) | (2, 2) | (3, 3) |
| (独占, 失敗) | (3, 0) | (2, 0) |
| (失敗, 独占) | (0, 3) | (0, 2) |
| (続行, 続行) | (0, 0) | (0, 0) |

2.3 手続き

実験はオンラインで行われた。実験参加者は決められた時間に指定された URL にアクセスし、アクセス順にペアが組まれた。

実験の手続きを表 1 に示す。参加者は、課題に関する教示を受けたあとに、協調ゲームを 20 分間、さらにジレンマゲームを 20 分間続けて行い、その後アンケートに答えた。ジレンマゲームにおいては、協調優位条件と競争優位条件が設定された。協調優位条件では共有ポイントが独占ポイントよりも、競争優位条件では、独占ポイントが共有ポイントよりも高い値が設定された。ジレンマゲームでは、この 2 つの条件に参加者をそれぞれ割り当て、両者の環境の違いを比較する。ゲームの条件と得点の設定を表 2 にまとめる。

3. 結果と考察

3.1 報酬取得行動の可視化

横軸を「ラウンド数」、縦軸を「ペア内の報酬取得数の差」とするグラフを描画し、ジレンマゲームにおいて共有と独占のジレンマがどのように生じたのかを分析した。図中の各系列はペアを表す。ペアごとに制限時間内に推移したラウンド数が異なるため、系列の長さは異なる。なお、ペア内の報酬取得数の差における第 1 項は、最終ラウンドにおける高得点者、第 1 項は最終ラウンドにおける低得点者である。そのため、最終ラウンドはいずれのペアも正の値となる。よって、最終的な高得点者がそのラウンドで報酬を取得した場合、そのラウンドにおける値は上昇し、低得点者が取

得した場合は、そのラウンドでは値が減少する。参加者が報酬を共有した場合は、報酬取得数の差が水平に推移する。

協調優位条件に比べ、競争優位条件は水平な推移が少なく、上下に系列が波打っていることが分かる。このことから、競争優位条件の参加者は競争関係にあり、独占ポイントを互いに取り合いながらゲームが進行していったと考えられる。それに対して、協調優位条件の参加者は基本的に協調していたと考えられる。

3.2 メッセージの意味分析

実験において送信されたメッセージの曖昧性を検討するために、図3のようなレーダーチャートを参加者ごとに作成した。このチャートの9つの軸はそれぞれ異なるコノテーションを表す。コノテーションとはメッセージの意味の枠組みのことで、例えばメッセージで「上」という意味（デノテーション）を送ったとき、「部屋全体で見たときの上」なのか、「今いる位置の上」なのか、それが自分のことなのか、相手のことなのかというような解釈の仕方を表す。

コノテーションを分類する3つのカテゴリと、想定されるデノテーションとの組み合わせは図4に示される。コノテーションのカテゴリとそこで取られる値は以下のように説明される。

1. 視点:

プレイヤーがどこかの部屋を指し示そうと思ったとき、9マスそれぞれを直接示す絶対座標 (absolute coordinates) と、自分の今いる位置を基準として対象の部屋が見える方向を示す相対座標 (relative coordinates) の2通りの視点で示すことが出来る。

2. 対象

それらの視点を用いて指し示された部屋は話題の対象として自分 (self), 相手 (partner), 報酬 (reward) のどれかの位置について指し示していると考えられる。

3. 時制

対象が自分もしくは相手だった場合、プレイヤーはラウンド内で移動するので、プレイヤーが今いる位置 (pre) か、移動した後の位置 (post) かを区別する必要がある。対象が報酬であった場合は報酬がラウンド内で移動することはないため時制の区別は必要ない。

図3のレーダーチャートにおける軸の値は、各プレイヤーが実際に送信したメッセージから、それぞれ9

表 3: 図5において有意となった相関のセル数

| | 全体 | 高得点者 | 低得点者 |
|------|-----|------|------|
| 競争優位 | 128 | 91 | 85 |
| 協調優位 | 157 | 138 | 97 |

つのコノテーションで送信されたと仮定したときの平均情報量 (エントロピー) を示している。算出された平均情報量が低ければ、レーダーチャートのサイズは小さくなり、図形の組み合わせの持っている意味が固定化されたことを示す。情報量が顕著に低い軸があれば、チャートの形は歪になり、プレイヤーの送っていたメッセージはそのコノテーションに固定化されたことを示す。

報酬取得数の格差が大きかったペアと小さかったペアにおいて、協調ゲームからジレンマゲームにかけてレーダーチャートがどのように変化したかを検討した。格差が大きかったペア (図3 (a), (c)) は、協調ゲームからジレンマゲームにかけてチャートの大きさが変わらなかったため、コミュニケーションシステムが収束せず曖昧なままだったと考えられる。一方で、格差が小さかったペア (図3 (b), (d)) はチャートが小さくなり、協力によって意味が収束し、より正確になっていったと考えられる。

3.3 曖昧さの変化

さらに実験に参加した全参加者を対象とし、それぞれの軸の値との間に有意な相関があるかを分析した (図5)。軸間の相関は協調ゲーム、ジレンマゲームの各ゲーム内だけでなく、ゲーム間でも網羅的に検討した。赤色に着色されたセルがスピアマンの順位相関係数によって有意水準5%以下で相関があるとされたコノテーションの組み合わせである。競争優位条件と協調優位条件を比べれば、協調優位条件はより赤いセルが多いことが見て取れる。重複を除く171のセル $((18 \times 18) / 2 + 9)$ のなかで、有意となったセルを数え上げた結果を表1に示す。図からの印象と合致し、全体、高得点者、低得点者のいずれにおいて協調優位条件において有意なセルが多いことが確かめられた。このことから、競争優位条件は、協調ゲームで構築されたメッセージがジレンマゲームで維持されなかったことがわかった。一方、協調優位条件では殆どの軸間で有意な相関が認められ、協調ゲームとジレンマゲームの間でメッセージを維持していたことが示された。

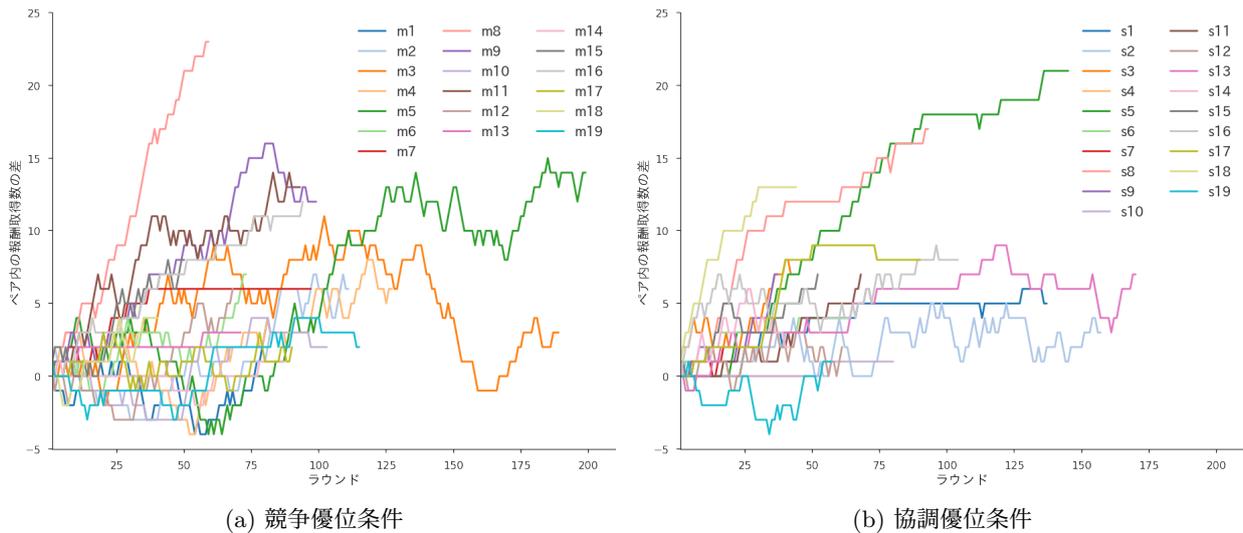


図 2: 各条件における各ゲームでのプレイヤーの累計報酬取得数の差分

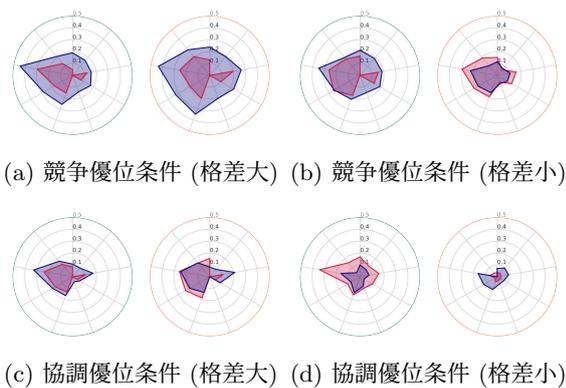


図 3: 協調ゲームとジレンマゲームのレーダーチャートの変化 (各条件で左が協調ゲーム, 右がジレンマゲームを表す)

3.4 ペア内の関係性

メッセージの曖昧さとゲーム中の振る舞いや主観的な印象との関連を検討するために、チャートの特徴を表す値（例として、*ambiguity* の平均値はチャートの大きさ、*ambiguity* の標準偏差はチャートの歪さを表す）と、課題中の報酬取得行動（共有や独占の比率）、アンケートで取得した主観評価との間の相関関係を網羅的に検討した（図 6）。

競争優位条件では、高得点者と低得点者とのメッセージの類似度と高得点者による低得点者への信頼度評価の間に有意な相関が見られた ($r_s = 0.53, p < 0.05$)。つまり 2 者間でのメッセージが類似したペアにおいて、高得点者は低得点者を信頼していたことが示された。ただし、その逆（低得点者による高得点者への信頼度）は有意ではなく、高得点者から低得点者への一方的な信頼関係のみが認められ、搾取構造が成立していたことが示唆される。

一方で協調優位条件に注目すると、協調ゲームにおける低得点者の意味プロフィールの大きさやジレンマゲームにおける報酬取得数 ($r_s = 0.49, p < 0.05$)、そして、協調ゲームにおける低得点者の意味プロフィールの歪さとコミュニケーションの質に関する主観評価との間 ($r_s = 0.55, p < 0.05$) で有意な相関が確認された。この相関は高得点者では確認されず、低得点者に特有なものであった。つまり、低得点者は協調ゲームからジレンマゲームへ変化した後も、協調ゲームのルールを維持しようとしたため、結果として低い利益しかあげられなかったと解釈できる。

上記のように競争優位なジレンマ環境ではコミュニ

| コノテーション | | | デノテーション | 図 1 bI の盤面のときに取りうる意味の例 |
|---------|---------|---------------|---------|------------------------|
| Abs | Self | Pre | ■■■■ | 自分は今、■■■■の部屋にいる |
| | | Post | | 自分は次、■■■■の部屋に留まる |
| | Partner | Pre | | 相手は今、■■■■の部屋にいる |
| | | Post | | 相手は次、■■■■の部屋に行け |
| Reward | - | 報酬は■■■■の部屋にある | | |
| Rel | Self | Post | ■■■■ | 自分は次、下方向に行く |
| | | Partner | | Pre |
| | Partner | Post | | 相手は次、同じ部屋に來い |
| | Reward | - | | 相手は下方向に隣接している |

図 4: コノテーションとデノテーションの組み合わせ

ケーションが大きく変化し、コミュニケーションシステムの崩壊が見られた。さらに高得点者による明示的な搾取構造が見て取れた。一方、協調優位なジレンマ環境では、比較的、正確なコミュニケーションがされていたと考えられる。ただし、協力ゲームにおいて構築されたメッセージを維持しようとする低得点者が、メッセージを変化させた高得点者に搾取される構造が示された。このことは、高得点者による曖昧なメッセージによる意図の隠蔽による、非明示的な搾取と捉えられるのかもしれない。

4. まとめと今後の展望

本研究では2つのリサーチクエスチョンを設定した。はじめのリサーチクエスチョン「裏切りと協調を選択可能なジレンマ環境においてコミュニケーションシステムの曖昧性がどのように生じるか」を検討するために、本研究では図3に示したレーダーチャートを作成した。図3のケーススタディから、ジレンマゲームにおける報酬取得数の格差が曖昧性に影響したことが示された。報酬取得数の格差がより増大したペアは、より曖昧な（レーダーチャートの大きい）メッセージを送信した。また、ジレンマ環境における得点を競争優位に操作することで、送信されるメッセージはより一貫しない形に変化することが示された（図5）。これらよりコミュニケーションシステムの曖昧性は、ペアの置かれた環境、あるいはペア内での報酬に均衡によって生起するとまとめることができる。

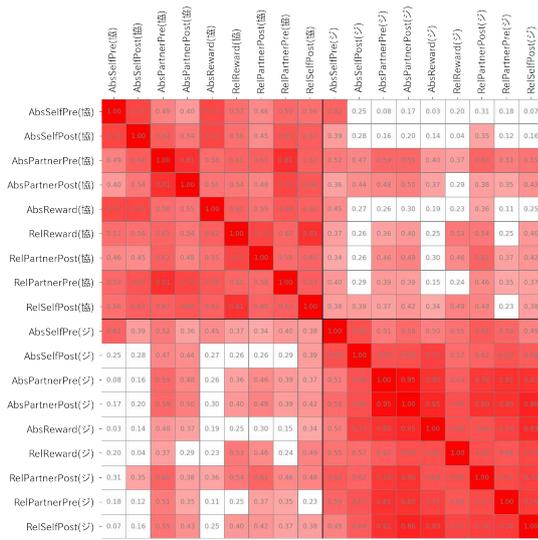
2つめのリサーチクエスチョン「曖昧性が生起したとして、曖昧性は裏切りの意図の隠ぺいと関連するか」に対しては、3.4における信頼性の議論に基づいて考えることができる。3.4の議論において、意図の隠蔽が生じたのは、協調優位な状況に限定された。この結果は、裏切りの意図の隠蔽を含む曖昧性を利用したコミュニケーションは、協調的な関係を大枠とした中で生起することを示している。この解釈は、人間性の進化に関わる協調の重要性を主張する近年の傾向とも一致している [6, 7]。このなかでも、Tommaselloらのグループは、裏切りをベースとしたマキャベリ知性仮説に対し、協調をベースとした知能の進化に関するヴィゴツキー的知性仮説を提案している [7]。これらの仮説に基づけば、協調の大枠を崩さない範囲での裏切りを可能にする際に、曖昧的な言語表現が利用されていたと考えることができる。

今後、このような協調下における曖昧性の生起を、コミュニケーションシステムの複雑化と関連づけて検討していく。今回の実験では、送信するスロットを3

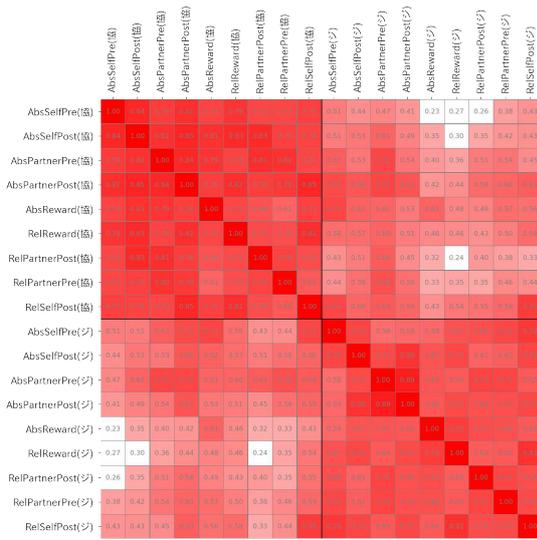
つに増やすことでメッセージの階層化を引き起こし、構造による曖昧さと裏切りの意図の隠蔽との関係性を検討することを目指していたが、分析においてメッセージの構造的曖昧性を検討することはできなかった。本研究で示した分析方法を発展させることで、そのような検討を行うことができると考えている。具体的には、スロットを2つ単位に分けて同様の分析を行うことで、人間の言語にみられる階層構造の出現とジレンマ状況の関連を検討する予定である。

文献

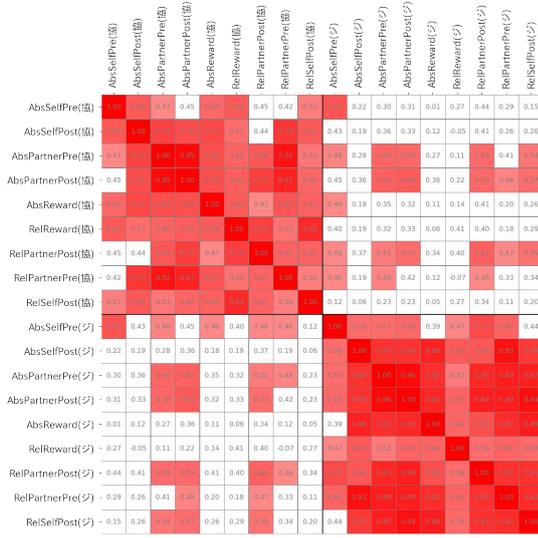
- [1] S. Pinker. *The stuff of thought: Language as a window into human nature*. New York, Viking, 2007.
- [2] Whiten A Byrne, R. Machiavellian intelligence. 1994.
- [3] Bruno Galantucci. Experimental semiotics: A new approach for studying communication as a form of joint action. *Topics in Cognitive Science*, 1(2):393–410, 2009.
- [4] 金野武司, 森田純哉, and 橋本敬. 言語的コミュニケーションシステムの創発に関する実験的アプローチ. *計測と制御*, 53(9):801–807, 2016.
- [5] Morita J. Inoue, N. A behavioral task for exploring dynamics of communication system in dilemma situations. 2021.
- [6] Yuval Noah Harari. *Sapiens: A brief history of humankind*. Random House, 2014.
- [7] Henrike Moll and Michael Tomasello. Cooperation and human cognition: The vygotskian intelligence hypothesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362:639–648, 4 2007.



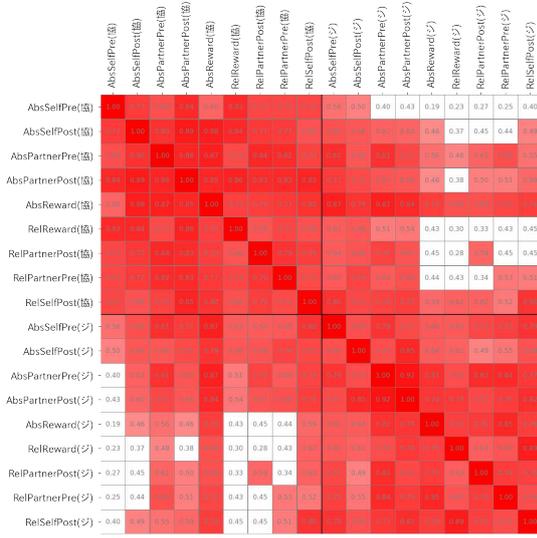
(a) 競争優位条件 (全体)



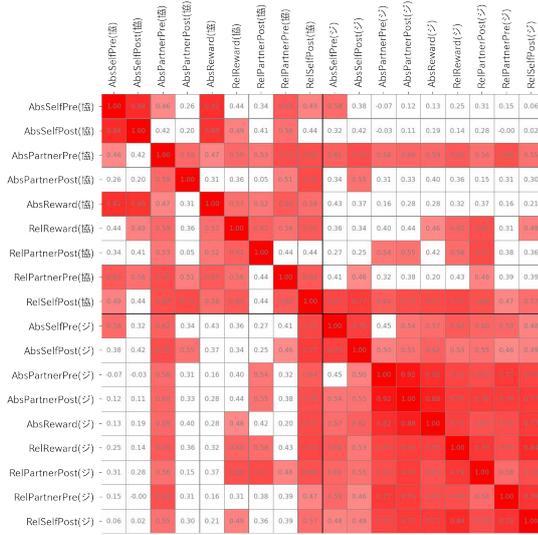
(b) 協調優位条件 (全体)



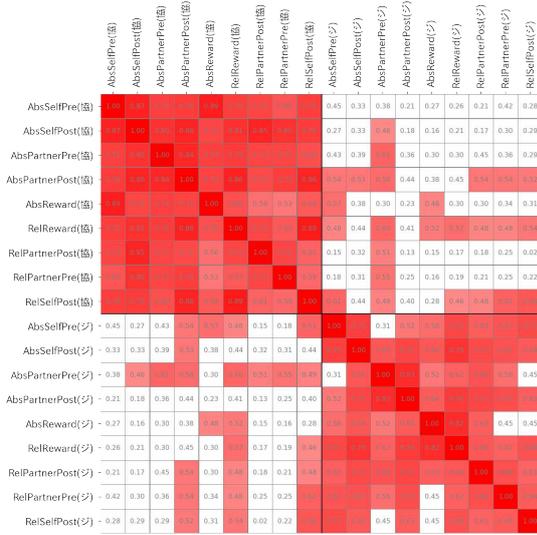
(c) 競争優位条件 (高得点者)



(d) 協調優位条件 (高得点者)



(e) 競争優位条件 (低得点者)



(f) 協調優位条件 (低得点者)

図 5: 各意味空間の Ambiguity の相関係数行列

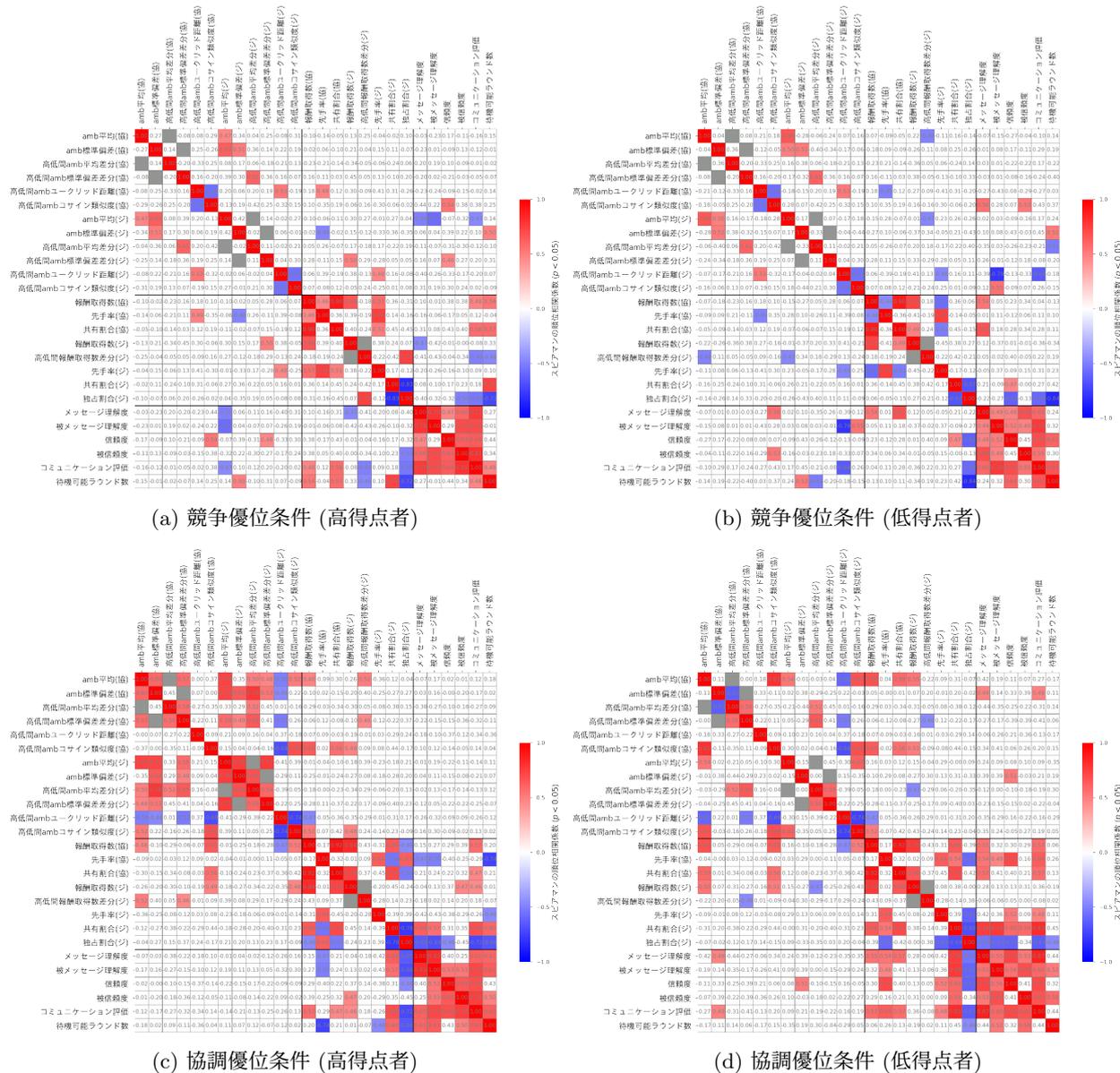


図 6: 各指標の相関係数行列

恋愛要素のある二次創作物への嗜好：夢女子の恋愛観 Preference for secondary works with romantic elements.

栗津俊二[†], 金谷春佳[†], 加藤奈々[†]
Shunji Awazu, Haruka Kanaya, Nana Kato

[†]実践女子大学
Jissen Women's University
awazu-shunji@jissen.ac.jp

概要

オンライン上での二次創作物への嗜好と、本人の恋愛観や恋愛経験の関係を調べた。二次創作物の嗜好は、自身の恋愛観や恋愛経験を反映していた。特に、非オタク、実在しない人物を好むオタク、実在人物を好むオタクで、恋愛の捉え方が大きく異なった。オンライン上での非現実的で馴染みのないコンテンツも、現実と同じ認知システムで処理されている。二次創作物の理解の身体性について、考察を試みた。

キーワード：オンライン化 身体性 オタク 恋愛

1. はじめに

本稿ではオンライン上の非現実的なコンテンツに対する嗜好と、現実世界での経験や価値観との関係について考える。特に夢女子について、他のオタクや非オタクと比較して検討する。

1.1 身体性認知科学の視点からみたオンライン化

言語や思考をはじめヒトの認知処理には、身体的基盤が必要であるという議論が提起されて久しい。いまだ議論は継続中であるが、事物との相互作用や身体の経験が、ヒトの認知的活動に大きな影響を与えることは、受け入れられていると考えてよいだろう。

この視点から考えたとき、現在進展しているオンライン化は、興味深い。IT技術の進展により、オンライン上では身体の制約から離れた活動を行うことができる。例えば、アバターや写真加工アプリを用いれば自身の外見を変えることが可能である。また、実在しない物と仮想的な相互作用経験を持つことも、実在するが相互作用ができないものと非現実的な相互作用を行うことも可能である。自分自身を投影した存在に、現実では不可能な経験を疑似体験することができる。

このようにオンライン上での活動では、自身の身体や過去の相互作用経験から自由になることができるが、まったく影響されないのだろうか。例えば、オンライン上での非現実的なコンテンツでの活動や嗜好は、自

身の身体や経験に影響されないのだろうか。また逆に、自身の実際の身体と切り離れたオンライン上での経験は、現実場面でのヒトの認知に影響しないのだろうか。

今後、様々な物事のオンライン化が進むにつれて、オンライン上での自身の在り方や相互作用経験と、現実世界での自身の在り方との関係は、重要なテーマとなると考える。本研究は、このような問題意識をもとに、夢女子という存在について探索的に検討する。

1.2. 夢女子

オンライン上の人気コンテンツの1つに、二次創作物がある。二次創作とは、既存のアニメ作品や著作物の登場人物や設定などを利用して、原作者以外のものが脚色などを加えて創作することである。例えば「原作では死んでしまったキャラクターがもしも生きていたら」という内容の小説を、原作者以外のものが書けば、二次創作小説である。二次創作物にはイラストや小説、自作グッズなどさまざまなものがあるが、イラストや小説は比較的取り組みやすい二次創作物だろう。

二次創作物のファン層にはいわゆるオタクが多いが、二次創作物を楽しむ女性オタクの中には、腐女子、夢女子と呼ばれるものがある。腐女子とは男性同性愛的な関係を好み、その関係を基盤とした物語を創作、読書する女性である。一方夢女子とは、自分自身と男性キャラクターによる異性愛的関係を築くことを好む女性たちのことである[1]。

夢女子は、IT技術の発展と普及を背景にして出現した「夢小説(名前変換小説)」を楽しむ者であり、2000年ごろから出現してきた比較的新しいオタクである。夢女子は、夢小説と呼ばれる自身や自身を投影したキャラクターと特定の男性キャラクターとの物語を創作、閲覧する。夢小説には名前変換機能というものがあり、読者が任意で作中の登場人物の名前を変換し、物語を楽しむことができる。当初の夢小説では、フリーの名前変換ツールを利用して創作主が個人サイトを作成し、各々が作品を公開していた。しかし、近年では商業サ

イトでも夢小説の作成が可能になり、公開、閲覧する人々が増えてきている。

腐女子も夢女子も、非現実的な恋愛要素をもつ二次創作物を楽しむオタクである。特に夢女子は、非現実的な恋愛関係に自分自身を没入させる存在であり、自身の恋愛経験や恋愛観との関係が興味深い。

オンライン上での非現実的なコンテンツの楽しみ方に、現実場面での経験や価値観はどのように影響するのだろうか。また逆に、オンラインだからこその非現実的な経験は、現実の価値観や選好にどのように影響するのだろうか。今後ますます進展するであろうオンライン上の人間の振る舞いと、現実場面での人間の振る舞いの相互作用について検討する。

2. 調査 1

2.1 目的

腐女子、夢女子に該当する女性の恋愛観や価値観を非オタクと比較し、オンライン上での選好に自身の経験や価値観が反映されていることを確認する。なお本稿で紹介するのは、オタクに関して実施した調査の一部を抜粋したものである。

2.2. 方法

予備的なインタビュー調査から、二次創作小説に関する3つの質問項目と、「声優と言われてすぐに7人以上思い浮かぶ」、「アニメ専門店では本以外のものを購入したことがある」など、アニメに関する10の質問科目を作成した。また、恋愛を重視する程度を測定するため、金政(2002)の恋愛イメージ尺度の「大切・必要」因子(9項目、4件法)を用いた[2]。

52名の女子大学生に質問紙調査をおこなった。また、同内容の調査を20代の女性を対象にGoogle Formを利用して調査をおこない375名(男性6人、女性359人、その他10人)の回答をえた。性別を男性、その他と回答した16名、および回答に不備があった2名を除いた409名を分析対象とした。

2.3. 結果と考察

2.3.1. 協力者の分類

二次創作小説に関する質問は、Q1「二次創作という言葉を知っているか」、Q2「二次創作作品を好んで見るか」、Q3「どの系統の作品を一番好んで見るか」の3問だった。Q2に「いいえ」と答えた62名を非二次

(非オタク)群とした。Q3で夢小説と答えた42名を夢女子群に、BL(腐小説)と答えた182名を腐女子群に、登場人物による二次創作作品と答えた117名をNL(一般オタク)群に分類した。

2.3.2. オタク分類ごとのアニメ嗜好

アニメに関する10項目のうち、「はい」と回答した個数を各回答者のアニメ嗜好得点とした(表1参照)。

表1 調査1の結果

| 群 | n | 平均アニメ得点(SD) | 平均恋愛得点(SD) |
|---------|-----|-------------|-------------|
| NL群 | 117 | 7.95 (1.44) | 2.06 (0.67) |
| 非二次群 | 62 | 4.16 (3.17) | 2.43 (0.63) |
| 腐女子群 | 182 | 8.59 (1.23) | 2.00 (0.65) |
| 夢女子群 | 42 | 8.33 (1.28) | 2.47 (0.57) |
| 夢女子(他)群 | 8 | 分析対象外 | |
| 男性 その他 | 16 | 分析対象外 | |
| 合計 | 427 | | |

この得点について、Kruskal-Wallis rank sum testを用いた多重比較をおこなった。非二次群は他の3群全てとの間に有意差が見られた。NL群は非二次群、腐女子群とは有意差があったが、夢女子群とは有意差がなかった。夢女子群は、非二次群とは有意差があったが、他の2群とは有意差がなかった。腐女子群は、夢女子群とは有意差がなかったが、他の2群とは有意差があった。つまり、夢女子群の得点はNL群と腐女子群の中間的な位置である。質問項目別にみると、「好きなキャラクターのグッズを複数購入する」という項目に「はい」と答えた割合が、夢女子群0.5、腐女子群0.47に対して、NL群は0.26と低かった。

二次小説を頻繁に見る者はいわゆるアニメオタクである可能性が高いこと、アニメオタクの中でも夢女子と腐女子はキャラクター「推し」が強いこと、が示唆される。

2.3.3. オタク分類ごとの恋愛観

恋愛を重視する質問項目(4件法)への平均値を表1に示す。この評定値について、Kruskal-Wallis rank sum testを用いた多重比較をおこなった。NL群は非二次群、夢女子群と有意差があり、腐女子群と有意差がなかった。非二次群はNL群、夢女子群と有意差があり、夢女子群と有意差がなかった。腐女子群は非二次群、夢女子群と有意差があり、NL群と有意差がなかった。

つまり、夢女子および非オタクというグループと、腐女子および一般オタクといグループに分割できた。

夢女子は、他のオタクよりも相対的に恋愛を重視する程度が強いと考えられる。自身とキャラクターとの恋愛を描くという夢小説への嗜好は、現実場面での恋愛観を反映している可能性が示唆される。

3. 調査 2

3.1. 目的

調査 1 では夢女子の恋愛観が他のオタクと異なる可能性が示された。調査 2 では、他の尺度を用いて調査 1 を追試するとともに、夢女子の現実の恋愛経験、恋愛願望、結婚願望について、他のオタクと比較した。

特に、調査 1 では NL 群と夢女子群、腐女子群とでアニメ得点に有意差があったため、アニメなど二次元作品への嗜好が影響するかどうかを検討する。そのため、夢女子を、夢女子と同様に自分自身との非現実的(実現困難)な異性愛的関係を思い描く群と比較する。この群として、「リア恋」を設定した。「リア恋」とは、実在する 3 次元のアイドルやタレントに対して恋愛感情を抱く女性ファンのことである。

なお調査 1 の「夢女子」は「夢小説を読む者」であったが、調査 2 では夢小説での自身との関係性の相手が 2 次元キャラクターである場合と、3 次元の実在人物である場合にわかる。そこで調査 2 では夢女子(2D)と記す。

3.2. 方法

自身について、下記の 6 分類から自身について選択させた。また、自認が「非オタク」以外の回答者には各自の応援の対象である「推し」が何か、また夢小説を読むかどうかも回答させた。

- ・夢女子：アニメやゲームや漫画等の 2 次元のキャラクターに対して恋愛感情を抱いている人
- ・リア恋：実在する 3 次元のアイドルやタレントに対して恋愛感情を抱いている人
- ・腐女子：男性同士の恋愛関係を描いた二次創作などを楽しむ人
- ・腐女子 兼 夢女子またはリア恋
- ・一般オタク：上記に当てはまらないアニメやアイドルオタクの人
- ・非オタク：オタクではない人、特に熱中しているキャラクターやタレントがいない人

全ての回答者に、自身の恋愛について「現在恋人がいるか」「結婚願望はあるか」などを尋ねた。また恋愛観について、和田(1994,[3])のうち「理想の恋愛」因子 5 項目と、阪井・中村(2018,[4])のうち予備実験において質問の意味が伝わりにくかったものを除いた 28 項目を合わせた計 33 項目について、4 件法で回答させた。阪井・中村(2018)は、大学生と専門学生を対象に、恋愛向上志向、恋愛苦悩志向、恋愛没入志向、恋愛享楽志向、恋愛実利志向、友愛志向の 6 因子の恋愛観を抽出したものである。

18 才から 22 才の女性 219 名に Google Form を利用した調査を依頼した。匿名であるが年齢と性別の回答を求め、女性と回答しなかった 6 名を分析から除外した。

3.3. 結果

3.3.1. 夢小説の読者と恋愛経験、恋愛/結婚願望

調査 1 との比較のため、まず「夢小説を読むかどうか」によって、検討した(表 2)。

表 2 夢小説と恋愛経験、恋愛/結婚願望(単位：人)

| | 合計 | 恋愛経験 | | | 恋愛願望 | | 結婚願望 | |
|------|-----|------|----|----|------|-----|------|-----|
| | | なし | 過去 | 現在 | なし | あり | なし | あり |
| 非オタク | 57 | 17 | 22 | 18 | 3 | 36 | 4 | 53 |
| 読まない | 103 | 43 | 46 | 14 | 23 | 66 | 19 | 83 |
| 読む | 49 | 20 | 21 | 8 | 11 | 30 | 12 | 36 |
| 総計 | 209 | 80 | 89 | 40 | 37 | 132 | 35 | 172 |

※無回答者がいるため、総計が揃わない

自身の恋愛経験が「なし」、「過去にあり」、「現在あり」の 3 条件に回答者を分類し、カイ二乗検定をおこなったところ、有意な傾向が見られた[$\chi^2(4)=8.26$, $p<.10$]。残差分析の結果、現在恋愛をしているものは夢小説を読まないものが多く、読むものは少なかった(表 2 の下線部)。また、現在恋愛をしていないものうち、恋愛願望についてカイ二乗検定をおこなったところ、有意であった[$\chi^2(2)=6.00$, $p<.05$]。残差分析の結果、非オタクは恋愛願望なしの者が少なく、ありの者が多かった(表 2 太字)。また、結婚願望についてカイ二乗検定をおこなったところ、有意であった[$\chi^2(2)=6.42$, $p<.05$]。残差分析の結果、非オタクは結婚願望なしの者少なく、ありの者が多かった(表 2 太字)。

調査 2 の非オタク群は調査 1 の非二次群と近い。調査 1 の非二次群は相対的に恋愛を重視する傾向が見られたが、調査では恋愛願望として検出されたと考えられる。一方調査 2 の「読む」群は調査 1 の夢女子群と近

いが、調査1の夢女子群では非二次群と恋愛得点に有意差がなかった。しかし、調査2では現在恋愛している人数が少なく、恋愛願望、結婚願望ともに、非オタク群とは異なっていた。恋愛や結婚というものへの認識が、非オタク群とオタクとで異なっているのかもしれない。

3.3.2 「推し」対象による比較

調査2では、「推し」が2次元か3次元かによって、比較することが目的の1つである。まず、「推し」の次元によって夢小説を読むことが変わるか検討した(表3)。なお、非オタク群の中で、夢小説を読む/書く経験があると答えたものはいなかった。カイ二乗検定の結果、有意であった [$\chi^2(1)=15.10$, $p<.01$]。残差分析の結果、読む者には二次元推しが多く、三次元推しでは読まないものが多かった。

表3 夢小説と推し対象の次元(単位:人)

| | 二次元 | 三次元 | 合計 |
|------|-----|-----|-----|
| 読まない | 21 | 82 | 103 |
| 読む | 26 | 23 | 49 |
| 合計 | 47 | 105 | 152 |

次に、「推し」が2次元か3次元かによって、恋愛経験・願望、結婚願望が異なるか検討した(表4)。自身の恋愛経験が「なし」、「過去にあり」、「現在あり」の3条件に回答者を分類し、カイ二乗検定をおこなったところ、有意な差が見られた [$\chi^2(4)=9.83$, $p<.05$]。残差分析の結果、現在恋愛をしているものは非オタクが多く、3次元推しは少なかった(表4太字)。また、現在恋愛をしていないもののうち、恋愛願望のある人数にカイ二乗検定をおこなったところ有意な群間差があった [$\chi^2(2)=15.14$, $p<.01$]。残差分析の結果、非オタク群は恋愛願望なしの者が少なく、ありの者が多かった。一方、2次元推し群では、恋愛願望なしの者が多かった。同様に結婚願望にカイ二乗検定をおこなったところ、有意であった [$\chi^2(2)=33.57$, $p<.01$]。残差分析の結果、非オタク群と3次元推し群には結婚願望ありの者が多かったが、2次元推し群には少なかった(表4太字)。

夢小説を読むかどうかも含めて、推しの対象が2次元か3次元かによって、恋愛観が異なると考えられる。3次元推しの者にも夢小説を読むものはいるが、人数比としては少ない。夢小説の読者には、相対的に二次元推しのオタクが多いと思われる。また、3次元の実在人物を推すオタクは現時点では恋愛関係がなくとも

結婚願望は非オタクと変わらないが、2次元を推すオタクは自身の恋愛や結婚への願望が低い。

表4 推し対象と恋愛経験、恋愛/結婚願望(単位:人)

| | 合計 | 恋愛経験 | | | 恋愛願望 | | 結婚願望 | |
|------|-----|------|----|----|------|-----|------|-----|
| | | なし | 過去 | 現在 | なし | あり | なし | あり |
| 2次元 | 47 | 22 | 17 | 8 | 17 | 23 | 21 | 26 |
| 3次元 | 105 | 41 | 50 | 14 | 17 | 74 | 10 | 93 |
| 非オタク | 57 | 17 | 22 | 18 | 3 | 36 | 4 | 53 |
| 総計 | 209 | 80 | 89 | 40 | 37 | 133 | 35 | 172 |

※無回答者がいるため、総計が揃わない

3.3.3 オタク分類による比較

回答者自身による分類では、リア恋 34名、腐女子 20名、夢女子(2D)14名、腐女子兼夢女子(2D)リア恋 13名、一般オタク 71名、非オタク 57名だった。これを分類として採用した。

自身の恋愛経験、恋愛願望、結婚願望について、カイ二乗検定を行った(表5)。ただし、期待値が5以下となるセルが20%以上あるため、いずれの検定結果も参考値である。恋愛経験には有意な差がなかった [$\chi^2(10)=10.20$, ns]。恋愛願望には有意な差のある傾向が見られた [$\chi^2(5)=9.95$, $p<.10$]。残差分析の結果、非オタクには恋愛願望のあるものが多く、腐女子と夢女子(2D)やリア恋を兼ねているものには恋愛願望のあるものが少なかった(表5下線)。結婚願望には有意な差が見られた [$\chi^2(5)=39.33$, $p<.01$]。残差分析の結果、腐女子および腐女子兼夢女子リア恋には結婚願望のないものが多く、それ以外の回答者には結婚願望のあるものが多かった(表5下線)。

表5 オタク分類ごとの恋愛経験、恋愛/結婚願望

| | 人数 | 恋愛経験 | | | 恋愛願望 | | 結婚願望 | |
|---------|-----|------|----|----|------|-----|------|-----|
| | | なし | 過去 | 現在 | なし | あり | なし | あり |
| 夢女子(2D) | 14 | 5 | 7 | 2 | 4 | 8 | 1 | 13 |
| リア恋 | 34 | 13 | 15 | 6 | 5 | 23 | 1 | 32 |
| 腐女子 | 20 | 9 | 9 | 2 | 4 | 14 | 10 | 9 |
| 腐兼夢 | 13 | 4 | 6 | 3 | 5 | 6 | 7 | 6 |
| 一般オタク | 71 | 32 | 30 | 9 | 16 | 46 | 12 | 59 |
| 非オタク | 57 | 17 | 22 | 18 | 3 | 36 | 4 | 53 |
| 総計 | 209 | 80 | 89 | 40 | 37 | 133 | 35 | 172 |

※無回答者がいるため、総計が揃わない

回答者数が十分ではないが、オタク分類によって、自分自身の恋愛願望と結婚願望に差が見られた。腐小説を好む、あるいは腐女子と自認するオタクは、恋愛や結婚への願望が低い可能性がある。

次に、恋愛観に関する33項目への回答に因子分析を行ったところ、固有値1以上の9因子が抽出された。

「恋愛は生活のすべてだ」などの項目からなる恋愛重視因子、「恋愛をしていると気分の浮き沈みが激しくなる」などの苦悩因子、「恋愛によって自分が磨かれると思う」などの向上因子、「恋愛はときめきがあればそれでいい」などの情動重視因子、「恋人を選ぶときには、相手に経済力があるか考えるべきだ」などの実利因子、「友達として接している人の中から恋人を見つけるべきだ」などの友人ベース因子、「恋愛をしている間は、恋人二人だけが幸せであれば満足できる」などの没入因子、「恋愛感情を持っている確信がないのなら、人は結婚すべきではない」などの安心感因子、「恋愛は暇つぶしとして一番楽しいものだ」という娯楽因子である。

各因子への因子得点それぞれについてオタク分類間で比較するため、多変量分散分析を実施した。「恋愛重視」因子[F(6,202)=4.27, p<.01]、「情動重視」因子[F(6,202)=7.64, p<.01]、「安心感」因子[F(6,202)=2.50, p=.02]、「娯楽」因子[F(6,202)=3.87, p<.01]に群間の有意差が見られた。有意差が見られた4因子のみ平均因子得点と標準偏差を表6に示す。

表6 群別の因子別の平均因子得点 (SD)

| 分類 | 恋愛重視 | 情動重視 | 安心感 | 娯楽 |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| リア恋 | 0.44 (1.14) | 0.48 (0.95) | -0.38 (1.01) | 0.35 (1.22) |
| 腐女子 | -0.73 (0.77) | -0.67 (1.32) | -0.77 (1.25) | 0.26 (1.08) |
| 夢女子 | -0.12 (0.85) | 0.02 (1.08) | 0.81 (0.87) | 0.50 (1.11) |
| 夢兼腐女子 | -0.21 (1.15) | 0.49 (1.68) | 0.22 (1.40) | 0.55 (1.51) |
| 一般オタク | -0.33 (0.84) | 0.06 (1.09) | 0.15 (1.28) | 0.05 (1.25) |
| 非オタク | 0.48 (1.14) | -0.25 (0.86) | 0.06 (1.26) | -0.60 (1.17) |

4因子について、チューキー法により多重比較を行った。「恋愛重視」因子の得点は非オタクとリア恋が、ともに腐女子と一般オタクよりも高かった。「情動重視」因子の得点はリア恋が腐女子と非オタクよりも高く、腐女子兼リア恋・夢女子も腐女子よりも高かった。「安心感」因子は夢女子がリア恋と腐女子よりも高く、腐女子は一般オタクよりも低かった。「娯楽」因子は非オタクが他の全ての分類よりも低かった。

つまりオタク全般に恋愛を娯楽として扱う傾向が見られた。これが恋愛に関するオタクコンテンツを楽しむ大きな特徴かもしれない。オタク分類別にみると、夢女子は恋愛や結婚において事前に相手を知っておきたいという安心感を重視することが特徴と思われる。リア恋は、恋愛そのものを非オタクと同程度に重視しており、ドキメキや楽しさを重視して安心感を求めな

い。腐女子は恋愛のドキメキも安心感も重視せず、単に娯楽として捉えているようである。

4. 総合考察

4.1. オタクごとの恋愛観のちがひ

本調査は、オンライン上での二次創作物への嗜好と、本人の恋愛観や恋愛経験の関係を調べた。オンライン上の二次創作物の嗜好は、自身の恋愛観や恋愛経験を反映していた。

まず、非オタク、実在しない人物を好むオタク(2次元推し)と、実在人物を好むオタク(3次元推し)で、恋愛という活動の捉え方が大きく異なるようである。人数の多い非オタクを基準に考えると、3次元推しのオタクは恋愛や結婚への願望を非オタクと同程度に持っており、恋愛観を見ても、3次元推しであるリア恋は、非オタクと同程度に恋愛を重要なものと捉えている。しかし、恋愛に安心感よりも娯楽や情動(ドキメキ)を求める傾向が強いようである。

一方で、2次元推しのオタクは自身の恋愛や結婚への興味が低い可能性がある。しかし恋愛観は異なっており、夢女子は恋愛に安心感やある程度の情動を求めるのに対し、腐女子はいずれも低く、単なる娯楽コンテンツの1つとして捉えている可能性がある。

夢小説も腐小説も、オンライン上の非現実的な二次創作物であるが、その嗜好には自身の恋愛観や恋愛願望との関係が見られる。オンラインコンテンツへの嗜好も、現実場面の人間の認知の延長であって、現実と分断されたものではない。なお、本研究の結果は関連でしかなく、恋愛観によって嗜好が変わるのか、あるいは二次創作物の嗜好によって恋愛観が変わるのか、因果関係は不明である。オンライン上と現実場面での人間の活動の相互作用について、検討をすすめたい。

4.2. 二次創作小説理解の身体性と現実の恋愛願望

本研究は、オンラインという身体を伴わない場面での嗜好と、本人の恋愛観、そして恋愛経験との関係を検討することが目的である。二次創作小説の理解に関してはほとんど研究が無いが、言語の身体性の観点から考えてみたい。

感情に関する言語表現の理解時には、感情に関する脳領域とともに、その感情表現に関連する身体部位と関連する脳領域にも活性化が見られる[5]。これは恋愛

という感情表現をした二次創作物の理解にも適用できると考えると、二次創作物の理解時にも、恋愛に関する身体的シミュレーションが行われると考えられる。しかし夢小説や腐小説は、特に登場人物が2次元キャラクターの場合には、読み手自身の身体や経験と一致しない。事実に反する文の理解時には、事実を表す文の理解時と重複しつつも、異なる神経ネットワークの活性化が必要であり[6]、二次創作物の理解にも実際の恋愛を描いた文を理解するのとは、異なった神経ネットワークが必要となるのだろう。

現実との恋愛との乖離の程度は、相手が実在人物で非現実的な相互作用を想像するリア恋、非実在人物と実在する自分自身との非現実的な相互作用を想像する夢女子、非実在人物同士の非現実的な相互作用を想像する腐女子の順に大きいように思う。実際の恋愛との乖離の程度が大きければ、むしろ、現実的な恋愛に関するシミュレーションを抑制し、非現実的な恋愛に関するシミュレーションを発生させる必要もあるかもしれない。リア恋、夢女子、腐女子の順に、現実の恋愛を理解するのとは異なった神経ネットワークの活性化を好み、慣れていると言えるだろう。

一方で、リア恋、夢女子、腐女子は、非オタク群の恋愛観や恋愛・結婚願望と隔たりが見られた。例えば2次元推しの者と3次元推しの者とで、現実の恋愛や結婚願望の程度が異なった。つまり、嗜好するコンテンツが、現実の恋愛願望と関連していた。非現実的な恋愛をシミュレーションすることで、自身の現実の恋愛についてのシミュレーションに影響が出たのではないだろうか。以上は全くの推測であるが、今後様々な物事のオンライン化が進む中で、オンラインコンテンツで行う認知処理が、現実場面での認知処理に影響する可能性は、大きな問題となるのかもしれない。

文献

- [1] 吉田栞・文屋敬 (2014) 腐女子と夢女子の立ち位置の相違. 福岡女学院大学紀要人文学部編, 24, 62-65.
- [2] 金政祐司. (2002) 恋愛イメージ尺度の作成とその検証.- 親密な異性関係、成人の愛着スタイルとの関連から-. 対人社会心理学研究, 2, 93-101.
- [3] 阪井俊文・中村晋介. (2018). 青年期女性の恋愛観に関する尺度構成の試み. 福岡県立大学人間社会学部紀要, 27, 21-31.
- [4] 和田実. (1994). 恋愛 に対する態度尺度の作成. 実験社会心理学研究, 34, 153-163.
- [5] Moseley, R., Carota, F., Hauk, O., Mohr, B., & Pulvermüller, F.

- (2012). A role for the motor system in binding abstract emotional meaning. *Cerebral Cortex*, 22, 1634-1647.
- [6] Urrutia, M., Gennari, S. P., de Vega, M., & Vega, M. De. (2012). Counterfactuals in action: An fMRI study of counterfactual sentences describing physical effort. *Neuropsychologia*, 50, 3663-3672.

オンライン学習を組み合わせたハイブリッド型体験学習の提案 Proposal for Hybrid Activity Based Learning Combined with Online Learning

高橋 麻衣子, 中邑 賢龍
Maiko Takahashi, Kenryu Nakamura

東京大学 先端科学技術研究センター
Research Center for Advanced Science and Technology, the University of Tokyo
maiko_tk@bfp.rcast.u-tokyo.ac.jp

概要

小・中学生を対象として、オンライン学習と体験学習を組み合わせた活動をベースにした学び(ABL: Activity Based Learning)を実施した。日本全国から参加者を募り、各自が自宅の「最高気温と最低気温を測定する」という活動を実施し、オンライン学習で共有することで、オンラインならではの集合知の形成が可能となった。さらに、温度計をつくる活動をハイブリッド形式で行なったところ、対面参加とオンライン参加の学習者の間で着目する側面が異なることが示唆された。

キーワード: オンライン学習, 活動をベースにした学習 (ABL: Activity Based Learning), メタ認知, 協調学習

1. はじめに

2020年春の新型コロナウイルスの感染防止策による臨時休業の措置をきっかけとし、児童生徒向けの1人1台端末と、高速大容量の通信ネットワークの整備を前提とする「GIGAスクール構想」が後押しして、小・中学校の授業のオンライン化を検討する議論が加速した。端末を家庭に持ち帰ることで、ドリル型の学習やオンデマンド型の授業を視聴し学習を進めることができる。大学等の高等教育機関では、オンデマンド型の講義が広く普及し、その有効性も検証されつつある[1][2]他。しかし、小中学生へのオンライン型の学習を大学生と同様に実施してよいのかは疑問が残る。オンデマンド型の授業の長所として、いつでもどこでも学習者のペースで学習を進めることができる点が挙げられる。一方で、学習者の裁量によるところが大きいと、自律的に学習を進めることが難しい小中学生等は、時間割がある程度決められて強制的な学習の場を設定されるほうが学習に参加しやすい可能性がある。さらに、学習者が自分自身の思考過程や結果を客観的にとらえて深めていくためにも、他者とのやりとりが必要になるだろう[3]。特にメタ認知等の認知機能が未発達な小中学生は、他者とのやりとりを足場かけとして自分の思考を客体化できるようになることが考えられる。したがって、小中学生のオンライン学習の在り方としては、一方のオンデマンド型ものよりも双方向型のオンライン

授業がより適していることが推測される。本研究は、オンラインならではの利点を生かした双方向型のオンライン授業の実践の紹介を通して、今後の初等・中等教育におけるオンライン学習の在り方の提案を行うことを大きな目的とする。

オンライン学習というと、パソコンやタブレット端末を活用して動画を視聴したりドリル型の学習を行ったり、その結果を学習用のSNSに投稿してインターネット上でつながった他の学習者とやりとりをしたりすることがまず想定される。しかし本研究では、オンライン学習は他の学習者とのやりとりをするコミュニケーションのツールとしてのみを使用し、学習内容は活動をベースとしたものとして提案する。

教科学習の意義が見出せず、興味をもてない児童・生徒に対しては活動を入口とした活動をベースとした学習(ABL: Activity Based Learning)が有効であり、一つの活動から学習者がそれぞれの発展的ゴールを設定して学びを深める様子が報告されてきた[4][5][6]。例えば高橋ら(2019)は、不登校児童に対して小麦の粒を解剖してつぶし、ふるいにかけて真っ白な小麦粉をつくるという活動を行ない、その過程で種子のつくりやてこの原理、漢字の成り立ち、割合、江戸時代の農耕道具などにふれ、理科、国語、算数、社会の教科学習に結びつけてそれらの意義に気づかせるABLの実践を紹介している[5]。また、高橋ら(2020)では大通りの長さをヒモや定規等の限られた道具で測定する活動を通して、参加児童・生徒が自然発生的に協働をして試行錯誤しながら測定し、各自のレベルに沿った個別化された学びを達成していたこと、さらに測定の活動にとどまらず、「もう少し算数を勉強する」「今度は高さを測ってみたい」等の発展的なゴールの設定が行われたことが報告されている[6]。

活動を入口に教科学習の意義に気づかせ学習意欲を喚起するABLは、オンライン環境下でも機能する可能性が指摘できる。オンライン学習を実施する家庭の中にも、教科につながる学習のネタは多種多様に存在す

る。家庭という身近な環境と教科学習の内容が結びつくことに気づくことが、リアリティのある教科の知識の習得に結びつくことが考えられる。また、それぞれの家庭での ABL の成果を全国の参加者と共有することで、地域差や文化について広く俯瞰でき、ダイナミックな集合知を形成することもできるのではないだろうか。

そこで本研究では、オンライン学習を組み合わせた ABL の実践を通して、オンラインならではのダイナミックな展開が可能であるか、その利点と限界を検討する。具体的には、「家の中の最高温度と最低温度を記録する」活動を各学習者がそれぞれの自宅で行い、その結果を全国のさまざまな学習者と共有する学習プログラムを実施し、参加者の学習プロセスに及ぼす影響を検討する。

2. 活動の概要

「温度」をテーマにオンラインで 2 回、対面とオンラインのハイブリッド型で 1 回の計 3 回のプログラムを実施した。当初はオンラインの 2 回で完結する予定だったが、参加者の中からの希望もありオフライン会場で「温度計をつくる」プログラムを希望者のみで第 3 回目に行うこととなった。

2.1 参加者

小学 4 年生から中学 3 年生の 39 名が第 1 回、2 回のオンラインプログラムに参加した。限られた時間内に 39 名全員と双方向型の授業を行うのは困難であるため、在住地域がばらけるように 16 名、10 名、13 名の 3 グループに分け、同日に同じ内容のプログラムを 3 回実施した。

第 3 回プログラムには、39 名の中から希望した 15 名、さらに新しく募集した 9 名が参加した。地理的な問題があり、15 名中 8 名と新たに募集した 9 名の計 17 名がオフライン会場に参加し、7 名は自宅からオンラインで参加した。

2.2 活動スケジュール

2020 年 8 月に、1 週間おきに 3 回のプログラムを実施した。活動の概要を表 1 に示す。オンラインプログラムの前後で家庭学習の課題を課した。第 1 回のプログラムの前に「身の回りにある温度計を 3 つ以上集めてくる」という課題を提示し、第 1 回のプログラム終了後、第 2 回までの課題として「家の中の最低気温と最高温度を複数回測定して記録する」を提示した。

表 1 活動スケジュール

| | 活動内容 |
|---------------|---|
| 家庭学習① | 身の回りにある温度計を 3 つ以上集めておく |
| 第 1 回(オンライン) | 温度計を持ち寄り、その種類を分類し仕組みを考える |
| 家庭学習② | 家の中の最低気温と最高気温はいつ、どの場所かを測定し記録する |
| 第 2 回(オンライン) | それぞれの記録を発表しあい、日本全国のどこが暑いのか、涼しいのか、同じ地域でも温度に違いがあるのはなぜかを考える |
| 家庭学習③ | 温度計の作り方を調べ、材料をそろえる |
| 第 3 回(ハイブリッド) | 温度計の材料を各自で準備し、科学館もしくは自宅で温度計をつくる。つくった温度計を学習者間で見せ合い、温度計の成り立ちについて考える |

2.3 プログラム内容

オンラインプログラムは、いずれも zoom のミーティング機能を用いて 1 時間程度行った。参加者は日本全国から集められてほぼ初対面同士であったが、第 1 回プログラムの冒頭に各自の在住地域と集めてきた温度計を一人一人発表する時間を設定したことがアイスブレイクとしても機能した。ほとんどの参加者が体温計やデジタル温度計をもってきたが、北海道在住の参加者が暖炉の温度を測る温度計をもってきたり、その他にも塊肉の内部の温度を測定する温度計をもってきたり等バリエーションに富んだ発表が行われた。教授者はバイメタルを活用した温度計を用意しており、金属の膨張率の違いを活用したバイメタルが家庭内にもひそんでいることを講義して、その場でバイメタルをもってくるように指示したり等の活動を取り入れた。温度計の仕組みから、金属や液体、固体の膨張の仕組み、対流などについて、身近な現象をそれぞれが考えながら授業を進行した。

第 2 回プログラムは第 1 回プログラムの 1 週間後に行った。また冒頭にそれぞれが記録した自宅の中の最低温度と最高温度、在住地域と自宅の構造(戸建てか集合住宅か等)を発表した。数名の参加者が発表したあとに、戸建てと集合住宅で記録された温度の様相がちが

うことに気づいた参加者が、次に発表する参加者の住んでいる家の構造を予想するなどの活動が見られた。各参加者の発表が終了したあとに地域による気温差、建物の構造などを議論した。また、参加者の記録回数が平均して3~4回であったことから、天気によっても時間によっても気温は大きく異なるので、限られた回数での計測では正確な最低気温と最高気温は測定できていないことも伝えた。

参加者はほぼ全員ビデオ機能をオンにしてプログラムに参加しており、積極的な発言がみられた。またチャット機能を駆使して他の参加者の発表にコメントをする様子もあった。

第3回のプログラムは各自が温度計を作るプログラムであり、参加者の事前の家庭学習の課題として温度計の作り方を調べて材料をそろえるように指示した。オフラインの参加者は指定された会場に材料をもって集まり、それぞれの温度計を作成した。オンラインの参加者は材料を用意してオンラインでつなぎながら自宅で温度計を作成し、結果を共有した。参加者のほとんどが温度計の中身を水に色をつけたもので作成しており、オフラインの会場では水以外に日本酒やオレンジジュースなどさまざまな液体で温度計を作成してデモンストラーションを行った。

いずれのプログラムも、著者のどちらかが教授者として進行し、関連する知識の提示を行なった。

3. 参加者のふりかえり

参加者に、①第1回プログラムに参加する前に温度計を3つ準備しているとき、②第1回プログラム「温度計をもってきて仕組みを考えよう」に出席しているとき、③第2回プログラムの前に自宅の最高温度と最低温度を記録しているとき、④第2回プログラム「君の家の最高温度と最低温度を測ろう」に出席しているときの気持ちについて尋ねた。

それぞれの時点で「おもしろい」「めんどくさい」「勉強になる」とどれほど思ったのかを、「まったくあてはまらない(1点)」「あまりあてはまらない(2点)」「まああてはまる(3点)」「とてもあてはまる(4点)」の中から選択してもらった。参加者の平均値を図1に示す。

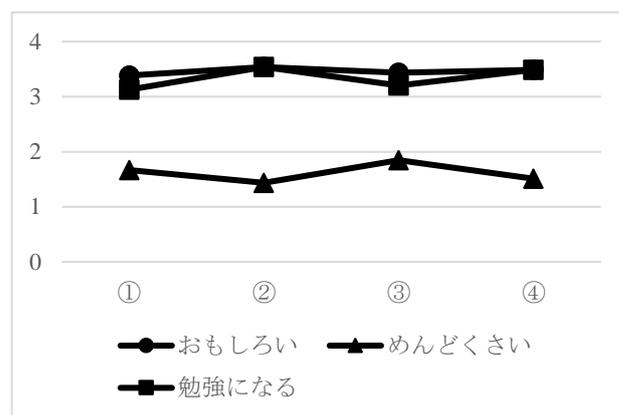


図1 プログラム中の参加者の気持ち

各項目の得点について、時期を参加者内要因とした一要因分散分析を行ったところ、「おもしろい」への回答については時期による差が見られなかった($F(3, 114) = .55, n.s.$)。一方で、「めんどくさい」「勉強になる」項目については、時期の主効果が有意となった($F(3, 114) = 2.94, p < .05, F(3, 114) = 3.80, p < .05$)。多重比較を行ったところ、「めんどくさい」の項目の②と③の時期の差、および「勉強になる」の項目の①と②、①と④の時期の差が有意であることが示された。①③がプログラム間の家庭学習、②と④がオンラインのプログラム参加時の気持ちをふりかえった得点である。家庭学習よりもプログラムに参加して教授者や他の参加者とやりとりをすることについてポジティブなイメージをもっていたことがうかがえる。

上記①~④の時点で「新しく発見したこと、心に残ったこと」について自由記述で回答を求めた。その結果を表2に示す。

表2 新しく発見したこと、心に残ったこと

| | |
|-------------|---|
| ① 温度計の準備 | <ul style="list-style-type: none"> ・いろいろな温度計がある (15名) ・アナログとデジタルがある (2名) ・200度以上測ることができる温度計があった (1名) ・金属の渦巻きのようなものがあった (1名) ・気づかなかただけで周りにはたくさん温度計があった (1名) ・言われるまでどこに売っているかも知らなかった (1名) ・集めていたらなんだかワクワクした (1名) |
|-------------|---|

| | |
|---------------|---|
| ② 第1回プログラム | <ul style="list-style-type: none"> ・温度計にはいろいろな種類がある (5名) ・温度計の仕組み (アルコールや水銀を使っていること, 熱で膨張すること) (9名) ・バイメタルの仕組み, 身近なところにある (8名) ・ガリレオ温度計はすごい (2名) ・暖炉の温度を測る温度計があるなんて知らなかった (1名) ・面白い子たちがたくさんいた (1名) ・知らないこと話すのがドキドキした (1名) ・もっと話したかったのに時間が足りなかった (1名) ・自分が知らないことが多いということ (1名) |
| ③ 家の温度の測定 | <ul style="list-style-type: none"> ・家の中でも場所や時間によって温度が違う (9名) ・特定の場所 (自分の部屋, 押し入れ, 台所, サンプルーム等) の温度についての言及 (12名) ・予想と違ったことについての言及 (洗面所が涼しいと思っていたのに暑かった等) (3名) ・一日中クーラーがついていて, ついていないところを探すのに苦労した(1名) ・同じ温度なのに涼しさが違うと感じた (1名) ・なんでも根気強くコツコツやらなくてはいけないと思った (1名) |
| ④ 第2回プログラム | <ul style="list-style-type: none"> ・地域の温度差について (都道府県が違うだけでこんなに温度がちがうなんて驚いた, 北海道はやはり涼しい, 埼玉が暑そう, 群馬県 (館林市) なのに最低温度が出た等) (16名) ・冷たい空気は重いということ (1名) ・フェーン現象について (1名) ・シーリングファンという名前を初めて知った (1名) |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ・複層ガラス (1名) ・科学をもっと知りたいと思った (1名) ・プログラムの時間が短く感じた。もう少し、やりたいと思った。(1名) ・みんなとチャットできた (1名) ・データがないと何もできない, 温度を何度も測るのはめんどくさいと思ったけど科学者になるためにはコツコツやる必要がある (2名) |
|--|--|

①②の段階では, これまで注目していなかった「温度計」に目を向け, いろいろな種類があることやその仕組みといった知識の側面に言及している感想が多かった。一方で「家の温度を測定する」課題を出された③以降では, 学習者自身が発見したそれぞれの場所の温度についての言及だけでなく, 仮説検証を行った科学的な態度も散見された。また, ④第2回プログラムで, 測定数の少なさを指摘されたことから科学的な態度についてあらためて考えるきっかけになった学習者も存在したようである。以上のように, 家庭での活動をオンラインで共有して新しい知識を習得し視点を広げるというサイクルによるプログラムによって, 学習者は新しい知識の習得から科学的態度の養成までさまざまな成果を得られたことが見て取れた。また, オンラインの会議システムによる授業でも, 他の参加者の発表を聞いて自分の知識にとりいれたり疑問を生成したりするなど他者の発表を有効活用していたこと, さらに参加者間でのやりとりがチャットの機能等を通して担保されていたことも考えられた。

次に, 第3回の温度計をつくるプログラム実施後に参加者に「新しく学んだこと」を自由記述で回答してもらった。その結果を会場に集合した参加者とオンラインの参加者ごとに表3に示す。

表3 第3回プログラムで新しく発見したこと

| 会場に集合 (17名) | オンライン (7名) |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・温度計を実際につくった感想 (ちょっと難しかった, 温度計を自分でつくれてうれしかった, 意外と簡単にできた等) (4名) | <ul style="list-style-type: none"> ・他の参加者のつくった温度計についての感想 (違う温度計を作った子がいてすごいと思った, サーモインクはすごい, アルミとセロハンテープ) |

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ペットボトル温度計の水が上がる仕組み（あたたかいと上がる）を見ることができたことについて（4名） ・温度計の作り方への工夫や疑問（少し空気をいれたらうまくいった、なぜか水位が止まらなかった）（2名） ・炭酸水は用途が少ない（2名） ・アルコールは80度で沸騰するから80度以上は測れない（1名） ・みんなと楽しくできた、情報共有できた、またみんなで集まりたい（3名） | <p>のバイメタルすごかった等）（3名）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温度計を実際に作ってみた感想（作るのが難しい、完全な密閉状態にするのが難しい等）（2名） ・バイメタルでもつくれた（1名） ・最初はペットボトルで作ったけどいまいちだった。密閉性の高いガラスがベストだと思ったけど、分厚くて温度が伝わるのに時間がかかってその後もものすごく大変だった。薄くて丈夫なガラスでできている温度計はすごいと分かった（1名） ・食塩水は濃度によって膨張率が違うということ。海水の膨張率を知りたいと思い3%食塩水で実験して計算してみた。10℃の温度上昇で鬼界カルデラ1個分くらい増えると分かった（1名） ・僕は針金が熱で膨張する性質を活かして温度を作ろうとしたのですが、予想よりも針金が小さい温度変化では膨張しなかったことがわかりました。より小さい温度変化でわかるように2種類の金属を使って作り直してみようと思いました。また針金が空洞になっていたので中に膨張して温度変化がわかりづらくなるのではないかと気づきました。（1名） |
|--|---|

で温度計を作ったことの喜びや、膨張によって液体が上昇したり下降したりするのを目の当たりにした驚き、さらには他の児童生徒と情報交換をしたことに対してのポジティブな意見が目立った。対面による理科の実験の面白さを享受していることが考えられる。一方で、オンラインの参加者には、自分とは違う作り方をしている参加者に目が向いていることや、それぞれの仮説を追求する姿が見て取れる。対面での参加がかなわず、実験のデモ等の臨場感は味わえない一方で、他の参加者の様子に目が向きやすいこと、さらには自宅からの参加によって自分の使いたい材料が自由に手に入り、興味関心をつきつめやすかったことが考えられる。

4. 考察

以上のようにオンラインとオフラインのハイブリッド形式でABLプログラムを実施したところ、日本全国から空間を超えて参加できることによって、対面の授業だけでは得られないダイナミックな展開に発展することが示唆された。「温度計をもってくる」「家の温度を測定する」など、家庭でできる課題を提示し、家庭を学習の場とすることで新しい学習の展開の可能性を示した。

理科の実験をオンラインでデモすることも可能であったが、オフラインの臨場感や「みんなで一緒に」をオンラインで再現するには限界があることも示された。一方で、実験をオンラインで観察しながら各自が自宅で行うことで、他の参加者の様子により注意を向けることができたり、自分の興味関心をつきつめるための材料を自宅で手軽に手に入れてこれたりなどのメリットも存在した。年齢や学習レベルの習熟度、興味関心によって、同じ理科の実験でも対面の集合形式とオンラインでの効果が異なることが示唆された。

今後の課題として、学習者がそもそも持っている知識レベルや学習の習熟度、興味関心、また認知特性によって、オンラインの学習の効果がどのように異なるのかを丁寧に分析することが挙げられる。初等・中等教育におけるオンライン学習の在り方は、学習の目的や学習者によっても大きく異なることが考えられ、今回の実践を一つの例として事例を積み重ねることも必要であろう。

文献

[1] 関西大学教学IRプロジェクト, (2020) “2020年度春学

会場に集合して対面で参加した学習者からは、自分

期実施「遠隔授業に関するアンケート」結果から見えたこと”, https://www.kansai-u.ac.jp/ir/online_survey_2020sp_digest.pdf

- [2] 立教大学経営学部データアナリティクスラボ, (2020) “オンライン授業に関する学生意識調査”, <https://www.rikkyo.ac.jp/news/2020/09/mknpps000001bg3b-att/report.pdf>.
- [3] 高橋麻衣子, 川口英夫, 牧敦, 嶺竜治, 平林ルミ, 中邑賢龍, (2009) “児童の論理的な読み書き能力を育む思考の相互観察活動--デジタルペン黒板システムを使用した授業実践から”, 認知科学, 16 (3), pp. 296-312.
- [4] 福本理恵, 高橋麻衣子, 中邑賢龍, (2019) “活動から教科を学ぶ ABSL (Activity Based Subject Learning) の提案”, 日本認知科学会第 36 回大会発表原稿集.
- [5] 高橋麻衣子, 福本理恵, 中邑賢龍, (2019) “不登校児童・生徒における活動をベースにした学びの可能性”, 日本認知科学会第 36 回大会発表原稿集.
- [6] 高橋麻衣子, 平林ルミ, 福本理恵, 中邑賢龍, (2020) “学校になじめない子どもたちに対する活動をベースにした学びの実践”, 日本認知科学会第 37 回大会発表原稿集.

オンライン視察はどのように「物足りない」のか——本拠としての 現地視察

How is online virtual tour “not enough”?

七田 麻美子¹, 菊地 浩平², 須永 将史³

Mamiko Shichida, Kouhei Kikuchi, Masafumi Sunaga

¹ 埼玉大学, ² 筑波技術大学, ³ 小樽商科大学

Saitama University, Tsukuba University of Technology, Otaru University of Commerce
shichida@mail.saitama-u.ac.jp, kikuchi@a.tsukuba-tech.ac.jp, m-sunaga@otaru-uc.ac.jp

概要

本論は、新型コロナウイルス禍によって現地視察を含む企業研修のオンライン化を余儀なくされた研修開発現場を対象に、DXがどのように行われたかを検証する。研修開発担当者たちの会話を相互行為分析の手法で考察した結果、ヴァーチャル化した研修コンテンツが一定の水準のものになっても、むしろそれゆえに、ヴァーチャルでは体験できないことを「物足りなさ」として「現地」が志向されるという現象が確認された。

キーワード：DX, ヴァーチャル視察, 研修, 相互行為分析

1. はじめに: 本研究の目的と問題の所在

本研究の目的は、企業の提供するヴァーチャル視察研修のコンテンツ提供者が、視察をヴァーチャルに行くことをどのように評価するのかをデジタル・トランスフォーメーション (DX) の文脈で考察し、DXの受容のあり方を明らかにすることにある。

現在、新型コロナウイルスの世界的な流行を受け、従来リアルで行っていたことをオンラインで実施せざるを得ないという状況が起きている。そうした方法の変更について、当事者はどのような工夫をし、実際にどのような課題が生まれているのかを考察するのは、いわゆるポストコロナのオンライン化を考える上でも重要な視点である。

Stoltermanら(2004)によると、DXは「The digital transformation can be understood as the changes that the digital technology causes or influences in all aspects of human life.」(DXとは、人々の生のあらゆる側面に対してデジタル技術が引き起こす、また影響を与えるような変化のこと、訳は執筆者)と定義され、デジタル技術が引き起こす生活を含めた人々の「生」の変化そのものを指すものと考えられる。

日本におけるDXについては、2018年に経済産

業省がガイドラインを発表するなどして推進されてきた。しかし、実際には企業などにおけるDXは環境整備などの投資が行われているものの、ビジネスの変革に繋がっていないと指摘されている(経済産業省 2018)。池田ら(2021)は、DXについて2020年から急速に社会的な関心が高まったことを指摘し、それまでDXに立ち遅れがあったのは、企業のDXが従来のビジネスをデジタル化するとどまっていること、そしてその原因としてデジタル化に対するビジョンの不足と、従来の価値観との齟齬による抵抗感の存在を指摘する。

現在は新型コロナウイルス禍を契機としてDXが加速してきているという状況であり、好むと好まざるとに関わらず、DXを推進せざるを得ない状況であるともいえる。本研究が対象としているヴァーチャル視察も同様に、DXに取り組みざるを得ない状況に置かれている。本来は、現地を訪れて、実際にその地を歩き、要所を見て回るという現地研修が行われていた。この研修を、映像コンテンツ作成技術(ドローン撮影を含む撮影技術・CGを用いた映像編集技術など)によって作られた研修コンテンツを、遠隔通信技術(Zoom)を用いることによってヴァーチャル研修としている。すなわちここでは、研修内容(コンテンツ)のDXと研修手段のDXという、2つのDXが輻輳している。

本論ではこれを対象に、DXの実際を見る。DXの実際とは、ここでは、研修がDXによってどのように変化したのか、どのように変化しなかったのかということを目指す。彼らがヴァーチャル研修の共同開発の文脈で、何をどう語ったかを見ることで、DXの受容をみていくこととする。

2. 研究の対象と方法

2.1 対象となる活動の背景

本研究が分析対象とする活動は、あるヴァーチャル視察研修の開発のための会議及びリハーサルの参加者間の相互行為である。この活動は2020年

度を実施されたもので、研修コンテンツは2017年より福島県において視察研修を行っていた企業が提供しているものである。会議の参加者は、研修コンテンツの提供企業と、研修を発注した企業の関係者である。

コンテンツの提供企業は、これまでに研修の中に福島県各地での現地視察を組み込んでいたが、新型コロナウイルス感染症の流行という現実に対応するため、現地の要所を撮影し動画化したものを活用したヴァーチャル視察の実施を余儀なくされた。つまり研修対象地現地での視察を断念せざるを得ない状況で、研修を継続する手段としてDXを選択したということになる。

こうした状況下で、コンテンツ提供企業が制作したヴァーチャル視察のリハーサルを行い、それについて発注企業からの意見・感想を募り、話し合いの中で修正箇所を探っていく。この研修は、自然エネルギー（新電力）利用へのスイッチング促進をテーマとしたものである。新電力発電関係企業（研修提供企業）は事業パートナー（発注企業）に対して発電産地の立場から研修を提供、発注企業の社員や関係者がこれに参加するという関係である。

研修は、発注企業からの依頼で行われており、当該企業の業務である自然エネルギーへのスイッチングを推進するための前提知識として、自然エネルギーの概要を学ぶものとなっている。こうした場面の中から、本論では特に2つのデータの注目する。

2.2 データの概要と分析的課題

本研究で取り上げるのは、2020年11月に行われたリハーサル2回分のデータである。各データでの参加者（登場人物）、属性および参加地（部屋）は表1の通りである。

表1: データの参加者概要

| | 名 | 属性 | 部屋 |
|-----------|---|---------------|----|
| リハ 1回目 | Y | 提供企業, 研修進行管理役 | A |
| | C | 提供企業, 講師役 | |
| | S | 発注企業, 全体司会役 | B |
| | K | 発注企業, 受講者役 | |
| リハ 2回目 | Y | 提供企業, 研修進行管理役 | A |
| | C | 提供企業, 講師役 | |
| | S | 発注企業, 全体司会役 | B |
| | M | 発注企業関係者, 受講者役 | |
| | F | 発注企業関係者, 受講者役 | C |

提供企業のYとCは、リハ1回目および2回目のいずれも自社の配信室(A)におり、基本的に二

人とも同じ画面に映りながら研修が進行していく。他はリハ1回目では発注企業の社員であるS、Kが同社の会議室(B)におり、それ以外に6名ほどの参加者同室している状況である。2回目においては、Sと発注企業関係者のMが会議室(B)、Mと同じ立場であるFが遠隔地からのリモート参加(C)となっていた。

リハーサルは大きく前半部と後半部に分けられる。前半部では実際の研修と同じ動画コンテンツとライブでの講義、後半部では研修提供企業と発注企業が内容の振り返りを行い、修正点や変更点について検討するという流れになっている。特に注目するのは、後半部の検討で見られる参加者間の相互行為連鎖で、ここでは発注企業からの意見や感想が述べられるだけでなく、その意見・感想に対する提供企業からの応答が行われる。

本研究は、こういった状況において、提供されるコンテンツをめぐる相互行為の中である種の「物足りなさ」が表明される過程を分析的に明らかにし、「DXできないもの」、すなわち本拠としての現地視察への志向がどのように語られるのかを考察していきたい。

3. ヴァーチャル視察リハーサルの分析

ここでは具体的にリハーサル場面での相互行為を分析していく。事例として「検討への参加者の特徴付け」「発注企業からの要望への弁明としての物足りなさの説明」「発注企業側からの評価の受け入れ留保としての物足りなさの説明」という3つを取り扱う。これらの分析を通して、発注企業側がヴァーチャル視察をポジティブなものとして位置づけようとしている一方、提供企業側は「最終的には現地に来ていただいて」といった表現を用いながらヴァーチャル視察の、ある種の物足りなさを特徴付けようとしていることを明らかにしていく。

3.1 検討への参加者の特徴付け

今回の発表で扱うデータは、全体として、本番の前の「リハーサル」という性格をもっている。データの冒頭では、この日の手順が提供企業から述べられた。それは提供企業がリハーサルをおこない、その後発注企業側と、どう変更すれば発注企業側のスタッフの理解を更に促せるかを「意見交換」という手順である。以下の断片1は、提供企業のYとCによる研修リハーサルが完了した直後の場面である。リハーサルでは、本番で扱う予定の動画（震災当時の福島の様子など）が上映されたり、各種の統計的資料が提示されたりしたあと、それらの動画や資料がどう理解されうるかが説明された。それに続く01行目から10行目まで、Yによってリハーサルの終了が告げられ、続いて発注企業の代表者Sが名乗り、提供企業に礼を述べた。これにより、提供企業と発注企業の

| | | |
|----|-----|--|
| 01 | Y | え::長時間どうもありがとうございました. これにてバーチャル視察を終わ |
| 02 | | りたいと思います. ご清聴どうもありがとうございました. |
| 03 | C | ありがとうございました. |
| 04 | | (4.9) |
| 05 | Y | ° そしたらあの オンにしてあげてください |
| 06 | | (3.2) |
| 07 | S | あえ::と:X電力のSです:: |
| 08 | | (1.6) |
| 09 | | CさんYさんどもありがとうございました: |
| 10 | C | こちらこそ: |
| 11 | | (0.5) |
| 12 | → S | でえ:と:この後はですね:いったん前回の:ところも踏まえまして:え::と |
| 13 | | XRのFさんと::我々のその 会議室のところ:で意見交換 |
| 14 | | という形で進めさせていただきたいと思ひます:がよろしいでしょうか. |
| 15 | Y | はい |
| 16 | C | どうぞ: |
| 17 | → S | はいでは:Xグループ内ですな 他の参加の:方は ご退室いた |
| 18 | | いてかまいません. |
| 19 | | (6.2) |
| 20 | → | で後は::え:と そちらの-えと X以外の方に関してはいかがしま |
| 21 | | しょうか. |
| 22 | → Y | え:と:たぶんあ-私どもの関係者ですので: |
| 23 | S | ええ |
| 24 | → Y | もしよろしければあの::自由参加と言うことでさせていただければとおも |
| 25 | | います. |
| 26 | S | よろしいですか: |
| 27 | Y | はい |
| 28 | S | はい |
| 29 | → C | あの制作とか:Sさんあの制作とかおん-音とかに関わっていたいでいる |
| 30 | | 方ばかりですので. |
| 31 | S | はい |
| 32 | C | はい |
| 33 | | (1.0) |
| 34 | S | 承知しました:.hh え:と::そうしましたらFさん::の方で何か:改めてあ |
| 35 | | りましたら先にお願ひしたいんです |
| 36 | | (0.5) |
| 37 | F | はい |

図 1: 検討への参加者の特徴付け

相互行為, すなわち「リハーサルに続く意見交換」が開始される. 以下の図 1 では, 誰が「リハーサルに続く意見交換」に参加するのかという資格について話し合われている.

S は 12 行目から 14 行目で, 以降の活動をどのように進めるかを提案している. 特徴的なのは, 誰が以降のやりとりに参加するのかが指定されていることだ. F は発注企業の系列会社に所属する者として紹介されている. 実際に本リハーサルの意見交換でも, 都度意見が求められる. そして, 13 行目で言われる「会議室」には, 発注企業のうち, 実質的にこの研修を運営する者たちが居る. 17 行目では, それ以外の者(幹部等)について「退室」が促される.

このような参加者の指定の仕方は, オンライン会議という相互行為の基盤に即した仕方だといえる. 共在の場合でも, その都度場面によって誰が参加すべきかは管理されるだろう. 問題はその方法である. 参加者はそもそも離れたところにおり,

オンラインのアプリケーションを通じて接続する. 集合し, 共在する必要がないゆえに, 参加に関する負荷は著しく減少する. 一方で, 参加に関する負荷がないゆえに, 理由なく接続することもできる. いわば, 参加しない場面への接続である. そのような状態になってしまうのには, 様々な理由が考えられる. 自分が参加しなくてよいかどうかかわからないときにとりあえず接続だけする, などが挙げられるだろう. それゆえ, オンライン会議のマネージメントにおいて, 今から始まる活動に誰が参加すべきか, が語られることは特徴的といえるだろう.

その後 20 行目以降では, 今度は提供企業側の参加者の管理が依頼される. 22-25 行目で Y は, 関係者であることを理由に参加の許可を求める. この要求は, S によって 26-27 行目で受諾されるが, 続けて C が, 許可を求めたメンバーがどのようにこの場面に関係しているのかを説明する. つまり, 彼らは, 映像制作という研修のコンテンツを担っているだけでなく, 「音声」などのオンライン会議というやりとりを支える基盤も担っているというのである. そのように関係していると紹介されることで, 彼らには正当な参加者としての資格を持つことが主張される. S はこの説明を受け入れ, 再度参加を許諾している.

3.2 発注企業側からの要望への弁明としての物足りなさの説明

3.1 で述べたようなプロセスを経て承認された参加者たちは, 具体的には本節で扱うような意見交換を行っていくことになる. 以下の図 2 はデータ 1 のもので, 提供企業による講義が終わった後に, 研修コンテンツへのコメントを参加者から収集している場面の一部である.

リハーサル終了後, 提供企業の Y からディスカッションへの移行が提案され, 仕切りが S に委ねられる. まず, S は 02 行目で, この後に質問あるいは意見が述べられることを予告するが, 実際に発言するのは K である (03 行目). 03 行目から 05 行目で挨拶がかわされ, 06 行目から 10 行目は, 肯定的な評価が述べられる. この評価は電力事業

の「知識」に基づいてなされる。つまり、自身が電力事業について知識がないことを述べることで、研修コンテンツがいかに意義あるものだったかを伝えるものとなっている。ただ、この発言は01-02行目でSが予示した質問・意見には聞こえないため、Kがこの後に質問・意見を述べるための前置きとして聞くことができるだろう。実際、10行目で感謝を述べた後、0.9秒の間に続き、12行目からKの発言が継続される（「で:えっと」）。

この断片は、Kによる要望と、YおよびCによる要望の受け止め、という2つの部分から成る。まず、Kは動画そのものに対する要望を、震災発生時を起点とした時間軸を用いて述べている。このKの発言全体は、次の3点によって特徴付けることができる。第1に、14行目末尾の「震災後」という時間幅の広い表現が、16行目で「震災直後」というある時点をピンポイントで指し示す表現に言い直されていることがわかる。この言い換えによって、Kが話そうとしていることが、まずは震災直後に関連するものであることが示される。

第2に、16行目で言及される「10年経ちまして/10年後」によって、先述した「直後」と「10年後の現在」という2つの時点が、時間的に対照される。すなわち10年経った現在「どうなってるんだ（16行目中程）」だけでなく、「現状」がどのようなものであるか、映像によって示されるべきだったというわけだ。

第3に、18行目の発言末尾部において、「率直に思いました」という言い方で要望を終えている。「率直に」によって、要望自体はそこまで深く考えられたものではなく、撤回可能であるようにデザインされている。つまり、要望が弱められているのだ。

このようにKの要望は「現地の現状に疎い者による率直な感想」として受け取ることができるよ

| | | | |
|----|-----|--|---------|
| 01 | S | ではこちらのほう X の会議室からですねえ::: (0.3) 質問 (0.3) | |
| 02 | | 意見. を出させていただきます. | |
| 03 | K | あ 本日はありがとうございます X 電力の K と申します: | |
| 04 | Y | は: | |
| 05 | | (0.3) | |
| 06 | K | よろしく願いいたします: | |
| 07 | → | すいません自分ではですね 4 がつから新電力事業ぶ: に所属しまして: ま | |
| 08 | → | たく電気のことわからず: 入ってきました. (0.3) あの: 今回そういった方 | |
| 09 | → | 向けの: こういった あの活動ということでもとてたいへん あの: 勉強に | |
| 10 | → | なりました. ありがとうございます. | |
| 11 | | (0.9) | |
| 12 | → | で: えっと 動画内ですすね 福島県の^お 震災後の- | |
| 13 | | (0.7) | |
| 14 | → | 震災直後の映像が 結構流れてたかと思うんですが: (0.4) 震災直後の映 | |
| 15 | → | 像って結構自分たちテレビで目にしてたんですが: (0.3) あの震災後いま | |
| 16 | → | 10年経ちまして: 10年後どうなってるんだっていう映像があんまり | |
| 17 | → | ニュース等で拾えてないの: (0.3) そういった現状をもうちょっと動画 | |
| 18 | → | 内で流していただけるといいかなと あの率直に思いました. | |
| 19 | | (0.9) | |
| 20 | K | はい以上です. | |
| 21 | | (0.9) | |
| 22 | → Y | はい | |
| 23 | → C | はいありがとうございます | |
| 24 | | (4.5) | |
| 25 | → Y | そのへんがないんですよ | [nhnhnh |
| 26 | → C | | [nhnhnh |
| 27 | | (1.8) | |
| 28 | → C | まあなんとかわれわれ: どっちかというあの: 最終的には: (0.3) コロナ | |
| 29 | → | が癒えたら 従来のように皆さんにあ(し)を運んでいただいて- (0.4) きた | |
| 30 | → | いと思っているわけなんで s | |
| 31 | | (0.5) | |
| 32 | | あの: ほんとに現状は 特になか- なんですかねこう 段階があって我々の | |
| 33 | → | このヴァーチャルツアーがあった先に現地視察があるみたいな形で | |
| 34 | | (0.8) | |
| 35 | | ほんととは あ: そこで え: 過去の流れとか今までの経緯を中心にヴァーチャ | |
| 36 | → | ルで見てもらった後 もう一度やっぱり現地行きたいよねって思っていた | |
| 37 | → | だいて (0.4) そして来ると 現状が垣間見れると. | |
| 38 | | (0.6) | |
| 39 | | というような流れもあるのかなと思ってますね | |

図 2: 発注企業からの要望への弁明

うデザインされているが、このことは同時に動画内には含まれていなかった要素を顕在化させる。したがってこの要望はある種の「物足りなさ」の表明として理解されうると考えられる。

次にこの要望を受けた Y と C の受け止め方に注目しよう。Y と C は 22-26 行目にかけて、やや長めの沈黙を挟みながらも、この K からの要望をいったん受け止めている。一方、28 行目から開始される C の発言は K の要望に対する、ある種の弁明として聞くことができる。

まず 28-30 行目にかけて C が述べているのは、コロナ禍の終息を条件としながらも、最終的には現地に来てもらいたいと思っているという自らの考えである。さらに、33 行目では「このヴァーチャルツアーがあった先に現地視察がある」、36-37 行目では「やっぱり現地行きたいよねって思っ

「来て」と現状が垣間見れる」と続くことで、この視察に現地の現状に関する映像がないことの理由が説明されているのである。つまりCの説明によって、現状に関する映像がないことは不足・欠落ではなく、現地視察につなげるための仕掛けとして位置付けていることが明らかにされる。言い換えるなら、コロナ禍以前にも実施されてきた現地視察への志向を見て取ることができるだろう。

3.3 発注企業側からの評価の受け容れ留保としての物足りなさの説明

次の図3はリハ2回目のデータからの引用である。ここで注目するのは、49行目の発注企業関連会社のFの発言から開始されるやりとりである。Fは49行目で同じX関連会社の同僚であるMに対して質問または感想を述べるように促すことで、次の話し手としてMを指名している

これを受けて開始されたMの発言（52行目から59行目にかけて）は、比較的長い時間を使って、研修コンテンツを見て自分が感じたことを話すものになっている。このMの発言を特徴付けるなら、自分が今までに得てきた知識と今回のコンテンツで得た知識を対比することを通して、研修コンテンツが極めて「リアル」なものだったと評価している点である。

具体的にMが自身の知識について言及しているのは、53行目の「記事とかで見て知識としては得てたんですけど」という箇所である。さらに55行目末から56行目にかけて「やっぱり文字を追っ

ただじゃなくて こういう形で目で見て声を聞いて」と続け、過去に自身が記事（文字）を通して得てきた知識と、今回現地の映像を通して得た知識が対比される。さらに付け加えるならば、57行目で差し込まれている「ほんとは現地に行くのが一番だと思うんですけど、それと同じくらい」という表現が、この対比をさらに際立たせる。すなわち、今回の研修コンテンツが、Mにとっては現地で得られる知識と同等の価値を持つものであり、記事を通して得てきた現地の情報を更新でき、かつ新しい知識を得られるものであったと肯定的に評価していると考えられる。

上述のように構成されたMの発言の後の位置は、「ある評価が行われた時は、その評価を向けられた者が、評価に対する同意や非同意を示す」という連鎖構造から考えると、評価を向けられた者、すなわち提供企業側のYまたはCによる何らかの反応が期待される位置である。実際、60行目でYはMの評価に対して謝辞をのべ（「ありがとうございます」）、これを受け容れているように見える。

一方この直後には、Cも間を置かず発言を開始していることがわかる（61行目）。これはMによる評価が向けられているのが、特定の個人というよりは提供企業関係者としてのYおよびCの両名であるということから理解可能であろう。すなわち、Mの評価の直後は、発言順番の前後はあれ、YとCの両名になんらかのやり方で反応を示すことが期待される位置としてデザインされていることが見て取れる。

こういった位置で開始されたCの発言を特徴付けているのは、次の2点である。第1に61-62行目にかけて発せられている「最終的には（中略）現地においでいただきたい」という部分で、3.2では要望への弁明として発せられていた同型の発言が、ここでは評価への応答として発せられているという点である。第2に67-68行目にあるように、このヴァーチャル視察を到達点としてではなく、その先にある現地視察への呼び水として位置付けている点である。Cは65-66行目のあたりで咳き込み

| | | |
|----|-----|---|
| 47 | Y | あ: はい |
| 48 | | はいありがとうございます。 |
| 49 | → F | あと:うちのM何かあったらどうぞ↑質問。 |
| 50 | | (0.2) |
| 51 | | ま感想でも。 |
| 52 | M | はいあの:::そ:うですねえと:やっぱりなんていうか改めて思ったのがあの: |
| 53 | → | 記事とかで見てえと::(.8)ま知識としては.得てたんですけどその畜産物の出荷(.3)が:いかにあの::大事なものなんだっていうのが:あの最後のと |
| 54 | | ころでなん-改めてすご:くよく思いました.はいやっぱり.その:文字を追っ |
| 55 | → | てるだけじゃなくてこういう形で目で見て声を聞いてっていうのがあ::の:- |
| 56 | → | まほんとは:現地に行くのが一番だと思うんですけどあの:そ-それと同じく |
| 57 | → | らい自分にとってはあのいい経験になったのではい参加して良かったです. |
| 58 | | |
| 59 | | |
| 60 | Y | ありがとうございます.= |
| 61 | → C | =あの:最終的にはMさんあの-最終的には僕らはあの:一人でも多くの方 |
| 62 | → | にあの:コロナが癒えた段階であの現地においでいただきたいんですよ. |
| 63 | → | でおなじ場所に立っておなじ被災者の視点でものを:考えていただきたい |
| 64 | | いんですよ. |
| 65 | | だからこの(cough)Zoomのこの(caugh)ヴァーチャルは(.4)そこへこう |
| 66 | | (caugh)誘導するための(caugh) |
| 67 | → Y | °呼び水ですね° |
| 68 | → C | ひとつの:呼び水ですね.そう考えてます. |

図3: 発注企業からの評価の受け容れ留保

始めており、発言の円滑な継続にやや支障を来していることがわかる。Yはこれにたいして67行目で、少し小さな声で「呼び水ですね」と助け船を出す。Cはさらにこの助け船を容れて自らの発言を完了させている。

このように見ると、これらの発言全体としては、Mによる評価の受け容れが留保されていると考えられる。ある評価に対して同意を示すには、単純にその評価を受け入れるだけでなく、何らかの仕方ですらその評価を昇格させる方法があることが指摘されている(Pomerantz 1984)。先述した60行目のYの謝辞は、Mによる評価の受け容れとして理解可能だが、Cの発言の中には、そのような受入や評価の昇格に相当する表現は見られない。

ここまで図3の分析を進めてきたが、まず「デジタル技術を用いた研修が、現地に行くのと同じくらい効果を持つ」ことを評価するMの発言は、提供企業による研修コンテンツのDXがかなりの程度よく達成されていることを示すひとつの証拠として理解できるだろう。この評価の受入を留保することによって、提供企業側が持つ現地視察への志向が表明されていると考えられる。

4. 結論

最後にここまでの分析を通して得られた知見を、「ヴァーチャル視察を入口、現地視察を出口とした研修対象地の理解」として立ち現れてくる「理想的な視察」への志向としてまとめてみたい。

本研究が対象とした活動においては、スイッチングを促進するためにヴァーチャル視察コンテンツを共同で開発するという点で関係者の目的は一致していると考えられる。また、このヴァーチャル視察の出発点は、コロナ禍での緊急避難的取組としてのDXであったことも確かではある。ただし、分析を通して見てきたように、2度のリハーサル回を通じて様々な意見交換が行われ、具体的な変更が行われた結果、発注企業側から一定の評価が得られるものができあがっている。つまり彼らのDXへの取組は十分な成功を収めたと言ってよいし、両者の目的は一定の達成を見たと考えてよいだろう。

一方で、リハーサル内での相互行為においては、発注企業と提供企業がゴールと位置付けているものがそれぞれ異なっているように見える。発注企業はスイッチングを促すような知識をよりよい形で受講者に提供することが目的であり、それは「現状に関する映像の不足を指摘」といった形で現れていた。一方で、提供企業は「最終的には」「呼び水」という表現に象徴されるように「受講した人が研修対象地に関心を持ち、現地の人の視点で見てもらうこと」をゴールと位置付けている。

こういった両者の研修の位置づけの違いをDXの文脈に即して解釈するならば、この事例に関し

ては、DXは現地視察の代替としてではなく、現地視察の「本拠性」を高める手段として活用されていると言うことができる。すなわち、発注企業と提供企業との相互行為プロセスを通してDXの取組によって伝達可能な部分と、DXの取組には必ずしも乗り切らない現地の現状という2つの視点がつながれ、「理想的な視察」が立ち現れてくるのである。

(本研究は飯館電力株式会社から筑波技術大学への受託研究の一部です)

[参考文献]

- [1] 池田佳代 沼田秀穂, (2021) “デジタルトランスフォーメーション(DX)と組織コミュニケーションに関する一考察”, 東海学園大学研究紀要: 社会科学研究編, 第26号.
- [2] 経済産業省, (2018) デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドライン(DX推進ガイドライン)
- [3] Pomerantz, Anita. (1984) "Agreeing and disagreeing with assessment: some features of preferred/dispreferred turn shapes". In Atkinson, J.M., and Heritage, J. (eds.). Structures of social action: studies in conversation analysis. Cambridge, UK: Cambridge University Press. pp.57-101.
- [4] Stolterman, Erik and Anna Croon Fors, (2004), "Information Technology and The Good Life", in B. Kaplan et al. (eds.), Information Systems Research: Relevant Theory and Informed Practice, London, UK: Kluwer Academic Publishers. pp.687-692.

デザイン思考の組織導入要件ーデザイン思考定着・浸透組織と未定着・未浸透組織の比較による考察¹

Organizational introduction requirements for design thinking - Consideration by comparing the difference between design thinking fixed organization and non-fixed organization

廣田章光^I, 小川亮^{II}, 黒岩健一郎^{III}, 吉橋昭夫^{IV}

Akimitsu Hirota, Makoto Ogawa, Kenichiro Kuroiwa, Akio Yoshihashi

^I 近畿大学 経営学部, ^{II} 株式会社プラグ, ^{III} 青山学院大学 国際マネジメント研究科, ^{IV} 多摩美術大学 美術学部

KINDAI University, PULG Co., Ltd, AOYAMA GAKUIN University, TAMA ART University
akhirota@bus.kindai.ac.jp

概要

デザイン思考の日本企業の導入実態と組織導入における問題とその解決の手がかりを得ることが本研究の目的である。デザイン思考は個々の人々が有する能力を引き出し、活用し誰もが創造性を発揮することを支援するマインドセットとスキルセットを組み合わせた思考法である (Brawn 2009, Kelly and Kelly 2013, 廣田 2021)。そして企業経営において市場創造領域に有効であるとされている (Brawn 2009, Kelly and Kelly 2013, Blank 2016)。しかしデザイン思考への関心は高まりをみせているものの組織導入は特に我が国では充分であるとは言えない²。そこで、本研究ではデザイン思考を浸透・定着させている組織と、導入しても浸透・定着できていない組織の違いは何にあるのかを明らかにする。

本研究は、2020年8月～9月にかけて日本企業の組織におけるデザイン思考の導入実態調査と分析結果の一部である。デザイン思考を組織に導入した結果、デザイン思考が組織に浸透・定着したグループと、浸透・定着していないグループにおいて、それぞれの組織のデザイン行動を比較した。その結果、デザイン思考導入における要件として、①デザインの経営への役割、②組織に定着した仕組み、③経営者のデザインの効果認識の3点について明らかにした。

キーワード：デザイン思考, 創造性, 組織導入, 組織共有

1. はじめに

デザイン活動を経営に取り込みイノベーション促進する「デザイン経営」(経済産業省・特許庁 2018) が注目されている。デザイン活動への注目の背景は、創造、イノベーションを生み出せる組織の実現への期待であ

る。経済産業省は、プラットフォーム型ビジネスモデルの国際主導の遅れを指摘し、産業の国際競争力向上の観点から、企業経営におけるデザインの組織的活用の重要性を指摘している。我が国でも2000年後半からデザイン思考、サービスデザインなどのデザインを持つ力を組織的に活用可能な手法が紹介されている。しかし、その後10年が経過し、デザインに対する期待は変わらず高いものの組織への導入が積極的に進んでいるとは言えない現状がある (ビビビット 2018, 特許庁 2020)。この実態を把握するため2020年8月～9月にかけて日本企業におけるデザイン能力活用の実態調査を行った。本報告では、この調査結果と共に、デザイン思考の浸透・定着組織と非浸透・非定着組織の比較を行う。さらに、比較を通じて、日本企業における創造性を高め、イノベーションを実現にむけたデザイン能力の組織への浸透・定着要件を明らかにする。

2. 組織におけるデザイン能力活用の先行研究

デンマークデザインセンターは、デンマーク企業805社に対して、デザインの活用分野について調査を行った。この調査はデザインの組織活用の広がりとして活用水準(形状活用、開発プロセス活用、戦略活用)を測定する指標を開発し測定をした。デンマークのデザインの企業の導入実態は、デザインを組織に導入していない企業が全体の40%、製品のよりよい形状、色を実現す

¹ 本研究は、科学研究費助成金「デザイン・ドリブン型開発促進のためのインサイトと対話プロセスの解明」(課題番号19K01974)、および「情報の粘着性概念を中心としたリード・ユーザーの知識移転促進要因に関する理論的研究」(課題番号19K01969)の成果の一部である。

² 日本企業3347社に対して実施した、株式会社ビビビット調査(2018年実施)では、デザイン思考について内容について説明できる回答は4.9%、概要についてはわかる回答が16.4%である。また、導入済の回答は14.9%である。本調査(2020年実施)でも導入済の回答は21%である。

る水準まで活用が進んでいる企業が15%、業務プロセスにデザインの考え方を導入している企業が30%、経営層が行う戦略水準にまで活用が進んでいる企業が13%であった。また、Heskett and Liu(2012)は、中国企業に対して、活用水準に関する調査を6つの活用測定項目(売上規模、競争戦略上の位置付け、重要性の認識、プロセスの確立、内部推進組織、デザイナーの活用)の開発と行い実施した。また特許庁(2020)では、同様の調査を9つの活用測定項目(売上規模、経営陣の理解、全社意識統一、用語定義、組織モデル、プロセスの確立、人材育成、事業との両立、効果測定)の開発と共に実施した。そして、デザインの経営への活用障害として、以下の8点をあげている(特許庁)。

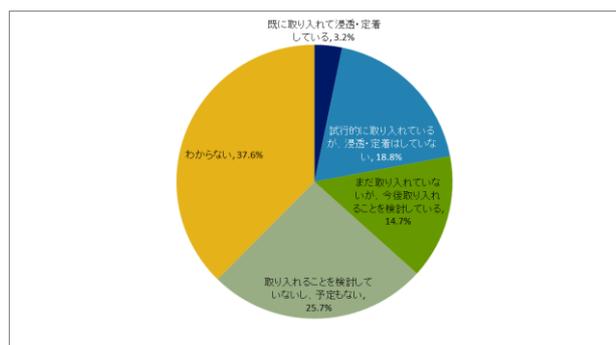
経営陣の理解不足、(デザインを活用するための)業務プロセスの再設計が不十分、デザイン用語の定義・浸透不足、全社意識の不統一、デザイン人材の育成・採用・配置・評価の仕組みが不十分、ビジネスとデザインとの両立が困難、デザインを活かす組織モデル・評価の仕組みが不十分、効果測定方法の未確立。

3. 調査設計とサンプル

本研究では、先行研究の結果および開発測定項目に加えて、起業家、デザイン思考関連文献(Brown 2009, Dyer, Gregersen, and Christensen 2011, Steinert and Leifer 2012, Blank 2016)、問題発見と解決の行動(Norman 2013)、認知と表現の相互作用(Schon 1983、諏訪 2016)の行動の観点から、および企業のデザイン思考推進担当者のインタビュー調査をもとに、測定項目を開発した。そして国内の開発者218名に対し、2020年9月に調査を実施した。

1) デザイン思考の企業組織への導入実態

回答を得た218サンプルのうち、デザイン思考の組織



図表 1 組織におけるデザイン思考の導入水準 (N=218)

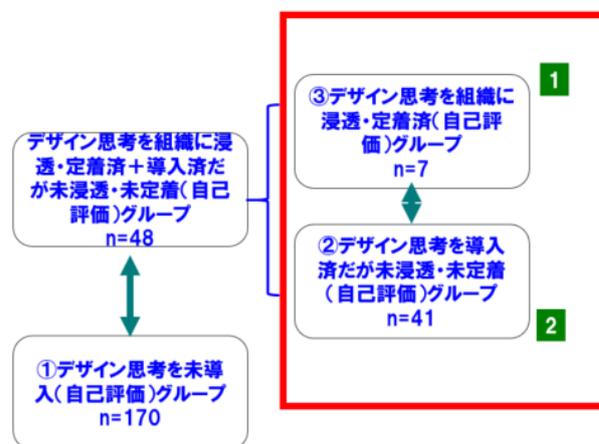
導入に関して「既に導入定着している」(以下、導入・定着グループ)が7サンプル(3.2%)、「試行的に取り入れているが、浸透・定着していない」(以下、未浸透・未定着グループ)が41サンプル(18.8%)、「取り入れていない」が170サンプル(78%)である。このように我が国の企業では経営における組織的なデザイン思考の取り組みについては、途上の段階にある。しかし、今後のDX推進などの動きと同調し加速することが予想される。

2) 回答者の所属業界別導入実態

回答者の所属業界別の導入実態を集計した。回答者の所属業界では「既に導入定着している」比率が高い業界は、製造業(食品・食品加工、飲料、医薬品・医療品)であり、IT・通信・インターネット関連、情報提供サービス・調査業である。また、「試行的に取り入れているが、浸透・定着はしていない」の比率が高いのが、製造業(食品・食品加工)である。

3) デザイン思考の組織内浸透状況の分類

218の回答者におけるデザイン思考の組織導入・浸透の段階は、回答は以下の3つに分類できる。第1にデザイン思考を組織に導入しているか、していないかの分類。未導入回答は170であり、全体の78%である。デザイン思考を導入済の組織は導入水準で2つに分類される。デザイン思考が組織に浸透・定着済のグループ



図表 2 調査対象のデザイン思考導入水準による分類

と、デザイン思考を導入済だが未浸透・未定着のグループである。本研究では、デザイン思考導入済みだが、組

織に浸透・定着済のグループと、未浸透・未定着のグループを比較した³。

4. 分析と考察

1) 成果との関連

次に、デザイン思考の組織導入が企業経営成果に与える影響を確認した。英国デザインカウンシルの2012年の調査では、組織のデザインへの投資は、売上高に関して20倍の向上効果があり、利益に関して4倍、輸出に関して5倍の向上効果が確認されている。そこで、デザイン思考の組織導入程度別に、デザイン思考導入による売上高、利益率、市場創造の実現程度の増加について確認した。それぞれ5段階尺度によって回答を得た。

売上高伸張については、導入・定着組織では、増加しているが14.3%、やや増加しているが28.6%である。また利益率については、増加しているが28.6%、やや増加しているが42.9%である。また、市場創造の程度については、増加しているが42.9%、やや増加しているが57.1%である。特に市場創造に対して効果が確認できる。

| | 全体(件数) | 増加した(%) | どちらかといえば増加した(%) | 変わらない(%) | どちらかといえば減少した(%) | 減少した(%) |
|--------------------------|--------|---------|-----------------|----------|-----------------|---------|
| 既に取り入れて浸透・定着している | 48 | 6.3 | 16.7 | 72.9 | 4.2 | - |
| 試行的に取り入れているが、浸透・定着はしていない | 7 | 14.3 | 28.6 | 57.1 | - | - |
| 取り入れていない | 41 | 4.9 | 14.6 | 75.6 | 4.9 | - |
| | 0 | - | - | - | - | - |

図表 3 デザイン思考導入水準とデザイン思考導入による売上高の増加程度

| | 全体(件数) | 増加した(%) | どちらかといえば増加した(%) | 変わらない(%) | どちらかといえば減少した(%) | 減少した(%) |
|--------------------------|--------|---------|-----------------|----------|-----------------|---------|
| 既に取り入れて浸透・定着している | 48 | 6.3 | 25.0 | 60.4 | 8.3 | - |
| 試行的に取り入れているが、浸透・定着はしていない | 7 | 28.6 | 42.9 | 28.6 | - | - |
| 取り入れていない | 41 | 2.4 | 22.0 | 65.9 | 9.8 | - |
| | 0 | - | - | - | - | - |

図表 4 デザイン思考導入水準とデザイン思考導入による利益率の増加程度

| | 全体(件数) | 増加した(%) | どちらかといえば増加した(%) | 変わらない(%) | どちらかといえば減少した(%) | 減少した(%) |
|--------------------------|--------|---------|-----------------|----------|-----------------|---------|
| 既に取り入れて浸透・定着している | 48 | 8.3 | 35.4 | 56.3 | - | - |
| 試行的に取り入れているが、浸透・定着はしていない | 7 | 42.9 | 57.1 | 28.6 | - | - |
| 取り入れていない | 41 | 2.4 | 31.7 | 65.9 | - | - |
| | 0 | - | - | - | - | - |

図表 5 デザイン思考導入によるデザイン思考導

3 デザイン思考の組織への浸透・定着水準の測定は、次のような設問と選択肢を提示した

「貴社では、経営に「デザイン思考」を取り入れていますか。また取り入れているとすればどの程度、浸透・定着していますか?」あてはまるものを1つ選択してください。

入による市場創造の実現程度

次に、デザイン思考を導入し、導入・定着組織と未浸透・未定着組織の間に、売上高の増加、利益率の増加、市場創造の実現の増加程度について差の検定を実施した。その結果、市場創造の増加、売上高の増加について有意な差が確認できた。

| | 浸透・定着(平均値) | 未浸透・未定着組織(平均値) | t値 | P値 |
|-------|------------|----------------|------------|---------|
| 市場創造 | 1.571 | 2.634 | -4.859 *** | 0.126% |
| 売上増加 | 2.000 | 2.829 | -2.5607 * | 3.751% |
| 利益率増加 | 2.429 | 2.805 | -1.2068 | 26.672% |

1%以下*** 5%以下** 10%以下*

図表 6 デザイン思考の導入成果の浸透・定着組織と未浸透・未定着間の差の検定

デザイン思考は企業経営においてゼロから1を生み出す市場創造に有効であるとされている(Brawn 2009, Blank 2016)。調査結果は、あらためてデザイン思考の有効領域が、市場創造であり、市場創造を通じた売上増加に有効であることを裏付ける結果となった。デザイン思考の導入による期待効果は、組織全体への短期的な売上増加、利益率向上ではなく、市場創造とすることが重要である。つまり従来の思考法とデザイン思考は目的によって使い分けることが重要であり、正しい使い分けが期待する効果と実現の適合につながる。このことは正しい使い分けをしている組織がデザイン思考の浸透・定着を促進し、正しい評価と効果につながる。

2) 組織内行動の把握

デザイン思考を「既に取り入れて定着している」組織が、売上、新規事業開発の増加をあげていることが確認できている。一方で、デザイン思考の組織への導入を試みたものの、導入・浸透に至らない「導入・浸透途上組織」が存在する。ここからは、導入した企業における導入・定着グループと、導入したものの未定着・未浸透グループとの、組織内の行動、思考、仕組みに関する比較を行う。そして比較を通じた相

- 1:既に取り入れて浸透・定着している
- 2:試行的に取り入れているが、浸透・定着はしていない
- 3:まだ取り入れていないが、今後取り入れることを検討している
- 4:取り入れることを検討していないし、予定もない
- 5:わからない

互の差異を確認する。そして、明らかになった違いからデザイン思考を組織に導入する障害および導入を促進するための要件について考察する。

3) デザイン思考の浸透・定着グループと、非浸透・非定着グループの行動の違い

デザイン思考を浸透・定着させている組織と非浸透・非定着組織の行動面での違いについて、①デザインに関する経営への役割期待、②デザイン行動の標準化、③人間中心のマインドセット、④導入効果測定・教育の仕組み、⑤経営者のデザインに関する資質と行動、⑥デザイナーの活用領域の観点から確認する。回答は、それぞれの測定領域における設定した項目について、自身の組織にあてはまる項目を複数選択可能な方式によって得た。

①デザインに関する経営への役割期待

組織がデザインに対してどのような役割を期待しているかは、デザイン思考を組織に導入した場合に成果に影響を及ぼすことが予想される。そこで、個々の組織が期待するデザインの役割を、該当する項目を複数選択可能な回答方式により確認した。

| | | 浸透・定着 (平均値) | 未浸透・未 定着組織 (平均値) | t値 | P値 |
|--------------------------------------|--|----------------|------------------------|------------|---------|
| デザイン に関する 経営 への 役割 期待 | 色彩、形状、外観を よりよくする | 0.857 | 0.854 | 2.306 | 98.243% |
| | 製品、サービスの 対象となる人々の 新たな体験を創造 する | 1.000 | 0.780 | 2.0211 *** | 0.175% |
| | 顧客の新たな体験 を実現する製品、 サービスのブランド 管理方法を創造す る | 0.857 | 0.659 | 2.2281 | 24.649% |
| | 顧客の新たな体験 をビジュアルで表現 する | 0.857 | 0.585 | 2.2281 | 12.582% |
| | 新たな顧客を創造 する | 0.857 | 0.585 | 2.2281 | 12.582% |

1%以下*** 5%以下** 10%以下*

図表 7 デザインに関する経営の役割期待の差の検定

4 デザインを製品、サービスの一部としての役割から、デザインの持つ特性を理解し、より経営全体に活用して行くことが「デザイン経営」(経産省)などには求められている。組織にデザイン思考を浸透させるためには、デザインを体験創造、表現に活用し、顧客創造の役割を担うものとして位置付けることが必要である。

5 初期段階でのプロトタイプ活用、多様なバックグラウンドをもつ

デザイン思考浸透・定着組織と未浸透・未定着組織との差を確認した。色彩・形状・外観をより良くする役割は、両者ともサービスデザインが無く、多くの企業が役割を提供していることがわかる。一方、有意な差が確認されたのが、デザインの役割として、「製品、サービスの対象となる人々の新たな体験を創造する」である(1%有意)。我が国では、色彩・形状・外観をより良くすることは一般的に浸透している。欧米におけるデザインの定義と比較して、狭義のデザインに関する定義とされる。デザインに期待する役割を、狭義のデザインの役割だけでなく、製品、サービスの対象となる人々の体験を創造する役割として位置付けていることが明らかになった。新たな体験を創造する役割をデザインに与えることによって、対象とする人々の体験を創造することが意識され「人間中心の行動」の実現を通じた、組織浸透につながることを示唆された⁴。

②デザイン行動の組織への浸透

デザイン思考では人間中心の思考に加えて、チームによる思考、非言語による表現の活用(ビジュアル思考)が積極的に活用する。デザイン思考の特徴的行動が組織に浸透しているかを確認した⁵。さらに、組織階層におけるデザイン思考の浸透を確認するため、戦略レベル⁶でのデザイン思考活用、業務プロセスレベルでのデザイン思考活用⁷、色・形状レベルでのデザイン思考の活用⁸に関して組織への浸透を確認した。

デザイン思考の特徴的な行動である、開発初期段階におけるプロトタイプの利用、多様なメンバーによるチーム編成が、浸透・定着グループと未浸透・未定着グループとの間に有意な差が確認された。また、製品開発へのデザイン活用だけではなく経営水準へのデザイン活用にも有意な差が確認された。デザイン思考の浸透にはデザインを色・形状をより良くする手段として位置付けるのではなく、企業経営の戦略上どのように活用して行くのか位置づけが必

人の参加

6 自社の戦略要素としてデザインを活用、デザイン経営推進組織にデザイナーを活用((6)デザイナーの活用領域においても使用)

7 開発プロセスにおけるデザインの活用、問題解決におけるデザインの活用、定型化された進め方の中でデザインを活用

8 仕上げ、形状、スタイリング、グラフィックとしてデザインを活用

要であることが示唆された。またそのためには、デザインを理解した人材をデザイン推進組織に活用することが必要であることが示されている。

今回の調査では有意な差が認められなかったが、注目すべき点は、浸透・定着しているグループがデザインを定型化された方法で行っているとは限らないことである。非浸透・非定着グループがデザインを定型化された方法で進めていることが多い傾向がある。デザイン思考を浸透・定着させる上では、固定的な方法を繰り返すのでは無く、案件や対象とする問題に対してデザインの方法を変化させることができることが重要である可能性がある。

| | | 浸透・定着 (平均値) | 未浸透・未 定着組織 (平均値) | t値 | P値 |
|-------------------|------------------------------------|----------------|------------------------|-----------|--------|
| デザイン 行動の組織への浸透 | 開発の初期段階でプロトタイプを活用している | 1.000 | 0.512 | 6.172 *** | 0.00% |
| | 開発には様々なバックグラウンドを持つ人が参加する | 0.857 | 0.341 | 3.196 *** | 0.01% |
| | 自社の戦略要素としてデザインを活用している | 1.000 | 0.463 | 6.806 *** | 0.00% |
| | デザイン経営推進組織にデザイナーを活用している | 0.714 | 0.073 | 3.393 ** | 1.16% |
| | 定型化された進め方の中でデザインを進めている | 0.286 | 0.537 | -1.251 | 24.64% |
| | 仕上げ、形状、スタイリング、グラフィックとしてデザインを活用している | 0.714 | 0.634 | 0.402 | 40.16% |

1%以下*** 5%以下** 10%以下*

図表8 デザイン行動の組織浸透の差の検定

③人間中心のマインドセット

デザイン思考では、人間中心に思考するマインドセットを実践することが重要であるとされている。人間中心の行動および行動を促進、定着させる仕組みにわけて確認をした。

デザイン思考では共感の重要性と共感の手段としての観察の重要性が指摘されている (Brown2009, Kelly and Kelly 2013)。今回の調査では、浸透・定着組織と未浸透・未定着の組織では、この2つの行動に明確な差を確認することができた。顧客への共感は容易ではないが、共感を大切にしている行動を継続することが共感に近づく。同時に共感を大切にしているが故に観察の大切にしている行動が生まれると考えることができる。

また、人間中心の行動を促進するためには、仕組みの重要性も確認された。製品開発にユーザーが参

加できる仕組み、協働できる仕組み、ユーザーと日常的にコミュニケーションできる仕組みの存在について、浸透・定着組織と未浸透・未定着の組織での差を確認することができた。このことから、デザイン思考の浸透・定着には、人間中心の行動を実践が重要であることが確認され、同時に人間中心の行動の実践には、仕組みの整備が必要であることが示唆された。

| | | 浸透・定着 (平均値) | 未浸透・未 定着組織 (平均値) | t値 | P値 | |
|------|-----|------------------------|------------------------|-------|-----------|--------|
| 人間中心 | 行動 | ユーザーの観察を大切にしている | 1.000 | 0.415 | 2.021 *** | 0.000% |
| | | 顧客に共感することを大切にしている | 1.000 | 6.806 | 6.806 *** | 0.000% |
| | 仕組み | 製品開発にユーザーに参加してもらっている | 0.857 | 0.220 | 4.058 *** | 0.285% |
| | | 顧客と日常的にコミュニケーションできる仕組み | 0.857 | 0.415 | 1.812 ** | 2.158% |
| | | 顧客の日常を観察できる仕組み | 0.714 | 0.293 | 1.860 * | 6.582% |
| | | 顧客と協働する仕組み | 0.857 | 0.390 | 1.812 ** | 1.650% |

1%以下*** 5%以下** 10%以下*

図表9 人間中心行動と行動を支える仕組みの差の検定

④導入効果測定・教育の仕組み

デザイン思考の組織導入においては、デザイン思考を正しく理解し、組織に普及、浸透させていく人材の育成が不可欠である。

デザイン思考を浸透・定着組織では、デザイン人材をマネジメントできている。デザイン人材のマネジメントを支えるのが、デザインに関する教育プログラムの存在であり、その更新、推進担当の存在である。そして教育プログラムの更新・見直しを支えるためデザイン思考の導入効果を測定する方法を確立していることが示唆された。

| | | 浸透・定着 (平均値) | 未浸透・未 定着組織 (平均値) | t値 | P値 |
|-------------|---------------------------------|----------------|------------------------|-----------|--------|
| 効果測定・教育の仕組み | 効果測定方法確立 | 0.714 | 0.317 | 2.000 * | 8.046% |
| | デザインに関する教育プログラムの存在 | 0.714 | 0.317 | 2.000 * | 8.046% |
| | (デザイン)教育プログラムの更新・見直し担当の存在 | 0.571 | 0.146 | 2.028 * | 8.216% |
| | (デザイン)教育プログラム推進担当の存在 | 0.714 | 0.195 | 1.860 ** | 3.222% |
| | デザイン人材をマネジメントできている(育成・採用・配置・評価) | 1 | 0.122 | 16.97 *** | 0.000% |

1%以下*** 5%以下** 10%以下*

図表10 デザイン思考導入における効果測定、教育の

仕組みの差の検定

⑤経営者のデザインに関する資質と行動
 デザイン思考を浸透・定着している組織は、経営者のデザインへの関与だけでなく、関与の内容も重要であることが示された。すなわち、経営者がデザインの経営への有効性を理解した上で関与すること、有効性を理解したデザインを担当する役員の設置など重要であることが示唆された。

| | | 浸透・定着 (平均値) | 未浸透・未 定着組織 (平均値) | t値 | P値 |
|-----------------------------------|--------------------|----------------|------------------------|----------|---------|
| 経営者の デザインに 関する 資質と 行動 | デザイン担当の役員 | 0.571 | 0.122 | 2.155 * | 6.808% |
| | 経営層がデザインに積極的に関与 | 0.714 | 0.366 | 1.746 | 11.891% |
| | 経営者のデザインの経営への有効性理解 | 0.714 | 0.146 | 2.947 ** | 2.149% |
| | 経営者によるデザインに関する情報発信 | 0.571 | 0.073 | 2.417 ** | 4.632% |

1%以下*** 5%以下** 10%以下*

図表 11 経営者のデザインに関する資質と行動の差の検定

⑥デザイナーの活用領域

デザイン思考の組織導入において、その推進に重要な役割を果たすのがデザイナーである。組織に導入においては、デザイナーをどのように位置付けて組織的な浸透・定着の役割を担ってもらうのかを設定することが重要である。今回の調査では、開発する製品やサービスのスペック決定後の後工程において、デザイナーを部分的に活用するのではなく、デザインを経営全体の領域にまで関与してもらう役割を与えることや、デザインに関する責任者を設置することの重要性が示唆された。

| | | 浸透・定着 (平均値) | 未浸透・未 定着組織 (平均値) | t値 | P値 |
|--|---------------------|----------------|------------------------|-----------|--------|
| デザ イ ナ ー の 活 用 対 象 | 新製品の開発にデザイナーを活用 | 0.833 | 0.450 | 2.075 * | 7.663% |
| | デザインに関する責任者 | 1.000 | 0.439 | 7.149 *** | 0.000% |
| | デザイン経営推進組織にデザイナーを活用 | 0.667 | 0.075 | 2.752 *** | 0.000% |

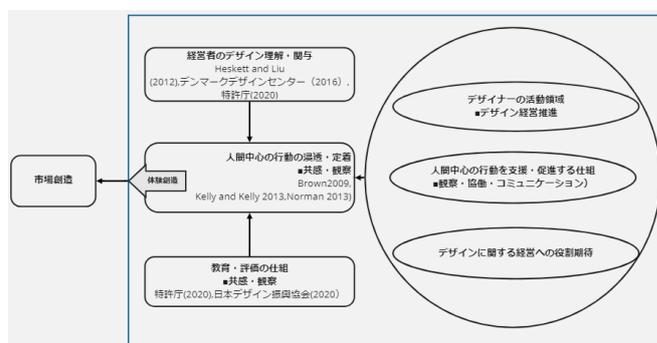
1%以下*** 5%以下** 10%以下*

図表 12 デザイナーの活用対象の差の検定

5. 結論

創造性を高める思考法であるデザイン思考を導入した組織の中で、浸透・定着グループと、未浸透・未定着グループの差異を、①成果、②デザインに関する経営への役割期待、③デザイン行動の組織への浸透、④人間中心のマインドセット、⑤導入効果測定・教育の仕組み、⑥経営者のデザインに関する資質と行動、⑦デザイナーの活用領域の観点から確認した。

今回調査から、デザイン思考を組織に導入し市場創造の成果につなげるためには、次の3点が重要であることを確認した。1) デザインに関する経営への役割を色・形状を整えることから体験を創造することに設定する。2) 人間中心の行動を支援・促進する人間の観察、協働、コミュニケーションが実現できる仕組みの構築。3) その実現には、経営者がデザインの特性と経営における有用性を理解することデザイナーの持つ能力を活用する。そして、デザイン人材の教育とデザイン思考の評価の仕組みを構築、連携することが必要である。



図表 13 デザイン思考の組織導入における浸透・定着要因

6. 参考文献

[1] 安西 祐一郎(1985), 『問題解決の心理学—人間の時代への発想』、中公新書。
 [2] 石井淳蔵 (2009), 『ビジネスインサイト—創造の知とは何か』、岩波新書。
 [3] 石井淳蔵 (1993, 2004), 『マーケティングの神話』、岩波文庫。
 [4] 小川進(2000), 『イノベーションの発生論理』千倉書房。

[5] 小川進(2013),『ユーザーイノベーション』東洋経済新報社。

[6] 鈴木宏昭(2016a)『教養としての認知科学』、東京大学出版会。

[7] 鈴木宏昭(2016b),「プロジェクト科学の展望」,日本認知学会第33回大会予稿集 pp. 41-46。

[8] 諏訪正樹(2016),『「こつ」と「スランプ」の研究』,講談社。

[9] 諏訪正樹(2018),『身体が生み出すクリエイティブ』,ちくま書房

[10] 竹田陽子(2016),「イノベーション創出過程におけるプロジェクト」,2016年日本認知科学会第33回大会予稿集 pp. 41-46。

[11] 廣田章光(2017a),「ニーズとソリューションの同時性と対話のトライアングルユーザー・イノベーションによる踏み間違い動作を解消する自動車ペダル「ナルセペダル」の開発」,廣田章光,マーケティング・ジャーナル 36(4) pp. 6-23。

[12] 廣田章光(2017b),「開発焦点の収束・拡散とプロトタイプング」,廣田章光,日本認知科学会予稿集第34回大会, pp. 666-672。

[13] 廣田章光(2019),「イノベーションにおける「実験行動」の効果ープロジェクト(投射)と対話視点による考察」日本商業学会2019年度全国研究大会報告論集,日本商業学会, pp. 236-244。

[14] 廣田章光(2019),「デザイン・ドリブン型開発における対話構造の解明ー対話とピボット(Pivot)による考察ー」,日本認知学会第36回大会予稿集 pp. 209-215。

[15] Brown, Tim(2009) *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*, Harper Business (千葉敏生訳『デザイン思考が世界を変える』早川書房)。

[16] Dyer, Jeff, Hal Gregersen, Clayton M. Christensen (2011) *The Innovator's DNA: Mastering the Five Skills of Disruptive Innovators*, Harvard Business School Press. (櫻井 祐子訳(2012),『イノベーションのDNA』,翔泳社)

[17] Furr, Nathan, Jeff Dyer and Clayton M. Christensen (2014), *The Innovator's Method: Bringing the Lean Start-up into Your Organization*, Harvard Business Review Pres. (新井 宏征訳(2015),『成功するイノベーションはなにが違うのか?』,翔泳社)

[18] Hirota, Akimitsu(2018), Effect of "prototyping stage" for "Need-Solution Pairs" in design thinking, ISPIIM innovation conference 2018.

[19] Hirota, Akimitsu(2017a), "The prototype used in the

implementation of the "Need-Solution Pairs" - The prototype use of single-user and multi-user to relate ", 14th Open and User Innovation Society Meeting 2017.

[20] Hirota, Akimitsu(2017b), "The prototype used in the implementation of the "Need-Solution Pairs" - The prototype use of single-user and multi-user to relate ", 14th Open and User Innovation Society Meeting 2017.

[21] Hirota, Akimitsu (2019), Pivot chain to create the pairing in Needs solutions pairs": G-Shock 1st model development by design thinking approach, ISPIIM innovation forum 2019.

[22] Hirota, Akimitsu, Masaaki Takemura, Manabu Mizuno (2017), Design Prototyping: Reducing the uncertainty in "fuzzy front end" stage of product development", ISPIIM innovation forum 2017.

[23] Kelly, T., & Kelly, D. (2013). *Creative confidence*, New York, NY :Fletcher and company.

[24] Norman, D.(2013). *The Design of Everyday Things: Revised and expanded edition*, Basic Books.

[25] Planzi, M.(1966), *The tacit dimension*, (高橋勇夫訳(2003),『暗黙知の次元』,ちくま学芸文庫)。

Schoen, D.A. (1983). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, London :Routledge.

[26] Sarasvathy, S.(2009). *Ectuation: Elements of entrepreneurial expertise*, Cheltenham, United Kingdom :Edward Elgar Pub.

Schumpeter, Joseph A.(1926) *The Theory of Economic Development*, Cambridge, MA Harvard University Press (塩野谷 祐一・中山伊知郎・東畑精一訳(1977)『経済発展の論理』岩波文庫)。

[27] Ries, Eric(2011), *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*, Currency. (井口 耕二訳『リーン・スタートアップ』,日経 BP 社)

[28] Steinert, Martin and Larry Leifer(2012)"Finding One's Way": Re-Discovering a Hunter-Gatherer Model based on Wayfaring", *International Journal of Engineering Education* Vol. 28, No. 2, pp. 251-252.

[29] Verganti, Roberto(2009), *Design driven innovation: changing the rules of competition by radically innovating what things mean*, Harvard Business Press.

[30] Verganti, Roberto(2016), *Overcrowded: Designing Meaningful Products in a World Awash with Ideas*, MIT Press.

[31] Von Hippel E.(1998)"Economics of Product Development by Users: Impact of "Sticky" Local Information, *Management Science*, vol. 44, No. 5 (May) p. 629-644.

[32] Von Hippel E.(2005) *Democratizing Innovation*, MIT Press. (サイコムインターナショナル訳(2005),『民主化するイノベーションの時代』,ファーストプレス)

[33] Von Hippel E. and G.Von Krogh (2016)

"CROSSROADS—Identifying Viable “Need–Solution Pairs”-
Problem Solving without Problem Formulation" Organization
Science 27(1) pp.207-221.

L2 音声知覚マップにおける L1 目録の影響

日本語母語話者と中国語母語話者の英語摩擦音知覚の比較

The Influence of L1 Inventory on L2 Speech Perception Maps: A Comparison of English Fricative Perception between Native Japanese and Chinese Speakers

川崎 貴子, 田中 邦佳
Takako Kawasaki, Kuniyoshi Tanaka

法政大学
Hosei University
kawasaki@hosei.ac.jp

概要

本論文では L2 での音声間の知覚的な距離に L1 の影響がみられるのかを、日本語母語話者と中国語母語話者を対象とした英語子音の知覚混同実験を行い、調査した。中国語には日本語よりも多くの摩擦音が存在するため、中国語母語話者はより仔細に摩擦音の弁別ができると予想した。両群の混同傾向の結果を比較したところ、L1 の摩擦音の配置が L2 の知覚マップに影響しており、中国語における coronal 後部エリアの摩擦音の多さが知覚の精密さにつながっていると考えられる。

キーワード：L2 音声習得, 音声学

1. はじめに

言語はそれぞれ異なる「音の目録」(sound inventory) を持っており、第二言語 (L2) 音声習得では、知覚・生成の両方において、母語 (L1) の音の目録が影響する。L1 に無い音、または L1 とは異なる環境で現れる音については、L2 でのエラーにつながることは広く知られている [1][2][3][4]。本論文では学習者の L1 が異なる場合、L2 音の知覚における類似性マップがどのように異なるのか、そしてそのマップに L1 の影響が見られるのかを、知覚混同実験により調査した。

川崎ら (2019) では日本語が母語の英語学習者 (JLE) を対象に、英語圏への「留学経験のある群」と「無い群」に対し、英語の主に摩擦音の知覚混同実験をおこない、L2 習得が進むに連れて子音の混同傾向に変化が見られ、音声の知覚的類似性マップが再構築されていることを明らかにした [5]。

本論文では、川崎ら (2019) にておこなったものと同じ英語の摩擦音を中心とした知覚混同実験を、中国語

を母語とする英語学習者 (CLE) を対象におこなった。そして川崎ら (2019) で得られた JLE の知覚混同結果と、CLE との結果を比較することにより、子音の知覚的類似性マップが学習者の L1 によってどのように異なるのかを比較した。中国語には日本語よりも多くの摩擦音が存在するため、CLE は L1 の知覚マップ上の摩擦音間の距離が JLE の場合よりも広く、その結果 CLE はより仔細に摩擦音の弁別ができるのではないかと予想した。

2. 方法

本研究では、日本の大学・大学院に在籍する 10 人の CLE を参加者とし、川崎ら (2019) にて JLE を対象に行ったものと同じ知覚混同実験を行った。知覚混同実験は、Miller & Nicely [6] による手法を改変したものであった。

CLE 群の参加者は全て中国語の共通語に加え、北方方言を母語とする話者であった。CLE の対象者は全て高校までの英語の課程を中国で終えた大学生、大学院生であり、英語圏への留学経験はなかった。また、10 名は全て母語に加え、英語と日本語を L2 として学んでおり、実験参加時には日本の大学生、または大学院生であった。一方、比較対象とした川崎ら (2019) の参加者群は、英語圏への留学経験の無い (NoSA 群) 東京都内の大学生 29 名であった。

実験は Inquisit および PC を用いて実施した。各試行において英語母語話者による「Now I say [CV 構造の無意味語]」という発話が音声呈示され、参加者は呈示された無意味語と同一の子音で始まる単語を、画面上にボタン形式で視覚提示された選択肢から選んで回答した。刺激として用いた無意味語は、子音 (C) に /f, θ, s, ʃ, t/ の 5 音と母音 (V) に /a, i/ の 2 音

を組み合わせた合計 10 語であった。呈示された刺激語を含む発話文は、アメリカ英語を母語とする話者によるものであった。選択肢のボタンとして呈示された単語は、6 語の実在語 (“sand”, “tank”, “thank”, “fan”, “shine”, “child”) であった。呈示された刺激音に摩擦音に加えて t が含まれているのは、s と調音点が同じ音であり、また、θ が s, t と混同されることが L2 ではよく起こることが報告されているためである[8][9]。また、選択肢の語に tʃ から始まる語は、ʃ と調音点が同じであるため、混同される可能性を考慮して追加した。実験の指示文は、川崎ら (2019) と同様の内容を標準中国語で記述した物を使用した。

例えば、本実験の 1 つの試行においては、“Now I say [sa]” という発話を音声呈示した。この音声に対しては、無意味語の刺激語部分の最初の子音、つまり [s] から始まる “sand” が正解の選択肢となる。回答方法が複雑であるため、実験の最初には 4 問から成る練習セッションを設け、この練習試行に全て正答した場合にのみ、実験セッションに進むよう構築した。また、高次の音韻処理がなされるように、通常の発話刺激に加え、刺激音にバブルノイズを 2 種類の S/N 比 (0dB, 15dB) で重ねた音声も呈示した。音声刺激の作成には、Praat [7] を使用した。1 人の参加者につき 10 語の無意味語を埋め込んだ音声を、1) バブルノイズ無し、2) 0dB のノイズ有り、3) 15dB のノイズ有りの 3 つのセクションに分け、1), 2), 3) の順で合計 30 文の音声を呈示した。

3. 結果

川崎ら (2019) での JLE の結果と同様に、本実験においてもノイズの影響は見られなかったため、3 つのセクションで得られた回答を統合して分析を行った。川崎ら (2019) に示された JLE による混同結果、および本実験にて得られた CLE の混同結果を、話者の L1 と呈示した無意味語の母音別にまとめたものが以下の表 1, 表 2 である。また、図 1, 2 は母音別の正答率を L1 間で比較したグラフである。t で始まる ta, ti が刺激音の場合にはどちらの子音環境でも正答率が大変高かったため、グラフでは摩擦音の 4 つのみを比較した。本論文での JLE の Confusion Matrix (表 1, 表 2) は、川崎ら (2019 : 705), JLE の正答率 (図 1, 図 2) は川崎ら (2019 : 703) を改編したものである。

表 1. [a] が後続する無声摩擦音に対する選択率

| JLE | 回答で選択された音 | | | | | |
|-----|-----------|---------------|---------------|---------------|----------------|-------|
| | fa | θa | sa | ʃa | ta | tʃa |
| 刺激音 | fa | 73.56% | 21.84% | 4.60% | 0.00% | 0.00% |
| | θa | 20.69% | 65.52% | 12.64% | 0.00% | 1.15% |
| | sa | 0.00% | 12.64% | 87.36% | 0.00% | 0.00% |
| | ʃa | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 0.00% |
| ta | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 0.00% |

| CLE | 回答で選択された音 | | | | | |
|-----|-----------|---------------|---------------|---------------|----------------|-------|
| | fa | θa | sa | ʃa | ta | tʃa |
| 刺激音 | fa | 86.67% | 6.67% | 6.67% | 0.00% | 0.00% |
| | θa | 16.67% | 56.67% | 20.00% | 0.00% | 6.67% |
| | sa | 0.00% | 13.33% | 86.67% | 0.00% | 0.00% |
| | ʃa | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 96.67% | 0.00% |
| ta | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 0.00% |

表 2. [i] が後続する無声摩擦音に対する選択率

| JLE | 回答で選択された音 | | | | | |
|-----|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| | fī | θi | si | ʃi | ti | tʃi |
| 刺激音 | fī | 27.59% | 45.98% | 11.49% | 12.64% | 2.30% |
| | θi | 12.64% | 68.97% | 5.75% | 10.34% | 1.15% |
| | si | 0.00% | 16.09% | 45.98% | 36.78% | 0.00% |
| | ʃi | 0.00% | 2.30% | 17.24% | 77.01% | 0.00% |
| ti | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 97.70% | 2.30% |

| CLE | 回答で選択された音 | | | | | |
|-----|-----------|---------------|---------------|---------------|----------------|-------|
| | fī | θi | si | ʃi | ti | tʃi |
| 刺激音 | fī | 66.67% | 30.00% | 3.33% | 0.00% | 0.00% |
| | θi | 36.67% | 56.67% | 6.67% | 0.00% | 0.00% |
| | si | 0.00% | 20.00% | 76.67% | 3.33% | 0.00% |
| | ʃi | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 0.00% |
| ti | 3.33% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 96.67% | 0.00% |

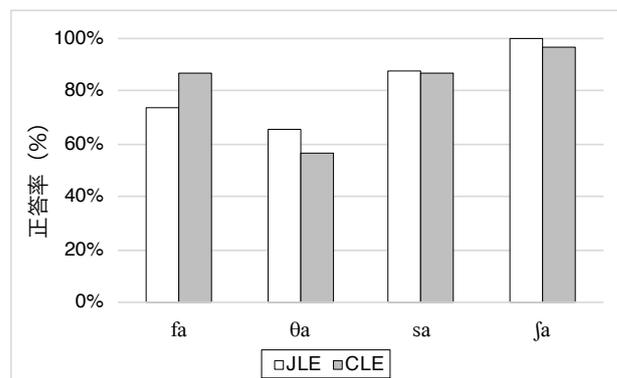


図 1. 後続母音が [a] の子音別正答率

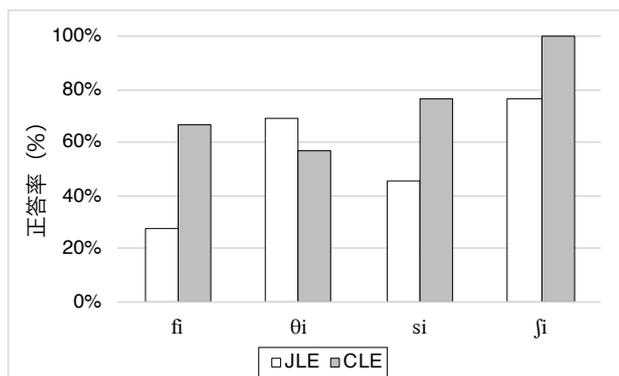


図2. 後続母音が [i] の子音別正答率

刺激語の母音が /a/ の場合には、どの子音においても JLE と CLE の間の正答率に大きな差は認められなかった (図1). しかし、θa の混同の対象が両話者群の間で異なることがわかった (表1). JLE は、θa を fa > sa の順で混同する傾向にある一方、CLE は sa > fa の順で多く混同する傾向がみられた. この違いは L1 の音声目録に起因するのではないかと考えられる. f と θ は、音響的には似た音ではあるが中国語の音節には日本語には存在しない fa が存在するため、CLE は L1 に存在する fa と L1 には存在しない θa の違いを JLE よりも知覚的に区別しやすかったのかもしれない.

/i/ が後続する場合には、/a/ が後続する場合に比べ、どちらのグループにおいても混同エラーが多く見られたが、CLE よりも JLE でより混同率が高かった. si と ji を比較すると、呈示音が si の場合には、JLE の正答率は 45.98% で、ji との混同が多く見られた (36.78%). 日本語では、/s/ に /i/ が後続する場合には、/s/ が [ç] へと硬口蓋化する. この音韻変化が反映され、JLE では si を ji と混同する割合が高かったと考えられる. 一方、呈示音が ji の場合には 77.01% と正答率が高く、si を選択する誤答は 17.24% であった. このことから、JLE は si と ji を混同する傾向があるが、その混同は非対称であり、si と ji のどちらも ji と知覚する傾向にあることが分かる (川崎ら, 2019). CLE でも si の混同は見られたが、θi と混同する割合が高かった. また、CLE では、ji の正答率は 100% であり、他の子音との混同は見られなかった. 中国語には ʃ は存在しないため、ji は存在しない音節であるが、post-alveolar から palatal の coronal の後部エリアで palato-alveolar の /ç/ および retroflex の /ʃ/ が存在することから、coronal 後部エリアの摩擦音の調音点は細かく区別され、弁別可能なのかもしれない. また中国語では si の連続では母音が apical に変化するため、中国語においては si も存在

しない音節である [10]. si の正答率は 76.67% と高かったが、JLE に見られたような post-alveolar の ji との混同はあまり見られず (3.33%), θi と混同する割合が高かった (20.0%). この傾向も中国語の coronal 後方の摩擦音の対立が多いことが影響しているのかもしれない. CLE の L1 である中国語では口腔内前方の摩擦音の数は多いわけではなく、coronal 後部エリアを調音点とする摩擦音が多い. よって口腔内前方を調音点とする L2 音では他の子音との混同を起こすが、L1 の摩擦音の数が多き後方の子音では混同が起こらないのではないかと考えられる.

このように、日本語母語話者と中国語母語話者の英語摩擦音の混同傾向を比較した結果、L1 の摩擦音の配置が L2 の英語の知覚マップに影響しており、中国語における coronal 後部エリアの摩擦音の多さが音声知覚の網目を細かくし、それが知覚の精度に繋がっていると考えられる.

4. 本研究の問題点と課題

本研究では、対象とした 2 群がほぼ同程度の英語発達段階にあるとするための共通テストなどを行っておらず、両群はそれぞれの中国、または日本で高校課程までの英語教育を受けたこと、英語圏での滞在経験が無いことの 2 点にのみ基づき、英語力のレベルが同程度であるとの仮定し、比較を行なった. また、CLE 群は中国語・英語に加え、日本語を L2 として学習しており、日本語を習得していることが知覚マップに影響したことも十分考えられる.

さらに、本研究では 2019 年の川崎らによる研究結果との比較を行うため、同様の刺激を使用することとどめたが、i, a での結果に違いが見られたため、さらに異なる母音環境での刺激も含めた包括的な実験を、英語のみを L2 として学んでいる中国語母語話者を対象に行い、日本語母語話者・英語母語話者との比較を行うことで、母語の音素配列の影響の比較を行う必要がある.

5. まとめ

本論文では母語の音の目録が L2 音の知覚マップに影響するのかどうかを明らかにするため、知覚混同実験を行った. その結果、子音に a が後続する場合には母語の差はほとんど見られなかったが i が後続する場合には母語の影響が見られ、中国母語話者の方が正答

率が高かった。特に中国語に存在する f の正答率は中国語話者において高かった。また、si の混同傾向は日本語母語話者のものとは異なり、日本語母語話者は ʃ との混同が多かったが中国語母語話者は ʃ との混同はほぼ見られず、θ との混同が多く見られた。これは ɕ, ʂ と後方の sibilant が中国語の目録に多いことが影響した結果なのでは無いかと考えられる。

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究 C）（「L2 習得過程における音韻処理変化と知覚スペースの再調整」課題番号:18K00848）の助成を受けたものである

本研究のアブストラクトにコメントをくださったお二人の査読者に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Best, C. T. (1995). “A direct realist view of cross-language speech perception”, *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross-language research*. Wnifred Strange ed., Timonium, MD: York Press, pp. 171-204.
- [2] Flege, J. E. (1995). “Second language speech learning Theory, findings, and problems”, In W. Strange (Ed.), *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross- language research*, Baltimore: York Press. pp. 233-277.
- [3] Brown, C. A. (1998). “The role of the L1 grammar in the L2 acquisition of segmental structure”, *Second Language Research*, Vol. 14 (2), pp. 136–193.
- [4] Strange, W. (2011). Automatic selective perception (ASP) of first and second language speech: A working model. *Journal of Phonetics*, 39, pp. 456-466.
- [5] 川崎貴子・田中邦佳・竹内雅樹・マシューズジョン. (2019). “L2 習得による無声摩擦音知覚マップの再構築”, 日本認知科学会第 36 回大会発表論文集, pp. 698-702.
- [6] Miller, G. A., and P. E. Nicely (1955). “An analysis of perceptual confusions among some English consonants”, *Journal of Acoustical Society of America*, Vol. 27, pp. 338–352.
- [7] Boersma, P. and Weenink, D. (2019). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0.50, retrieved 24 April 2019 from <http://www.praat.org/>
- [8] Hancin-Bhatt, B. (1994). “Segment transfer: a consequence of a dynamic system”, *Second Language Research* Vol.10 (3), pp. 241-269.
- [9] Brannen, K. (2002). “The role of perception in differential substitution”, *Canadian Journal of Linguistics* Vol. 47 (1/2) pp. 1-46.
- [10] Lee-Kim, S, (2014). “Revisiting Mandarin ‘apical vowels’: An articulatory and acoustic study”, *Journal of the International Phonetic Association*, Vol. 44, pp. 261-282.

協調学習の成果を10年後に評価する —「知識構成型ジグソー法」による可搬性とメタ学習— Assessing Outcomes of Collaborative Learning after Ten Years --- Knowledge Constructive Jigsaw for Portability and Meta-Learning

白水 始[†], 齊藤 萌木[‡], 飯窪 真也[‡], 森山 一昌[§]

Hajime Shirouzu, Moegi Saito, Shinya Iikubo, Kazumasa Moriyama

[†]国立教育政策研究所, [‡]東京大学, [§]飯塚市教育委員会

National Institute for Educational Policy Research, The University of Tokyo, Iizuka Municipal Board of Education
shirouzu@nier.go.jp

概要

協調学習は学習成果の可搬性や学び方の学び(メタ学習)を保証するとされるが,どの程度長期間保持されるかは定かではない.本稿では小学校6年生から「知識構成型ジグソー法」授業で学んだ学習者7名に10年後の回顧的インタビューを行った.その結果,自分の言語化や理解内容を中心に体験を想起でき,「話しながら理解を深める学び方」として肯定的に想起されることが示された.この結果は協調学習の成果を示し,教育目標や教育実践研究の在り方に刷新を促す.

キーワード: 協調学習, 知識構成型ジグソー法, 学習評価, 回顧的インタビュー

1. はじめに

本来,教育の成果は教室で与えられた問題に答えを出せることや定期テスト,受験等に使えることを超えて,次の学校段階に進んだ後や社会に出たときでも思い出せ,その場の問題解決や学習に役立てられ,不足があれば自ら課題を見出し修正できるかで評価すべきである.しかし,こうした研究には実時間が掛かるため,ロングタームの学習成果は,その基礎資料すら十分に集まっていない.本研究ではその出発点として,小学校6年生から「知識構成型ジグソー法」[1]という対話型の授業で学んだ学習者とその10年後,21歳になって,何を覚えているのか,その学習経験をどう捉え,他の学び方とどう比較対照していたかを明らかにする.その研究成果は,協調的な学習の成果を示唆するに留まらず,教育目標のビジョンの定め方や学習成果を基にした実践研究のサイクルの在り方を変えていくという実践上の利点を持つと同時に,人の資質・能力の発揮がどれほど環境に依存するものかという認知科学的な問いに基礎資料を提供する研究上の利点ももたらす.

1.1. 背景

学習科学では,学びのゴールを,学んだことの「結果」

として何が起きてほしいかという観点から,学習成果が学んだ場所からそれ以外の場所へと持ち運べる「可搬性(portability)」、必要なときに実際使える「活用可能性(dependability)」、持ち運んだ先で活用する際,必要に応じて作り変えられる「修正可能性(sustainability)」を備えているかで設定する考えが提案されている[2].しかし,このいずれの性質も評価に時間が掛かる—「10年後どうなったかを調べなければ10年かかる」[3]—ため,認知科学・学習科学の分野でも研究は少ない.

可搬性だけを例に取ってみても,人の記憶の状況依存性[4]に鑑みると教室で学んだことを教室外の状況に持ち出すことは難しいと考えられるが,実際に小学校のある教室で学んだことを数か月経って思い出したり,違う学校段階に移った後も覚えていたりするかについて明示的に検討した研究はわずかしかない.それでも,そのわずかな研究から,学習者一人ひとりが学習の主体となって対話を通して学びを深め,その成果を言語化しておくことの有効性,いわゆる「協調学習」が可搬性を保証することが示唆されている[3].

例えば,自分で学習成果をことばにしておくことが小学校6年生の算数授業の5か月後の記述再生に役立つこと,及びその再生内容が授業中の言語化内容と相関すること[5],言語化のための議論に十分な時間をかけることが中学校2年生の理科授業(熱力学の単元)の4年後の高校3年生時のインタビューに反映されること,しかも想起できるだけでなく,高校での化学の学習に結び付けられていたこと[6],小学校4年生時に「仮説実験授業」という学び方で分子論的な見方を繰り返し議論することが7年後の高校2年生まで質量保存の法則の理解として保持されたこと,しかも毎年インタビューでその理解度が上がり続けること(仮説実験授業を受けなかった生徒の理解度は授業を受けた生徒に比して中学2年時で10%以上低く,高校2年になっても上がっていなかった)[7]などが報告されている.

以上の結果を総括すると、特定の授業・単元で教科の本質に迫るような概念を言語化できると、相当長期間にわたってその内容が保持されることが示唆される。しかし、この「長期間」がどの程度なのか、また授業・単元内容を明示的に問う形ではなく、一般的な教示 (general prompt) だけで自発するものなのか、それが複数の学習者に共通して生ずるのかは、明らかでない。平易な例を出せば、誰も子どもの頃の学習体験を一、二点は鮮明に覚えているという感覚があるだろうが、そうした体験記憶がフラッシュバルブ記憶[8]のような社会的に共有された衝撃的な事件以外にあるのかは興味深い所である。

また、協調学習には、「学習プロセスそのものの学習 (メタ学習)」[9]の機会が埋め込まれていることが多い。特に、学習者を主体としない、一方向的な教員の正解伝達型の講義や教員主導の誘導的なグループ学習に慣れている場合、学習者が主体となって、仲間との対話を通して答えを見つけていく学びは、学習者自身の学習観を揺さぶるものとなり得る。具体的には、協調学習の中で許容・歓迎される学び方、すなわち、

- ・ 考えの正誤にこだわらず、自分の考えを述べる
- ・ わからないことは『わからない』と言える
- ・ 自分とは違う仲間の考えも受け入れて、考えをよくする

といった学び方は、強烈な印象を残す可能性がある。しかし、こうした学び方自体が、学習内容と共に想起されるかも、まだはっきりとはわかっていない。それゆえ、例えば現行の学習指導要領において「求められる資質・能力」として「知識・技能の習得」「思考力・判断力・表現力等の育成」「学びに向かう力・人間性の涵養」[10]が挙げられ、それぞれ獲得にかかる時間に応じた表現が下線部の通り使われていても、実際に「学びに向かう力」がどのくらいの時間が掛かって「涵養」されるのかのイメージが社会的に共有されているとは言い難い。

学習科学においても、学びに向かう力などの「資質・能力」は「ストラテジーの束 (bundle of strategies)」としてゼロから加算的に獲得されていくものなのか[11]、それとも、潜在的に誰もが持っているものの発揮する機会がないだけなのか[1, 12]は議論のあるところである。しかし、先ほどの研究事例を見ると、学習経験が高校生大学生に比べて少ないはずの小中学生であっても、協調的な学習環境が適切にデザインされていれば、学びに向かう力を遺憾なく発揮し、学習内容の理解を深められていた。そうだとすれば、小学生でも協調学習は

成立し、その機会が中学・高校・大学と減るに従って、逆に小学生のときの学習内容や学び方を鮮明に覚えているといった結果が得られる可能性もある。

1.2. 研究目的

そこで本研究では、筆者らの実践研究プロジェクト (CoREF プロジェクト)[13]の連携自治体として、10年間に亘って「知識構成型ジグソー法」を用いた協調学習の授業づくり実践に取り組んできた市の7名の学習者に関して、小学生の授業体験から10年後の想起を問う。

ここで「知識構成型ジグソー法」とは、1) 教師から提示された課題について個人で考え、最初の考えを書き出す (プレテスト)、2) グループに分かれて、課題に対してより良い答えを出すためのヒントになる知識を資料などの形で分担して確認する (エキスパート活動)、3) 異なる知識を確認したメンバーが集まって新しいグループを作り、課題解決に取り組む (ジグソー活動)、4) 各グループのその時点での答えをクラス全体で聞き合い、比較吟味する (クロストーク活動)、5) 本時の問いに対する答えを再度個人で書いてみる (ポストテスト)、という5つのステップからなる授業の型である。

これらのステップには、先述の学び方を最大限発揮できる機会が内蔵されている。すなわち、ステップ1において考えた答えはクラスで共有されたり正誤を評価されたりすることはないため、「自らの考えとして表明し保持し作り変える」ことが保証・推奨される。ステップ2は、(課題がクラス全員にとって考える余地のある新規なものであれば) 課題解決に有用な新規情報を得る活動であるため、同じ資料を担当した仲間と「わからないと言い合える」機会となる。加えて、ステップ3ではそれぞれ互いの知らない情報を持ち寄るため、「わからないと言い合う」機会となるし、その資料や仲間の考えを統合することで、「自らの考えをよくする」機会となる。さらに、一連の過程で、同じ問いに対して同じ資料を読んでまとめたはずの仲間 (ステップ3, 5) や他グループ (ステップ4) の考えが微妙に違うことを体験できるため、「違いを受け入れ、活かす」機会も多い。

現場教員は、この手法を自らの授業に合わせて活用するべく、学習課題や教材を作成する。そのために、他の教員や研究者と協働しながら、授業案を作成し、実践して、振り返る「授業研究」を行うが、その展開は自治体ごとに多様である[13]。本研究の対象とした市の場合

は、プロジェクトとの連携 1 年目から小学校中心に積極的に授業手法を採り入れた。それは調査対象者が小学校 6 年生のときに当たるため、対象者は、小学校 5 年生まではこの手法を体験したことがないことになる。一方、市の中学校には、対象者のコホートの時点ではまだ十分には本手法が浸透していなかったため、中学進学後はその授業体験が少なくなり、県立や私立の高等学校進学後及び就職後はその体験は皆無になると想定できる。この状況設定の中で、小学校の頃の本授業体験と学習成果の記憶を問い、実際の授業中の学習過程や学習成果と照合することとした。

以下、2 節で調査対象者 21 歳時点のインタビュー手法、3 節で結果を紹介し、4 節でその結果を小学 6 年生授業での学習内容と照合し、5 節で示唆を得る。

2. 回顧的インタビュー方法

認知科学・学習科学では人の学習成果を 10 年後に回顧的にインタビュー（回顧的インタビュー: retrospective interview）する手法が確立していないこと、及び本インタビューを自治体のエンパワーメントを狙って研究者の支援の下、元学級担任や小学校長に行ってもらったことから、手法は精緻さよりも想起のし易さや自然さなど生態学的妥当性を重視したものとした。また、調査対象者の全学習履歴をライフログ等で取得し、それと突き合わせる形で行う「前向きコホート研究」ではなく、インタビューから得られた情報に従って、授業での学習データを振り返るという「後ろ向きコホート研究」として行ったため、想起が実際の学習歴（いわば正解）と照らして正しいかどうかは決められないという研究上の制限がある。こうした制限の中でも、想起されたことがその実態に照らして妥当かどうか、どの程度詳細か、さらにどのような学習体験として、ある種の感情や評価的態度と共に思い出されるかを明らかにすることを狙った。

2.1. 想起のフィールド

市は、人口 10 万人超、近隣地区の中心となっている都市であり、市内に 2020 年度時点で小学校 19 校、中学校 10 校を有している。CoREF プロジェクト（全国県市町との連携は「新しい学びプロジェクト」と呼ぶ）には、「一人ひとりが自分の考えを持ち、いろいろな意見

を集め、新しい答をつくり出すという知性を持った子どもたちを育成すること」を目的として、教育長主導の下、2011 年度から参加した。その研究推進の中核を担ったのが市内の K 小学校 O 校長であり、1 年目から研究推進員を務めたのが学級担任 I 教諭であった。それ以降、教育長が二度交代し、O 校長も定年退職し、I 教諭も他校に異動したものの、市全体としては本プロジェクトに参加し続けた。O は「協調学習アドバイザー」として、授業づくりを支えると同時に、それぞれの児童生徒の「知識構成型ジグソー法」による授業体験とその後の進路を把握するなど、ロングターム研究を志向していた。CoREF の研究者が 2016 年頃より折に触れその話を聞く中で、インタビューやアンケートの内容、実施方法を助言し、2020 年 10 月 17 日に下記インタビューが実現した。

2.2. 調査対象者

K 小学校の出身者 A が大学から同小学校に教育実習で戻ってきていたことを契機に、目的は明かさず、「ミニ同窓会」として、その日参加可能な 7 名（女性 5 名、男性 2 名）が母校である K 小学校に集まった。7 名は同じ中学校に進学した後、全員それぞれ違う高校に進学した。表 1 に詳細を記すが、社会人が 2 名（B が保育士、C が通信関連会社員）、大学生が 5 名であった。小学校は 6 年時に 2 クラスあり、A から D の 4 名が 1 組、残り 3 名の E から G が 2 組だった。この 1 組を先述の教諭 I が担任していた。調査終了後、目的を開示し、全員からデータ活用の同意を得た。

2.3. インタビュー内容

インタビューは、I 教諭が務め、O 元校長らが補佐した。インタビュー時間は 1 時間だった。同窓会の形としたため、インタビューは集団（フォーカスインタビュー）で行った。また、インタビュー終了後に、簡単なアンケートも取った。結果は表 1 に示す。

インタビュー項目とワーディングの原型は、以下の通り、一般的・非明示的なものから特定の・明示的なものに進む形とした。基本的に I 教諭が質問項目をかみ砕いて説明し、座席順（D, C, F, A, G, E）に聞く形を取ったが、項目(3)以降は入り乱れての発言となった。

表1 調査対象者の属性と主たるアンケート結果

| K小学校 2011年度卒業生 | | 第6学年1組 | | | | 第6学年2組 | | |
|--|------|--|-----------|---------|-----------------------|---------------|--|----------------------|
| 氏名 | | A | B | C | D | E | F | G |
| 職 | | (私) 児童幼児教育学科 | 保育士 | 通信業 | (私) 情報工学部 | (国) 情報工学部 | (私) 人間関係子ども発達 | (市) 国際環境工学部 |
| ①学校で協調学習(ジグソー法)や似ていると思う授業をどの程度経験しましたか。 | 小学校 | 5 | 5 | 1 | 10 | 1 | 5 | 1 |
| | 中学校 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| | 高等学校 | 0 | 0 | (中退) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 大学 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ②今の生活の満足度を%で表してください。 | | 100% | 80% | 65% | 80% | 90% | 80% | 60% |
| ③今までの学校の授業の満足度を%で表してください。 | 小学校 | 100% | 80% | 70% | 100% | 70% | 100% | 100% |
| | 中学校 | 80% | 70% | 45% | 60% | 60% | 90% | 90% |
| | 高等学校 | 60% | 70% | (中退) | 70% | 90% | 90% | 70% |
| | 大学 | 80% | 80% | - | 60% | 60% | 90% | 50% |
| ④どんな社会人になりたいですか。 | | 学校が楽しいと思ってもらえる児童を増やす先生になりたいです。みんなから信頼され愛される人 | 人から信頼される人 | 人助けできる人 | 周囲の人と互いに良い影響を与え合える社会人 | 何事にも柔軟に対応できる人 | 自分の行動に責任をもって子どもが主体的に活動できるような、幼稚園教師になりたいです。 | 人生が楽しいと思える大人になりたいです。 |

- 自己紹介(現在の学校・社会人生活について教えてください。)
- 「小学校で学んだこと」と言われたときに1つ思い出すとすると何ですか?
- 小学校, 中学校, 高等学校の授業で印象に残っているのはどんな授業ですか?
- 今までの学校の授業で身につけたことで大学生活や社会生活で生かせそうなことについて, 最も大事なことを1つ挙げるとすると, 何ですか?
- 協調学習(注:「知識構成型ジグソー法」の学習を意味する)で学んだ授業で鮮明に覚えていることがあれば, 覚えていることを聞かせてください。その時の自分や友だちの活躍で思い出に残っていることはありますか?
 <この時点で, 当時使った「課題」「エキスパート資料」やビデオなどの授業記録を見せて, 思い出話をしてもらおう(フリートーク)>
- その他のジグソーの学習やグループ学習を覚えていますか?
- 小学校や中学校・高校でジグソー学習のような学習を何回ぐらいしましたか?
- ジグソーの学習(協調学習)で身についた力や知識で, 大学や社会で役立ちそうなことは何かありますか?(インタビュー(4)で出てきたら割愛)
- (教員志望の学生)教師になった時, ジグソー法で授業をしてみたいと思いますか? それはなぜですか?
- 自分の子どもにジグソー学習のような授業を受けさせたいですか? それはなぜですか?

3. 回顧的インタビュー結果

以下, 項目ごとの主要な発言と解釈を記す。

- 「小学校で学んだこと」で1つ思い出すことは?

D: 算数の授業で(何かを)小数(と見るかどうかで)小数の方が正しかったので記憶に残っていた。自分は小数派で。
 E: 「学校の制服があった方がいいかよくないか」とかもやった
 D: それはディベートだね
 C: 記憶力やばくね
 I: C君は?
 C: いや, (思い出は)ないっす。
 F: (授業というより)話を聞くときにうなずいて聞く(のが習慣になって後でも)先生に「ようきいているね」と言われた
 A: K小と言ったら英語
 G: 音楽の授業で楽器をたくさんやった。アイネクライネナハトムジークとか
 C: ミッキーマウスしか覚えとらん
 E: 英語の授業で, 班ごとに学習したのが…

EやDのように特定の授業内容を覚えている者もいれば, AとGのように教科で覚えている者もいたが, 「知識構成型ジグソー法」による授業法と内容をこの時点で明確に思い出した者はいなかった。Cは覚えていることが少ないということを自嘲気味に語った。

- 小学校, 中学校, 高等学校の授業で印象に残っているのはどんな授業ですか?

D: 小学校は(机が)コの字で一体感があった。

A: 小学校の頃は一杯しゃべって授業が進んでいくという感じだったけど、中学校の頃は先生がばあっとしゃべる感じだった
 ? : 確かに確かに (注: ? は複数話者, 以下同)
 I: そうするのは高校ではどうだった? 自分たちが話したり対話したり
 ? : ない, ない
 D: 当てられることもある. 事前に当てられとって板書して, 先生にコメントもらう
 I: C君は授業の時間って?
 C: マジ眠かった. 体育しかやる気なかった
 I: 算数の時にはよく発言していた
 C: 算数だけです

ここでも特定の授業内容というより, 小中高の授業の進め方に関する全般的な印象が語られた. C は依然諧謔的に授業の「眠たさ」を語りながらも, 算数に対してだけは肯定的態度を見せた.

(4) 学校の授業で身につけたことで大学生活や社会生活で生かせそうなこと

本項目については, どの対象者も口ごもり, 発言し難そうにしていたために, 教諭Iの差配でスキップした. 答え難さの要因は, 学校の授業で「身につけた」(獲得した)という考え方への馴染み難さ, 及び問いの抽象度の高さがあるようだった.

(5) 協調学習で学んだ授業で鮮明に覚えているのは?

教諭Iによる「知識構成型ジグソー法」の簡単な手順説明の後, 中学も含め「やった覚えがあるか」を尋ねた.

C: 数学の時にしたんよね
 D: あれ, 図形のやつとか
 C: (頷く)
 G: ひし形を切り取って (A: 三角形とか?) こっちにやったら四角になって (A: あーあ, あーあ) ひし形の公式を出すときにやったのを覚えている
 ? : (頷きつつ, 聞き取れないほど活発に中身を語る)
 A: 何か切って動かして
 C: 比例反比例のやつは? (ジェスチャする)
 A: 何か角度やったよね?
 C: 円の面積
 I: ああ, やったやった, 切り取って互いにジグザグで (円の面積を出してという授業). やった! その授業, 覚えてるんだあ

「知識構成型ジグソー法」の手順を説明しただけで, 対象者の中から, 小学校6年生時の2組ではひし形の面積を求める公式の授業, そして1組 (教諭Iが担任) では円の面積の求め方の授業が想起された. 教諭Iは「知識構成型ジグソー法」を算数授業に積極的に導入したが, それに呼応するかのように, ここまで消極的だったCが算数授業内容の想起を先導した. その中でGの下線を引いた表現のように, 具体的なエキスパート活動の記憶だけでなく, そこからどうやってひし形の公式が導かれるか (三角形を二つ移動すると長方形になるため, 対角線の積を二等分する公式が導かれる) という中核内容の言語化が得られた.

その後, 教諭Iが4節で詳述する「一筆書き」の授業のダイジェスト版のビデオを「ネタは一筆書きできるかっていう話」と言いながら再生しようとする時, 即座にCが空中に指で円を描きながら, 「あ, あれ, ハチのやつ」と発言する. その後, ビデオを見ながら, 女性の対象者がクラスの雰囲気や自分たちの10年前の姿に笑い合う傍で, Cは輪が3つ, 4つの場合をなぞるように連なる円を宙に描き続ける. そのビデオのクロストークの中で, C自身が呼ばれてクラスメートの前で発表している場面も流れる. 5分間のビデオが終わった後で, 教諭Iが「覚えとー?」と聞くと, 多くが頷き, Cも「めっちゃ覚えと」と隣のDにつぶやく.

教諭Iが「今の (ビデオの) 自分の姿を見てどう?」と聞くと, 次のようなまとまった説明がなされた.

A: なんか一杯しゃべっていたなって. みんなで考えるのが楽しかったイメージ. 自分たちでヒントをもらった人たちの考えを聞いて, 自分のもらったヒントとは違うことを教えてもらって, 「ああ, そういうことか」ってなって, それでみんなで「じゃあこうやない」「こうやない」って話してたのが楽しかった.
 A: 小学校の授業って言われて一番思い出すのはこの授業, ジグソーをよく覚えていて. でも, K小しかしてないということを知らなかったの他の学校も普通にしてるって思ってた, びっくりしました.
 I: 中学校に入ってそう感じた?
 A: はい. I中の先生から, K小の発言力が結構あがって, うるさくなっちゃって言われて. (I中に進学する人数ではK小に比べて) T小の方が人数多いじゃないですか
 D: それは生徒に言う (ようなこと)?
 A: ああ, 成人式の会で (先生から) 「実は」って聞きました. 「この代からK小は (元気になった)」って

I: (Cに) どう, 自分の姿は?
 C: 覚えてないっす
 I: さっきの姿は?
 C: 恥ずかしいっす
 E: 発言する人が確定するじゃないですか, 小学校って. 言わない子もその子が言うから黙ってるし, という空気だったのが, こういう授業で 5, 6 年になって私自身も自分から発言できるようになった感覚を (いま) 思い出しました.
 B: みんなの前で全体の前で話すよりは, ちょっとずつ分かれて話すのが自分の意見を言えるかなって?
 ? : 確かに
 D: ジグソー学習やったら自分しか情報持っていないから
 C: ああ, それはあるね
 B: 責任感が
 I: 普通の授業と比べてプレッシャーだった? 楽しかった?
 E: プレッシャーでもあるしなんだかんだで楽しい
 C: (答えが) 合ってればね, 結果がすべて
 I: 間違ったらいけないっていうプレッシャーが授業にあった?
 D: 自分はなかったですね. もし間違っっても怒られんし, 先生もフォローくれるし, なんか友達からも「ダサイ」みたいななかったし. 意外と自分の言葉に自信を持てた. 生徒同士でフォローしてたんで
 I: それは小中高全体的に?
 D: いや, 小だけです. 中高になったら, 自分の意見だけでそれが評価 (される). 間違っったら恥ずかしいし, フォローとかも全然ないし, そういう面では中学校の方がプレッシャー.
 F: 中学校になったら「これ合ってるかな」って手をあげたいけど, もし先生に「それ違うよ」って言われたら, むちゃぐさっとくるし, だから「合つとるかも」って思っても発言しづらい. 小学校は, 「(あなたの考えは) そうやけど, こういう考えはどうか」ってフォローが入るから, 納得して発言できる感じがよかった

A の最初のコメントからは「知識構成型ジグソー法」に内蔵される学び方が実感的に想起・肯定されることがうかがえる. その後, (複数の小学校が集まる) 中学校の教諭から聞いた A の成人式時のエピソードで, 「知識構成型ジグソー法」も含めた学習者主体の学習体験の効果が発言力の向上として語られる. それが, 単なる話し合い活動によるものではなく, 他人の知らな

い情報を持った状態での小グループ活動によるもの, という学び方への捉えが E, B, D から表明される. さらにその学びが中高の「正解と合っているかどうかというプレッシャーのある学び」と対比されて, E, D, F から「自分の考えを言ってよい」「先生や生徒から『その考えもあるけど, これはどうかな』とフォローされる学び」として位置づけられる. 各自の考えが正解と照らして合っているかどうかという学習のモデルに対して, それぞれの考えの多様性が許容され, それが「じゃあこうやない」「こうやない」と繋がり発展しながら質を上げていくモデルが表明されている, メタ学習の一例と言えるだろう. それが「プレッシャーでもあるし楽しい」学びの感覚であり, 「自分の言葉に自信を持てた」感覚なのだと考えられる.

この機会を捉えて教諭 I は「なんかそこで身に着いたこと学んだこと, その後の自分に変化があったことってありますか?」と再度(4)の項目に戻ろうとするが, 対象者からは声を揃えて「変化?」と疑問が出されたため, I は「変化じゃなくとも, こういう授業の時は, こういうことができたな, とか」と言い直す. 先述の調査者の反応と併せて解釈すると, 「協調学習で身につけて今も使えているもの」という感覚より, 「そのとき, その場の学習環境の中では発揮できたこと」と想起されている可能性がうかがえる. 教諭 I の咄嗟の言い換えはその雰囲気を反映したものだと言える.

この問いに対して, G が「中学高校は発表はせんかった. 絶対せんといけんとき以外は, 授業で点数を稼ぐために, 音読とかだけ手をあげよった. (小学校はクラスで)『いいと思います』とか掛け声があって, あんな感じの中ではできた」と答えた.

それを踏まえ, 教諭 I は項目(8)を「協調学習でできたことで自分に繋がっていることがあれば教えて」と言い直した. その回答が下記である.

A: 小学校 3, 4 年は発言するのがいやだった. 代表委員に選ばれたときも泣く程いやだった. それが 5, 6 年生の授業がよかったのかわかりませんが, 発言するのが好きになって, 3, 4 年のままだったら教師の道に進めなかったかな.

E: 私も 3, 4 年まで無口だった. 児童館に行った記憶以外, 4 年までの記憶がほとんどない. それが授業中の発言とか, 何かしら言葉に発することが記憶に残っていることが多いので, 中学生の時も生徒会やったり, 委員会に入ろうとか, そういう力につながったっていう.

対象者にとってクラスの中で発言することが大きな課題であり、それが協調学習などの体験を通して、「自分の考えを言ってよいし言えるようになる」という変化を生んでいることが見て取れる。しかもそれはEの「言葉に発することが記憶に残る」というメタ学習にも繋がっている。本研究は、前向きコホート研究ではないため、二人がここで語った自らの学びに関するモデルがどれだけ真正かを確かめる術はない（例えばEの授業中の発言をすべて記録し、その話量が4年生以前と5年生以降で変わったかを確かめることはできない）。しかしそれでも、各自のキャリア（表1）や活動歴（生徒会、委員活動）に照らした真正な事実について、本人がこの学習と結び付けているのは確認できる。

(9) (対象のA, B, Fに) 教師になった時、ジグソー法で授業をしてみたいと思いますか？ それはなぜ？

F: (見学する園によっては) ずっと (独りで) 平仮名ばかり勉強してて、小学校みたいだなって。それよりは積み木して達成感を得たり、喧嘩してもいいようなところに就職したい。「先生と子ども」という関係でなくて「みんなでクラス」というのがいいなって
 A: 勉強楽しいって思えないと学校好きにならないし。勉強ってみんなで取り組むものだと思う、自分が参加したくなる学習を(やりたい)。ジグソーとか話し合いの授業とか
 B: 言われたことをやるのでなくて、「自分でやりたい」ってやる授業がいい。子どもがおもちゃとったとか(たくさん問題があるけど)保育士が入らずに子どもたちに解決していけるようにする(園でいま働いている)

(10) 自分の子どもにジグソー学習のような授業を受けさせたいですか？ それはなぜですか？

E: 思います。三人の意見に納得して、自分もやって変わったって実感があるし。
 C: いいんじゃないんですかね(はすに構えた感じで)。楽しかったし、うん、楽しかったですねえ、まあ。
 D: お父さんに言われるんですけど、がりがり勉強するよりも協力したり仲よくしたりできるようになってほしいって。それをジグソーで身につけれる。

項目(9)(10)の回答の協調学習に関する肯定的態度については、ここまでのインタビューの流れや設定を考慮

すると、要求特性に応じた点を割り引いて考える必要がある。しかし、その理由については、この学び方をどう捉えているかの参考にできる。すなわち、それが主体的な協働問題解決体験であり、それゆえ楽しいものだと受け止められている、ということである。

なお、項目(7)はインタビューでは割愛したため、アンケートの結果だけを表1に示した。教諭Iを中心に小学校の教諭は特に「知識構成型ジグソー法」授業と授業名を明示して実践しておらず、他の様々なやり方と共に行っていたため、回数にバラツキがみられる。一方中学以降は研究推進員の教諭が2回行った記憶が7名中6名に共有されている。

4. 授業内容と学習成果

ここでは、3節で語られた「知識構成型ジグソー法」による協調学習の授業とはどのようなものか、そこで対象者はどのように学んでいたのか、特に(その他の面では消極的に見えた)対象者Cが算数のジグソー授業については積極的に発言していたその意味と指先の動きの意味を探るべく、教諭Iがインタビュー内で紹介した一筆書きの授業内容と学習成果を簡単に報告する。

授業は2011年11月25日、教諭Iによって24名の6年生対象に実施された。「一筆書きという既習事項の活用や計算の技能のみでは解決が難しい課題に対して、帰納的な考え方で論理的に思考し、説明する力を育てる」ことを目的とした3時間からなる単元の2時間目である。授業の柱となる「輪を組み合わせた図は、どんな図でも一筆がきしてスタートに戻れるだろうか」という問いに対して、図1のような二つのエキスパート資料をそれぞれ6名の4グループ(A, B各2グループずつ)で解決し、それを素材に4名6グループのジグソー活動で考察を深めることが目指された。どちらの資料も「一筆がきしてスタートにもどれ(る)」ということが答えであり、その答えをひもや輪を使って出しながら、「ねじり点が寄り道のスタートであるため、ねじり点があれば戻ってこられる」(資料A)、「8の字は一筆書きができるので8の字の連鎖を見つければ戻ってこられる」(資料B)ことをつかむのが狙いである。ジグソー活動では、発展課題として、図2のような4つの輪が重なった、犬に似た図が一筆書きできるか、そのやり方を説明できるかが問われた。その上で、教諭Iとしては、「線の交点から出る線の数に着目し、輪の組み合わせの図は交点がすべて偶数点になること、それ以

エキスパート資料 A

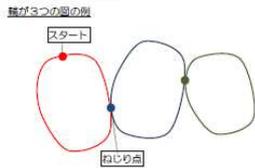
○ 輪が3つの場合に、一筆がきしてスタートにもどれるか、ひもを使って考えましょう。そして、結論と考え方を説明しましょう。

【輪が2つの場合】
輪が2つの図の例

結論：一筆がきしてスタートにもどれる。
考え方：「ねじり点は、より道一周の始まり！」

輪が2つになると、「ねじり点」が1つできます。ねじり点から、2つ目の輪に「より道」して一周すると、またねじり点にもどります。あとは、スタートの輪の続きをたどります。

【輪が3つの場合】



結論：3つの輪を組み合わせた図は、一筆がきしてスタートにもどれる()。

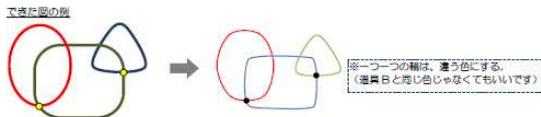
考え方：「

考え方は短く、キーワードで！ジグソー紙に貼った時に、ひもを使いながら、自分の言葉で説明できるようにしましょう。

エキスパート資料 B

○ 輪が3つの場合に、一筆がきしてスタートにもどれるか、道具Bを使って考えましょう。そして、結論と考え方を説明しましょう。

① 道具Bの3つの輪を動かして、それぞれ自分の好きな図を作りましょう。できた図を下のわくの中にかき写し、一筆がきしてスタートにもどれるか、たしかめてみましょう。



② グループの人たちと結果をたしかめあい、結論と考え方を説明しましょう。

結論：3つの輪を組み合わせた図は、一筆がきしてスタートにもどれる()。

考え方：「

考え方は短く、キーワードで！ジグソー紙に貼った時に、道具Bを使いながら、自分の言葉で説明できるようにしましょう。

図1 「一筆書き」授業のエキスパート資料



図2 ジグソー活動での「一筆書き」対象課題

外の図も、奇数点の数によって一筆がきできるかどうかが決まる」ことを理解することを期待していた。つまり、一筆書きのグラフ理論的理解という高度な抽象化を求めている。

実際の授業展開としては、エキスパート活動では、紐や輪などの教具が数学的な考えの外化に役立ち、児童は狙い通りの答えを出してからジグソー活動に移った。しかし、そこでの課題解決(図2)とエキスパート活動での学習成果が効果的には組み合わせられなかったため、ジグソー活動の時点で、一筆書きができるかどうかを超えて、どういう理由・法則でできるのかまでは十分な説明ができなかった。そこで、クロストーク活動で各班の考えを持ち寄り、黒板前の床に全員が体育座りして、教諭のガイドの下、考え方を議論していった。その中で、Cは「交わったところをねじり点にして」考えればできると発言し、黒板前に出てきて、どこがねじり点かを説明する。その後、ねじり点を押さえて、図2を変形させていくこと(例:犬の耳を一点だけ残して頭と接続する形)で一筆書きができるという結論に到達する。教諭Iが想定したように交点(ノード)に注目して辺(エッジ)の数から奇数点か偶数点にわけるという考え方はしなかったが、子どもは自分たちなりの確かな理解(輪は当然一筆書きができ、8の字=2つの輪もできる)を基に「ねじり点を経由した寄り道」という考えを作って適用していくことで問題を解決したと言える。

表2にインタビュー対象者の授業後の記述を示した。その学習成果は表に見る通り、一つとして同じものがないほど多様でありながら、「一筆書きができる」という基本は全員押さえたものとなっている。その上で、

表2 各対象者の授業最後の記述解答内容

| 児童 | わかったこと(もっと知りたくなったこと) |
|----|--|
| A | 輪がたくさんあっても、つながっていれば、スタートから、とおっていない道により道をしていくと、一筆がきができるということが分かりました(本当に、輪がつながっていれば、どんな形でも一筆がきができるのか、輪がつながっていない形で、一筆がきができる図がどれぐらいあるのか) |
| B | 輪がつながっている形は、どれも一筆がきができる。キーワードはねじり点、より道。 |
| C | 輪が2つの時や、3、4つの時も、すべてスタートからゴールにもどるのがわかった(どんな輪でもできるのか*) |
| D | 輪がつながった形は一筆がきができる。理由はねじり点をもとにもどすと、一つの輪ができて、一つの輪のときは一筆がきができるから。(こんな形(角々)**などもためしたい。) |

*消されており不明瞭

**複数の五角形を円で囲った図

ねじり点や寄り道というキーワードを押さえた者 (A, B, D), それを理由付けにまで使えた者 (A, D) など質的な多様性も生まれている。さらに A, C, D が違う図形や一般化可能性について疑問を書いたように、学習成果の持続可能性も示唆されている。

本授業は対象者が受けた「知識構成型ジグソー法」授業の一つでしかないが、それでもその授業が誰にとっても十分な答えが出せないチャレンジングな課題に挑戦するものであり、だからこそ、その答えの成否が教員や仲間から即座に評価されたり否定されたりせず、全員が(エキスパート資料の力も借りて)考えを持ち寄り協働的に解決する場になっていることが見て取れる。途途中の発言は不完全で、完結していない「思い付き」だからこそ、その発言を次いで「じゃあこうやない」「こうやない」と言い合える発展性がある。その発展性は授業内だけでなく、授業が終わっても「ほかの図形でも一筆書きはできるのか」などといった次の疑問の形で現れる。正誤を他者に決められるのではなく、自分で考え、対話を通して考えを発展させていくこの感覚—それが楽しさの源泉と言えるだろう。

翻って対象者 C のインタビューにおける言動に戻って、グラフ理論や一筆書きが必ずしも小中高の教育課程で教えなくてもよい内容であることや、本授業のような「重なり合う輪」の例で教えなくてもよいことを踏まえると、それが確かに「この授業」を覚えていたことの傍証とは言えるだろう¹。加えて、ビデオを見ながら 8 の字を描き続けていたのは、「輪がいくつあっても一筆書きができるかをその場でやってみた」証だと考えることもできるかもしれない。

5. 示唆と今後の課題

10 年後の回顧的インタビューでは、協調学習の学習成果に関して、明示的に問われない段階から授業手法と授業内容について明確に思い出すことはなかったが、手順のプロンプトだけで、それが算数に使われていたことや授業内容について想起される結果が得られた。また、授業内容と照らすことで、人が 10 年経っても授業体験を思い出せることを確認した。加えて、学び方についても、自分たちが考える主体となって、考えを述べ、仲間の考えを一緒にして深める学びとして肯定的に想起されることを確認した。それは、教員や仲間に評

価される学びとも、特定の者だけが発言する学びとも違い、一人ひとりが考えを持ち易く、発言し易く、そこで言葉にしたことが自分の理解として残り易く力にもなる学びだと受け止められていることが示唆された。

協調学習の最も基本的な仮説は、人が対話しながら考えを深めるという学ぶ力を潜在的に持つというものである[1]。だからこそ、問いに対して、自分の考えを出して、仲間の考えを聞いて、対話しながら考えを深める「知識構成型ジグソー法授業」が子どもの前提条件や学習スキルの準備状況に関わらず成立する[12, 13]。

本研究の結果は、こうした力を発揮する機会が小学校 6 年生にあれば、それだけで子どもは力を発揮し得ること、そして、その学びの機会が(このコホートについては)中高と減ることで、やや隔離された形で記憶される可能性を示唆している。特に(人生のここまでのキャリアでは)アカデミックな進路に残らなかった調査対象者 C が、こうした学習環境だと彼が受け止めた算数の協調学習についてよく覚えていた点が示唆深い。資質・能力の発揮は個々人のそれまでに獲得した学習スキル等よりも、そこがどんな場か、どんなポテンシャルを解放させてくれる場なのかという学習環境に依存する面が大きいのだろう。それは逆に、学習者が互いに分断され、各自の考えの正誤に対する外的な評価、そして他者の目に晒される「プレッシャー」を受け続ける環境にいれば、潜在的に持つ力を「引っ込める」方向に働くことも示唆する。だからこそ、誰でも考えを述べることが保証され、しかしそれらを融合して確実に考えの質を上げ、正誤の基準も自分たちで上げていけるような「プレッシャーがありつつも楽しい」学習環境のデザインが求められるのだろう。

そのためには私たちの学びのモデルを変え、教育実践研究の在り方も考え直していくことが必要である。1 節で紹介した「知識・技能」「思考力・判断力・表現力等」「学びに向かう力・人間性」は後者になるほど育成に時間が掛かるモデル(あたかも前者が後者を準備するモデル)が想定されていると考えられる。だが、本研究の結果の方向性を見ると、むしろ、子どもが誰しも潜在的に持つ「学びに向かう力」や「思考力等」を活用して「知識・技能」を「見方・考え方」のレベルにまで高められる形で獲得していくモデルの方が自然である。そうすると、教育実践のビジョンは、「この授業や単元

¹ この時点でビデオを見せず、課題だけ見せて答えを出せるか、エキスパート資料を見せてどういう結論が導けたかを段

階的に問うことで、証拠の確実性は上げるべきではあった。

で子どもたちに一生残る知識・理解は何か」, 「それを使って解いてほしい課題や修正して発展させて繋げてほしい対象は何か」を考えるとところに主眼を置くことになるだろう。教育実践研究の方向性も, 学んだことをテストして改善するという短期的かつ近視眼的なサイクルではなく, また「教育の成果は評価できない」と評価は全て拒絶する方向でもなく, 子どもが実際何をどう学び, 次の単元・学年・学校段階にどう使い, 人生にどう繋げていっているかを継続的かつ長期的に視野広く評価していくものになっていくべきだろう。

もちろん, 本研究にはサンプルサイズの小ささ, インタビューの持つ誘導性, 各個人の内容理解を押さえる一層の工夫, 一人ひとりの想起内容と学習過程の丁寧な突き合せなど, すぐにでも改善可能な課題や, さらに学習歴データの欠損など改善の難しい欠点がある。しかし, それでもこうした調査を同じ自治体の違うコホートやCoREFプロジェクトの他の自治体でも広く行うことができれば, 総体として協調学習が児童生徒のポテンシャルを引き出し, 継続的にその学習成果と学び方の向上につながっているかを確かめることができる。その知見を今後10年の「前向きコホート研究」の仮説とすることによって, 徐々に強化されつつある初等中等教育分野におけるICT基盤も活用して, 「協調学習(など自らが主体となる学習)を小中高と, より多くの回数経験した方が学びの質が向上するか」といった問いや「教員が授業研究を通して授業の質を上げ続けたコホートの方が学びの質が向上するか」といった問いに答えを出し, 「学習活動状況で観察測定された活動の頻度がそこでの学習成果のPDS(注: 可搬性・持続性・修正可能性)を保証することを明確に示す」[3]という, より根源的な課題に答えを出していきたい。さらには, それを通して, 調査対象者が頻りに口にした「学ぶ楽しさ」とは何なのか, 楽しさと「他者と学ぶ」はどうか関係するのかをより精緻に解明し, 学習者が「この楽しさを自分の子どもや児童生徒にも受け渡していきたい」と思えるサイクルを創出したい。

謝辞

本研究は, 科研費基盤研究S「評価の刷新: 学習科学による授業モニタリングシステムの開発と社会実装」(17H06107), 挑戦的研究(萌芽)「校内研修における授業研究の支援方略に関する研究—モデルの開発・実装・効果検証」(19K21748), 若手研究「授業における

科学のスキルと内容理解の統合的育成実態を評価するテストの開発」(19K14340), 一般社団法人教育環境デザイン研究所CoREFプロジェクト推進部門等の研究機関と飯塚市をはじめとした, 全国自治体との「新しい学びプロジェクト」の支援を受けた。記して感謝する。

文献

- [1] 三宅なほみ, (2011) “概念変化のための協調過程—教室で学習者同士が話し合うことの意味—”, 心理学評論, Vol. 54, No. 3, pp. 328-341.
- [2] Miyake, N., & Pea, R., (2007) “Redefining learning goals of very long-term learning across many different fields of activity”, In C. Chin, G. Erke, & S. Puntambekar, (Eds.), The Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) Conference 2007, pp. 26-27.
- [3] 三宅なほみ, (2012) “評価”, 三宅芳雄(編), 教育心理学特論, 放送大学教育振興会, pp. 205-224.
- [4] Godden, D., & Baddeley, A. D., (1975) “Context-dependent memory in two natural environments: on land and underwater.” British journal of Psychology, Vol. 66, pp. 325-331.
- [5] Shirouzu, H., (2013). “Focus-based constructive interaction.” In D. D. Suthers, K. Lund, C. P. Rose, C. Teplovs, & N. Law (Eds.), Productive Multivocality in the Analysis of Group Interactions. NY: Springer, pp. 103-122.
- [6] Clark, D. B., & Linn, M. C. (2003) “Designing for Knowledge Integration: The Impact of Instructional Time.” Journal of the Learning Sciences, Vol. 12, No. 4, pp. 451-493.
- [7] 庄司和晃, (1988) “仮説実験授業の論理”, 明治図書.
- [8] Brown, R., & Kulik, J. (1977). “Flashbulb memories”, Cognition, Vol. 5, pp. 73-99.
- [9] 三宅なほみ, (2005), “学習プロセスそのものの学習: メタ認知研究から学習科学へ”, 日本認知科学会冬のシンポジウム予稿集.
- [10] 中央教育審議会, (2016) “幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(平成28年12月21日)”, 文部科学省.
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyoo0/toushin/1380731.htm
- [11] Schwartz, D. (2015) “Measuring students preparation for future learning,” 国立教育政策研究所 外部講演会, “Measuring what matters most: 資質・能力の評価を考える.”
- [12] 白水始, (2020) “対話力”, 東洋館出版社.
- [13] CoREF (2021) “自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト(令和2年度報告書)”, CoREF.
<http://coref.u-tokyo.ac.jp/>

※URL 参照はすべて2021. 4. 29

協同学習のためのコンセプトマップ作成ツールの開発と評価 Development and evaluation of concept map as experimental task systems for collaborative learning

下條 志巖[†], 林 勇吾[†], 大本 義正[‡], 森田 純哉[‡]

Shigen Shimojo, Yugo Hayashi, Yoshimasa Ohmoto, Junya Morita

[†] 立命館大学, [‡] 静岡大学

Ritsumeikan University, Shizuoka University

cp0013kr@ed.ritsumei.ac.jp

概要

Interactive-Constructive-Active-Passive (ICAP) において最も深い学習プロセスである Interactive に学習者が従事することは困難であることが分かっている。本研究では、協同におけるコンセプトマップ作成活動に着目する。その際に、文脈・タイミングに応じた支援を行うには、コンセプトマップの状態を把握する必要がある。ここでは、CmapTools を用いた先行研究と同様に学習パフォーマンスが向上するという仮説の検証を行い、開発したコンセプトマップ作成ツールの有効性を検討した。その結果、学習パフォーマンスは促進されることが分かった。

キーワード: 協同学習 (collaborative learning), Computer-Supported Collaborative Learning, コンセプトマップ (concept map), ICAP

1. 背景

学習科学の分野では、さまざまな協同学習における理論を提唱している。その中の一つに、Interactive-Constructive-Active-Passive (ICAP) [1, 2] があり、ここでは、Interactive が学習パフォーマンスの促進に最も有用であると述べられている。Interactive とは、学習材料の内容を深め、お互いに貢献する学習プロセスのことである。ただし、Interactive まで学習プロセスを深めることは困難であることが明らかとなっている。その理由としては、学習プロセスを深めるのに時間を要すること [3] と十分に協同相手の意見を考慮できないことが挙げられる [4]。したがって、教師やファシリテータによる支援が協同学習において必要となる。ただし、多くのグループにそうした人を配置することは難しいため、コンピュータによる支援が検討されている。また、十分に相手の意見を考慮するためには、協同前の知識が相互補完的になることも重要であるといえる。

コンピュータによる支援に関する研究では、教師に

学習者の情報を提供し、教師を支援する試みと直接教師などの人に頼らない支援を提供する試みが行われている。我々の研究室では、その中でも人に頼らない支援に着目し、実験的検討を行ってきた。具体的には、これまで遠隔地学習を想定し、実験室場面において、コンセプトマップの作成活動を通して、概念に対する学習が促進されるのか実験的に検討してきた [5]。ただし、必ずしも理解が促進されなかったり、理解が低下したりする学習者もいることが分かった。そこで、[6] では、共通理解を促進させる協調的プロンプトと意見を出しあうことを促進させる論争的プロンプトを提示することによって学習パフォーマンスが促進されるのか検討した。その結果、学習パフォーマンスが促進されることが明らかとなったが、文脈・タイミングに応じたプロンプト提示は行われていなかった。ただし、文脈・タイミングに応じたプロンプト提示を行うには、コンセプトマップの状態を把握しなければならない。また、学習者の自由度が高すぎることによって理解度にばらつきが生じ、支援が困難になると考えられるため、コンセプトマップのノードとリンクを統制する必要がある。

以上のことを踏まえて、本研究では、今後の文脈・タイミングに応じた支援に向けて、独自にコンセプトマップを作成する。そのコンセプトマップ作成ツールを通して、[5] と同様に学習パフォーマンスが促進されるのか実証的に検討していく。また、そのコンセプトマップ作成ツールの有効性を検討するために、コンセプトマップの評価に関する変化も検討していく。特に、お互いに異なる（相互補完な）知識が与えられた場面に着目し、コンセプトマップの評価を捉え、文脈・タイミングの手がかりとなる情報を提供する。1.1 節では、協同におけるコンセプトマップ作成とその効果に関して述べ、1.2 節では、コンセプトマップ作成ツールを用いた研究をみていく。最後に、1.3 節において、これらを踏まえて、本研究の目的と仮説を述べる。

1.1 コンセプトマップとその効果

コンセプトマップ [7] は、Novak によって開発されたものである。このコンセプトマップには、ノードと呼ばれる概念、概念間の関係を表すリンクがある [8]。ICAP では、そのコンセプトマップを含めて、ノートテイキング、自己説明活動という 3 つの学習活動に焦点を当てている [2]。そこでは、協同学習プロセスを Interactive, Constructive, Active, Passive に分類し、それらのプロセスは、階層構造であることが述べられている。Passive はマップを読む活動、Active はマップをコピーする活動、Constructive は自分で構築したり、訂正したりする活動、Interactive は協同相手の意見に基づいて、マップを作成する活動である [2]。したがって、ICAP に基づいて考えると、協同でコンセプトマップを作成することが理解を深めるために、有用であるといえる。また、お互いの知識が相手に必要なものであれば、より Interactive になるといえる。そのため、学習環境としては、お互いの知識が相手に必要であり、その知識に基づき、協同でコンセプトマップを作成することが求められる。さらに、お互いの用いる言葉が異なれば、[4] において明らかにされたように十分に相手の意見を考慮できない。

以上より、協同でコンセプトマップを作成することは、相手の考えを取り入れることができるため、理解が深まるといえる。そうした学習プロセスに従事させるためには、コミュニケーション支援やお互いが貢献するための事前知識の提供を検討する必要がある。また、コンセプトマップのノードとリンクのリストを与え、そこから記入させることも有用であるといえる。Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL) では、協同におけるコンピュータによるコミュニケーション支援を検討している。次節では、その取り組みに関して述べる。

1.2 CSCL におけるコンセプトマップを用いた学習とその評価方法

これまで CSCL では、協同で知識を構築することが検討されてきた。たとえば、[9] では、Computer-Supported Intentional Learning Environment (CSILE) が検討されている。そこでは、自分の考えの外化と他者の知識の共有を行っている。そうした学習活動の有効性は知識構築に裏付けられている。また、[10] では、ReCoNote が検討されている。これは、CSILE と同様に自分の考えをノートとして外化

し、相手のノートを見ることが可能であった。そうした機能に加えて、ノートをリンクで繋げることも可能であった。つまり、自分の考えを外化し、相手の考えを十分吟味することができた。こうした学習活動の有効性は、建設的相互作用 [11] に基づいている。

こうした流れの中において、コンセプトマップを用いた検討がある。[12] では、他者のコンセプトマップを可視化させることによる効果を検討している。その結果、他者のコンセプトマップを可視化した状態において、協同でコンセプトマップを作成した方が、他者のコンセプトマップを可視化しない状態において、協同でコンセプトマップを作成した場合よりも他者の知識を獲得し、早く正確にコンセプトマップを作成することができることが示された。また、そうした環境下における異なる知識を持ったもの同士における協同学習の検討も行われている [13]。その研究では、異なる知識が提示された条件と同一の知識が提示された条件で比較している。その結果、相手のコンセプトマップと自分のコンセプトマップ間の視線移動はみられたが、学習パフォーマンスが低下することが分かった。相手の知識を取り入れることが重要であるが、負荷がかかってしまったと考えられる。[5] では、同一の知識を提供し、協同の事前事後における学習パフォーマンスを比較し検討している。その結果、学習パフォーマンスが促進されることが明らかとなった。

[6] では、こうした他者のコンセプトマップを可視化した環境において、ランダムにプロンプトを提示することの効果を検討した。その結果、ランダムにプロンプト提示にすることによって、学習パフォーマンスが促進されることが分かった。ただし、文脈・タイミングに応じた提示を行っていないため、コンセプトマップの作成状況を考慮せず、不自然な会話を生じさせてしまう場合もあった。また、これらの研究では、CmapTools というコンセプトマップ作成ツールを用いて検討を行っている。[5] ではこのツールを用いた学習パフォーマンスの協同の前後比較を行っている。本研究では、先行研究で検討されている学習パフォーマンスとともにコンセプトマップの評価を検討し、CmapTools と同様に自作したコンセプトマップの有効性があるのか実証的に検討する。コンセプトマップの評価方法としては、評価者が評価し、評価点をつける評価をはじめとした定量的な評価方法と教師と生徒のマップを比較する評価をはじめとした定性的な評価方法がある [14]。今後、コンセプトマップの状態に基づいた支援を検討するため、定量的な評価方法を用いて、検討する。

1.3 目的と仮説

本研究では、互いに異なる知識が提供された状態において、協同相手のコンセプトマップを可視化し、協同コンセプトマップを作成する場面に着目する。ここでは、コンセプトマップのノードとリンクのリストを予め設定し、記入する内容の制限を行ったコンセプトマップ作成ツールを開発した。そこで、その記入内容を制限したコンセプトマップが [5] と同様に、協同コンセプトマップの作成を通して、学習パフォーマンスが促進されるのか検討することを目的とする。また、コンセプトマップの評価を行うことによって、このツールの有用性を検討する。本研究の仮説は、以下の通りである。

- H1 [5] と同様に、協同でコンセプトマップを作成することを通して学習者の理解が深まるため、ポストテストの得点は、プレテストの得点よりも高くなる。
- H2 協同でコンセプトマップを作成することを通して学習者の理解が深まるため、協同のコンセプトマップの評価は、個別のコンセプトマップの評価よりも高くなる。

2. 方法

2.1 実験参加者

実験参加者は、心理学を専攻する 8 名の大学生 (男性 5 名, 女性 3 名) であり, 平均年齢は 19.00 歳 (SD = 0.50) であった。また, 学習環境は, 遠隔地を想定しているため, お互いの顔がみえないようにした。事前に学習者に本研究において学習する概念に関して, 質問したところ, 事前知識は同程度であった。

2.2 実験材料

本研究では, 実験材料として, 原因帰属に関するテキストとコンセプトマップを用いた。コンセプトマップは, 本課題において個人と協同の両方において実験参加者に作成してもらった。

2.2.1 学習テキスト

学習テキストは, さきほど記した通り, 心理学の概念の一つである原因帰属に関するものである。本研究では, その中の成功と失敗の原因帰属に関する内容をテキスト化した。これは, 外的・内的, 安定・不安定, 統制可能・統制不可能という 3 次元から構成され, あ

る事象の原因を推論するというものである。外的・内的とは原因が自分の中なのか外なのか, 安定・不安定とは時間的に安定しているのかしていないのか, 統制可能・統制不可能とは自分と他者によってコントロールできるのかできないのかということである。

実験課題は, 実験手続きにおいて詳しく述べるが, 実験者はマイケルピーター君が, 新学期が不安な理由を推論すること [15] が求められ, その内容をコンセプトマップに記入した。

2.2.2 実験システム

コンセプトマップは, ノード, リンク, リンクラベルから構成され, 求められる機能は, ノード, リンクの追加, 削除, ノードとリンクラベルの変更と記入である。この機能を実現するために, C#を用いてコンセプトマップ作成システムを開発した。ノードとリンクへの記入方法としては, リストから入力できるようにした。また, 本研究では, 協同で作成するために, ソケット通信を用いて, 互いのコンセプトマップ情報をやりとりし, 同期させた。

2.3 実験手続き

本研究の手続きは, (1) 教示と説明, (2) プレテスト, (3) 本課題 (コンセプトマップ作成) (4) ポストテストから構成された。(1)の説明では, コンセプトマップとその作成方法の説明を動画と口頭によって行った。(2)と(4)では, 原因帰属に関して知っていることを自由に記述してもらった。また, (3)では, まず, 個別にコンセプトマップを作成した後に, 協同でコンセプトマップを作成した。個別に作成する段階では, コンセプトマップの作成方法に関する質問を受け付けた。

協同の際には, コンセプトマップを 3 つのウィンドウに分割して, 相手と自分のコンセプトマップと協同のコンセプトマップを提示した。そのため, お互いの個別のコンセプトマップを参照でき, 左側に協同で作成するウィンドウを設けた。図 1 の通りである。操作パネルでは, ノードの追加, 削除, リンクの追加, 削除に関するボタンを設け, 情報パネルにおいてノードとリンクのリストと現在選択しているノードもしくはリンクを表示した。本課題における実験参加者の目的は, マイケルピーター君がなぜ新学期が不安なのか推論し, それをコンセプトマップ上に描くことであった。つまり, 新学期が不安な原因として努力などがあり,

その原因が内的・外的，安定・不安定，統制可能・統制不可能なのか考えることが求められた。

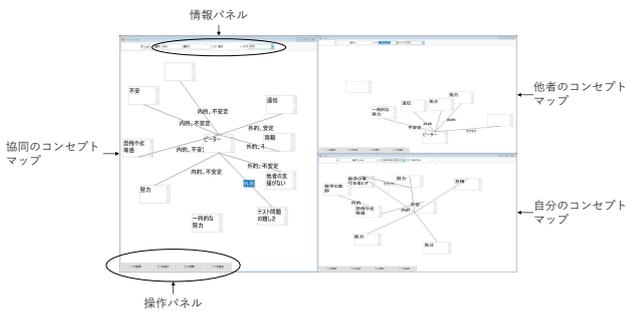


図1 本課題（協同）における画面のスクリーンショット。

2.4 従属変数

本研究では，プレ・ポストテスト，個人と協同のコンセプトマップの得点を従属変数として，採用した。それらの得点は，成功と失敗の原因帰属の理解度を評価するコーディグスキーマを作成し，0点から5点で評価した。このコーディグスキーマは，理解度のレベルを反映している。回答に含まれる学習テキストの要素の数をもとに，たとえば全部含まれている場合は5点とし，要素が含まれていない場合は0点とした。具体的には，0点は，誤り回答なし，5点は帰属理論，成功と失敗の原因帰属の3つの次元の説明，具体的な説明を含む回答であった。詳しくは，[6]を参照されたい。また，0点は，誤り回答なし，5点は，原因，成功と失敗の原因帰属の3つの次元，3つの次元同士の関連性であった。

3. 結果

3.1 学習パフォーマンス

ここでは，協同のコンセプトマップ作成を通して学習者の理解が深まるため，ポストテストの得点は，プレテストの得点よりも高くなるのかどうか（H1）検討する。そこで，協同前後のテストの点数を比較するために，t検定を行った。図2は，プレテストとポストテストの得点を比較したものである。その結果，ポストテストの方がプレテストよりも得点が高いことが分かった ($t(7) = -2.55, p < .05$)。以上より，H1は支持された。

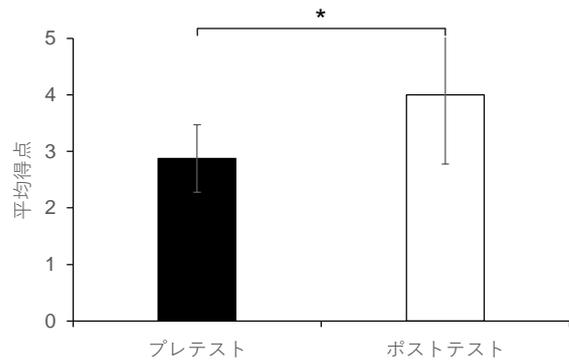


図2 プレテストとポストテストにおける平均得点の比較。*は $p < .05$ ，エラーバーは標準偏差を示す。

3.2 コンセプトマップの評価

ここでは，協同のコンセプトマップ作成を通して学習者の理解が深まるため，協同のコンセプトマップの評価は，個別のコンセプトマップの評価よりも高くなるのか（H2）検討する。そこで，個別と協同のコンセプトマップの評価を比較するためにt検定を行った。図3は，個別と協同のコンセプトマップの評価を比較したものである。その結果，協同のコンセプトマップが有意に個別のコンセプトマップよりも評価が高いことが明らかとなった ($t(7) = -4.28, p < .01$)。以上より，H2は支持された。

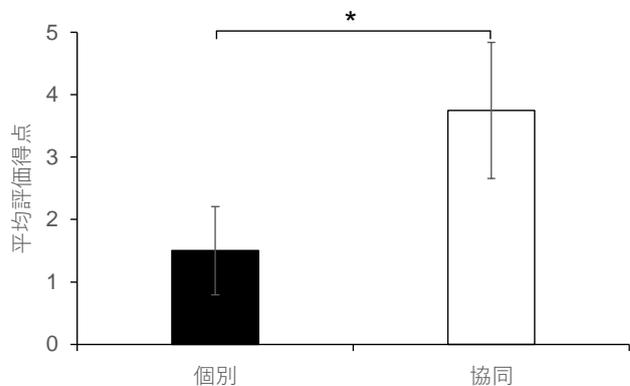


図3 個別と協同のコンセプトマップにおける平均評価得点の比較。*は $p < .01$ ，エラーバーは標準偏差を示す。

4. 考察

本研究では，異なる知識を与えられた学習者による，他者のコンセプトマップを可視化した状態における協同を通して，学習パフォーマンスとコンセプトマップの評価が促進されるのか検討した。その結果，協同におけるコンセプトマップ作成活動を通して，プレテス

トに比べてポストテストの得点が高く、個別のコンセプトマップに比べて協同のコンセプトマップに関する評価得点が高くなったため、理解が促進されていることを示唆した。これらは、協同におけるコンセプトマップが学習を促進させるという ICAP フレームワーク [2] における一部の仮説と一致する。また、[5] において明らかとなった協同コンセプトマップの効果と同様の効果を示し、コンセプトマップの評価も向上することが分かった。そのため、このコンセプトマップ作成ツールの有用性が示唆された。

協同によってコンセプトマップの評価が影響を受けているため、協同学習中の学習活動を捉える指標として有用であると考えられる。つまり、コンセプトマップを用いることによって、明確に学習活動を捉えることができると考えられる。たとえば、協同学習の支援においては、コンセプトマップに学習テキストの重要な要素がない場合、その要素を話し合うことを促すプロンプトを提示することができる。また、[12] では、個別と協同コンセプトマップにおける評価の比較を行っていない。そのため、協同学習における変化、つまり実験条件間での差を見ることができ、実験参加者内における変化を捉えることができていない。したがって、今回の結果は、そうした点を明らかにしたという点で有用であったと考えられる。

今回の検討では、協同活動中のコンセプトマップの変化までは、検討していなかった。そのため、今後は、コンセプトマップのログデータを用いて、成功したコンセプトマップと失敗したコンセプトマップのプロセスを検討する。また、協同相手の知識をどの程度取得で来ていたのかに関する詳細な分析を行っていないため、コンセプトマップにおける定性的な分析も行う必要がある。さらに、コンセプトマップ中におけるファシリテーションの検討も行う。

5. まとめ

協同学習の有効性は確かめられてきたが、その一方でコミュニケーションに関する困難さがあることも明らかとなっている。たとえば、ICAP では、最も深い学習プロセスである Interactive に学習者が従事することは困難であることが分かっている。つまり、協同で学習する際に、教師やファシリテータによる支援が必要となる。ただし、人には時間的制約や人的制約があるため、コンピュータによる支援を検討することが求められる。本研究では、協同でコンセプトマップを作成する活動に着目し、文脈・タイミングに応じた支援に向け、独自のコンセプトマップ作成ツールを開

発し、その有効性を検討する。ここでは、CmapTools を用いた先行研究と同様に協同前後の学習パフォーマンスが向上し、個別よりも協同のコンセプトマップの方が、評価が高くなるという仮説を立て、検証を行った。学習環境は、先行研究に則り、相手のコンセプトマップを可視化した状態であった。その結果、学習パフォーマンスは促進され、コンセプトマップの評価も高くなることが分かった。したがって、今回開発したコンセプトマップ作成ツールの有効性が示唆された。今後、その促進された要因を会話分析やコンセプトマップの詳細な分析を通して、検討する。

文献

- [1] Chi, M. T. H., (2009) "Active-Constructive-Interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities", *Topics in Cognitive Science*, Vol. 1, No. 1, pp. 73-105.
- [2] Chi, M. T. H., Wylie, R., (2014) "The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes", *Educational Psychologist*, Vol. 49, No. 4, pp. 219-243.
- [3] Wiggins, B. L., Eddy, S.L., Grunspan, D. Z., Crowe, A. J., (2017) "The ICAP active learning framework predicts the learning gains observed in intensely active classroom experiences", *AERA Open*, Vol. 3, No. 2, pp. 1-14.
- [4] Tan, E., (2018) "Effects of two differently sequenced classroom scripts on common ground in collaborative inquiry learning", *Instructional Science*, Vol. 46, No.6, pp. 893-919.
- [5] Shimojo, S., Hayashi, Y., (2019) How shared concept mapping facilitates explanation activities in collaborative learning: An experimental investigation into learning performance in the context of different perspectives, *Proceedings of the 27th International Conference on Computers in Education*, pp. 172-177.
- [6] 下條 志蔵・林 勇吾, (in press) "協同学習におけるコンセプトマップを用いた説明活動のファシリテーション 協調的プロセスと論争的プロセスに着目した検討", *認知科学*.
- [7] Novak, J. D., Gowin, D. B., Bob, G. D., (1984) "Learning how to learn", Cambridge University press.
- [8] Novak, J. D., (1990) "Concept mapping: A useful tool for science education", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 27, No. 10, pp. 937-949.
- [9] Scardamalia, M., Bereiter, C., (1994) "Computer support for knowledge-building communities", *The Journal of the Learning Sciences*, Vol. 3, No. 3, pp.265-283.
- [10] 益川 弘如, (1999) "協調学習支援システム「ReCoNote」が持つ相互リンク機能の効果" *日本教育工学雑誌*, Vol. 23, No. 2, pp. 89-98.
- [11] Miyake, N., (1986) "Constructive interaction and the iterative process of understanding", *Cognitive Science*, Vol. 10, No. 2, pp. 151-177.
- [12] Engelmann, T., Hesse, F. W., (2010) "How digital concept maps about the collaborators' knowledge and information influence computer-supported collaborative problem solving", *International Journal*

- of Computer-Supported Collaborative Learning, Vol. 5, No. 3, pp. 299-319.
- [13] Molinari, G., Sangin, M., Nüssli, M. A., Dillenbourg, P., (2008) “Effects of knowledge interdependence with the partner on visual and action transactivity in collaborative concept mapping”, Proceedings of the 8th international conference on International conference for the learning sciences, pp. 91-98.
- [14] Keppens, J., Hay, D., (2008) “Concept map assessment for teaching computer programming”, Computer Science Education, Vol. 18, No. 1, pp. 31-42.
- [15] Weinberger, A., Fischer, F., (2006) “A framework to analyze argumentative knowledge construction in computer-supported collaborative learning”, Computers and Education, Vol. 46, No. 1, pp. 71-95.

健聴者と聴覚障がい者における字幕設計要素の印象評価の検討と自動字幕評価ツールの開発

高瀬 愛理^{1,2}, 若月 大輔³, 中島 佐和子⁴, 大山 潤爾^{1,2}

Airi Takase, Daisuke Wakatsuki, Sawako Nakajima, Junji Ohyama

¹ 筑波大学, ² 産業技術総合研究所, ³ 筑波技術大学, ⁴ 秋田大学

University of Tsukuba, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba University of Technology, Akita University,
s1930350@s.tsukuba.ac.jp

概要

字幕設計要素について、映画の一部のシーンに字幕を重畳した映像を用いて、健聴者と聴覚障がい者における印象評価を検討した。この結果を、人の認知の時間特性を考慮して情報を設計する時短デザイン研究 [1, 2, 3] と比較し、これら研究知見の字幕基準として一般性や汎用性を検討した。さらに、これらの知見を評価パラメータとして実装し、実際に開発した字幕評価ツールの評価性能を検討した。

キーワード：映像認知, 時短デザイン (Time Reduction Design), 字幕, 聴覚障がい, 映像解析, 時間

1. 背景

字幕には、音声内容の言語を別言語に翻訳し、その文字や画像として視覚呈示する、いわゆる翻訳字幕と、音声の言語と同じ言語を用いるが、聴覚に障がいのあるユーザーのために効果音なども含めて視覚代替する、いわゆる補助字幕がある。補助字幕は電車内や公共空間における映像など、音を出せない環境で利用する場合にも利用される。これらはどちらも、聴覚情報を視覚代替する手法である。2018年に、わかりやすい字幕設計の国際標準規格 [4] が制定され、品質を確認するポイントなどが示されたが、個別具体的な映像や音声について字幕が最適かどうかを確認することは難しい。全てのコンテンツに字幕が付与されるためには、経験的知見に基づく既存の字幕作成ソフトに代わり、国際規格や科学的知見に基づいて、誰でもある程度品質の高い字幕を制作できる支援ツールが求められる。

1.1 目的

本研究では、字幕設計の重要な設計要素として考えられる字幕の呈示時間、位置、呈示タイミングについて、健聴者と聴覚障がい者を対象として実験を行った。

映画の一部のシーンに字幕を重畳した映像を作成し、字幕の呈示時間、位置、呈示タイミングを操作して、映像や字幕の印象に与える影響を検討した (研究1)。また、具体的な字幕と映像の印象評価結果と、時短デザインの先行研究 (例: Ohyama et al., 2015; 高瀬・大山, 2016) [1, 2] における視覚刺激の情報量 (文字数や親近性) が視覚呈示の時空間的設計に及ぼす影響と比較し、字幕評価基準の一般性と汎用性について検討した (研究2)。さらに、映像とテキストの自動解析により、映像中の字幕のわかりやすさを自動的に評価する字幕評価アプリケーションを開発し、認知行動実験で得られた知見を評価パラメータとして実装し、アプリケーションの評価性能を調べた (研究3)。

2. 健聴者と聴覚障がい者における字幕設計要素の印象評価 (研究1)

実験参加者 秋田大学に通う健聴者 21 名 (平均年齢 22.71 歳, SD = 1.24) と筑波技術大学に通う聴覚障がい者 20 名 (平均年齢 22.60 歳, SD = 6.58) が参加した。なお、参加者のうち聴覚障がい者は日常生活での補助字幕の利用頻度に関する質問に回答した。

刺激 映像内で発話している人物の発話内容の字幕が含まれたある邦画の 1 シーンから 4-7 秒程度の長さで切り出した映像 (29.97 fps) であった。これらの映像は、字幕の呈示時間のみを操作した 3 シーン (シーン D1, D2, D3) と、呈示位置のみを操作した 1 シーン (シーン P), 呈示時間と呈示位置の両方を条件として操作した 2 シーン (シーン DP1, シーン DP2), およびシーン内でのショット切り替えに対する字幕の呈示タイミングを操作した 1 シーン (シーン S) の計 7 シーンであった。これら 7 シーンそれぞれにおいて操作された条件により、合計 59 種類の映像刺激となった。なお、全ての字幕の文字は白色かつ輪郭線は黒色であり、フォントはサンセリフ文字を使用した。刺激として用いたシーンの内容および詳細な条件について

は付録1に示す。

質問紙 1 ページ目には「今みた1つの映像のみの印象で回答し、その映像以前に本実験の中でみた映像や、日常で目にした映像の印象を踏まえずに回答してください。」という教示があった。また、字幕の呈示時間、位置、タイミング、読みやすさあるいは映像全体に関する、以下計8つの印象評価項目に対し、7件法(1: 全くそう思わない—7: 完全にそう思う)で回答する必要があった。

1. 映像全体の印象として字幕と映像の両方がわかりやすかった。
2. 字幕は映像の注目したい部分に重なって表示されていた。
3. 字幕の内容を正確に読み取れた。
4. 字幕の表示タイミングは映像に対して早くも遅くもなく最適だった。
5. 字幕は映像中の特に興味のない場所に表示されていた。
6. 字幕が表示されていた時間は短すぎでも長すぎでもなく最適だった。
7. 映像の中で、字幕の表示された位置は最適な位置だった。
8. 字幕が読みにくかった。

手続き 1 試行に1種類の映像が呈示され、参加者は映像を見終わる度に質問紙に回答した。なお、映像の再生は1種類につき一度のみであった。1つの映像刺激を見てから質問紙に回答するまでを一連の試行とし、59種類の映像全てに対して行われた。呈示される映像の順序は参加者ごとにランダム化されていた。

2.1 結果と考察

7つのシーンでのそれぞれの条件において、評価項目に対する平均評価値を健聴者と聴覚障がい者それぞれにおいて計算した(付録2)。分析では、それぞれのシーンにおいて、評価項目ごとに、参加者(健聴者、聴覚障がい者)と条件ごとの平均値を比較した。その結果、字幕の呈示時間や位置は字幕の読みやすさに影響を与えることが明らかとなった。

まず、字幕の呈示時間は健聴者と聴覚障がい者の両方で、実際の字幕呈示時間よりも短すぎると読みにくいと評価される傾向にあったが、実際の字幕呈示時間より短い場合は、健聴者のほうが聴覚障がい者よりも読みにくさの評価値が一部高くなった(図1)。これは、聴覚障がい者は日常生活において補助字幕を利用する機会が多いために、字幕を読むことに慣れており

短い呈示時間条件でも健聴者よりも読みやすく感じられたと考えられる。また、喧嘩をしている場面のため動きの多かったシーン D1 については、「映像の中で、字幕の表示された位置は最適な位置だった。」という項目では、健聴者のほうが聴覚障がい者よりも実際の呈示時間よりも30フレーム短い条件と15フレーム長い条件で評価値が高くなることも明らかとなった。次に、字幕位置については、健聴者と聴覚障がい者の両方で、映像内の人物の目と口に重なって呈示される字幕は映像の注目したい部分に重なっているとされ(図2)、胸や実際の呈示位置と同様である胸下部に重なった字幕の方が最適な呈示位置であると評価された。しかしながら、シーン内のショット切り替えに対する字幕呈示タイミングの一致や不一致が、字幕の読みにくさの評価を変化させることはなかった。

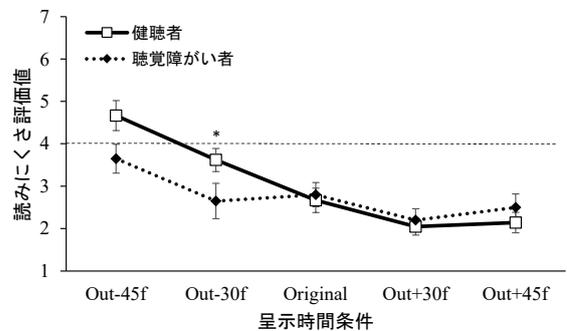


図1 シーン D2 での“字幕が読みにくかった。”に対する健聴者と聴覚障がい者における呈示時間条件ごとの平均評価値。エラーバーは標準誤差を示す。* $p < .05$

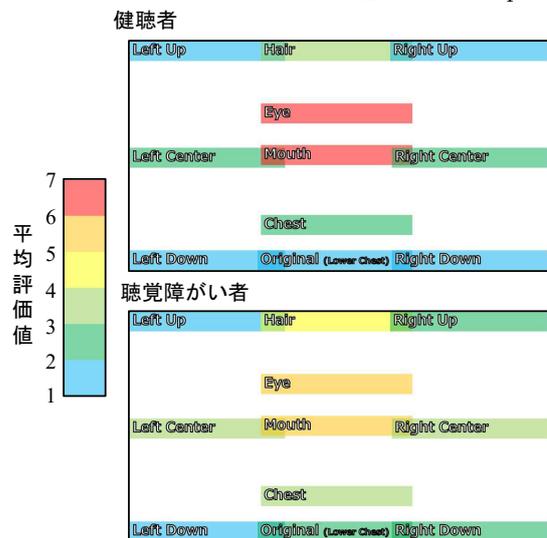


図2 シーン P での“字幕は映像の注目したい部分に重なって表示されていた。”に対する健聴者と聴覚障がい者における位置条件ごとの平均評価値。画面上の字幕呈示領域とその条件名を示し、字幕領域に着色された色は平均評価値を示す。

3. 字幕の印象評価と時短デザイン研究が時空間的設計に及ぼす影響（研究2）

次に、研究2においては、研究1の字幕の文字数や内容の親近性と呈示時間の関係を分析し、Ohya et al. (2015)[1]の時短デザイン研究知見と、高瀬・大山(2016; 2019) [2, 3]の超高速逐次視覚呈示による複数アイテムの認知に要する時間を検討した研究から想定されたモデルと比較した。

図3は、研究1で使用した映像刺激のうち、字幕の呈示時間を操作した5つのシーン(D1, D2, D3, DP1, および DP2)における、1文字当たりの呈示時間と“字幕が読みにくかった。”に対する平均評価値との関係を健聴者と聴覚障がい者それぞれについてプロットしたものである。本結果は、1文字あたりの字幕呈示時間の読みやすさに対する評価値4（“字幕が読みにくかった。”に対する評価が“どちらでもない”）において、文字数が15字、19字、20字、22字の字幕で、健聴者はおおよそ約100ミリ秒程度であり、聴覚障がい者はそれよりも短い時間となった。健聴者と聴覚障がい者の両方において、1文字あたりの呈示時間の増加に比例して読みにくさがほぼ線形的に減少することを示しているが、字幕全体の文字数の増加に従い、1文字あたりの読みやすさに必要な呈示時間は減少する傾向が見られた。高瀬・大山(2019) [3]は、同じ文字数であっても、ランダムな文字列の組み合わせよりも単語のほうが認知に要する時間が短いことを報告した。このことから、ランダムな文字列よりも単語の場合はその一部しか視知覚できなくても前後の文字と既にある知識から推測して認知していることを示唆している。字幕においても同様に、文字数が増えた場合には前後の文脈情報を使って内容を推定している可能性がある。6字条件における字幕呈示時間の読みやすさに対する評価値2（“字幕が読みにくかった。”に対する評価が“ほとんどそう思わない”）は15字以上の条件と比較して、1文字あたりの必要な呈示時間が長くなる傾向が見られた。さらに、6字の字幕のシーンは背景の映像の動きが他の映像と比較して大きい条件であったことから、映像内容により読みやすいと感じられる字幕呈示時間に影響を与えたと考えられる。

一方、時短デザインの先行研究 [1] においては、25文字から30文字のニュース字幕を対象とした実験から、読みやすい呈示時間は、認知に要する最小可読閾値としての呈示時間より1.6倍程度長いと報告された。一方、複数アイテムの認知に要する時間の研究 [2] では、ランダムな4つの文字を順序を含めて75%の正答率で再生できる呈示時間は、約134.27ミリ秒と

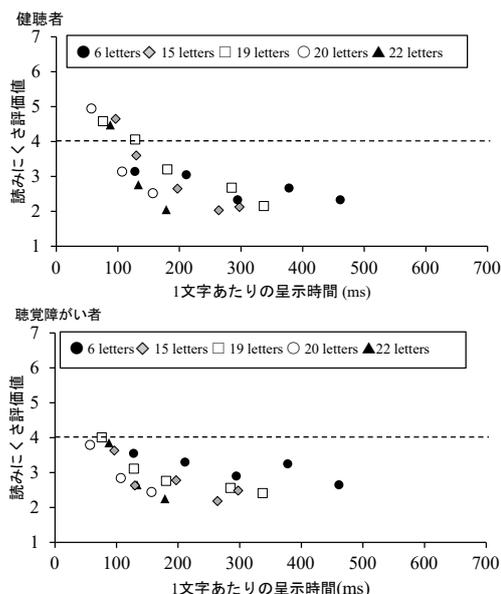


図3 “字幕が読みにくかった。”に対する健聴者と聴覚障がい者での評価平均値と字幕呈示時間の関係性

報告された。よって、1文字あたりの必要な呈示時間は約33.57ミリ秒と考えられる。先行研究と本研究を比較すると、映像がなく字幕（テキスト）のみの可読閾値を調べた先行研究に対して、本研究では映像と字幕を同時に見る条件であることから、全体として1文字あたりの読みやすさに必要な呈示時間は映像の影響で長くなると考えられた。このことは、本研究において、映像の動きが大きく、より映像の認知に関する認知的負荷が高いと考えられる条件で、1文字あたりの読みやすさに必要な呈示時間が長くなったこととも一致する。

4. 字幕自動解析アプリケーションの評価性能の検討（研究3）

研究1と2の結果より、映像内容が読みやすいと感じられる字幕呈示時間にも影響を与えたと考えられたため、研究3として、映像解析アプリケーションを作成し、研究1で得られた健聴者と聴覚障がい者の“字幕が読みにくかった。”に対する評価値と研究2での知見を踏まえて検討した。なお、シーンD1については、字幕の呈示位置に映像内の文字と重なっていたことで、字幕の呈示時間が正しく検出されなかった。これは、アプリケーションの改善の必要があることから、ここでの分析からは除外し、呈示時間を操作した他のシーンD2, D3, DP1, およびDP2について解析を行った。

これらのシーンに対して、呈示時間条件ごとの字幕の読みにくさの評価値とアプリケーションから得られ

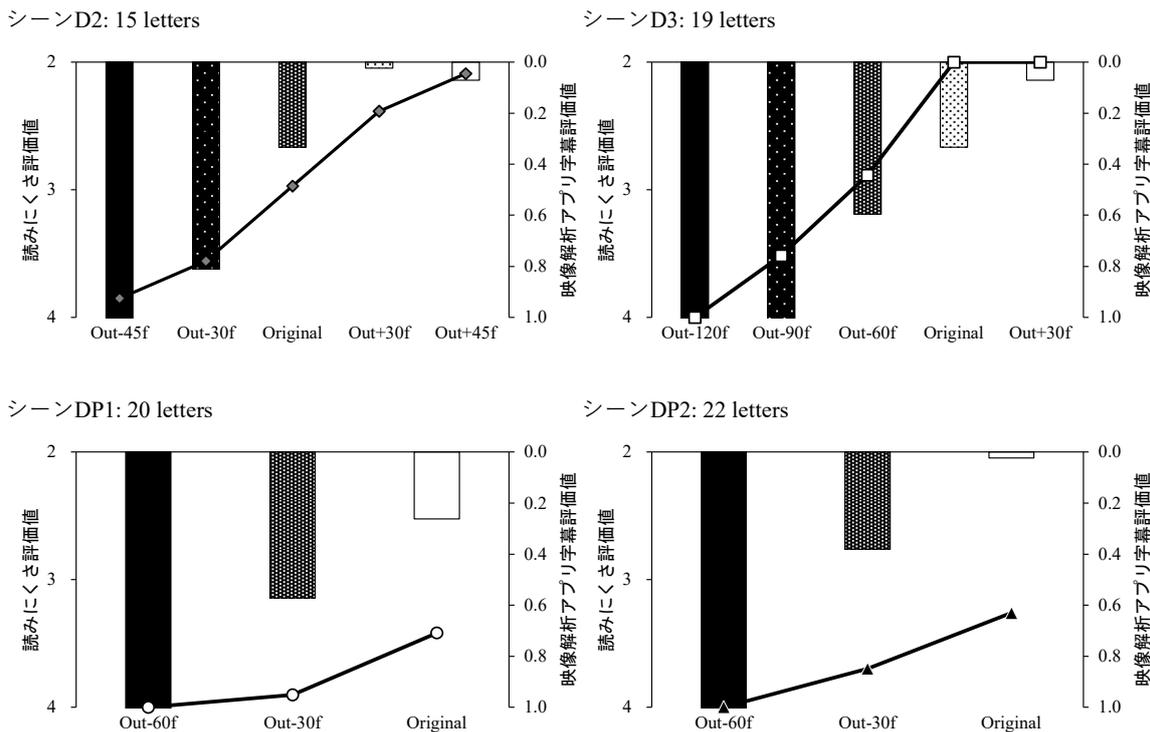


図4 健聴者における呈示時間ごとの読みにくさ評価値と映像解析アプリケーションの字幕呈示時間評価値との関係性. 左側の縦軸は呈示時間を操作したシーン (D2, D3, DP1, DP2) のうち1シーンの印象評価項目“字幕は読みにくかった”に対する平均評価値を棒グラフで示し, 右側の縦軸はこの1シーンに残りの3シーンから推定されたアプリケーションにおける字幕呈示時間の評価値を折れ線グラフで示す. この評価値は0に近いほど字幕呈示時間が読みやすくなることを示す.

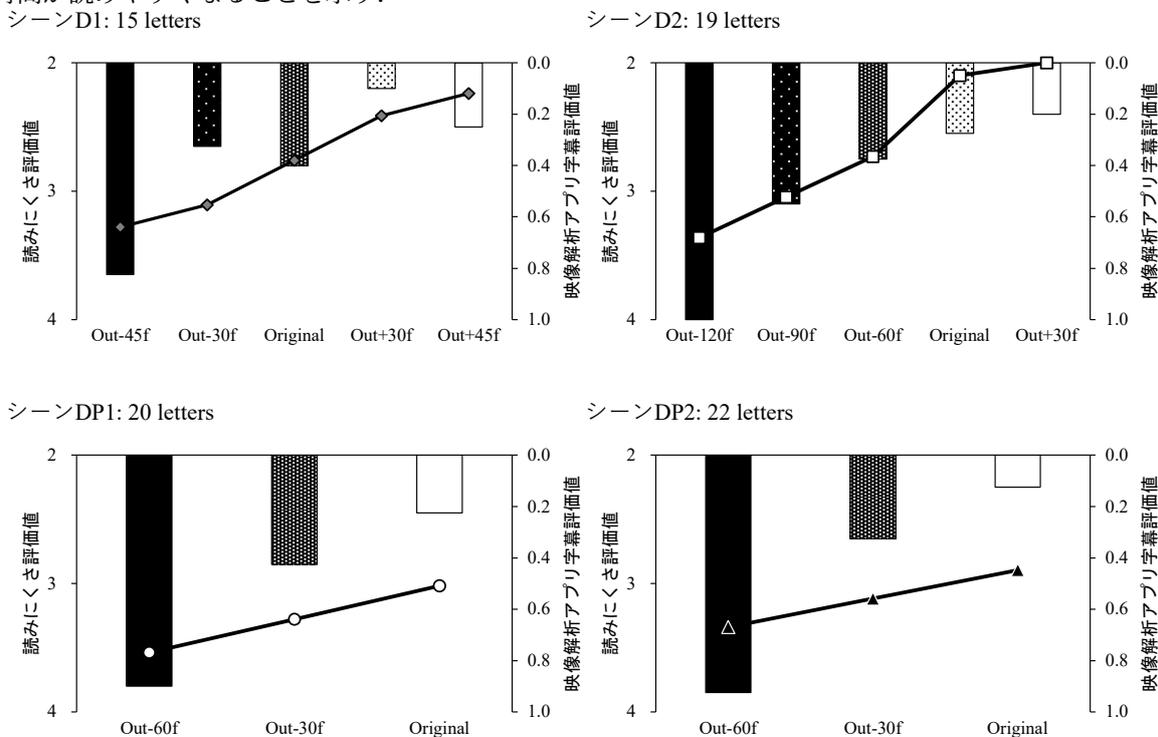


図5 聴覚障がい者における呈示時間ごとの読みにくさ評価値と映像解析アプリケーションの字幕呈示時間評価値との関係性

る推定評価値との一致度を、健聴者と聴覚障がい者それぞれにおいて検討した。まず、シーンごとの呈示時間条件に対して、1文字単位ごとの字幕呈示時間をフレームレート単位からミリ秒単位の呈示時間に変換し、“字幕が読みにくかった。”に対する平均評価値について呈示時間条件ごとに leave one out 法を用いた線形近似を各シーンに行った。ここで得られた近似式から、評価値4（“字幕が読みにくかった。”に対する評価が“どちらでもない”）と評価値2（“字幕が読みにくかった。”に対する評価が“ほとんどそう思わない”）を代入した値のそれぞれを、アプリケーションにおける字幕の呈示時間における読みやすい呈示時間としての基準時間と上限時間と設定した。アプリケーションにおける字幕の基準時間に満たない呈示時間は1、基準時間を超えるが上限時間を下回る呈示時間は0までの間で線形的に変化する値となる。このシーンごとに推定されたアプリケーションの字幕評価値と対応するシーンの“字幕が読みにくかった。”に対する評価値を、呈示時間条件ごとに健聴者（図4）と聴覚障がい者（図5）それぞれにおいて検討した。健聴者と聴覚障がい者のいずれにおいても、シーンごと字幕の読みにくさの評価値とアプリケーションにおける評価推定値の呈示時間ごとの傾向は類似していると考えられる。

5. 総合考察

本研究では、映像解析評価アプリケーションによる自動的な字幕の評価のために、評価パラメータを視覚情報の認知行動実験知見に基づいて設定し、一致度を検討した。また、評価シミュレーション結果が、健聴者と聴覚障がい者の実際の評価をどの程度再現可能であるか検討した。本研究結果は、これまで定量的な評価が難しかった字幕設計を自動化し、字幕利用者の評価が特に低くなる可能性の高い設計を予め修正できることで、字幕制作の質の向上と教育に貢献できると考えられる。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金（16H03217）の助成による。

文献

- [1] Ohyama, J., Itoh, N., Kurakata, K., & Sagawa, K. (2015) “Time Reduction Design Method for Cognitive Assist Technology”, In: Zhou J., Salvendy G. (eds) Human Aspects of IT for the Aged Population. Design for Aging. ITAP 215. Lecture Notes in Computer Science, 9193, pp. 94-103.

- [2] 高瀬 愛理・大山 潤爾, (2016) “超高速逐次視覚呈示における刺激系列の記憶順序逆転効果” 日本認知心理学会大14大会発表論文集, p. 99.
- [3] 高瀬 愛理・大山 潤爾, (2018) “熟知価および発音容易性が単語認知速度とその加齢変化に及ぼす影響” 日本基礎心理学会大38回大会発表論文集, p. 288.
- [4] ISO/IEC : 20071-23 : 2018. “Visual presentation of audio information (including captions and subtitles)”

付録1 シーンごとの映像内容および各条件の詳細

| シーン | | 条件 | | | |
|-----|---|-------------------------------|---|-----------------------------------|--|
| 名 | 内容 | 字幕文字数 番号 | 名 | 内容 | |
| D1 | 激しい喧嘩をする2名に対し、それを見ている2名のうち1名が喧嘩を止めようと発言する | 6 | ① | Out-30f | 実際の字幕より30フレーム字幕終了時間が短い時間で表示 |
| | | | ② | Out-15f | 実際の字幕より15フレーム字幕終了時間が短い時間で表示 |
| | | | ③ | Original | 実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ④ | Out+15f | 実際の字幕より15フレーム字幕終了時間が長い時間で表示 |
| | | | ⑤ | Out+30f | 実際の字幕より30フレーム字幕終了時間が長い時間で表示 |
| D2 | こちらを向く2名に対して背を向けた人物1名が発言する | 15 | ① | Out-45f | 実際の字幕より45フレーム字幕終了時間が短い時間で表示 |
| | | | ② | Out-30f | 実際の字幕より30フレーム字幕終了時間が短い時間で表示 |
| | | | ③ | Original | 実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ④ | Out+30f | 実際の字幕より30フレーム字幕終了時間が長い時間で表示 |
| | | | ⑤ | Out+45f | 実際の字幕より45フレーム字幕終了時間が長い時間で表示 |
| D3 | ベッドに横たわる人物がベッド脇にいる人物に発言する | 19 | ① | Out-120f | 実際の字幕より120フレーム字幕終了時間が短い時間で表示 |
| | | | ② | Out-90f | 実際の字幕より90フレーム字幕終了時間が短い時間で表示 |
| | | | ③ | Out-60f | 実際の字幕より60フレーム字幕終了時間が短い時間で表示 |
| | | | ④ | Original | 実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑤ | Out+30f | 実際の字幕より30フレーム字幕終了時間が長い時間で表示 |
| DP1 | 画面中央で腰から頭が映っている1名の人物がこちらに向かって発言する | 20 | ① | Out-60f | 実際の字幕より60フレーム字幕終了時間が短い |
| | | | ② | Out-30f | 実際の字幕より30フレーム字幕終了時間が短い |
| | | | ③ | Original (Abdomen) | 実際の字幕と同じかつ人物の額に重なった位置と時間で表示 |
| | | | ④ | Left Down | 画面左下に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑤ | Left Center | 画面左中央に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑥ | Left Up | 画面左上に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑦ | Chest | 画面中央人物の胸に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑧ | Mouth | 画面中央人物の口に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑨ | Eye | 画面中央人物の目に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑩ | Head | 画面中央人物の頭に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑪ | Right Down | 画面右下に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑫ | Right Center | 画面右中央に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑬ | Right Up | 画面右上に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| DP2 | こちらに背を向けている人物に対し男性が発言する | 22 | ① | Out-60f | 実際の字幕より45フレーム字幕終了時間が短い時間で表示 |
| | | | ② | Out-30f | 実際の字幕より30フレーム字幕終了時間が短い時間で表示 |
| | | | ③ | Original | 実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ④ | Left Down | 画面左下に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑤ | Left Center | 画面左中央に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑥ | Left Up | 画面左上に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑦ | Mouth | 画面中央人物の口に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑧ | Eye | 画面中央人物の目に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑨ | Head | 画面中央人物の頭に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑩ | Right Down | 画面右下に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑪ | Right Center (Mouth) | 画面右中央かつ人物の口に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | ⑫ | Right Up (Head) | 画面右上かつ人物の頭に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 |
| | | | P | 画面中央で胸から頭が映っている1名の人物がこちらに向かって発言する | 23 |
| ② | Left Center | 画面左中央に実際の字幕と同じ時間で表示 | | | |
| ③ | Left Up | 画面左上に実際の字幕と同じ時間で表示 | | | |
| ④ | Original (Lower Chest) | 実際の字幕と同じ位置（人物の胸下部と重なった）と時間で表示 | | | |
| ⑤ | Chest | 画面中央人物の胸に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 | | | |
| ⑥ | Mouth | 画面中央人物の口に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 | | | |
| ⑦ | Eye | 画面中央人物の目に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 | | | |
| ⑧ | Hair | 画面中央人物の髪に重なった位置に実際の字幕と同じ時間で表示 | | | |
| ⑨ | Right Down | 画面右下に実際の字幕と同じ時間で表示 | | | |
| ⑩ | Right Center | 画面右中央に実際の字幕と同じ時間で表示 | | | |
| ⑪ | Right Up | 画面右上に実際の字幕と同じ時間で表示 | | | |
| S | 3名の人物が会話しているショット（1ショット目）の後、こちらに背を向けた人物に肉屋の店員が発言するショット（2ショット目）から、肉を購入した人物の胸から顔が画面中央に映るショットに切り替わる（3ショット目） | 23 | ① | (+4f, +4f) | 2ショット目の4フレーム後に字幕表示開始かつ3ショット目開始4フレーム後に字幕表示終了 |
| | | | ② | (+3f, +3f) | 2ショット目の3フレーム後に字幕表示開始かつ3ショット目開始3フレーム後に字幕表示終了 |
| | | | ③ | (0f, +2f) | 2ショット目と同時に字幕表示開始かつ3ショット目開始2フレーム後に字幕表示終了 |
| | | | ④ | Original (+2f, +2f) | 実際の字幕表示と同じタイミング（2ショット目の2フレーム後に字幕表示開始かつ3ショット目開始2フレーム後に字幕表示終了） |
| | | | ⑤ | (+2f, 0f) | 2ショット目の2フレーム後に字幕表示開始かつ3ショット目開始と同時に字幕表示終了 |
| | | | ⑥ | (+1f, +1f) | 2ショット目の1フレーム後に字幕表示開始かつ3ショット目開始1フレーム後に字幕表示終了 |
| | | | ⑦ | (0f, 0f) | 2ショット目と同時に字幕表示開始かつ3ショット目開始と同時に字幕表示終了 |
| | | | ⑧ | (-1f, -1f) | 2ショット目開始1フレーム前に字幕表示開始かつ3ショット目開始1フレーム前に字幕表示終了 |

付録2 シーンごとの条件に対する健聴者と聴覚障がい者それぞれにおける平均評価値と標準偏差

| 評価項目 | シーン 条件 | 健聴者 (N=21) | | | | | | | | 聴覚障がい者 (N=20) | | | | | | | |
|------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| D1 | ① | 5.10 (1.22) | 2.14 (1.31) | 5.76 (1.67) | 5.86 (1.39) | 5.29 (1.62) | 4.57 (2.11) | 5.57 (0.93) | 3.14 (1.65) | 4.00 (1.17) | 2.65 (1.69) | 4.60 (1.57) | 5.25 (1.33) | 4.80 (1.79) | 4.40 (1.70) | 4.30 (1.22) | 3.55 (2.01) |
| | ② | 5.05 (1.20) | 2.52 (1.66) | 5.71 (1.19) | 5.00 (1.26) | 5.43 (1.33) | 4.43 (1.57) | 5.10 (1.37) | 3.05 (1.47) | 4.55 (1.39) | 2.65 (1.63) | 5.50 (1.28) | 5.40 (1.35) | 4.55 (2.21) | 4.85 (1.57) | 4.50 (1.79) | 3.30 (1.89) |
| | ③ | 5.52 (1.08) | 2.19 (1.44) | 6.33 (0.86) | 5.86 (1.06) | 5.24 (1.76) | 5.81 (0.87) | 5.62 (0.97) | 2.33 (1.32) | 5.05 (1.15) | 2.65 (1.60) | 5.50 (1.19) | 5.55 (1.00) | 4.80 (1.64) | 5.50 (1.00) | 4.70 (1.30) | 2.90 (1.71) |
| | ④ | 5.43 (1.29) | 2.29 (1.65) | 6.33 (1.02) | 5.48 (1.40) | 5.52 (1.63) | 5.14 (1.56) | 5.71 (1.19) | 2.67 (1.59) | 4.40 (1.50) | 2.60 (1.67) | 5.45 (1.36) | 5.30 (1.34) | 4.85 (1.87) | 5.05 (1.50) | 4.60 (1.57) | 3.25 (1.94) |
| | ⑤ | 5.29 (1.27) | 2.48 (1.33) | 6.05 (1.02) | 5.14 (1.46) | 5.33 (1.32) | 4.48 (1.86) | 5.14 (1.35) | 2.33 (1.32) | 5.15 (1.09) | 2.65 (1.39) | 5.60 (1.23) | 5.65 (1.39) | 4.75 (2.02) | 4.70 (1.63) | 5.15 (1.35) | 2.65 (1.63) |
| D2 | ① | 4.14 (1.65) | 1.86 (1.06) | 4.33 (1.98) | 4.33 (2.06) | 5.67 (1.46) | 2.19 (1.33) | 4.71 (1.74) | 4.67 (1.62) | 4.10 (1.52) | 2.40 (1.43) | 4.85 (1.57) | 4.25 (1.86) | 4.75 (1.55) | 2.75 (1.86) | 4.60 (1.50) | 3.65 (1.87) |
| | ② | 4.86 (1.11) | 2.24 (1.51) | 5.57 (1.25) | 5.00 (1.76) | 5.81 (1.29) | 3.24 (1.73) | 5.14 (1.42) | 3.62 (1.24) | 4.55 (1.19) | 2.55 (1.73) | 5.50 (1.05) | 4.55 (1.47) | 5.05 (1.99) | 3.65 (1.84) | 4.70 (1.38) | 2.65 (1.53) |
| | ③ | 5.24 (0.94) | 1.90 (1.18) | 5.76 (1.18) | 5.43 (1.43) | 5.86 (1.35) | 4.67 (1.46) | 5.14 (1.20) | 2.67 (1.32) | 5.00 (1.12) | 2.60 (1.57) | 5.55 (1.15) | 5.55 (1.32) | 5.10 (1.86) | 4.50 (2.01) | 4.95 (1.32) | 2.80 (1.28) |
| | ④ | 5.90 (0.83) | 2.00 (1.18) | 6.49 (0.68) | 6.00 (0.95) | 6.00 (1.22) | 5.57 (1.33) | 5.43 (1.33) | 2.05 (0.92) | 5.55 (0.83) | 2.85 (1.76) | 6.15 (0.67) | 5.85 (0.93) | 5.50 (1.40) | 5.65 (1.27) | 5.20 (1.36) | 2.20 (1.20) |
| | ⑤ | 5.71 (0.96) | 1.90 (1.04) | 6.23 (0.78) | 5.67 (1.02) | 5.86 (1.24) | 5.33 (1.49) | 5.43 (1.16) | 2.14 (1.11) | 5.25 (1.02) | 2.75 (1.74) | 5.85 (0.81) | 5.65 (1.18) | 5.30 (1.56) | 5.55 (1.39) | 5.15 (1.39) | 2.50 (1.43) |
| D3 | ① | 3.76 (1.41) | 1.67 (0.73) | 3.76 (1.84) | 5.00 (1.61) | 5.52 (1.47) | 2.14 (1.39) | 4.76 (1.64) | 4.57 (1.86) | 3.75 (1.59) | 2.25 (1.29) | 4.30 (1.98) | 3.65 (2.01) | 5.15 (1.76) | 2.35 (1.53) | 4.70 (1.49) | 4.00 (1.81) |
| | ② | 4.62 (1.43) | 2.19 (1.36) | 5.38 (1.50) | 4.95 (1.63) | 5.76 (1.37) | 3.67 (2.03) | 4.81 (1.60) | 4.05 (1.66) | 4.50 (1.36) | 2.30 (1.42) | 5.45 (1.39) | 4.50 (1.70) | 5.20 (1.61) | 4.05 (1.90) | 4.75 (1.59) | 3.10 (1.48) |
| | ③ | 5.05 (1.40) | 1.52 (0.68) | 5.76 (1.22) | 5.19 (1.72) | 5.90 (1.18) | 3.57 (1.80) | 4.76 (1.87) | 3.19 (1.57) | 5.00 (1.38) | 2.45 (1.64) | 5.70 (1.08) | 5.65 (1.09) | 5.50 (1.54) | 4.75 (2.00) | 4.80 (1.44) | 2.75 (1.48) |
| | ④ | 5.14 (1.15) | 2.14 (1.49) | 6.00 (1.22) | 5.38 (0.92) | 5.76 (1.37) | 5.05 (1.43) | 5.00 (1.73) | 2.67 (1.56) | 5.40 (1.23) | 2.30 (1.26) | 5.95 (1.19) | 5.55 (1.54) | 5.15 (1.66) | 5.40 (1.57) | 5.30 (1.63) | 2.55 (1.47) |
| | ⑤ | 5.86 (0.79) | 2.00 (1.18) | 6.33 (0.97) | 5.95 (0.92) | 5.81 (1.33) | 5.33 (1.53) | 5.38 (1.20) | 2.14 (0.91) | 5.05 (1.50) | 2.65 (1.46) | 5.70 (0.92) | 5.50 (1.36) | 5.35 (1.76) | 5.50 (1.43) | 4.75 (1.77) | 2.40 (1.31) |
| DP1 | ① | 3.43 (1.72) | 1.71 (1.01) | 3.57 (2.09) | 4.43 (1.91) | 5.81 (1.21) | 1.57 (1.08) | 5.05 (1.63) | 4.95 (1.83) | 3.70 (1.69) | 2.45 (1.32) | 4.15 (1.93) | 3.95 (1.93) | 5.15 (1.46) | 2.15 (1.81) | 4.70 (1.26) | 3.80 (2.14) |
| | ② | 4.86 (1.31) | 1.90 (1.04) | 5.24 (1.34) | 4.90 (1.55) | 6.00 (1.18) | 3.19 (1.57) | 4.95 (1.56) | 3.14 (1.59) | 4.60 (1.14) | 2.60 (1.50) | 5.45 (0.94) | 4.50 (1.82) | 5.10 (1.48) | 3.85 (1.73) | 4.90 (1.37) | 2.85 (1.27) |
| | ③ | 5.62 (1.16) | 1.76 (1.22) | 6.05 (0.92) | 5.76 (1.14) | 5.90 (1.34) | 5.90 (1.14) | 5.38 (1.28) | 2.52 (1.50) | 5.10 (1.33) | 2.30 (1.45) | 5.80 (1.01) | 5.75 (0.91) | 4.85 (2.16) | 5.75 (1.16) | 4.95 (1.70) | 2.45 (1.36) |
| | ④ | 4.00 (1.26) | 1.67 (0.86) | 4.95 (1.40) | 5.38 (1.16) | 5.95 (1.07) | 5.10 (1.41) | 2.90 (1.37) | 4.71 (1.59) | 3.95 (1.50) | 2.10 (1.41) | 5.10 (1.52) | 5.60 (0.82) | 5.55 (1.79) | 5.15 (1.14) | 2.85 (1.66) | 3.65 (1.87) |
| | ⑤ | 5.00 (1.45) | 3.10 (1.73) | 5.57 (1.60) | 5.29 (1.62) | 4.62 (1.80) | 5.24 (1.76) | 3.90 (1.73) | 3.00 (2.02) | 4.35 (1.57) | 3.65 (1.46) | 5.35 (1.23) | 5.60 (0.99) | 4.80 (1.61) | 5.60 (1.27) | 3.65 (1.69) | 2.90 (1.62) |
| | ⑥ | 4.48 (1.57) | 2.71 (1.98) | 5.76 (1.09) | 5.71 (1.10) | 5.10 (1.95) | 5.81 (1.08) | 3.48 (1.47) | 3.14 (1.90) | 4.25 (1.68) | 2.75 (1.92) | 5.30 (1.49) | 5.55 (1.15) | 5.30 (1.63) | 5.30 (1.34) | 2.95 (1.79) | 3.60 (2.09) |
| | ⑦ | 5.71 (0.96) | 3.24 (1.73) | 6.29 (0.72) | 5.95 (1.02) | 4.67 (1.85) | 5.75 (1.29) | 5.24 (1.30) | 2.10 (1.04) | 5.90 (0.79) | 3.75 (2.02) | 6.30 (0.57) | 6.15 (0.81) | 4.25 (1.89) | 6.05 (0.94) | 5.70 (1.17) | 1.75 (1.02) |
| | ⑧ | 2.43 (1.25) | 6.71 (0.46) | 5.90 (1.55) | 5.38 (1.20) | 1.33 (0.73) | 5.38 (1.24) | 1.48 (0.87) | 3.71 (2.26) | 2.80 (1.06) | 5.95 (1.61) | 5.45 (1.36) | 5.65 (1.09) | 1.70 (1.13) | 5.45 (1.10) | 1.70 (1.17) | 2.70 (1.81) |
| | ⑨ | 2.19 (1.29) | 6.71 (0.64) | 6.00 (1.61) | 5.90 (1.14) | 1.52 (1.44) | 5.76 (1.34) | 1.67 (1.46) | 3.33 (2.29) | 2.70 (1.42) | 5.95 (2.04) | 5.50 (1.32) | 5.40 (1.19) | 1.90 (1.55) | 5.10 (1.25) | 1.55 (0.94) | 3.25 (2.12) |
| | ⑩ | 4.62 (1.53) | 5.24 (1.41) | 5.95 (1.40) | 5.43 (1.25) | 2.48 (1.44) | 5.14 (1.39) | 3.38 (1.83) | 2.81 (1.78) | 4.85 (1.23) | 4.85 (1.23) | 5.60 (1.23) | 5.60 (1.10) | 3.45 (1.50) | 5.35 (1.18) | 3.45 (1.64) | 3.15 (1.66) |
| | ⑪ | 4.43 (1.50) | 1.62 (0.74) | 5.76 (1.09) | 5.29 (1.19) | 6.33 (0.73) | 5.43 (1.21) | 3.29 (1.59) | 4.19 (1.66) | 3.95 (1.50) | 2.55 (1.47) | 5.05 (1.47) | 5.60 (1.10) | 5.60 (1.35) | 5.40 (1.05) | 2.95 (1.76) | 3.75 (1.48) |
| | ⑫ | 5.48 (1.08) | 3.38 (1.75) | 6.06 (1.26) | 5.81 (1.08) | 4.33 (1.65) | 5.71 (1.27) | 4.52 (1.21) | 2.67 (1.53) | 4.80 (1.28) | 3.50 (1.88) | 5.50 (1.32) | 5.70 (0.92) | 4.60 (1.76) | 5.55 (1.10) | 3.95 (1.99) | 3.05 (2.01) |
| | ⑬ | 4.67 (1.59) | 2.52 (1.50) | 5.76 (1.34) | 5.43 (1.36) | 5.38 (1.36) | 5.19 (1.36) | 3.29 (1.35) | 3.67 (1.49) | 4.00 (1.12) | 3.10 (1.94) | 5.45 (1.36) | 5.35 (1.27) | 4.80 (1.67) | 5.25 (1.45) | 2.45 (1.32) | 3.65 (1.98) |
| DP2 | ① | 4.38 (1.56) | 2.00 (1.22) | 4.62 (1.69) | 5.00 (2.07) | 5.75 (1.29) | 1.62 (0.74) | 5.14 (1.28) | 4.48 (1.97) | 3.60 (1.60) | 2.55 (1.47) | 4.60 (1.79) | 3.60 (1.98) | 5.20 (1.47) | 2.60 (1.54) | 4.80 (1.36) | 3.85 (1.95) |
| | ② | 5.62 (1.02) | 2.00 (1.22) | 6.00 (0.89) | 5.38 (1.56) | 5.43 (1.54) | 4.05 (1.69) | 5.29 (1.06) | 2.76 (1.37) | 5.15 (1.23) | 2.65 (1.76) | 5.80 (1.15) | 5.70 (1.13) | 5.20 (1.67) | 4.65 (1.93) | 5.05 (1.28) | 2.65 (1.35) |
| | ③ | 5.95 (1.16) | 2.00 (1.38) | 6.38 (1.02) | 6.10 (1.04) | 5.48 (1.63) | 6.00 (1.18) | 5.57 (1.21) | 2.05 (1.16) | 5.15 (1.23) | 2.45 (1.32) | 5.75 (0.85) | 5.50 (1.19) | 4.90 (1.62) | 5.85 (0.99) | 5.25 (1.16) | 2.25 (1.33) |
| | ④ | 4.52 (1.44) | 2.10 (1.30) | 5.71 (1.06) | 5.67 (1.06) | 5.81 (1.33) | 5.38 (1.53) | 3.24 (1.26) | 3.90 (1.76) | 4.30 (1.53) | 2.70 (1.59) | 5.45 (1.15) | 5.20 (1.47) | 5.95 (1.00) | 5.60 (1.54) | 3.60 (1.90) | 3.60 (1.90) |
| | ⑤ | 4.43 (1.63) | 3.86 (1.85) | 5.81 (1.21) | 5.95 (0.67) | 4.24 (1.70) | 5.52 (1.08) | 3.29 (1.85) | 2.95 (1.83) | 4.00 (1.59) | 4.40 (1.76) | 5.35 (1.42) | 5.50 (1.10) | 4.00 (1.49) | 5.20 (1.24) | 2.50 (1.40) | 3.15 (1.69) |
| | ⑥ | 4.24 (1.55) | 1.81 (0.98) | 5.52 (1.17) | 5.29 (1.19) | 5.95 (1.43) | 5.48 (1.21) | 2.71 (1.31) | 4.29 (1.71) | 3.95 (1.57) | 2.95 (1.61) | 5.30 (1.34) | 5.50 (1.28) | 5.50 (1.70) | 5.50 (1.05) | 2.60 (1.76) | 3.75 (2.05) |
| | ⑦ | 2.71 (1.42) | 6.62 (0.59) | 6.00 (1.41) | 5.71 (1.06) | 1.43 (0.75) | 5.67 (1.15) | 1.67 (1.02) | 3.19 (1.81) | 3.40 (1.76) | 5.90 (1.55) | 5.45 (1.28) | 5.55 (0.94) | 1.75 (1.16) | 5.15 (1.42) | 1.85 (1.27) | 3.20 (1.96) |
| | ⑧ | 2.43 (1.36) | 6.67 (0.73) | 6.00 (1.48) | 5.43 (1.21) | 1.43 (0.81) | 5.38 (1.47) | 1.67 (1.32) | 3.52 (2.25) | 2.85 (1.18) | 5.90 (1.68) | 5.40 (1.57) | 5.45 (1.23) | 1.75 (1.33) | 5.40 (1.19) | 1.55 (1.05) | 2.75 (1.62) |
| | ⑨ | 5.43 (1.40) | 3.71 (1.85) | 6.20 (1.01) | 5.67 (1.02) | 3.76 (1.61) | 5.57 (1.12) | 4.86 (1.62) | 2.14 (1.49) | 4.80 (1.64) | 4.20 (1.61) | 5.40 (1.47) | 5.50 (1.28) | 3.95 (1.47) | 5.60 (1.19) | 3.80 (1.36) | 3.00 (1.72) |
| | ⑩ | 4.43 (1.43) | 1.90 (1.26) | 5.76 (1.26) | 5.62 (1.16) | 5.71 (1.38) | 5.57 (1.33) | 3.57 (1.36) | 3.81 (1.78) | 5.35 (0.88) | 2.55 (1.57) | 5.85 (0.81) | 5.90 (0.79) | 4.75 (1.80) | 5.37 (1.57) | 4.25 (1.68) | 2.90 (1.48) |
| | ⑪ | 4.33 (1.46) | 5.95 (0.92) | 6.00 (1.34) | 5.95 (0.86) | 1.76 (0.83) | 5.76 (0.83) | 2.71 (1.27) | 3.14 (1.96) | 4.20 (1.58) | 5.50 (1.43) | 5.45 (1.28) | 5.45 (1.10) | 2.70 (1.87) | 5.40 (1.27) | 2.70 (1.56) | 2.80 (1.77) |
| | ⑫ | 5.38 (1.16) | 3.05 (1.53) | 6.00 (0.95) | 6.10 (0.89) | 5.00 (1.48) | 5.90 (0.83) | 4.05 (1.72) | 2.86 (1.56) | 4.45 (1.39) | 3.50 (1.73) | 5.50 (1.15) | 5.50 (0.95) | 4.85 (1.39) | 5.15 (1.39) | 3.60 (1.79) | 3.15 (1.76) |
| | P | ① | 4.19 (1.69) | 1.48 (0.68) | 5.24 (1.64) | 5.43 (1.40) | 6.33 (0.73) | 5.19 (1.57) | 3.05 (1.60) | 4.19 (1.78) | 3.90 (1.65) | 1.80 (1.24) | 5.05 (1.50) | 5.20 (1.40) | 5.65 (1.46) | 5.00 (1.30) | 2.80 (1.99) |
| ② | | 5.38 (1.24) | 2.43 (1.54) | 6.29 (0.78) | 6.19 (0.93) | 5.19 (1.81) | 5.86 (1.01) | 4.52 (1.60) | 2.62 (1.60) | 4.25 (1.33) | 3.15 (1.53) | 5.25 (1.59) | 5.20 (1.44) | 4.65 (1.66) | 5.10 (1.45) | 3.20 (1.61) | 2.75 (1.52) |
| ③ | | 4.52 (1.44) | 1.57 (0.75) | 5.67 (0.91) | 6.00 (0.89) | 6.24 (0.62) | 5.67 (1.32) | 2.95 (1.69) | 4.10 (1.79) | 3.89 (1.49) | 1.95 (1.03) | 5.11 (1.52) | 5.47 (1.12) | 5.47 (1.54) | 5.37 (1.12) | 2.63 (1.61) | 3.63 (2.03) |
| ④ | | 5.76 (1.00) | 1.57 (1.08) | 6.29 (0.90) | 6.10 (0.94) | 6.05 (1.36) | 5.90 (0.94) | 5.43 (1.54) | 2.10 (1.58) | 5.65 (0.81) | 2.85 (1.90) | 5.90 (0.64) | 5.95 (0.76) | 5.10 (1.89) | 5.80 (1.06) | 5.30 (0.98) | 2.10 (1.21) |
| ⑤ | | 6.33 (0.66) | 2.81 (1.60) | 6.62 (0.50) | 6.29 (0.64) | 5.05 (1.60) | 6.19 (0.81) | 6.24 (0.70) | 1.62 (0.67) | 6.25 (0.64) | 3.80 (2.09) | 6.40 (0.60) | 6.25 (0.79) | 4.35 (2.11) | 6.10 (1.25) | 5.95 (1.54) | 1.65 (0.99) |
| ⑥ | | 4.00 (1.79) | 6.29 (0.85) | 6.10 (1.18) | 5.95 (0.97) | 1.81 (1.36) | 5.76 (1.09) | 2.38 (1.66) | 2.57 (1.80) | 4.00 (1.62) | 5.55 (1.67) | 5.65 (1.27) | 5.75 (0.91) | 2.10 (1.41) | 5.60 (0.88) | 1.80 (1.51) | 2.65 (1.42) |
| ⑦ | | 2.67 (1.59) | 6.71 (0.46) | 6.05 (1.28) | 5.81 (1.08) | 1.19 (0.40) | 5.52 (1.17) | 1.48 (0.87) | 3.00 (2.14) | 3.15 (1.14) | 5.80 (2.04) | 5.95 (1.10) | 5.40 (1.43) | 1.90 (1.62) | 5.45 (1.43) | 1.55 (1.00) | 2.95 (1.67) |
| ⑧ | | 5.29 (1.42) | 3.24 (1.55) | 6.19 (1.12) | 5.86 (1.11) | 4.67 (1.88) | 5.90 (1.00) | 3.95 (1.63) | 2.76 (1.73) | 4.40 (1.19) | 4.20 (1.67) | 5.60 (1.10) | 5.65 (0.99) | 4.25 (1.83) | 5.50 (1.15) | 2.95 (1.32) | 3.35 (1.66) |
| ⑨ | | 4.52 (1.47) | 1.62 (0.74) | 5.76 (1.18) | 5.67 (1.32) | 6.38 (0.74) | 5.76 (1.22) | 3.10 (1.37) | 4.14 (1.62) | 3.75 (1.59) | 2.35 (1.39) | 4.85 (1.50) | 5.60 (1.05) | 5.65 (1.39) | 5.75 (0.91) | 3.00 (1.97) | 3.75 (1.94) |
| ⑩ | | 5.67 (1.15) | 2.38 (1.66) | 6.48 (0.68) | 6.05 (1.07) | 5.19 (1.54) | 5.90 (1.04) | 4.57 (1.86) | 2.14 (1.39) | 5.00 (1.12) | 3.05 (1.85) | 5.70 (1.03) | 5.65 (1.09) | 5.05 (| | | |

アイデア評価者の新奇性追求傾向と評価値の関連

The relation of rater's novelty seeking and idea evaluation

服部 エリー 彩矢, 山川 真由, 三輪 和久
Eline Aya Hattori, Mayu Yamakawa, Kazuhisa Miwa

名古屋大学大学院情報学研究科
Nagoya University Graduate School of Informatics
hattori@cog.human.nagoya-u.ac.jp

概要

近年の研究で、創造的生成物が拒否される傾向にあることが示されている。その原因として、創造性の評価観点の1つである実用性が過小評価されることが指摘されている。本研究では、新奇性が高いものを志向するパーソナリティとして新奇性追求傾向を扱い、実用性過小評価の個人差について検討した。その結果、新奇性追求傾向高群は低群に比べて、新奇性が高いアイデアの実用性を過小評価しないことが示された。

キーワード：新奇性追求傾向 (novelty seeking), アイデア評価 (idea evaluation), 創造性 (creativity), 新奇性 (novelty), 実用性 (usefulness)

1. 背景

創造的な生成物は世の中に切望されており、より創造的な生成が行われるほど社会に還元されると考えられてきた。しかし、近年の研究で創造的な生成物は拒否される傾向にあることが明らかになっている[1, 2]。創造的な生成物が世の中に還元されていくためには、それを享受する側が、どのように評価しているのかについて検討する必要がある。

創造性の評価基準は、新奇性と実用性の両方を高い水準で兼ね備えることであるとされている[3]。創造的な生成物は、新奇性が高いために実用性を判断することが困難となり、実用性が過小評価されることが明らかにされている[4]。

とはいえ、この傾向は普遍的ではなく、個人差があると考えられる。マーケティングの研究では、新商品に対する関心が高い消費者ほど、新奇性が高い新商品の利点を高く評価することが示されている[5]。また、パーソナリティとしての促進焦点傾向が高い人は、低い人に比べ、より創造性が高いとされるアイデアの創造性を過小評価しないことが示されている[6]。

本研究では、新奇性が高いものに対する志向性を表すパーソナリティとして、新奇性追求傾向を扱う[7]。アイデア評価者の新奇性追求傾向と新奇性が高いアイデアに対する実用性評価の関連を検討する。先行研究[5,6]から、新奇性追求傾向が高い人は、低い人に比べて、

新奇性が高いアイデアの実用性を高く評価すると予測される。

2. 方法

2.1. 参加者

参加者は、クラウドソーシングサービスを利用して集められた。201名が回答し、性別の内訳は女性104名、男性92名、無回答5名だった。年齢は無回答を除き平均38.53歳(20歳~59歳, $SD = 9.14$)だった。

2.2. 材料

2.2.1. アイデア画像

アイデア評価の対象として、身の回りの家具や道具に関する画像を使用した。これは、デザイン専攻の大学生に、典型的なアイデアと革新的なアイデアをスケッチするように求めて描かれたものを3Dモデル画像にしたものである。10種類のカテゴリーに関して典型的なアイデア1つ、革新的なアイデア3つを抽出した40個のアイデアセットを材料とした(図1)。ラベルの末尾が0のアイデアは典型的なアイデア、1~3のアイデアは革新的なアイデアである。

また、真剣に評価をしていないと考えられる参加者を分析から除外するために、ダミー項目を作成した。ダミー項目は、アイデアセット内の典型的なアイデア4つから抽出し、アイデアセットに含めた。

2.2.2. 新奇性追求傾向尺度

先行研究[7]で、新奇性追求傾向を測定するものとして作成された14項目を日本語に翻訳して使用した。項目には、「私はいつも新しいことに挑戦したいと思っている」などが含まれ、5段階(1:全く当てはまらない~5:非常に当てはまる)で回答するものだった。

2.3. 手順

参加者は、最初に調査に関する説明を読み、同意の回答をした。次に、評価課題に取り組んだ。その際、予め実用性と新奇性の定義を示した。具体的には、「実用的であるとは、実際に使用する上で役に立つということ」、「新奇であるとは、新しく斬新であるということ」だっ

た。評価課題では、実用性か新奇性どちらかの観点について全アイデアについて評価を終えてから、もう一方の観点について評価した。アイデアは、1つずつランダムな順に呈示して5段階（1：全く新奇・実用的でない～5：非常に新奇・実用的である）で評価するよう求めた。最後に、新奇性追求傾向に関する質問に回答し、年齢、性別、職業について任意で回答を求めた。

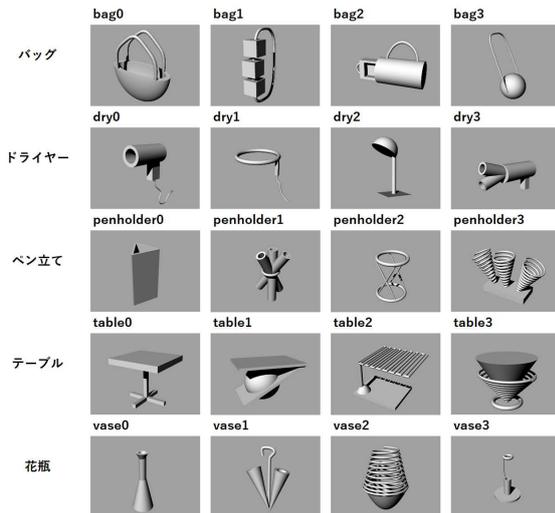


図 1. 3D モデルのアイデア画像の一部。

3. 結果と考察

本項目とダミー項目で評定値差が大きい参加者17名のデータを分析から除外した。分析の対象とした参加者は女性93名、男性86名、無回答5名の計184名で、平均年齢38.39歳（20歳～59歳、 $SD=9.17$ ）だった。

予測を検討するため、新奇性追求傾向を高群と低群に分類する。新奇性追求傾向得点の平均値は2.86（ $SD=0.67$ ）で、中央値は2.79だった。中央値以上の参加者を新奇性追求傾向高群、中央値未満の参加者を新奇性追求傾向低群に分類した。

新奇性追求傾向によって新奇性が高いアイデアの実用性評価に差が見られるかを検討する。そのため、参加者の評価値に基づき、新奇性を高く評価した（評定値4以上の）アイデアと、低く評価した（評定値2以下の）アイデアに分類した。その際、典型的なアイデアと革新的なアイデアではアイデアの性質が異なるため、後者のみを対象とした。新奇性が高いアイデアと低いアイデアの2分類が成り立たなかった参加者10名分のデータは分析から除外した。実用性評価を従属変数とし、新奇性追求傾向（高・低）とアイデア（新奇性高・低）を独立変数とした2要因分散分析を行った（図2）。なお、

新奇性追求傾向は参加者間要因で、アイデアは参加者内要因の混合計画だった。分析の結果、新奇性追求傾向とアイデアに交互作用が見られた（ $F(1, 174) = 4.75, p < .05, \eta^2 = .006$ ）。また、アイデアの主効果が有意だった（ $F(1, 174) = 437.36, p < .00001, \eta^2 = .504$ ）。一方、新奇性追求傾向の主効果は有意ではなかった（ $F(1, 174) = 1.12, p = .29, \eta^2 = .002$ ）。

交互作用が有意だったため、単純主効果の検定を実施したところ、新奇性評価が高いアイデアにおいて新奇性追求傾向の単純主効果が有意だった（ $F(1, 174) = 7.35, p < .01, \eta^2 = .04$ ）。一方、新奇性評価が低いアイデアにおいて新奇性追求傾向の単純主効果は有意ではなかった（ $F(1, 174) = 0.26, p = .61, \eta^2 = .002$ ）。以上のことから、新奇性評価が高いアイデアにおいて、新奇性追求傾向高群は、低群に比べて、実用性評価が高いことが示された。この結果は、予測と一致している。このことから、新奇性が高いものに対する志向性が高い人は、低い人に比べて、新奇性が高いものの実用性を過小評価しないと考えられる。本研究では、この現象がどういふメカニズムで生じているかは検討できていない。したがって、今後は、この現象の背後のプロセスを検討する必要がある。

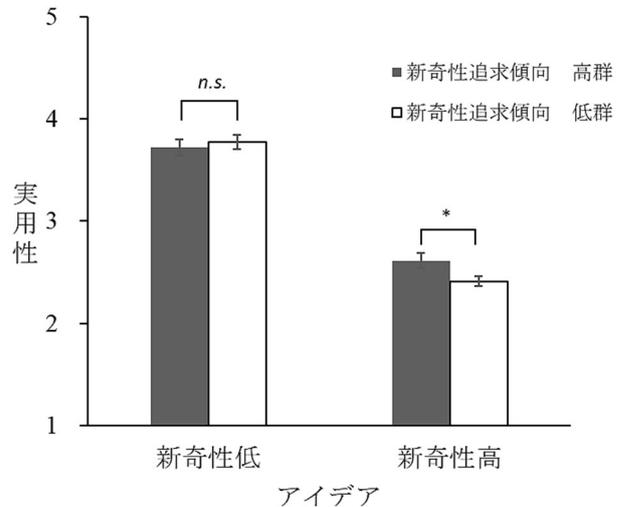


図 2. 各要因における実用性評価。

文献

- [1] Rietzschel, E. F., Nijstad, B. A., & Stroebe, W. (2010). The selection of creative ideas after individual idea generation: Choosing between creativity and impact. *British Journal of Psychology*, 101(1), 47-68.
- [2] Blair, C. S., & Mumford, M. D. (2007). Errors in idea evaluation: Preference for the unoriginal? *Journal of Creative Behavior*, 41(3), 197-222.
- [3] Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The Standard Definition of Creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92-96.
- [4] Benedek, M., Nordtvedt, N., Jauk, E., Koschmieder, C., Pretsch,

- J., Krammer, G., & Neubauer, A. C. (2016). Assessment of creativity evaluation skills: A psychometric investigation in prospective teachers. *Thinking Skills and Creativity*, 21(May), 75-84.
- [5] Wang, Q., Dacko, S., & Gad, M. (2008). Factors influencing consumers' evaluation and adoption intention of really - New products or services: Prior knowledge, innovativeness and timing of product evaluation. *Advances in Consumer Research*, 35, 416-422.
- [6] Zhou, J., Wang, X. M., Song, L. J., & Wu, J. (2017). Is it new? Personal and contextual influences on perceptions of novelty and creativity. *Journal of Applied Psychology*, 102(2), 180-202.
- [7] Gocłowska, M. A., Ritter, S. M., Elliot, A. J., & Baas, M. (2019). Novelty seeking is linked to openness and extraversion, and can lead to greater creative performance. *Journal of Personality*, 87(2), 252-266.

自己評価ずれ・他者評価ずれと Big Five の関連性

Relationship of gap in self-evaluation and gap in evaluation to others with Big Five

横山 真衣[†], 小島 一晃[†], 山川 真由[‡], 三輪 和久[‡]
 Mai Yokoyama, Kazuaki Kojima, Mayu Yamakawa, Kazuhisa Miwa,

[†]帝京大学, [‡]名古屋大学
 Teikyo University, Nagoya University
 mai.yokoyama@main.teikyo-u.ac.jp

概要

本研究では、自己に対する評価のずれ、および、他者に対する評価のずれと Big Five との関連を検討した。グループワークを行い、自己評価と他のメンバーに対する他者評価を測定した。分析の結果、自己を過大評価する人は過小評価する人より、外向性と開放性が高いことが示された。また、他者を過大評価する人は過小評価する人より調和性が高いことが示された。

キーワード：自己評価ずれ(gap in self-evaluation), 他者評価ずれ(gap in evaluation to others), ビッグファイブ (Big Five)

1. はじめに

自分自身を過大評価する人がいる一方で、自分自身を過小評価する人がいる。同様に、他者のことを過大評価する人がいる一方で、他者のことを過小評価する人がいる。このように、人によって、自己や他者に対する「評価のずれ」があることは直感的には認識されているが、自己や他者を過大評価、あるいは、過小評価する人はどのような特性を保持しているのかは明らかにされていない。

本研究では、本人がつけた評価値と、本人以外のグループメンバーがつけた評価値の平均値との差を「評価のずれ」として算出し、自己に対する評価のずれ（自己評価ずれ）、および、他者に対する評価のずれ（他者評価ずれ）と人の性格特性を示す Big Five との関連を検討する。

2. 方法

参加者は大学生293名であった。手順を以下に示す。

グループワーク 参加者をグループにランダムに割り当て、グループワークを20分間行った。グループ編成は4名集団が1グループ、5名集団が53グループ、6名集団が4グループの計58グループであった。課題はグループで話し合いを行い、結論を1つだけ導き出すことであった。課題文は「次のうち、無人島に1つだ

け持っていくとしたら？」であり、選択肢は「ナイフ、縄、毛布、音楽プレイヤー、ライター」であった。

質問紙調査 質問紙によってグループワークにおける自己評価と他のメンバーに対する他者評価を測定した。自己評価に関しては、「あなたはチームで1つの結論を導くことにどれだけ貢献しましたか？」に対して6件法で回答を求めた。他者評価に関しては、「チームメイト〇〇さんはチームで1つの結論を導くことにどれだけ貢献しましたか？」に対する回答を、6件法で自分以外のグループメンバーの人数分求めた。

後日、質問紙調査を行い、参加者の Big Five を測定した。並川ら [1]の29項目に対して7件法で回答を求めた。この尺度は、外向性(5項目)、誠実性(7項目)、情緒不安定性(5項目)、開放性(6項目)、調和性(6項目)で構成されている。

3. 結果

グループワークに参加し、質問紙調査の質問項目全てに回答した273名を分析対象者とした。

3.1. 変数の設定

自己評価ずれ・他者評価ずれ 本人がつけた評価値と、本人以外のグループメンバーがつけた評価値の平均値との差を「評価のずれ」として算出した。例えば、メンバーA, B, C, Dの4人集団の場合、Aの自己評価ずれ(ΔSE_A)とAの他者評価ずれ(ΔOE_A)は以下の式で求めた。

S_{XY} : XのYに対する評価

$$\Delta SE_A = S_{AA} - \text{Avg}(S_{BA} + S_{CA} + S_{DA})$$

$$\Delta OE_A = \text{Avg}[\{S_{AB} - \text{Avg}(S_{BB} + S_{CB} + S_{DB})\} + \{S_{AC} - \text{Avg}(S_{BC} + S_{CC} + S_{DC})\} + \{S_{AD} - \text{Avg}(S_{BD} + S_{CD} + S_{DD})\}]$$

自己評価ずれの値が大きいほど自分自身を過大評価しており、値が小さいほど自分自身を過小評価していると解釈する。同様に、他者評価ずれの値が大きいほど他者を過大評価しており、値が小さいほど他者を過小評価していると解釈する。

分析対象者の自己評価ずれの平均値と標準偏差は $M = -0.239$, $SD = 1.034$, 他者評価ずれの平均値と標準偏差は $M = 0.002$, $SD = 0.871$ であった。

Big Five Big Five の 5 因子モデルを想定し、確認的因子分析を行ったところ適合度が受容できる値を示した (CFI = .916, RMSEA = .049, SRMR = .052)。Cronbach の α 係数を算出したところ、外向性は $\alpha = .841$, 誠実性は $\alpha = .778$, 情緒不安定性は $\alpha = .798$, 開放性は $\alpha = .775$, 調和性は $\alpha = .771$ となり、全ての下位尺度において内的一貫性があることを確認した。各下位尺度に含まれる項目の平均値をそれぞれの尺度得点とした。

3.2. 自己評価ずれ・他者評価ずれと Big Five の関連

分析対象者を自己評価ずれと他者評価ずれの平均値をもとに、positive 群と negative 群に群分けし、群間で Big Five の 5 因子に差が見られるかを検討した。自己評価ずれが平均値以上の場合は自己評価ずれ positive 群、平均値より小さい場合は自己評価ずれ negative 群とした。同様に、他者評価ずれが平均値以上の場合は他者評価ずれ positive 群、平均値より小さい場合は他者評価ずれ negative 群とした。

Big Five の 5 つの因子を目的変数とし、自己評価ずれ (positive 群と negative 群の 2 水準) と他者評価ずれ (positive 群と negative 群の 2 水準) を説明変数とする 2 要因の分散分析を行った (表 1)。その結果、外向性と開放性において、自己評価ずれの主効果(それぞれ, $F(1, 269) = 13.89$, $p < .001$; $F(1, 269) = 13.36$, $p < .001$)が見られ、自己評価ずれ positive 群の方が自己評価ずれ

negative 群よりも外向性と開放性の得点が高かった。調和性において他者評価ずれの主効果($F(1, 269) = 4.12$, $p < .05$)が見られ、他者評価ずれ positive 群の方が他者評価ずれ negative 群よりも調和性の得点が高かった。いずれの目的変数においても、交互作用は有意ではなかった。

4. 考察

本研究では、自己評価ずれ、および、他者評価ずれと Big Five との関連を検討した。その結果、自己評価ずれ negative 群よりも自己評価ずれ positive 群の方が、外向性の得点が高かった。このことから、自己を過小評価する人よりも自己を過大評価する人の方が、社交的、活動的、積極的[2]、といった性格特性を有することが示唆された。また、自己評価ずれ negative 群よりも自己評価ずれ positive 群の方が、開放性の得点が高かった。このことから、自己を過大評価する人は過小評価する人より、幅広い好奇心に富む、芸術性、創造性、柔軟性[2]、といった性格特性を有することが示唆された。

他者評価ずれ negative 群よりも他者評価ずれ positive 群の方が、調和性の得点が高かった。このことから、他者を過小評価する人より他者を過大評価する人の方が、協調性、向社会的、他者への愛情や思いやりがある[2]、といった性格特性を有することが示唆された。

文献

- [1] 並川努・谷伊織・脇田貴文・熊谷龍一・中根愛・野口裕之, (2012), “Big Five 尺度短縮版の開発と信頼性と妥当性の検討”, 心理学研究, Vol.83, No.2, pp. 91-99.
- [2] John, O. P., (1990) “The “Big Five” factor taxonomy: Dimensions of personality in the natural language and in questionnaires”. In L.A. Pervin (Eds.), Handbook of personality: Theory and research. New York: The Guilford Press, pp. 66-100.

表 1 分散分析結果

| 自己評価ずれ | | positive | | negative | | 主効果 | | 交互作用 F値 df=1,269 | | |
|--------|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|------|------|
| | | positive N=88 | negative N=55 | positive N=59 | negative N=71 | 自己F値 df=1,269 | 他者F値 df=1,269 | | | |
| 外向性 | $M(SD)$ | 4.82(1.18) | 4.96(1.22) | 4.29(1.21) | 4.42(1.10) | 13.89 | *** | 0.90 | 0.00 | |
| 誠実性 | $M(SD)$ | 3.28(0.94) | 3.08(1.05) | 3.15(0.98) | 2.95(1.07) | 1.01 | | 2.71 | 0.00 | |
| 情緒不安定性 | $M(SD)$ | 4.66(1.29) | 4.63(1.24) | 4.82(1.14) | 4.81(1.08) | 1.41 | | 0.03 | 0.00 | |
| 開放性 | $M(SD)$ | 4.58(1.00) | 4.48(0.98) | 4.05(1.10) | 4.12(0.98) | 13.36 | *** | 0.01 | 0.42 | |
| 調和性 | $M(SD)$ | 4.44(1.03) | 4.26(1.05) | 4.36(0.98) | 4.05(0.79) | 1.46 | | 4.12 | * | 0.31 |

*** $p < .001$ * $p < .05$

慶應義塾大学博士課程教育リーディングプログラムの “文理融合，リビングラボ，少人数対話” ベース 遠野サイエンス カフェの成果と課題

Results/Challenges of “Literature/Science, Living Lab and Dialogue” based Tono Science Café by Keio Program for Leading Graduate School

田中 徹[†]，高橋 萌[†]，佐野 岳史[†]，鈴木 敬和[†]，
角 晴美子[†]，水口 高翔[†]，石田 陽一朗[†]，土井 梓[†]
Toru Tanaka, Moe Takahashi, Takeshi Sano, Takakazu Suzuki,
Harumiko Sumi, Takaha Mizuguchi, Yoichiro Ishida, Azusa Doi

[†]慶應義塾大学 博士課程教育リーディングプログラム

Keio Program for Leading Graduate School

toru.tanaka@keio.jp

概要

慶應義塾大学リーディングプログラムは文系理系 13 研究科から学生が集まり，超成熟社会の持続的発展をリードする文理融合型博士人材育成を目指している^[1]。その中で我々は，対話を重視する^{[2][3]}リビングラボ活動を岩手県遠野市^{[4][5][6]}で進め，多様な話題で来場者の滞留時間を上げ，自然に席をかえながら小人数で対話を深める『遠野サイエンスカフェ』を開催し，成果を上げてきた。今回は文理融合教育実践活動の視点から，成果/課題/可能性について報告する。

キーワード: 文理融合，リーディングプログラム，サイエンスカフェ，リビングラボ，対話，政策提言，遠野

1. 文理融合とリーディングプログラム

地球環境など社会課題に対する意識が高まり，解決に向けた文理融合の取組みが期待されている。しかし，社会課題の解決を目指す多くの学際研究活動では，

- ✓ 学問間の用語/研究方法の違いが大きく，お互いの意思疎通が難しい^{[7]-[9]}。
- ✓ 評価軸の定まった学会論文評価が中心となり，現実社会の要請との間にずれがある^[10]。
- ✓ 多くの学際研究は自然科学者が主導し，文理の連携は必ずしも十分には進んでいない^[10]。

などの指摘がある。これらに対し慶應義塾大学リーディングプログラム（以下“本プログラム”）は，

- 文系理系 1 つずつ計 2 つの修士を取得した上で博士課程に進む MMD システムを採用し，文系理系両面で個人の視野を広げる^[1]。
- 社会課題への取組み成果は，論文ではなく行政機関への「政策提言」^[11]で発信する。

という特長を持っている。しかしながら，

- ✓ 「政策提言」で活動は一旦終了し，更なる課題解決に向けた継続的な取組みにはなっていない。

- ✓ 「政策提言」活動を学生が個々に進め，文系理系複数の学生が 1 つの社会課題に協働で取組む，文理融合活動としては十分とは言えない。という課題があった。

2. リビングラボとサイエンスカフェ

リビングラボは，厳しい要求を持つ質の高いユーザーコミュニティのある欧米で始まり，実験室ではなく「生活の場」で産学官民（順不同）一体となってオープンノベーションを実現し^{[12][13]}，「民」が主体的に活動に関わる点が従来の産学官連携活動と大きく異なる。

「遠野物語」で知られる遠野市は豊かな自然/文化/歴史による「永遠の日本のふるさと」（図 1）を標榜し，産学官民で経験/知識を後世に継承する活動^[6]を進めており，人や組織の多様な繋がりが醸成された遠野リビングラボが成果を上げている^{[4][5]}。遠野リビングラボ（以下“遠野 LL”）の 1 つである「遠野みらい創りカレッジ」^{[6][14]}は，東日本大震災後の継続的復興支援を実践する場として 2014 年に設立され，“ふれあうように



図 1 永遠の日本のふるさと 遠野

学ぶ場”^[14]で産学官民が自然観/人間観を培う活動を進めている。その成果は、地産品メニューを提供する食育カフェ、リーダー育成を目指した大学との連携活動、農家民泊による交流人口拡大支援など多岐に渡っている。

本プログラムでは2018年冬から「遠野みらい創りカレッジ」を拠点に遠野LL活動として、社会課題の本質を深く掘下げ、企業/NPO/中高校/行政/遠野市民などと連携^[15]し、課題解決のソリューションアイデア実装を進め、「政策提言」^[11]を行っている。

サイエンスカフェは1997年ごろから英国/フランスで始まった、コーヒーやビールを片手に気軽な雰囲気の中で、研究者と市民が科学技術をめぐる話題を語り合う取組みである^[15]。日本では2004年ごろから大都市圏を中心にサイエンスカフェが開催され^[16]。日本学術会議は2016年から全国展開を目的とした全国縦断サイエンスカフェ^[17]に取り組んでいる。これらの活動を通じ、

- 科学者が自らの研究の要点を日常的な言語で明確化するのに役立ち、良い知識訓練となる^[15]。
- 来場者との自由な発言による対話がサイエンスカフェの魅力である^[15]。
- ハンズオンにより、来場者は提供された話題を楽しむと共に、話題に対する理解を深める^[18]。
- より双方向性(対話)を重視した小規模サイエンスカフェ(20~30名)も実施されている^[19]。

といった可能性/発展性が評価されている。しかし、

- ✓ 講義の様な雰囲気を避けるため英国/フランスではPowerPointを使用しないケースが多いが、日本では広く使われている^[15]。
- ✓ 出前講演会の様になって来場者が議論に参加せず質疑応答のみとなり、受動的になりがち^{[20][21]}。
- ✓ 政策立案者が市民の声に耳を傾け、背後にある価値観などを理解する段階には至っていない^[22]。
- ✓ 一過性のイベントは話題作りという点では有効だが、地域に根付いた活動になりにくい^[19]。
- ✓ 企画運営にかかる労力が大きい^[20]。

といった課題も指摘されている。

3. 『遠野サイエンスカフェ』の企画

以上の文理融合活動、リビングラボ、サイエンスカフェそれぞれの可能性と課題を踏まえ、本プログラム「政策提言」^[11]内容の質向上を第一の目的として、更に学生の意識変容/行動変容を促し、課題への長期的な取組みと新たな文系理系融合活動の創出を第二の目的に、

遠野LL環境の下で行う『遠野サイエンスカフェ』(以下“『遠野SC』”)を企画することにした。

『遠野サイエンスカフェ(遠野SC)』の目的:

- ① 市民の価値観など共有できる対話環境を実現し「政策提言」内容の質を向上させ、産学官民による継続的な課題解決活動に繋げる。
- ② 「政策提言」活動に加え、文系理系がより融合する自発的で新たな学際活動の創出を試みる。

図2に今回の『遠野SC』の構図を示す。本プログラムの文系理系全13研究科共通スケジュールの確保は大変難しく、遠野LL活動は2月の冬休みと8月の夏休みの年2回に限定された。また、人口27000人(密度30人/km²)の遠野市でサイエンスカフェに適した施設の選択肢が多くなく、活動予算制約から大型機材の持ち込み利用も断念した。加えて、冬場は積雪が多く夏場ほどの人流は期待できず、逆に夏場は観光事業のかき入れ時で多忙となり、遠野市民にサイエンスカフェに参加していただくための工夫が必要であった。

これら与件にロンドン科学博物館DANAセンターのサイエンスカフェ5つの評価指標^{[23][24]}を参考に加え、以下の14項目に留意して『遠野SC』を企画した。2020年2月まで計4回実施した『遠野SC』の開催日時/場所/話題タイトル/話者(話題提供者:学生他)など企画概要を表1に示す。

『遠野サイエンスカフェ(遠野SC)』企画の留意点

1. 『遠野SC』のベースは遠野LL活動にある:

本プログラムでは、2018年2月から遠野LL活動を始めており、社会課題に対するヒアリング調査などを個々の学生で、対話会を学生全員で実施している。

- 第1回遠野LL活動(遠野SC未実施):2018年3月
- 第2回遠野LL活動(第1回遠野SC):2018年8月
- 第3回遠野LL活動(第2回遠野SC):2019年2月
- 第4回遠野LL活動(第3回遠野SC):2019年8月
- 第5回遠野LL活動(第4回遠野SC):2020年2月

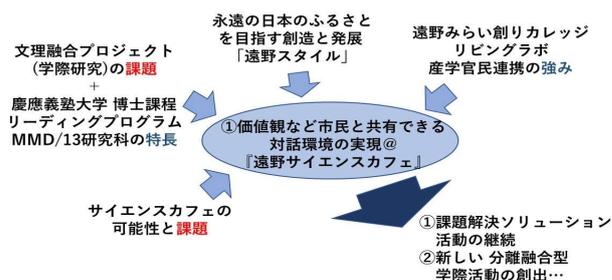


図2 『遠野サイエンスカフェ(遠野SC)』開催の構図

今回、遠野 LL 活動の一環として『遠野 SC』を位置づけ遠野 LL 活動の進捗報告を兼ねることにより、2つの活動が有機的に繋がる“相乗効果”が期待できた。

2. 活動優先順位の明確化：

『遠野 SC』開催の大元の目的は、本プログラムが持つ文系理系の視点を効果的に反映し、「政策提言」活動を加速させ、提言内容の質を向上させる点に置いており、対話を活性化するための工夫と配慮、準備、学生相互の協力、対話内容に対する対話後のフォロー活動などの優先順位を高く設定している。

3. 来場者の興味を喚起する、より生活に密着した多様な複数の話題の提供：

本プログラム学生は、遠野に密着した遠野 LL 活動をベースに「政策提言」課題を設定している。また、13 研究科からなる学生の視点は多岐に渡り、結果的に、毎回、教育/多様性/農業/ビジネス/介護/観光/ネット活用/外国との関係など豊富な話題を提供できた。また、我々の活動に共感いただいた他大学や岩手県の NPO 法人からも話題をご提供いただき、更に留学中の本プログラム学生が時差を超えて国外から Zoom 接続参加し、海外状況を市民にお伝えするなどして話題を広げることができた。(表 1)

4. PowerPoint に代わる A1 サイズパネルの使用：

学生の一方向的な講演とならないよう PowerPoint はできるだけ使わず、A1 サイズパネル 1 枚に日常の言葉で話題概要を簡潔に表現し、来場者と話者がパネルを前により対等な関係で対話しやすくなるように配慮した。(図 3)

5. パネル展示、テーブル席、対話参加者人数：

パネルを前にした立席対話に、気軽に参加、気軽に退席、気軽に隣の話者への移動ができる適度な間隔(隣の対話が漏れ聞こえる程度)でパネルを展示し、盛り上がったら近くのテーブル席に移動し、飲み物を飲みながら時間をかけ着席対話できるレイアウトに配慮した。(図 3) なお、通常のサイエンスカフェと比較すると話題 1 つ当たりの参加者(来場者)数は非常に少なく、立席対話で 1 名~3 名、着席対話で 1 名~5 名程度、参加者も総計で毎回 100 名以下である。

6. 文系理系学生相互の気付き促進 (Fishbowl 法他)：

立席対話/着席対話において学生相互の気付きや対話スキルの学び合い、文系理系用語の違いや研究プロトコルの違いなどを理解認識し合う一助として、来場者と対話する様子を学生相互に観察共有し合う Fishbowl 法^[2]、自分の話題と他の学生の話者を関連付け、話題を拡張/連携させる World Café^[2]手法の積極的な活用を学生に推奨した。例えば、自分の話題に



図 3 パネル展示と立席対話/着席対話の様子

表 1 『遠野サイエンスカフェ(遠野SC)』開催日時/場所/話題タイトル/話者

| 回 | 開催日時 | 開催場所 | サイエンスカフェ 話題 タイトル | 話者性別 男女：話者(学生)の主専攻×副専攻 |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------|---|---|
| 第 1 回 S C | 2018年8月19日 (日) 13:00~15:00 夏 | 遠野みらい 創りカレッジ* (マルシェ会場) (駅からは遠い) | 1.これから求められる学校教育 2.近い将来の日本の農業の姿と一緒に考えてみませんか? 3.遠野の良いところ、たくさん教えてください♪ 4.多様性ってだれのこと? 5.学校と社会をつなぐ新しい教育支援のあり方を探る 6.ねっとでつながるお医者さん 7.地域活性化成功の方程式 | 男子：理工学×政策メディア 男子：理工学×経済学 女子：経済学×理工学 女子：社会学×政策メディア 女子：社会学×理工学 男子：理工学×医学 男子：商学 ×理工学 |
| 第 2 回 S C | 2019年2月22日 (金) 13:00~19:00 冬 | 小上がりと 裏庭と道具U** (遠野駅近傍) | 1.Future Design:本当に持続可能な地球を将来世代のために 2.気候変動とわたしたちの未来 3.宇宙旅行をしよう:宇宙旅行シミュレーション デモ 4.今から始めるフレイル予防~あなたの健康度は大丈夫? 5.アジアから見た「日本」の姿 遠野が秘める可能性 6.SFと日本を比べてみよう~人間の多様性を考える 7.コミュニケーションによる相互理解 8.経営学は実際に使えるのか~ビジネスから見た学の在り方 9.心のケアで被災地の未来を変えたい | 教授：情報工学 男子：他大学 理学(遠野で現地参加) 女子：他大学 理学(東京からリモート接続) 男子：理工学×医学 女子：社会学×理工学(台北からリモート接続) 女子：社会学×政策メディア(SFからリモート接続) 男子：理工学×政策メディア 男子：商学 ×理工学 NPO法人理事長：医学(現地飛入り参加) |
| 第 3 回 S C | 2019年8月18日 (日) 11:00~17:00 夏 | 遠野市役所 本庁舎*** (遠野駅近傍) | 1.慶應大学リーディングプログラム(文系/理系融合)とは 2.農業におけるITの利活用 3.“自分らしさ”を考える 4.地域医療を支える遠隔医療 5.台湾に留学中の学生とオンライン交流 -----↓ハンズオン体験↓----- 6.墨絵体験 7.AI×ふまねっと~軽運動と人工知能の融合? | 男子：理工学×政策メディア 男子：理工学×経済学 女子：社会学×政策メディア 男子：理工学×医学 女子：社会学×理工学(台北からリモート接続) -----↓ハンズオン体験↓----- 墨絵講師：墨絵画家(現地で墨絵の実技) 大学院看護科講師：看護科(現地でふまねっと実技) |
| 第 4 回 S C | 2020年2月26日 (水) 12:45~15:45 冬 | 遠野市役所 本庁舎*** (遠野駅近傍) | 1.「違い」を認め合うってどんなこと? 2.医療ビッグデータによって変化する社会 3.多様化する社会で働く 4.フューチャー・デザイン ワークショップのご紹介&ご報告 | 女子：社会学×理工学 男子：理工学×医学 女子：社会学×政策メディア 教授：情報工学 |

遠野みらい創りカレッジ*(<https://tonocollege.org/>)、小上がりと裏庭と道具U**(<https://www.u-tono.com/>)、遠野市役所本庁舎*** (遠野市中央通り9番1号)

場者がいない時は他の学生の対話の場を第三者として観察/学習し合うこと、賛成/反対/異なる視点を明確に持ち、他の学生の話にも積極的に参加し自分の話題を拡張/連携させること^[24]などである。

7. 対話の主役の交代 (市民の期待や価値感を知る) :

課題の本質的要因や背景、市民の期待や価値観などを来場者からお伺いするため、単なる対話を超え、「話す」より「聴く」ことに集中^[25]し、来場者をして自然に、かつ、主体的に語らしめる“主役の交代”を促す対話(「住民参加」から、より「住民主体」へ^[26])を学生に意識させた。

8. 対話の活性化/可視化(ドット投票 Dot Voting 法) :

対話活性化手法に詳しい学生は、対話を通じて生ずる考えの変化や論点明確化などを狙いに、来場者にドット投票^[25]を促し、途中経過や結果を可視化して次の対話に役立てる方法も使った。

9. 対話を促す飲み物/お菓子等の用意 :

実家で緑茶販売業を営む学生が本プログラムに参加しており、「茶を以て和を成す」^[27]を合言葉に急須を使った緑茶や桑茶を提供するなど、来場者との対話潤滑剤として毎回飲み物やお菓子を提供した。

10. 開催日時/開催場所の選択 :

夏場と冬場の人流が大きく異なる事、開催場所の選択肢が少ないことを鑑み、夏は家族連れが集まりやすい日曜日の昼前後の開催(第1回/第3回)、冬は平日の昼休みや帰宅途中での参加が見込める昼から夕方の開催(第2回/第4回)を計画した。また開催場所として、毎回盛況で多くの家族連れや中高生が集まるマルシェ^[28]の出店ブース(第1回)、社会人/中高生が参加しやすいJR遠野駅近く(第2回: レンタルスペース^[29]、第3回/第4回: 遠野市役所本庁舎多目的市民ホール^[30])をお借りした。第2回開催場所は和室で来場者数に比較して場所が狭く、A1サイズパネルではなくPowerPoint/液晶プロジェクターの組み合わせを用いた。

11. 開催の案内/来場者の手配 :

『遠野 SC』開催案内のチラシを事前に作成(図4)し、Facebook^[31]などのSNS/遠野市広報誌^[32]/学校職場を通じ広報していただいた。更に、遠野 LL 活動に関わっている市民の方々には、職場や店頭でのチラシ配布/ポスター展示にもご協力いただいた。

12. ハンズオン体験の実施

話題内容の理解促進や言葉で表現しにくいことを来場者に効果的に体験^[18]していただくため、我々の



図4 『遠野サイエンスカフェ (遠野 SC)』チラシ

『遠野 SC』活動に共感いただいた NPO に協力を仰ぎ、第3回開催企画にハンズオン体験(墨絵^[33]/ふまねつと^[34])を盛り込んだ。実施した「墨絵」教室は提供する話題と直接の関連は無いが、対話の合間にリラックスし頭を切り替える効果を期待し、「ふまねつと」体験は高齢者の歩行機能と認知機能の改善効果が期待できる運動で、遠隔医療/フレイル予防の話題に関連していることから企画した。

13. あり合わせ資源 (In-Situ Resource Utilization^[35]) の活用、『遠野 SC』の開催頻度 :

全国で広く知られ開催されるようになって来たサイエンスカフェだが、企画運営にかかる労力は大きく^[20]、継続的に開催しているケースは少ない。前述のように、本プログラム『遠野 SC』の開催第1目的は「政策提言」活動を加速し提言の質を向上させることであり、サイエンスカフェ企画運営そのものに多くのリソースを割くことが出来ない。このため、遠野市役所や「遠野みらい創りカレッジ」を含む遠野 LL を通じ、その場その時に活用できる“ありあわせの資源 (In-Situ Resource Utilization^[35])”を上手に活用する方針で企画運営を進め、遠野 LL 活動進捗報告も兼ね、2回/年(冬と夏)の頻度で、これまで計4回開催した。

14. 海外など遠隔地との Zoom 接続と Slack 活用 :

コロナ禍による2020年~2021年のリモートワーク進展に先駆け、『遠野 SC』(第2回/第3回)では国内外遠隔地との Zoom 接続による話題提供を実施した。これはサイエンスカフェ開催趣旨に共鳴した他大学生による国内遠隔からの話題提供、本プログラム学生の研究留学を最優先しつつ可能な範囲でリモート参加するなど In-Situ Resource Utilization 対応である。なお、遠野 LL 活動/『遠野 SC』活動に関わる学生間の遠隔非同期コミュニケーションと活動履歴記録用に、第2回遠野 LL/『第1回遠野 SC』から Slack^[36]を導入した。

4. 『遠野サイエンスカフェ(遠野SC)』開催結果

図5に『遠野SC』の様子、表2に開催結果の概要:

①対話環境整備と「政策提言」継続活動に向けた効果、
 ②文理融合の学際活動の創出、そして③改善が必要な項目を記す。表2の①と②はそれぞれ、図2の①対話環境の実現と継続活動という目標と、②文理が融合する新たな学際活動を創出する目標に対応している。表3に、学生間の遠隔非同期コミュニケーションと活動履歴記録用に導入した Slack のイベント毎の、学生の投稿数割合(%)を示した。イベント参加学生数が時期により大きく変動するため、投稿数ではなく全体に占める割合で学生間/イベント間を比較評価した。緑枠は学生発案による全く新たなイベントで、詳細を後述する。

遠野LL活動の市内への浸透で『遠野SC』の対話への参加者は多く、第1回『遠野SC』ではマルシェの集客効果もあり、開催2時間の間、来場者が途切れなかった。毎回、話題が複数あるため、パネルに向かい来場者と学生(話題提供者)が立って話し合う場面(立席対話)とテーブルに集まり対話する場面(着席対話)の両方が同時に見られ(図3、図5)、一人で複数の話題を渡り歩く来場者もいた。第1回『遠野SC』では立席対話に参加した来場者中約40%が着席対話に臨み、着席対話での来場者発話時間は立席対話の平均約1.7倍、着席対話の平均対話時間は立席対話の約2.4倍になった。着席対話した来場者からは、

「着席対話では、気軽に話せる雰囲気がある」

「(立席対話で) 関心がある話題を選択して参加でき、じっくり話すには着席対話良かった」

「自由に発言や質問ができ、話題の理解度が深まる」
 「数名の人が(着席)対話に参加するので、いろいろな人の意見や情報が得られるのが良い」
 といったポジティブなコメントが出された。

この様に、前述の14の留意点を反映したサイエンスカフェ企画は、①対話環境整備の目標に対し一定の効果は得られたと考える。しかし、第2回『遠野SC』は和室開催のため、来場者は最初から座布団に座った状態で対話に臨み、会場設定の都合から、PowerPoint/液晶プロジェクターの組み合わせを用い時間割に従った話



図5 『遠野サイエンスカフェ(遠野SC)』の様子

表2 『遠野サイエンスカフェ(遠野SC)』開催結果

| 回 | 開催日時 | 開催場所 | 総来場者数 | 来場者の様子/学生の気付き他 ① 対話環境整備と継続活動に向けた効果 ② 文理融合の学際活動の創出 ③ 改善が必要な項目 | アウトプット |
|-------|--------------------------------|--------------------------------------|-------|--|--|
| 第1回SC | 2018年8月19日(日) 13:00~15:00 夏 | 遠野みらい創りカレッジ* (マルシェ会場) (駅からは遠い) | 38人 | ① マルシェに来た家族連れが自由に話題に加わり、更に別の話題にも移動し着席対話を活発にしている。(図3、図5). ② 複数の話題を渡り歩き対話している来場者もいる。 ③ 3つの話題合同で着席対話する場面もあった。 ④ 来場者との対話を通じ文理の視点で課題の背景理解が深まった。 ⑤ 短時間で多くの話題を議論して回りたいという要望もあった。 | 【新たな学際活動の創出】 宿泊先の農家民宿で遠野農業に対する民宿経営者の想いと同日宿泊された台湾農家のお話から、遠野の地に適した有機農法(農学)/健康な食(健康マネジメント学)/事業としての農業(商学/経営学)について、台湾(人文社会科学)農家と市場を紹介し議論する「高校生と台湾農家をZoomで繋ぐ(理工学)対話会」構想が生まれた。 |
| 第2回SC | 2019年2月22日(金) 13:00~19:00 冬 | 小上がりと裏庭と道具** (遠野駅近傍) | 25人 | ① 駅近くに会場を確保、近隣商店の方々/下校途中の高校生/帰宅前の社会人など多数の参加があった。(図5) ② サイエンスカフェに共鳴した地元NPO団体理事に、飛入りで話題提供して頂き、次回ハンズオン実施に支援頂けることになった。 ③ 海外の様子を伝えるZoom接続は話題提供者が会場におらずPowerPointを利用せざるを得なかった。 ④ 畳に座ることで一度に多くの人とリラックスして対話できたが、席の移動がしにくかった。 | |
| 第3回SC | 2019年8月18日(日) 11:00~17:00 夏 | 遠野市役所本庁舎*** (遠野駅近傍) | 64人 | ① 観光客がサイエンスカフェに参加し、遠野市を第三者として見た意見を出してもらえた。 ② 「墨絵」とフレイル防止運動「みまねっ」とをハンズオンメニューとして提供し、フレイルに対する理解促進に繋がった。 ③ NPO法人との協業プロジェクトの具体的な計画検討に入った。 ④ パネル展示場所と対話テーブルの場所が離れ、深い対話に至るケースが少なかった。 ⑤ ハンズオンだけを目的に参加されるシニアも多く、対話に参加しない方もいた。(図5) | 【課題解決への継続的な取組】 サイエンスカフェでの飛入り話題提供/ハンズオン協業などを通じ、地元NPO理事の構想(高齢者向けオンライン支援事業iMgNT)に本プログラム学生が参画することになり、「政策提言」に繋がることも活動内容を拡充しながら現在も継続活動中である。 |
| 第4回SC | 2020年2月26日(水) 12:45~15:45 冬 | 遠野市役所本庁舎*** (遠野駅近傍) | 10人 | ① パネル会場と対話テーブル席を近接させることで対話の機会が増え、対話の場がより活性化した。(図5) ② 環境問題に取組むNPO理事が盛岡市からサイエンスカフェに参加され、我々の活動を参考にイベントアイデアに結び付けられた。 ③ 冬季開催と参加学生減少(話題数も減少)により、来場者数が少なくなった。(企画再検討が必要) | |

題提供となったため、
 「話題を自由に選択することができない」
 「話題は多様だが相互の繋がり/関連が分からず、サイエンスカフェとして全体に一貫性が感じられない」
 「席の移動がしにくく近くの人とだけの対話になる」といった課題となるコメントが出された。一方、
 「和室に座り最初から打ち解けた（対話の）場だった」
 「東京/台北/サンフランシスコの話題を同時に全員で見聞きでき、感動を皆で共有できたのは良かった」とのポジティブなコメントもあり、時間割のおかげで結局は多くの話題/多くの人との対話が可能となること、駅近くの場所を借り放課後の高校生/市役所職員/店の経営者や従業員の方々の参加が多くあったことなど、運営面から見たプラス要素も多くあった。

①の2つめの「政策提言」継続活動に向けた効果と
 ②文理融合の学際活動を創出する目標に対しては、表2と表3のSlack投稿分析（投稿総数約1700件）から事例を取り上げて評価検討する。表3は、

- ・ 第2回遠野LL活動（第1回遠野SC）：2018年8月
 - ・ 第3回遠野LL活動（「農業系高校と台湾農家のリモート対話会」、第2回遠野SC）：2019年2月
 - ・ 第4回遠野LL活動（第3回遠野SC）：2019年8月
 - ・ 第5回遠野LL活動（第4回遠野SC）：2020年2月
- における、文系学生（A～D）と理系学生（E～G）の、イベント毎のSlack投稿件数割合を示している。学生により本Slackでチャンネルは計8つ作成されたが、1件の投稿に複数の話題が含まれ、内容が複数チャンネルにまたがる投稿も多くあったため、それらは分けてカウントし、分岐スレッドも含め集計した。なお、学

生間のインタラクション分析のため、今回はメンター投稿をカウントから除外した。赤枠は一番投稿回数の多い学生、黄枠が二番目に投稿回数の多い学生である。イベント開催当日を含む企画準備段階を“Before”、イベント終了後の次回に向けた振り返りなどの期間を“After”として分けた。“After”はイベント終了後2ヵ月、3ヵ月目以降は次回イベントに向けた“Before”と定義した。また、赤太字は、今回の報告で重要となるメッセージや活動内容が提示された箇所を示す。

活動にあたりメンターから特に指示を出していないにも拘わらず、表3から、9つの活動では文系理系の偏り、個人の偏りなく活動主導者（赤枠）/副主導者（黄枠）が自然に入れ替わっていることが分かる。

最初の赤太字箇所：第1回『遠野SC』“After”から第3回遠野LL“Before”にかけ、学生Aから「負の自己言及」^{[37]-[39]}とも言える以下のインパクトのあるメッセージがSlackに投稿された。

これまでの遠野LL/『遠野SC』活動を通じ、我々が「政策提言」に向け行おうとしていることと遠野で実際に起こっていることの乖離を痛感し、単発でも良いからじっくり「遠野」の現場に関わりながら何かをやっていくことが大事だと強く思いました。（2018年10月）

都市型を事例に論じられてきた「学問」体系それ自体を敢えて批判するところから始め、それでもなお「学問」が地方活性化の文脈に必要であり、そのプロトタイプ生み出すうえで「遠野」が必要な土地であるというリスペクトを込めて言うことに『遠野SC』の意味がある。（2018年12月）

表3 各回 遠野LL/『遠野SC』学生毎のSlack投稿件数割合（%） 投稿総数約1700件

| 実施年月 学生 | 2018年8月 | | | | 2019年2月 | | | | 2019年8月 | | | | 2020年2月 | | | | | |
|------------|-------------|-------|-------------|-------|----------------------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| | 第2回 遠野LL | | 第1回 遠野SC | | 農業系高校と 台湾農家の リモート対話会 | | 第3回 遠野LL | | 第2回 遠野SC | | 第4回 遠野LL | | 第3回 遠野SC | | 第5回 遠野LL | | 第4回 遠野SC | |
| | Before | After | Before | After | Before | After | Before | After | Before | After | Before | After | Before | After | Before | After | Before | After |
| 文系 | A | 25.1 | | 10.2 | | 68.6 | | 20.2 | | 17.6 | | 10.2 | | 14.5 | | 44.1 | | 8.3 |
| | | 18.3 | 6.8 | 8.7 | 1.5 | 59.9 | 8.7 | 11.9 | 8.3 | 14.6 | 3 | 5.6 | 4.6 | 14.5 | 0 | 11.8 | 32.3 | 8.3 |
| | B | 15.2 | | 33.9 | | 5.8 | | 24.3 | | 41.6 | | 1.4 | | | | | | |
| | | 7.3 | 7.9 | 33.1 | 0.8 | 5.1 | 0.7 | 12.4 | 11.9 | 39.4 | 2.2 | 1.4 | 0 | | | | | |
| | | 9.4 | | 3.1 | | 0 | | 7.2 | | 10.2 | | 8.3 | | 8.4 | | 11.8 | | 33.3 |
| C | 4.2 | 5.2 | 3.1 | 0 | 0 | 0 | 4.4 | 2.8 | 8.8 | 1.4 | 3.2 | 5.1 | 8.4 | 0 | 0 | 11.8 | 33.3 | 0 |
| | 6.3 | | 6.3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 理系 | E | 16.2 | | 12.6 | | 11.7 | | 5.4 | | | | 19.4 | | 26.5 | | 8.8 | | |
| | | 4.7 | 11.5 | 12.6 | 0 | 11.7 | 0 | 3.8 | 1.6 | | | 13.9 | 5.5 | 26.5 | 0 | 8.8 | 0 | |
| | F | 14.7 | | 11.1 | | 11.7 | | 26.3 | | 7.3 | | 34.3 | | 21.7 | | 8.8 | | |
| | | 6.3 | 8.4 | 11.1 | 0 | 8 | 3.7 | 15.8 | 10.5 | 7.3 | 0 | 29.6 | 4.7 | 21.7 | 0 | 8.8 | 0 | |
| | | 13.1 | | 22.8 | | 2.2 | | 16.6 | | 23.4 | | 26.4 | | 28.9 | | 26.4 | | 58.3 |
| G | 4.2 | 8.9 | 22.8 | 0 | 2.2 | 0 | 8 | 8.6 | 21.9 | 1.5 | 21.3 | 5.1 | 28.9 | 0 | 11.7 | 14.7 | 16.7 | 41.6 |

各回投稿数No.1 各回投稿数No.2 留学/修了等で現地不在 XYZ：特記コメント/特記活動あり

『遠野 SC』では既存の学問を伝えるだけではなく既存の学問の限界について触れ、既存の学問体系から分析が極めて難しい「遠野」を取って選び「遠野モデル」を市民の皆さんと共に描き出したいということだと思えます。(2018年12月)

これら投稿に対し、着眼点や観察眼の鋭さへの驚嘆と内容への賛同が学生 B, C, F から Slack に投稿され、特に学生 B は、経営学の観点で地方中小企業を捉える難しさを踏まえ、活動の軸足を農村社会学にも置くべきかもしれないと指摘している。この一連の流れを経て、学生 A だけでなく他の文系理系学生の意識変容が促されたと考えられる。最終的な意識変容→行動変容の結果として学生 A から、遠野の農業系高校と台湾農家を Zoom で繋ぎ、「台湾の現地農場の紹介」「身近な農業と食」「事業として見た農業」「日本/台湾の農業の違いと課題」などを話題にしたリモート対話会が提案された(表2のアウトプット欄/表3緑枠)。この対話会案は、もちろん当初の遠野 LL/『遠野 SC』構想になかった企画案ではあったが、学生 A の単なる思い付きによって提案されたものとは考えにくく、

- 第2回遠野 LL の際、「農業と食」をテーマとする農家民宿^[40]に、学生全員が体験宿泊したこと。
- 偶然、米/野菜を栽培する台湾農家の方が同じ日に農家民宿に宿泊し、農業の話題で意気投合したこと。
- 第3回遠野 LL 開催時期、学生 A が博士課程研究のため台湾に留学する予定だったこと。
- 学生 E が副専攻修士課程 経済学研究科で、オープンデータを活用した農業政策を研究し、分析していたこと。
- 第3回遠野 LL 開催時期、学生 E が博士課程研究の

ためボストンに留学する予定で、ボストン/遠野/台湾の3拠点同時接続が期待できること。

- 学生 B が事業視点で、遠野の新規就農者など移住起業家と地元企業の間を『遠野 SC』の話題に取上げていたこと。
- 「政策提言」活動の一環で、学生 F と G が高校のリモート教育、オンライン診断/介護を取上げ、Zoom 接続に関する知見ノウハウを蓄積していたこと。
- 遠野市は歴史的に台湾との関係が深く交流も多く、高校生の相互訪問が定期的に行われ、農業系高校にも台湾訪問経験のある高校生がいたこと^{[41][42]}。

など、遠野や本プログラム学生に関わる多種多様なあり合わせ資源 (In-Situ Resource Utilization^[35]) を有機的に結び付け活用するイメージが湧き、更に他の文系理系学生の賛同と支援が得られた結果と考えられる。表3緑枠「農業系高校と台湾農家のリモート対話会」での提案者(学生 A)の投稿割合は群を抜いて高いが、他の学生たちの投稿も多くあり、対話会準備に向けた“Before”での投稿割合が高いこともこれを裏付けている。

表4は、「農業系高校と台湾農家のリモート対話会」の情報と主専攻文系/理系学生の担当役割分担などを示している。特筆すべき点は、この対話会では学生相互の支え合いにより、文系理系学生たちが“自発的に”主専攻と異なる役割を担おうとしたことである。例えば学生 A は文系主専攻で対話会発案者(本活動のリーダー的存在)だが、台湾現地(高雄市)農場の WiFi 環境調査/事前現地接続テスト/当日現地 ICT 運用を全て一人で担い、学生 B は文系主専攻で遠野側 WiFi 環境整備と当日 ICT 運用を、学生 E は理系主専攻で経済学視点による農業分析データと内容をボストンからリモートで説明する役割を、学生 F は理系主専攻だが農業系高校と

表4 「農業系高校と台湾農家のリモート対話会」情報と主専攻文系/理系学生の担当役割分担

| 学生 | 主専攻×副専攻 | 『第1回遠野SC』で取り上げた話題 | リモート対話会での主担当 | リモート対話会開催情報 | |
|----|------------------|--------------------------|---|-------------|---|
| | | | | 当日の居場所 | 開催日時場所/参加人数/対話内容 |
| A | 主専攻・社会学 × 理工学 | 学校と社会を繋ぐ新しい教育支援のあり方を探る | 対話会の企画提案、プロジェクトリーダー 台湾農家との交渉、農業系高校への提案 台湾側WiFi環境現地調査と手配 対話会当日の台湾紹介と中国語/日本語の通訳 | 台湾(高雄) | ・開催日時:2019/2/21 14:00-15:00 ・開催場所:農業系高校音楽室 ・参加者: 合計30人 台湾(高雄) 農家の方4人 緑峰高校 高校生14人 慶應大学 教員4人 遠野2人(+1人) 台湾(高雄)1人 ボストン1人 農家民宿 運営者1人 遠野みらい創りカレッジ スタッフ2人 ・1hの対話内容: -台湾(高雄)紹介 from 台湾 -農場をリモート見学 (随時通訳+Q&Aを実施) -日本農業の現状と今後 from ボストン -Wrap up |
| B | 文系 商学 × 理工学 | 地域活性化成功の方程式 | 事業としての遠野農業へのサジェスチョン 対話会当日のWiFi/ICTインフラ準備と運用担当 | 遠野 | |
| E | 主専攻・理工学 × 経済学 | 近い将来の日本農業の姿を一緒に考えてみませんか? | 対話会当日ボストンから -データから読み解く日本や遠野の農業の現状 -ICTを使う事業としての今後の農業のあり方を高校生に説明 | 米国(Boston) | |
| F | 主専攻・理工学 × 政策メディア | これから求められる学校教育 | 対話会企画詳細内容の高校との折衝、機材手配 台湾のWiFi/ICTインフラ準備への助言、台湾/遠野間の複数回の事前接続テストをリーダーリング 遠野側で、対話会当日の総合司会進行役 | 遠野 | |
| G | 主専攻・理工学 × 医学 | ねっとでつながるお医者さん | リモート診断/介護活動実績から、遠野と台湾のWiFi/ICTインフラ準備への助言 | 当日は別件で不在 | |

緑字:主専攻以外の領域を担当(異なる領域を担当)し、更に文理融合が促進された。

の折衝/当日の対話会総合司会進行/対話会の事後評価調査などを担当し、学生による自発的な文系理系融合の学際的運営体制が推し進められていたと言える。

リモート対話会では、まず台湾の歴史/文化と日本との関係/台湾農業の説明、次いでリモートでの農場見学に入った。販売価格が少し高くなり栽培に手間がかかるものの、有機減農薬で栽培される野菜が好まれる台湾市場に向け、米/トウモロコシ/ジャガイモ/サツマイモ/トマト/レタス/パイナップル/ピーナッツ等多様な作物を栽培しており、トマトやパイナップル栽培の現場も紹介された。次にボストンから、日本の農業従事者平均年齢が 66.7 歳、離農者平均年齢は 70 歳という危機的状況にある事、45 歳程度の若い世代がいる地域や第 6 次産業化が進んでいる地域には将来性がある事などの分析結果が示され、その後、台湾と日本の農業に関する Q&A が 3 拠点間で繰り返された。対話会のきっかけとなった農家民宿^[40]の方にも参加いただき、遠野農業の現状と将来見通しについてお話しいただいた。図 6 は、その時のリモート対話会の様子で、(a)は 農業系高校のリモート対話会場スクリーンに投影される 3 つの拠点（ボストン/遠野/台湾（高雄市））映像、(b)は台湾（高雄市）の農場を紹介しながら歩く台湾農家の方々（左 2 人）と、ネット接続された Pad を持ち歩き映像配信する^[43]学生 A の姿（右）である。

対話会に参加した高校生と先生方からは

- 教員にも大変勉強になる機会/時間でした。
- 本校では農薬を使った栽培をしているが、将来的には台湾のように無農薬栽培に挑戦したい。
- 将来、料理の店を出したいが、無農薬の安全な野菜を使う等、この交流会で夢が広がった。
- 外国の農業に興味湧くと同時に、世界に目を向けるいろいろな農業を勉強したい。
- 私の家もお米や野菜を作る農業をしていますが、台湾の農業のやり方が大変勉強になりました。

などのフィードバックをいただき、特に先生方の評価が高かった。

現在、このリモート対話会に参加した高校生（当時）を含む二十代前半の遠野の若者たちが遠野でアスパラガス/ほうれん草/ピーマンを栽培し、病害虫に耐性があり減農薬が期待できる有機栽培（土壌の微生物の活動を活発にする有機肥料による土づくり）を農家民宿^[40]の方と勉強し、糖分の高い美味しい野菜作りを目指している。活動の狙いはリモート対話会でも触れられた「食は薬（台湾農家の方）」「ちゃんとしたモノを食べ心



(a)台湾農家とのリモート対話会@農業系高校
画面 左上：ボストン、右上：遠野
中央下：台湾(高雄市)



(b)台湾農家とのリモート対話会
@台湾(高雄市)農場

図6 農業系高校と台湾農家とのリモート対話会の様子

も元気に（農家民宿^[40]の方）」にあり、コロナ禍で行き来ができない現在も、我々とリモートで将来世代にふさわしい農業のあり方/食の在り方を検討/実践する活動を継続している。

2 つ目の事例は、表 2 第 3 回『遠野 SC』の“アウトプット”と、赤太字箇所：第 3 回『遠野 SC』“Before”に表される、学生 G による岩手県の認定 NPO 法人との協業活動である。第 3 回『遠野 SC』では、同法人からハンズオン体験メニューを提案/提供いただいた（第 2 回『遠野 SC』では飛入りで話題を提供していただいた）。これら協業を通じ学生 G は、社会課題への取り組み活動としてリモートによる高齢者向けフレイル予防を取上げ、その活動実績をもとに 2021 年 3 月、「政策提言」^[41]を提案した。また、学生 G が社会人となった 2021 年 7 月現在、本活動は他大学の学生をも巻き込ん

だ活動に広がり、更に本質的な課題解決に向けて引き続き NPO 法人とともに活動を継続している^{[44]-[46]}。

3つ目の事例は、赤太字箇所:第5回遠野 LL “After” の学生 A による 自分のキャリアと多様性を考える小学生向けワークショップ^[47]である。これは、遠野 LL 活動の中で実施したリモート対談を通じ、遠野市長の強力な後押しもいただいて始めた企画で、遠野の小学生が自分の未来に対し積極的な気持ちになっていくこと、遠野市内でも国内外からの移住者が増えつつある中、できるだけ早い段階から多様性を許容する想像力を育むことなどを目的にした活動である。トライアル活動は小学校長に高く評価されたが、残念ながらコロナ禍など諸般の事情で、現在、止まっている。これも当初の遠野 LL/『遠野 SC』構想にはなかった活動である。

5. まとめと今後の展望

ここまで述べてきた、遠野 LL/『遠野 SC』活動の中から生まれてきたこれら3つの活動事例から、

『遠野 SC』の2つの目的:

- ① 市民の価値観など共有できる対話環境を実現し「政策提言」内容の質を向上させ、産学官民による継続的な課題解決活動に繋げる。
- ② 「政策提言」活動に加え、文系理系がより融合する自発的で新たな学際活動の創出を試みる。

は達成され、少なからず本プログラム学生の意識変容/行動変容を促すことができたと考える。しかし、遠野 LL 活動と切り分け、『遠野 SC』活動のみを評価分析することが難しく、また、何が要因で、どの程度の関りがあり、何がどの程度変化したのか...など因果関係の定量的な分析は未実施であり、残された課題である。

一方、前述の3つの事例を始めとする本活動内容から判断すると、リビングラボに対話型サイエンスカフェを組み合わせる手法は、その時その場所で手に入るあり合わせのリソース、偶然の力、科学的認識が十分ではない事態をも利用し状況に対応する『プリコラージュ』(『野生の思考』^{[48][49]})、日々の生活に潜む、無理のない、でもちょっと楽しい『小ネタ (KNT)』理論^[49]、奇しくも、我々がリビングラボ活動を進めている‘遠野’の逸話や伝承を取上げた「遠野物語」の著者柳田國男が提唱した「野の学問」を、現代の住民主体の活動として再構築する『新しい野の学問』^{[50][51]}、科学者と市民が協力してプロジェクトを進め、これまで科学者だけでは得られなかった知見を得る『シチズンサイエン

ス』^{[52][53]}、文系理系、科学者と市民、地方と中央など相対する異なるコミュニティの境界を超え協働を可能にする『バウンダリーオブジェクト』^{[54]-[56]}などに対してもポテンシャルを持つと考えられる。

コロナ禍など大きな社会変化により先の見通しを立てにくい中、リモート環境を駆使し、引き続き本活動を通じて文理融合型博士人材の育成を進め、新たな知見の蓄積と展開を図ってゆきたい。

6. 最後に

本活動に際し大変ご協力をいただきました、遠野市本田市長、遠野市と遠野みらい創りカレッジの皆さま、農家民宿大森さま、台湾農家周さま、遠野緑峰高校の皆さま、愛のマグの手 (iMgNT) プロジェクトの皆さまに、心から感謝致します。

なお、本活動において数多くのリード役を担った共同執筆者、高橋萌さんは、2021年1月に急逝されました。本活動への多大なる貢献に深く感謝すると共に、謹んでご冥福をお祈り致します。

参考文献

- [1] 慶應義塾大学博士課程教育リーディングプログラム オールラウンド型 超成熟社会発展のサイエンス、<https://plgs.keio.ac.jp/> (参照日: 2021.06.30)
- [2] 河野克典, “地域をつなぐコミュニケーションプロセス”, 富士ゼロックステクニカルレポート, 2016, No.25, pp.4-13.
- [3] 玄田有史, “地方創生と地域の希望学”, 学術の動向, 2021, vol.26, no.2, pp.16-20.
- [4] 一般財団法人 地域総合整備財団, “社会的・地域的課題の解決に向けた公民連携の取組み報告書”, 2019, pp. 26-41.
- [5] 遠野みらい創りカレッジ編, “SDGs の主流化と実践による地域創生”, 水曜社, 2019, pp.30-35.
- [6] 遠野市政策研究会, (2018) “遠野スタイル 創造と発展 - 永遠の日本のふるさとを目指して”, ぎょうせい.
- [7] 科学技術振興機構 研究開発戦略センター, “「自然科学と人文・社会科学の連携に関する検討 -対話の場の形成と科学技術イノベーションの実現に向けて-」”, 平成 27 年度検討報告書, 2016, pp.42-44.
- [8] 宮原暁, “文明と文化の間で—大阪大学グローバルコラボレーションセンターの取り組み”, 生産と技術, 2012, vol.64, no. 2, pp. 124-126.
- [9] 増田 研, “学際的研究そして文理融合は必要, だけれどもけっこうしんどい”, 東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所 海外学術調査総括班フォーラム, 海外学術調査ワークショップ, 2010.6.26.
- [10] 森壮一, “文理連携による総合研究に関する調査研究”, 『科学コミュニティとステークホルダーの関係性を考える』第一報告書, 2014, 文部科学省 科学技術・学術政策研究所.
- [11] 慶應義塾大学博士課程教育リーディングプログラム オールラウンド型 超成熟社会発展のサイエンス 政策提言.

- <https://plgs.keio.ac.jp/contents/policy-proposals/>
(参照日: 2021.07.05)
- [12] 株式会社 studio-L, (2020) “リビングラボにおける革新的な社会課題解決サービスの創出に係る調査調査報告書”, pp. 2-8.
- [13] 西尾好司, (2012) “Living Lab (リビングラボ) -ユーザー・市民との共創に向けて-”, 富士通総研 研究レポート no.395, pp.9-10.
- [14] 遠野みらい創りカレッジ編, (2017) “学びあいの場が育てる地域創生 産学官民の協働実践”, 水曜社.
- [15] 中村征樹, “サイエンスカフェ: 現状と課題”, 科学技術社会論研究, 2008. vol.5, pp.31-43.
- [16] サイエンスカフェを考える会, “サイエンスカフェ・ポータル”, <https://cafesci-portal.seesaa.net/> (参照日: 2021.06.30)
- [17] 日本学術会議, “日本学術会議全国縦断サイエンスカフェの取り組み”, <http://www.scj.go.jp/ja/event/cfmap.html> (参照日: 2021.06.30)
- [18] 永町衣里 他, “伝え手になることで得られる学び -ハンズ オン サイエンスカフェという取り組み-”, 日本科学教育学会年會論文集, 2009. vol.33, pp.313-314.
- [19] 紺屋恵子, “小規模サイエンス・カフェの可能性と課題”, 科学技術コミュニケーション, 2008. No.3, pp.149-158.
- [20] 大塚裕子 他, “科学コミュニケーションにおける対話のデザイン”, 人工知能学会誌, 2009. 24 巻 1 号, pp.78-8.
- [21] M. Norton and K. Nohara, “Science cafes. Cross-cultural adaptation and educational applications”, Journal of Science Communication, 2009. vol.8, no.4.
- [22] 伊藤真之, “科学コミュニケーションの現状と課題: 実践者の立場から”, 神戸大学大学院人文学研究科地域連携センター「LINK」, 2014. Vol.6, PP.36-49.
- [23] 内閣府, “平成 18 年度科学技術振興調整費「効果的な理解増進事業の実施のための手法開発に関する調査」成果報告”, 2.3 海外における先進的活動の調査 & 活動の手引き, 2-7 双方向型イベント.
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/8783099/www8.cao.go.jp/cstp/stsonota/rikaizoushin/rikai.html> (参照日: 2021.06.30)
- [24] 日下部治, “コミュニケーション能力を有する若手研究者育成のためのインターンシップモデルの開発”, 研究者情報発信活動推進モデル事業「モデル開発」最終報告書, 平成 18 年 4 月.
<https://www.jst.go.jp/sis/archive/past/outreach/h17/5.pdf>
(参照日: 2021.06.30)
- [25] Dave Gray, Sunni Brown, James Macanuff, “Game Storming”, 2010, O'Reilly Media.
- [26] 菅豊, “地方創生と「新しい野の学問」としての地域学”, 学術の動向, 2021. vol.26. no.2, pp.26-30.
- [27] 石田園. <https://www.ishidaen.jp/> (参照日: 2021.06.30)
- [28] 遠野五日市マルシェ.
<https://www.facebook.com/789255741206094/photos/a.798452113619790/1345231062275223/> (参照日: 2021.06.30)
- [29] 小上がりと裏庭と道具 U. <https://www.u-tono.com/>
(参照日: 2021.06.30)
- [30] 遠野市役所本庁舎多目的市民ホール.
https://www.city.tono.iwate.jp/index.cfm/49_40132_260.html
(参照日: 2021.06.30)
- [31] 遠野みらい創りカレッジ, “慶應大学サイエンスカフェ”, (参照日: 2021.06.30)
<https://www.facebook.com/tonocollege/posts/2602806893272114>
- [32] 広報遠野, “慶応義塾大学院生による「サイエンスカフェ」”, 2019 年 2 月.
- [33] Emi Ichinoseki, <https://sumi-emi.com> (参照日: 2021.06.30)
- [34] 認定 NPO 法人ふまねっと.
<https://www.lto3.jp/contents02-1.html> (参照日: 2021.06.30)
- [35] In-Situ Resource Utilization,
https://en.wikipedia.org/wiki/In_situ_resource_utilization
(参照日: 2021.06.30)
- [36] 近藤康久, “コロナ時代の共同研究とオンラインツール”, 農村計画学会誌, 2020. vol.39. no.2, pp.104-107.
- [37] 立石裕二, “環境問題において不確実性をいかに議論すべきか”, 社会学評論, 2015, vol.66, no.3, pp.412-428.
- [38] 平井太郎, “野の学問はいかにありうるか”, 社会学年報, 2017, no.46, pp.91-99.
- [39] 松本三和夫, (2002) “知の失敗と社会 - 科学技術はなぜ社会にとって問題か”, 岩波書店.
- [40] 農家民宿 Agriturismo 大森家.
<https://www.agriturismo-bigwoods.com/services>
(参照日: 2021.06.30)
- [41] 広報遠野 平成 29 年 1 月号, No.139.
https://www.city.tono.iwate.jp/index.cfm/49_38396.c.html/38396/P_4-7.pdf (参照日: 2021.06.30)
- [42] 株式会社 遠野テレビ.
<http://www.tonotv.com/html/catv/daily/2019/12/13/3.html>
(参照日: 2021.06.30)
- [43] 元木理寿他, “Zoom を用いたフィールドワークの試みとその可能性”, 日本地理学会発表要旨集, 2091a(0), 169, 2019.
- [44] 村上若他, “デジタルデバイス解決促進方法の提案～ICT 支援者マッチングシステムの構築～”, 2021 年度電気関係学会東北支部連合大会.
- [45] 鈴木満他, “新型コロナウイルスパンデミックを契機に普及が期待されるオンライン被災地支援事業”, 第 9 回東北みらい創りフォーラム, 2020 年 12 月 6 日.
<https://www.youtube.com/watch?v=eN8XuO65yqk>
(参照日: 2021.06.30)
- [46] 認定 NPO 法人 心の架け橋いわて, “i-MgNT (愛のマゴの手) プロジェクト参加者の募集について”.
<http://kokorogake.org/1938/> (参照日: 2021.06.30)
- [47] 遠野みらい創りカレッジ,
[https://tonocollege.org/product/2月24日\(月・祝\)セサミストリートカリキュラム](https://tonocollege.org/product/2月24日(月・祝)セサミストリートカリキュラム) (参照日: 2021.06.30)
- [48] レヴィ=ストロース クロード, (1976) “野生の思考”, みすず書房.
- [49] 玄田有史他, (2020), “地域の危機: 釜石の対応 - 多層化する構造”, 東京大学出版会.
- [50] 菅豊, (2013) “「新しい野の学問」の時代へ - 知識生産と社会実践を繋ぐために”, 岩波書店.
- [51] 佐倉統, (2020) “科学とはなにか”, 東京, 講談社, (ブルーバックス B-2158).
- [52] 日本学術会議, “シチズンサイエンスを推進する社会システムの構築を目指して”,
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t297-2.pdf>
(参照日: 2021.06.30)
- [53] 中村征樹, “シチズンサイエンスは学術をどう変えるか”, 学術の動向, 2018. vol.23. no.11, pp.26-30.
- [54] Susan Leigh Star and James R. Griesemer, "Institutional Ecology, 'Translations!' and Boundary Objects: Amateur and Professionals in Berkley's Museum of Vertebrate Zoology", Social Studies of Science, 1989. vol 19. no.3. pp.387-420.
- [55] 石井敦, “総合知を創出するための境界オブジェクトとしての人類世”, 学術の動向, 2018. vol.23, no.4, pp.82-84.
- [56] 紺野登他, “知識創造のワークプレイス・デザイン”, 日本労働研究雑誌, 2012. vol.54, no.10, pp.44-57.

遠隔対話システムとアバターを用いた接客が サービス評価に与える影響：客-店員間比較と加齢変化 Effects on service evaluation of remote communication system, with live action or an avatar: Comparison between customers and clerks, and aging effects

安久 絵里子[†], 原田 悦子[†], 鷹阪 龍太[†], 葛岡 英明[‡]
Eriko Ankyu, Etsuko T. Harada, Ryuta Takawaki, & Hideaki Kuzuoka

[†]筑波大学人間系, [‡]東京大学

[†]Faculty of Human science, University of Tsukuba, [‡]The University of Tokyo
{anky@tsukaiyasusa.jp, etharada@human.tsukuba.ac.jp}

概要

本研究では旅行代理店での接客場面を想定し、遠隔対話システムを用いた接客(遠隔接客)と対面接客との比較、および遠隔接客の中でもアバター映像と実写映像による接客との比較をし、各場面での客-店員間の主観評価の比較を行った。また、客の年齢(高齢/若年)の影響を分析に加えた。その結果、店員役の推測と客役の評価間や、店員自身の評価と店員役の推測間での主観評価には非対称性が見られることが示された。

キーワード: 遠隔対話システム, コミュニケーション, アバター, 接客支援, プロテウス効果

1. 背景と目的

近年、オンラインシステムが接客サービスの場面でも利用されつつあり、特に、新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い、直接接触することなく接客を行うことへの需要が高まっている。実際に、客-店員間での音声・映像情報の同期をとったやり取りによる「遠隔対話システム」を用いた接客が増えており、今後さらに高齢者の利用も増えることが予想されるが、遠隔接客における特性や、高齢ユーザーが利用する際の受容性やユーザビリティについては十分な検討がなされていない。

一方、原田(1997)は遠隔対話システムにおけるパノプティコン (panopticon) 的な「見られること」の心的負荷をあげており、特に業務としてシステムを利用する店員にとって、自分自身が映し出される実写動画よりも、近年の技術革新によって普及したアバターを用いることで、接客業務による心的負荷が抑えられる可能性が考えられる。さらに、遠隔対話システムの利用により、リアルタイムでユーザーの動きをアバターに同期させることで、「自分以外の誰か」になって接客を行うことが可能になる。そこで、用いられるアバターの外見によってユーザーの行動や態度が変わるというプロテウス効果(Yee & Bailenson, 2007; Yee et al., 2009)も報告さ

れており、接客に不慣れな人でもアバターを用いることで、より店員らしい振る舞いができる可能性も考えられる。しかし、アバターを用いた接客では店員自身の姿が見えないことで客に与える印象が変化する可能性があり、その影響を検討する必要もある。

そこで本研究では、接客場面の一例として旅行代理店を取り上げ、遠隔対話システムを用いた接客(遠隔接客)と対面接客との比較、および遠隔接客の中でもアバター利用による接客と実写映像による接客との比較を目的として、実験を行った。またその際、客の年齢(高齢/若年)の影響を要因に加えて、分析を行った。

本研究では、この実験の内、各接客場面での客、店員による主観評価について報告を行う。

2. 方法

参加者 店員役の参加者として、業種にかかわらず接客経験のある女性 24 名(平均年齢 36.54 歳, 24-49 歳, SD=8.07) が参加した。客役の参加者は高齢者 12 名(筑波大学みんラボ登録会員, 平均年齢 76.00 歳, 73-80 歳, SD=2.00) と若年成人 12 名(大学生, 平均年齢 19.75 歳, 18-22 歳, SD=1.29) が参加した。全ての実験条件における客役には男女同数が配置され、全参加者に規定の謝金が支払われた。

課題と手続き 接客場面として「旅行代理店においてツアーの行先を 1 つ選定する」場面を想定し、店員役が客役に 1 対 1 で接客を行う課題を行った。各組は 2 回の接客課題を行い、1) 遠隔接客の後に 2) 対面接客を実施し、各課題後に主観評価を行った。その際、1)の遠隔接客において、店員役が 1-a)アバター映像を用いるか、1-b)実写映像を用いるか、が参加者間要因として操作され、客・店員の組がランダムに割り当てられた。



Fig. 1 課題1で使用されたパンフレット



Fig. 2 課題2で使用されたパンフレット

- 店員役参加者の事前学習 店員役の参加者には、事前に接客場面で使用する仮想のパンフレット (Fig. 1, 2) が各課題分(計2部)配布され、パンフレットに記載されているツアー内容と観光地について1時間程度の事前学習が求められた。課題1で使用するパンフレット(北海道ツアー, Fig. 1)は全6ページ、課題2で使用するパンフレット(四国ツアー, Fig. 2)は全4ページからなる。パンフレットの読み込みが1時間未満になる場合は、追加学習としてパンフレット記載内容の詳細を解説するURLでの学習が求められた。

- 課題 課題1は遠隔接客課題であり、遠隔対話システムを通して接客が行われた。客役の参加者が店員役の参加者と相談しながら、事前に想定した同行者と2人で行く2泊3日の北海道ツアーの内の、4つのコースの中から1つ選んで決めるという課題を行った。店員役の参加者には課題1の所要時間は15分程度と伝えられたが、必ずしも厳密な制限時間ではなく自然な流れのなかで課題を実施するように求められた。

課題2は対面接客課題であり、店員役の参加者が客役の参加者がいる部屋へ移動し、対面した状態で接客が行われた。客役の参加者が店員役の参加者と相談しながら、事前に想定した、しかし課題1とは異なる同行者と2人で行く2泊3日の四国ツアーを2つのコースの中から1つ選んで決めるという課題を行った。課題1と同様に所要時間は5-10分程度と伝えられた。

なお、課題1と2では店員役の参加者と客役の参加者の組み合わせは変わらないが、店員役の参加者には、課題2でも「初対面として」接客を行うことが求めら

れた。また、両課題において、店員役の参加者は事前学習で用意したメモや書き込みをした持参のパンフレットを使用することが認められた。

- 手続き 店員役の参加者と客役の参加者は別の部屋に集められ、まず店員役の参加者は遠隔対話システムの利用学習を15分程度行った。課題1映像が実写群では、音量調整、映像に映る自分自身の視線や顔の向きの確認、マイクのミュート操作、パンフレット共有用のタブレット端末の操作、接客場面の導入部(声かけ等)の練習を行った。課題1映像がアバター群では、上記に加えて、アバターのキャリブレーションを行い、視線や顔の向きの確認と同時にアバターの追従範囲の確認を行い、できるだけ追従が途切れないように求められた。アバター条件では、20-30代、落ち着いた雰囲気のスーツ姿の女性のオリジナルのアバターを使用した。また、アバターは店員役の参加者の動きのうち、目、口、顔の向き(左右上下)、上半身の傾き(左右)のみが反映され、手など上記以外の部位は動かなかった。

事前練習では、課題1は客役の参加者が着席した後に、店員役の参加者から声をかけて接客を始めること、および、接客中に聞かれて分からないことがあれば「確認してきます」などと自然な形で客役の参加者に声がけした後に、ミュート操作を行った上で実験者に質問をすることが求められた。

課題1では、別室から移動してきた客役の参加者が店舗スペースの、店頭で置かれたシステムを想定したパソコン前に着席し、その場で初めて渡されたパンフレットを読み始めたところで、店員役の参加者が声か



Fig. 3 課題1の実験環境

けをすることで課題を開始した。接客を経て、選ぶコースが決定したら、客役の参加者が手元にある紙の申込書に選んだコースを記入した時点で課題終了とされた。

店員役/客役の参加者がそれぞれ、課題1に対する質問紙への回答をした後、客役の参加者は課題2用のテーブルに案内され、課題2のパンフレットを渡された上で、パンフレットを見ながら待つように指示された。実験者が退出した後、店員役の参加者が入室し、客役の参加者への声かけすることで課題2を開始した。課題1同様、客役の参加者が紙の申込書に選んだコースを記入した時点で課題終了とされた。その後、店員役/客役の参加者はそれぞれ別室で、質問紙への回答を行った。

実験環境 課題1は通話ソフトskypeを用いて、店員役の参加者と客役の参加者それぞれが別室で課題を行った。Fig.3に課題1の実験環境を示す。参加者の前にはモニターが設置され、対話相手と自分自身が映っていた。店員役の参加者には常に客役の参加者の実写が表示され、客役の参加者には実験条件に応じて、対話相手である店員役の実写またはアバター像が呈示された。また店員役、客役ともに、自分自身の映像については、実験条件によらず実写映像が映されていた。

モニター上部に取りつけられたwebカメラから参加者のビデオ映像が取得され、アバター群ではビデオ映像をアバターの動きに反映するソフトFacerig (Holotech Studios)を用いてリアルタイムでアバターに変換された。客役の参加者の音声については、入力webカメラから、出力は外付けスピーカーからとし、店員役の参加者の音声については入出力ともにヘッドセットを用いた。

机上には、紙のパンフレットに加え、同様の内容が映されたタブレット端末が店員役の参加者と客役の参加者



Fig. 4 課題2の実験環境

の両者にそれぞれ用意された。タブレット端末はWeb会議ソフトウェアZoomの画面共有機能を用いて店員役の参加者側の画面共有がされており、店員役の参加者の操作が客役の参加者のタブレット端末に反映された。このタブレット端末は、アバター群ではパンフレットを直接画面に映して説明することができず、実写群との自由度に差が出るのが懸念されたため用意され、使用の有無は店員役の参加者の判断にゆだねられた。

課題2の実験環境をFig.4に示す。店員役と客役は課題開始時にまめ形のテーブルの指定された位置(およそ直角になる位置)に着席するように指示された。課題開始後は店員役の参加者も客役の参加者も自由に椅子を動かすことができ、相手との距離を自由に調節することができた。パンフレットは紙のみを使用し、参加者それぞれが1部ずつ所持した。

質問紙の項目 店員役と客役の参加者は課題終了後にそれぞれ、相談に対する主観的評価8項目(「相談に満足したか」「相談結果に満足したか」「親近感を感じたか」「誠実だと思ったか」「説得力があると思ったか」「人間味を感じたか」「活気を感じたか」「落ち着いていると感じたか」)について、「1. まったくあてはまらない」から「6. 非常にあてはまる」の6件法での回答が求められた。また、店員役のみ、相談に対する主観的評価の8項目について、「客役からどのように評価されたと思うかの推測」を6件法で回答を求めた。

また、遠隔接客課題終了後に、遠隔対話システムに対する主観的評価6項目(「モニターでの接客に違和感を覚えた」「いま自分が話してよいか分かりやすかった」「相手が実際に同じ部屋でそばにいるように感じた」「相手が自分を見て話しているように感じた」「同じ部屋で相手と話しているように感じた」「旅行代理店においてモニターでの接客は役に立つと感じた」)について

Table 1 接客相談に対する主観的評価の因子分析結果

| 項目 | 対人印象 | 満足度 | 共通性 |
|----------------------|-------------|-------------|------|
| Q5 客(店員)は説得力があった | .849 | .029 | .752 |
| Q7 客(店員)に対して活気を感じた | .825 | -.143 | .558 |
| Q6 客(店員)に対して人間味を感じた | .808 | -.107 | .558 |
| Q4 客(店員)は誠実だと思った | .729 | .119 | .651 |
| Q3 客(店員)に対して親近感を感じた | .617 | .184 | .553 |
| Q8 客(店員)は落ち着いていると思った | .526 | .310 | .572 |
| Q2 いまの相談結果に満足した | -.064 | .958 | .847 |
| Q1 いまの相談に満足した | -.019 | .951 | .882 |
| | α 係数 | .893 | .927 |
| | 因子間相関 | | .608 |

「1. まったくあてはまらない」から「6. 非常にあてはまる」までの6件法での回答を求めた。

加えて、店員役・客役の両参加者に、課題実施前、課題1実施後、課題2実施後に、課題に対する主観的評価3項目（「いまのあなたは緊張している－安心してている」「いまの課題は難しかった－簡単だった」「いまの課題は楽しくなかった－楽しかった」）についてVASで回答を求めた。

3. 結果と考察

3-1 接客相談に対する主観的評価

接客相談に対する主観的評価を測定する8項目を対象に、最尤法プロマックス回転による因子分析を実施し、固有値の減衰状況から2因子構造が妥当であると判断された(Table 1)。

第一因子は、「客(店員)は説得力があった」「客(店員)に対して活気を感じた」などの対人印象を反映する因子と考えられたため「対人印象」因子と命名した。第二因子は「今の相談結果に満足した」「今の相談に満足した」の2項目からなり、相談に対する満足を反映する因子と考えられたため「満足度」因子と命名した。

これらの因子得点を対象として、客役の年齢群（高齢者OA vs. 若年者YA）、課題1の映像種類（実写 vs. アバター）、評価者（店員 vs. 客 vs. 店員が客からの評価を推測）、および課題種類（課題1遠隔 vs. 課題2対面）を独立変数とする、4要因混合計画分散分析を実施した。

対人印象得点については、評価者の主効果が有意であり（ $F(2, 60) = 15.81$, 偏 $\eta^2 = .35$, $p < .001$ ）、多重比較の結果、店員の評価（0.33）と客役の評価（0.29）の間に

は有意な差が見られなかったが、その両者と店員役の客からの推測評価（-0.63）の間には有意な差が見られた（店員 vs. 推定, $t(60) = 4.96$, $d = 1.41$, $p < .001$; 客 vs. 推測, $t(60) = 4.76$, $d = 1.35$, $p < .001$ ）。

課題種類では、遠隔条件（-0.21）と比較して対面条件（0.21）での評価は有意に高く、対人印象が良好であった（ $F(1, 60) = 16.03$, 偏 $\eta^2 = .21$, $p < .001$ ）。

客役の年齢群の主効果（高齢者群77.32, 若年群71.65）は有意ではなかった（ $F(1, 60) = 2.55$, 偏 $\eta^2 = .04$, ns ）が、客役年齢群と課題種類の交互作用が有意であった（ $F(1, 60) = 7.03$, 偏 $\eta^2 = .11$, $p < .05$: Fig. 5）。客役が高齢者群の場合、遠隔と対面の間で評価に差はない（ $F(1, 60) = 0.92$, 偏 $\eta^2 = .03$, ns ）一方で、客役が若年者の場合は、遠隔水準と比較して対面水準での評価が有意に高かった（ $F(1, 60) = 22.14$, 偏 $\eta^2 = .43$, $p < .001$ ）。

次に、満足度得点への分散分析の結果、評価者の主効果が有意であり（ $F(2, 60) = 16.59$, 偏 $\eta^2 = .36$, $p < .001$ ）、多重比較の結果、客（0.62）、店員（-0.09）、客からの評価推測（-0.53）の全ての組み合わせで有意な差がみられた（客-店員; $t(60) = 3.56$, $d = 1.01$, $p < .01$, 客-推測; $t(60) = 5.70$, $d = 1.62$, $p < .001$, 店員-推測; $t(60) = 2.15$, $d = 0.61$, $p < .05$; Fig. 6）。映像種類では、実写水準（0.21）と比較してアバター水準（-0.21）が有意に低い値であった（ $F(1, 60) = 6.63$, 偏 $\eta^2 = .10$, $p < .05$; Fig. 7）。その他の主効果ならびに交互作用は、有意ではなかった。

3-2 遠隔対話システムに対する主観的評価

遠隔対話システムに対する主観的評価を測定する6項目を対象に、反復主因子法プロマックス回転による因子分析を実施した。その結果、固有値の減衰状況から2因子構造が妥当であると判断された(Table 2)。第一因

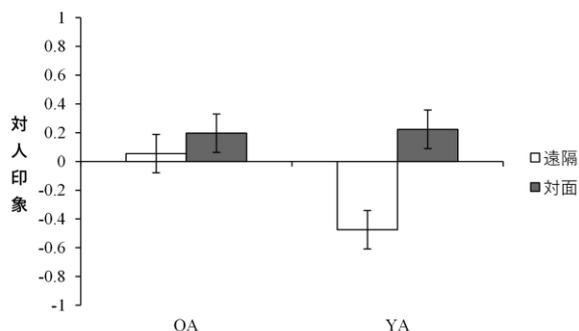


Fig. 5 対人印象得点における客役年齢×課題種類の交互作用

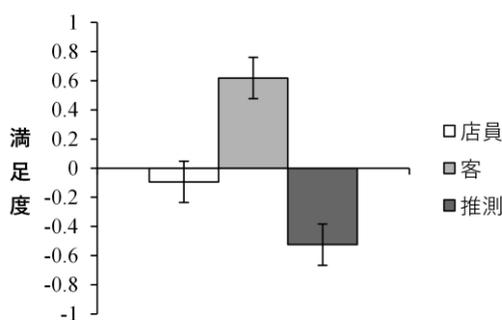


Fig. 6 満足度得点に対する評価者の主効果

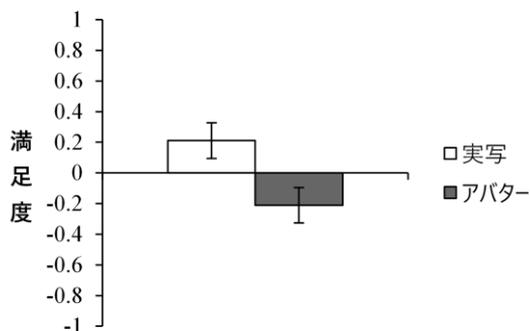


Fig. 7 満足度得点における映像種類の単純主効果

子は「同じ部屋の中で客(店員)と話している感じがした」

「客(店員)が実際に同じ部屋の中であなたのそばにいる感じがした」など、いま目の前に対象が存在していると感じる度合いを反映している因子と考えられたため社会的存在感を示すものとして「存在感」因子と命名した。第二因子は「モニターでの接客に違和感を覚えた」などの接客相談場面に対する違和感を反映した因子と考えられたため「違和感」と命名した。これらの因子得点を対象として、客役の年齢群 (OA vs. YA), 映像種類 (実写 vs. アバター), および評価者 (店員 vs. 客) を独立変数とした, 3 要因混合計画分散分析を実施した。

その結果, **存在感因子得点**については, 客役の年齢の主効果が有意であり ($F(1, 40) = 6.60$, 偏 $\eta^2 = .14$, $p < .05$), 客役の高齢者の得点 (0.37) が客役の若年 (-0.34) より高かった。また評価者の主効果が有意であり ($F(1, 40) = 0.27$, 偏 $\eta^2 = .01$, ns), 店員の得点 (-0.35) は客 (0.38) と比較して有意に低かった。映像種類の主効果ならびに全ての交互作用は有意ではなかった。

違和感得点に対する分散分析の結果, 客役の年齢の主効果が有意であり ($F(1, 40) = 4.43$, 偏 $\eta^2 = .10$, $p < .05$), 客役の高齢者の得点 (-0.30) は客役の若年 (0.24) と比較して低い値であった。一方, 他の主効果および交互作用は有意ではなかった。

接客相談に対する主観的評価, および遠隔対話システムに対する主観的評価についての分散分析結果を Table 3 に整理した。

3-3 課題実施に対する主観的評価について

課題の実施前後 VAS で測定された主観的評価について, 客役の年齢 (高齢者 OA vs. 若年者 YA), 課題 1 の映像種類 (実写 vs. アバター), 評価者 (店員 vs. 客), および課題種類 (課題前/課題 1 後/課題 2 後)

Table 2 遠隔対話システムに対する主観的評価の因子分析

| 項目 | 存在感 | 違和感 | 共通性 |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------|
| Q5 同じ部屋の中で客(店員)と話している感じがした | 1.097 | .145 | 1.010 |
| Q3 客(店員)が実際に同じ部屋の中であなたのそばにいる感じがした | .783 | -.173 | .827 |
| Q4 客(店員)が自分を見て話している感じがした | .659 | -.098 | .531 |
| Q6 旅行代理店においてモニターでの接客は役に立つと感じた | -.091 | -.625 | .322 |
| Q2 いま自分が話してよいのか分かりやすかった | .116 | -.579 | .439 |
| Q1 モニターでの接客に違和感を覚えた | -.151 | .546 | .433 |
| α 係数 | .903 | .653 | |
| 因子間相関 | | -.675 | |

Table 3 接客相談, 接客システムに対する主観的評価結果の概要

| | | 主効果 | | | | 交互作用 |
|--------------|------|---------|-----------|-----------------------------|---------|------------|
| | | 年齢群 | 映像種類 | 評価種類 | 課題種類 | (有意なもののみ) |
| 相談に対する主観的評価 | 対人印象 | OA = YA | 実写 = アバター | 店員 = 客 客 > 推測 | 遠隔 < 対面 | 年齢群 × 課題種類 |
| | 満足度 | OA = YA | 実写 > アバター | 店員 < 客 客 > 推測 店員 > 推測 | 遠隔 = 対面 | なし |
| 遠隔接客システムに対する | 存在感 | OA > YA | 実写 = アバター | 店員 < 客 | 遠隔 = 対面 | なし |
| 主観的評価 | 違和感 | OA < YA | 実写 = アバター | 店員 = 客 | 遠隔 = 対面 | なし |

を独立変数とする4要因混合計画分散分析を実施した。

– 課題に対する緊張感

課題に対する緊張感(緊張-安心) 得点に対する分散分析の結果, 客役の年齢群については, 客役が高齢者の群の平均値(68.78)が, 客役が若年者の群の平均値(56.42)よりも有意に高く, 緊張感は薄いことが示された ($F(1, 40) = 7.20$, 偏 $\eta^2 = .15$, $p < .05$). 評価者では, 店員役の平均値(58.98)が客役(71.22)よりも有意に低く, 役割により緊張感が異なっていた ($F(1, 40) = 13.99$, 偏 $\eta^2 = .26$, $p < .001$), 課題種類の主効果も有意であり ($F(2, 80) = 48.66$, 偏 $\eta^2 = .55$, $p < .001$), 多重比較の結果, 課題実施前水準(40.44), 課題1実施後水準(68.67), 課題2実施後水準(78.69)のすべての水準間で有意な平均値差が見られ, 徐々に緊張感が低下している様子が見られた(実施前-課題1; $t(40) = 7.04$, $d = 1.15$, $p < .001$, 実施前-課題2; $t(40) = 8.77$, $d = 1.74$, $p < .001$, 課題1-課題2; $t(40) = 2.74$, $d = 0.46$, $p < .01$). 一方, 映像種類の主効果は有意でなかった。

交互作用については, 客役年齢群 × 評価者が有意であった ($F(1, 40) = 4.28$, 偏 $\eta^2 = .10$, $p < .05$) が, その他の組み合わせは有意ではなかった。店員評価における客役年齢群の単純主効果は有意でなかった ($F(1, 40) = 0.19$, 偏 $\eta^2 = .01$, ns) が, 客の評価における客役年齢群の単純主効果は有意であり, 客役として参加する若年成人には一定の緊張感があったことが示された ($F(1, 40) = 11.28$, 偏 $\eta^2 = .36$, $p < .01$; Fig. 8).

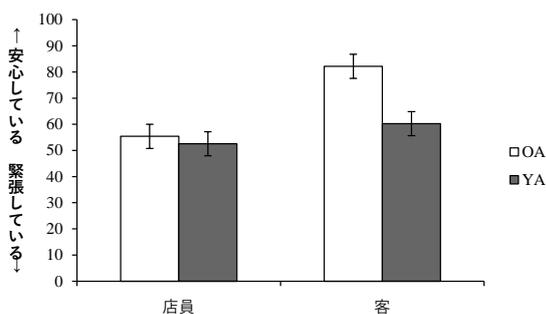


Fig. 8 緊張感得点に対する客役年齢群の単純主効果

– 課題に対する難易度

課題に対する難易度(難しかった-簡単だった) 得点に対する分散分析の結果, 評価者では, 店員役の平均値(58.98)が客役(71.22)よりも有意に低く, 難しく感じていたことが示された ($F(1, 40) = 20.13$, 偏 $\eta^2 = .34$, $p < .001$). また, 課題種類の主効果が有意であり ($F(2, 80) = 38.66$, 偏 $\eta^2 = .49$, $p < .001$), 多重比較の結果, 課題実施前水準(43.14), 課題1実施後水準(62.75), 課題2実施後水準(71.23)のすべての水準間で有意な差が見られた(実施前-課題1; $t(40) = 6.23$, $d = 0.85$, $p < .001$, 実施前-課題2; $t(40) = 8.61$, $d = 1.30$, $p < .001$, 課題1-課題2; $t(40) = 2.48$, $d = 0.35$, $p < .05$). 客役年齢群ならびに映像種類の主効果は有意ではなかった。

– 課題に対する楽しさ

遠隔対話システムの楽しさ(楽しくない-楽しい) 得点に対する分散分析の結果, 課題種類の主効果は有意であり ($F(2, 80) = 9.50$, 偏 $\eta^2 = .19$, $p < .001$), 多重比較の結果, 課題1実施後水準(77.23)ならびに課題2実施後水準(78.61)は, それぞれ課題実施前水準(67.61)よりも「楽しい」と判断された ($t(40) = 3.67$, $d = .55$, $p < .01$; $t(40) = 3.41$, $d = .56$, $p < .01$) が, 課題1-2の実施後の間に有意な差は見られなかった。他の主効果は有意ではなかった。

また, 客役の年齢群 × 評価者の交互作用が有意 ($F(1, 40) = 4.39$, 偏 $\eta^2 = .10$, $p < .05$) であり, 客役が高齢者の場合, 店員役と客役の間に有意な差がみられた ($F(1, 40)$

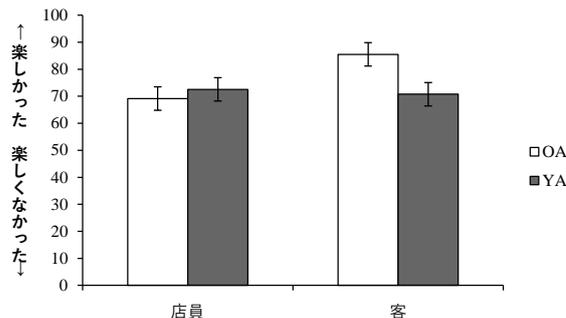


Fig. 9 楽しさに対する客役年齢群の単純主効果

=5.81, 偏 $\eta^2 = .23, p < .05$; Fig. 9). すなわち, 客役が OA の場合, 客役は店員役よりも楽しいと感じていたが, 客役が YA のとき店員役/客役の差はなかった. その他の組み合わせは全て有意ではなかった.

4. 総合考察

本実験では, 疑似的な接客場面を設けて, 店員役と若年の客役が接客相談を実施, その際の主観的評価について, 分析を行った. 遠隔接客場面の後に対面接客を行った処, 複数の項目で遠隔よりも対面での接客で高い評価を示した. また, アバター条件と実写条件間ではあまり大きな差異は認められなかったが, 客役・店員役いずれにおいても, 満足度は実写条件での遠隔接客の方が高いという結果が示された. 少なくとも本実験で測定できた主観評価の範囲内では, 遠隔接客でのアバター利用において大きなメリットを見出すことはできなかったと言えよう.

店員役の(客からの評価の)推測値と実際の客の評価値, または店員自身と(客から店員への評価の)推測値間で評価の大きなズレが生じており, 店員役においては, なんらかの負荷状態が生じることが示唆された.

こうした負荷感は, 客が高齢者である場合により大きく生じている可能性が考えられ (Harada *et al.*, 2018), そうした評価の非対称性について, さらに検討を進め

ていく必要性が示された.

今後, 対話時の行動の変化とこれら主観評価との関係性について検討を進めていく必要があり, 進めていく予定である.

5. 謝辞

本研究は沖電気工業株式会社との共同研究の成果の一部である. また, 筑波大学人間学群心理学類の下山凌央氏の卒業研究「接客場面におけるアバター利用の効果: 非言語コミュニケーションへの影響」の一部として実施された.

文献

- [1] 原田 悦子 (1997) 人の視点からみた人工物研究 (認知科学モノグラフ 6), 共立出版
- [2] Nick Yee & Jeremy Bailenson (2007) The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior, *Human Communication Research*, 33, pp. 271-290
- [3] Nick Yee, Jeremy Bailenson, Nicolas Ducheneaut (2009) The Proteus Effect Implications of Transformed Digital Self-Representation on Online and Offline Behavior, *Communication Research*, Vol. 36, No. 2, pp. 285-312
- [4] Harada, Et, Ikenaga, M., Shimoyama, R. & Sawada, T. (2018) Conversation with Elderly: What Kind of Communication Lords Do Younger Members Bear? Poster presented at Cognitive Aging Conference 2018.

対話のインタラクシオンリズムの変化とフロアの対称性の関係 —日常対話と漫才対話の比較から—

The Relation between Changes in Dialogue Rhythms and Symmetric/Asymmetric Distribution of the Floor in Conversation: Comparing Everyday Dialogues in Japanese with Manzai-Dialogues

本井 佑衣[†], 岡本 雅史[‡]
Yui Motoi, Masashi Okamoto

立命館大学

Ritsumeikan University

[†]lt0836if@ed.ritsumei.ac.jp, [‡]d-u-b@fc.ritsumei.ac.jp

Abstract

日常対話は多くの漫才対話と異なり、フロア保持が頻繁に移り変わる場面と移り変わらない場面が混在する。本研究では、日常対話において話者の一方がフロアを保持している場合(=非対称モード)とフロア保持の交替が頻繁に移り変わる場合(=対称モード)とでどのような対話リズムの変化が存在するのかわ、インタラクシオンリズムの観点から分析する。分析データとしては、日常会話コーパスの対話データ3つと、プロの漫才師による漫才対話2つの計5つを使用した。分析の結果、日常対話にも漫才対話と同様の対話リズムが存在することや、フロアの対称性の有無が変化しても共通したインタラクシオンリズムがあることが観察された。

Keywords — インタラクシオンリズム, フロア, 漫才対話, 日常対話, リズムグリッド

1. はじめに

これまで、話者交替システムのルールの中で会話の参加者は発話権をどのように獲得するのかという研究[9]や、発話がどのように連鎖していくのかという基本構造を示した研究[5]など、話者交替を円滑に進めるための規則についての会話分析研究は多くなされてきたが、話者交替の構造を説明するものがほとんどであり、対話のリズムという観点から話者交替を分析した研究はあまり見られない。一方、日常対話は多くの漫才対話と共通して、フロア(発話の主導権)の保持が参与者間で頻繁に移り変わる場面と、漫才対話と異なり、一方の参与者に偏ってフロアが保持される場面が存在する。このようなフロアの対称性の有無が対話リズムの変化にいかなる影響を与えているのかも定かではない。

そこで本研究は、プロの漫才師による漫才対話が円滑な話者交替をベースにテンポの良い対話リズムを作り上げていると考えられるのに対し、日常対話にも同様の対話リズムが存在しているのかどうかをフロアの対称性の観点から明らかにする。この研究により、対話

を支える、より包括的なインタラクシオンリズムの解明へのヒントを得ることを目指す。

なお、ここで言うインタラクシオンリズムとは、発話のプロソディや視線配布、ジェスチャなどの身体的身振りを含めた、パラ言語的・非言語的な複数のモダリティに跨ったものを想定しているが、今回はターン長、交替潜時、発話内休止等の音声情報からなる「対話リズム」として分析を行う。

2. 研究背景

Edelsky[1]は、フロア(floor)という概念について心理的に発話の主導権を握っていることと定義しているが、Hayashi[2]はこの概念を発展させ、フロア保持とは話者交替に関係なく発話の権利を獲得・維持した状態であるとした。さらに、相手のフロア保持を支えるための装置としてあいづちや質問、要約、共感の表明を行うバックチャンネルがあると主張している。

一方、対話における交替潜時が二者間で類似するとする研究[8]などから、会話コミュニケーションにおいては相手に同調しようとする傾向があると考えられ、交替潜時が影響する対話リズムも一方の話者だけでなく、対話者間での相互調整が生じている可能性が高い。

本井・岡本[6]では漫才対話データの分析からモーラや高低アクセントから生まれるマイクロリズムが存在し、対話者同士がこのリズムに同調し合う動きがあることが示唆された。この分析を踏まえて、本井・岡本[7]は、漫才対話の発話長と交替潜時によって作られるインタラクシオンリズムがどのように経時的に変化しているのかりズム変動率として表した。これによって現話者の発話長と次話者に依存する交替潜時と発話長の合計値との比率がどのように変動していくのかを可視化した。また、あいづちや発話内休止によって発話を区切ることでリズム変動率が増大することを防ごうとす

る動きもみられたことを報告している。これらの研究によって対話の重層的なリズム構造を捉えることが可能となり、参加者間の相互調整によって作られるインタラクシオンリズム分析という、新たな観点に基づく対話研究の端緒を開いた。

こうした背景から本研究では、先述したように日常対話でしばしば観察されるフロアの対称性の有無に着目し、漫才対話におけるインタラクシオンリズムとの異同を調査する。このとき、日常対話においてフロアが参加者間で頻繁に移り変わる場面を「対称モード」、一方の参加者に偏ってフロアが保持される場面を「非対称モード」と名付けることとする。

本来、フロアは発話の主導権をいずれの参加者が保持しているかによって決まるものであるが、本研究ではフロアの配分が異なる2つの対話モードを、参加者間でターン長に一定の差が継続的に生じているか否かに基づいて区別することとする。具体的には、「対称モード」は隣接する発話ターン長の差が10秒以内であり、かつそれが4ターン以上連続している状態であると規定する。一方、「非対称モード」は、隣接する発話ターン長の差が10秒以上であり、かつそれが4ターン以上続く状態であると規定する。

3. データ分析

3.1. 分析資料

分析資料として、「日本語日常会話コーパス（モニター版）(CEJC)」[3][4]から対話データを3つ選出し、それらをプロの漫才師による漫才対話データと比較する。日常対話データとしては、二人の対面での対話で、共食場面などの食事をメインの活動としているものではなく、雑談場面などの会話をメインの活動としたものを取り上げた。なぜなら、共食場面での対話は特に動作などのモダリティもインタラクシオンリズムに関わっていることが想定されることから、音声に限定した分析には適さないからである。

また、プロの漫才師として「かまいたち（以下KI）」と「ミルクボーイ（以下MB）」を選出した（いずれも吉本興業所属）。いずれの漫才コンビも主要な漫才大会で好成績を残していることから、話芸の達者なプロの漫才師として選出した。分析を行う漫才対話データとして、かまいたちの公式YouTubeチャンネルで配信された「UFJ」のネタを使用し、ネタが始まる2.35秒後

からの71.63秒間を分析対象時間とした。また、ミルクボーイは「ネタサンド！」²で放送された「マラカス」のネタを使用し、ネタが始まってから128.76秒間を分析対象時間とした。

次に、日常対話データの分析資料として、表2に日常会話コーパスデータ中で対称モードと非対称モードの条件に一致したそれぞれの選出箇所を示す。数字はそれぞれ選出開始位置と終了位置、ならびに分析対象時間（括弧内）を示している。

表 1：分析資料と分析対象時間

| | 対称モード | 非対称モード |
|----------|---------------------------|-----------------------------|
| C001_002 | 229.08-311.21 (82.13) | 741.22-840.29 (99.07) |
| T004_006 | 550.87-684.65 (133.78) | 272.18-422.41 (150.23) |
| T006_001 | 141.99-264.78 (122.79) | 1167.99-1303.47 (129.25) |

(※単位は秒)

3.2. データ準備

本研究における分析は、対称モード時と非対称モード時で、話し手の発話内休止と聞き手のあいづちによって区切られた話し手の発話ターンの長さ（＝発話セグメント長）の変動を各データに対して観察することである。そのため、分析データの準備として、日常会話コーパスモニター版の書き起こしデータを使って、ターンの開始位置とあいづち、発話内休止の認定を行なった。発話内休止とは、現話者が自分のターン内でとる休止のことであり、交替潜時以外で100msec以上の無音区間が空いた箇所のことをいう。発話内休止によってセグメンテーションされたターンは、発話セグメント長と発話内休止に分けられる。これによってターン長の変化だけではなく、1発話内で話者が発話時間を増やしているのか、発話内の休止を増やしているのかを観察することができる。

3.3. 分析1：あいづちと発話内休止によるセグメンテーション

まず発話ターンの長さを計測し、それぞれ漫才対話データ、日常対話データの対称モードと非対称モードで比較する。現話者の発話開始から次の話者が発話を開始するまでの時間をターン長として計測した。あい

¹ <https://youtu.be/Gp2hyXo4s4w>（最終閲覧日 2021/7/6）

² 2020/07/11 放送（テレビ朝日）

づちでのセグメンテーションは発話が始まってからあいつちが開始された時間で区切ったものを計測する。発話内休止でのセグメンテーションは、発話を開始してから発話内休止後にまた発話が始まるまでの時間を区切ったもので計測する。つまり、ターン長での計測は図1中の{A+B+C}:E:F:{G+H}で、あいつちのセグメントは{A+B}:C:E:F:G:H、発話内休止のセグメントはA:{B+C}:E:F:{G+H}の計測方法となる。

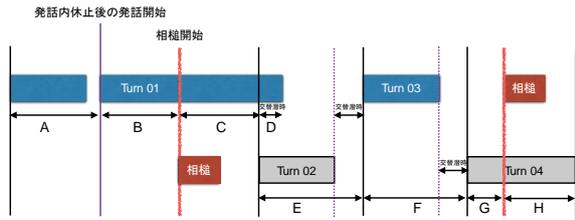


図1：セグメンテーション後の計測方法

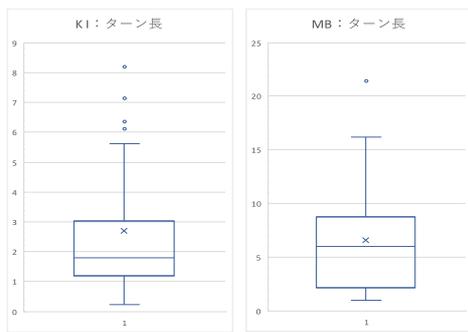


図2：漫才対話データのターン長

図2では、漫才対話データのKI, MBのターン長のばらつきを表す。どちらのデータでもフロアは常に対称モードであり、ターン長のばらつきはほとんど同じであった。

図3は日常対話場面の3つのデータを並べたものであり、左が対称モード、右が非対称モードを表す。これを見ると、3つのデータで対称モードでのターン長のばらつきは非対称モードに比べてかなり小さいことがわかる。非対称モードでは一方の話者が長くターンをとり、話題を独占することでフロアを保持していたため、もう一方の話者とのターン長の差が生まれ、このような結果となった。これらの結果を見ると、日常対話場面で観察される対称モードと非対称モードのターン長のばらつきにはかなり大きな差があるように見える。

次に、発話内休止とあいつちをセグメンテーションの要素に加えるとどのように変化するかを分析する。

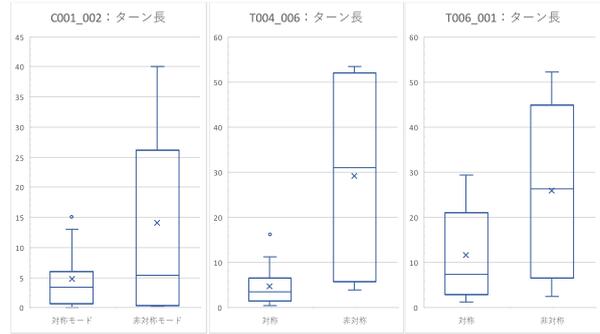


図3：日常対話データのターン長

図4は漫才対話データ2本のあいつち、発話内休止セグメンテーションの長さのばらつきを表す。KIでは発話内休止でのセグメントよりもあいつちでのセグメントの方がばらつきは少ないのに対して、MBではあいつちでのセグメント長よりも発話内休止でのセグメント長のばらつきの方が少ないことがわかる。

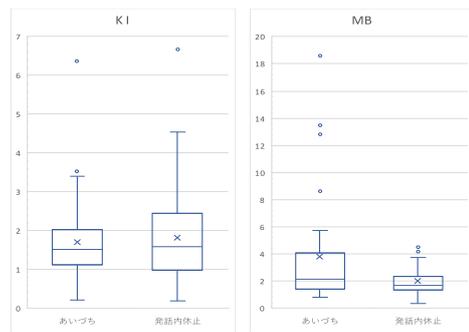


図4：漫才対話データのセグメント長

図5はC001_002のそれぞれのモードでのあいつち、発話内休止セグメンテーションの長さのばらつきを表す。非対称モードの方が対称モードに比べてばらつきは大きいですが、あいつちと発話内休止でのセグメントをした後の方が対称モードに近づく。また、どちらのモードでもあいつちの方が発話内休止よりもばらつきが小さいことが共通していることがわかる。

図6はT004_006のデータをそれぞれセグメントしたものを表す。C001_002の時と同じように、それぞれ二種類のモードでの大きな差はなくなった。また、C001_002と違ってあいつちよりも発話内休止でのセグメンテーションの方がどちらのモードにおいてもばらつきが小さいことが共通している。

図7はC006_001のデータを表す。2つのデータと同じようにそれぞれのモードでのばらつきの差は小さくなり、C001_002のデータと同じようにあいつちセグメンテーションの方がどちらのモードにおいてもばらつ

きが少ないことが共通している。

これらの結果から、対話の参加者は一方がフロアを保持する非対称モードでも、また両者のターン長が同等ほどである対称モードでもあいづちや発話内休止によってターンをある一定の時間幅で区切ろうとする動きがあることがわかった。また、対話の特性によって話者はあいづちでセグメントする場合と発話内休止でセグメントする場合の2つのパターンがあることが示唆された。

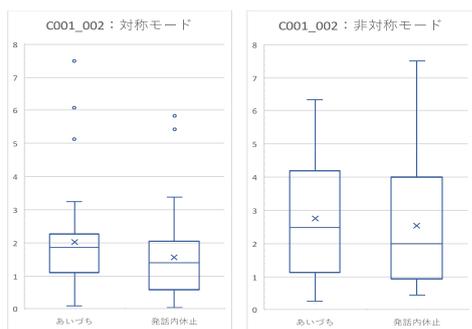


図 55 : C001_002

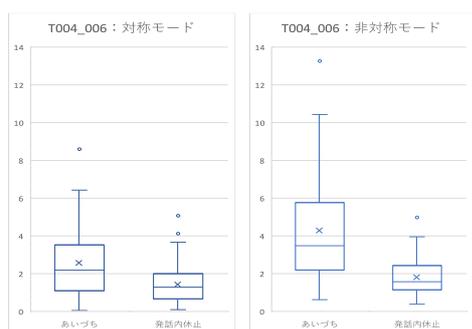


図 6 : T004_006

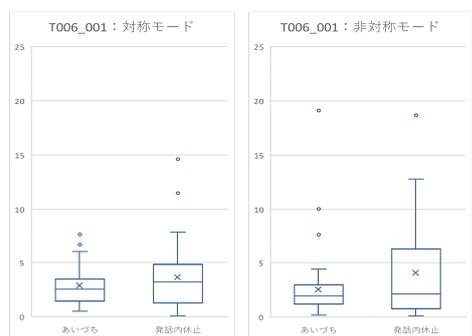


図 7 : C006_001

3.4. 分析 2 : リズムグリッド

次に、分析 1 で発話のターン長があいづちもしくは発話内休止によって区切られるリズムが存在することが示唆されたが、実際に一定のリズムを刻んでいるのかを確かめる必要がある。そこで、本研究では新たに

「リズムグリッド」という分析手法を提案し、それを元に、各々の対話リズムがどのパターンのセグメンテーションに基づいているかを分析する。

リズムグリッドによる分析手法として、まずサンプル時間をセグメント数で割った時間幅を基本グリッド単位とし、その単位内にセグメントの開始位置がいくつ入っているのかを観察する。セグメントによって一定のリズムが刻まれるのであれば、原則として1つのリズムグリッドに1つのセグメント開始位置が入ることが想定される (図 8)。

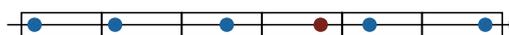


図 8 : リズムグリッドのイメージ

図 8 において、例えば青い丸が発話内休止後の音声開始位置、赤い丸があいづち開始位置を示していると仮定すると、厳密な等間隔リズムではないが、リズムグリッドに基づく緩やかなリズムが、発話内休止とあいづちによってある程度維持されていることが分かる。また、リズムグリッドに2つ以上のセグメント開始位置が含まれたり、空白のリズムグリッドがある場合は、その部分だけリズムが崩れていることを示すことも可能である。

分析 1 と同様に、日常対話データ 3 つと漫才対話データ 2 つとで、それぞれターンとあいづち、発話内休止で区切って計測したものと、ターン長とあいづちのみ、ターン長と発話内休止のみで区切って計測したものを2つのモードに分けて比較した。すると、1つのグリッド単位に1つのセグメントが入る割合は表 2 に示す通りとなった。日常対話と漫才対話のどちらの場合においても、あいづちと発話内休止の両方でターン長をセグメントするよりも、どちらか一方でセグメントした場合の方が、1つのグリッドに1つのセグメントが入る割合が高いことがわかる。そして、日常対話データでは対称性の有無に関わらず、セグメントする単位はあいづちもしくは発話内休止で共通している。例えば、C001_002, T006_001, KI の3つのデータは主にあいづちを使ってセグメンテーションしている対話であり、T004_006, MB の2つのデータは主に発話内休止を使ってセグメンテーションしている対話である。

つまり、分析 1 でも示唆された通り、一つの対話においてあいづちと発話内休止の両方を使ってある一定のリズムを作り上げているのではなく、あいづちもし

くは発話内休止のどちらかを使って対話リズムを作っていることが考えられる。そして、対称モードと非対称モードの間で対話参加者のターン長に差があっても2つのモードで大きな差は見られなかったことから、フロアに対称性が生じてもそれぞれの対話においてある一定の時間幅で区切ろうとする動きがあることがわかる。

また、リズムグリッドの単位に1つのセグメントが入る割合はどのデータにおいても50~60%前後であり、必ずしもセグメントが終始一定の時間幅で刻んでいるわけではないことがわかった。しかし、このリズムグリッドの単位を調整することによってグリッド単位に入る数が現時点で0や2、もしくは3以上入っている箇所も1つずつ収まる割合が上がる可能性も考えられる。

表 2: リズムグリッド割合 [単位: %] (セグメント数)

| | | A+B | A:あいづち | B:発話内休止 |
|-------------|-----|-----------|----------|----------|
| C001_002 | 対称 | 41.7(48) | 65.0(37) | 46.3(41) |
| | 非対称 | 48.6(70) | 56.8(37) | 43.6(39) |
| T004_006 | 対称 | 41.4(116) | 47.1(51) | 52.7(91) |
| | 非対称 | 53.6(110) | 48.6(35) | 63.4(82) |
| T006_001 | 対称 | 47.7(65) | 53.5(43) | 40.6(32) |
| | 非対称 | 43.6(78) | 52.0(50) | 34.4(32) |
| かまいたち (KI) | | 32.1(55) | 61.9(42) | 57.5(40) |
| ミルクボーイ (MB) | | 49.3(75) | 51.7(29) | 59.4(64) |

5. 考察

対話において、発話のターン長をあいづちと発話内休止の両方を使って一定のリズム刻んでいるのではなく、対話ごとにあいづちもしくは発話内休止のどちらか一方でターン長を区切っている可能性があることが示唆された。

そして、対称モードと非対称モードの間で参加者のターン長に差があっても2つのモードで大きな差は見られなかったことから、フロアにおける対称性の違いで別のインタラクションリズムを作っているわけではなく、話者はお互いにある一定の時間幅で発話内休止もしくはあいづちで区切ろうとする戦略をとっており、それは一方の話者に依存するものではないことがわかる。つまり、対話の参加者はお互いに同じ対話リズムの構成要素を使ってターン長を区切る動きをとっているのではないかということが明らかとなった。

6. まとめと今後の展望

まとめると、日常対話においてフロアの対称性によ

る違いがあったとしても、漫才対話で観察されるような対話リズムを作り上げようとする動きがあることが分かった。それらの対話リズムは発話のターン長をあいづちや発話内休止によって一定のタイミングで刻もうとする動きによって作り上げられる。さらに、対話の特性によって、聞き手があいづちでセグメンテーションする場合と、話し手が発話内休止によってセグメンテーションする場合の2つのパターンがあることが分かった。

今後は、お互いに同じセグメンテーションの方法をとって対話リズムを作り上げていることが示唆されたが、どのタイミングでそれらの調整が行われているのかを経時的に観察することや、抽出したリズムグリッド単位を調整することによってより適切な単位を認定できる可能性も考えられる。また、リズムグリッドにセグメント開始位置が1つずつ入らなかった箇所ではどのように対話に変化しているのを発話内容やその他のモダリティも分析対象に含めて観察することにより、より横断的な対話のリズムの分析を進めることができると考える。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 17KT0143 の助成を受けて進められたものである。

参考文献

- [1] Edelsky, C., (1981). "Who's got the floor?", *Language in Society*, Vol. 10, No. 3, pp. 383-421.
- [2] Hayashi R., (1991) "Floor structure of English and Japanese conversation", *Journal of Pragmatics*, Vol.16, No. 1, pp.1-30.
- [3] 小磯花絵・天谷晴香・石本祐一・居關友里子・白田泰如・柏野和佳子・川端良子・田中弥生・伝康晴・西川賢哉, (2019) 『日本語日常会話コーパス』モニター公開版の設計と特徴, 言語処理学会第25回年次大会発表論文集, pp. 367-370.
- [4] 小磯花絵・天谷晴香・石本祐一・居關友里子・白田泰如・柏野和佳子・川端良子・田中弥生・伝康晴・西川賢哉, (2019) 『日本語日常会話コーパス』モニター公開版 コーパスの設計と特徴, 国語研究所日常会話コーパスプロジェクト報告書3.
- [5] 串田秀也, (2006) 相互行為秩序と会話分析 ―「話し手」と「共-成員性」をめぐる参加の組織化, 京都: 世界思想社.
- [6] 本井佑衣・岡本雅史 (2019). "漫才対話の「テンポの良さ」を支える発話リズムの同期・変調パターン", 社会言語科学会第43回大会発表論文集, pp. 170-173.
- [7] 本井佑衣・岡本雅史 (2020). "「対話の一体感」をもたらす音声インタラクションの時間的特徴—ロボットと人の漫才対話データの分析から—", 社会言語科学会第44回

大会発表論文集, pp. 130-133.

- [8] 長岡千賀・小森政嗣・中村敏枝 (2002). “対話における交替潜時の 2 者間相互影響”, 日本人間工学会誌, Vol. 38, No. 6, pp. 316-323.
- [9] Sacks, H., Schegloff, E. A., & Jefferson, G. (1974). “A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation” *Language*, Vol. 50, No. 4, pp. 696-735.

そのヒューリスティックは、そもそも使えるのか ~正確性と使用可能性に基づくヒューリスティック使用の検証~ Is this heuristic usable? ~Investigations of heuristic usage in terms of the accuracy and applicability~

白砂 大[†], 本田 秀仁[†], 松香 敏彦[‡], 植田 一博^{††}
Masaru Shirasuna, Hidehito Honda, Toshihiko Matsuka, Kazuhiro Ueda

[†] 追手門学院大学, [‡] 千葉大学, ^{††} 東京大学
Otemon Gakuin University, Chiba University, The University of Tokyo
m.shirasuna1392@gmail.com

概要

人が行うヒューリスティックの使用について、従来にはない新たな課題構造のもとで、正確性のみならず使用可能性の両側面から検証した。行動データの分析から、人は課題構造に応じて、使用できる機会が多くかつ正答をより多く導くことのできるヒューリスティックを使っていることが示唆された。本研究の知見は、人がいかにして正確な判断を行っているかをより深く理解するための契機になると考えられる。

キーワード：ヒューリスティック，課題構造，正確性，使用可能性

1. 背景

複数の選択肢から特定の1つを選ぶような判断場面において、人は直感的・経験則的な判断方略であるヒューリスティックを用いることがある(e.g., Goldstein & Gigerenzer, 2002)。人は、様々なヒューリスティックを場面に応じて使い分けることで正確な判断を導いていると考えられており、この点は、多くの先行研究で行動実験などから示されている(*adaptive toolbox*; e.g., Gigerenzer et al., 1999; Mohnert et al., 2019)。

長年主張されているこの考え方はしかしながら、次の2点の検証が不十分であったと考えられる。1点目は、「選択肢を比較する」という1種類の課題構造(e.g., 「人口の多い都市はどちらか。都市A 都市B」という人口推定課題)のみでしか検証されていない点である。従来と異なる課題構造においても、この考え方は成立するのだろうか。2点目は、ヒューリスティックの使用については、主に「正確な判断を導く(正確性が高い)かどうか」という面のみから評価されていた点である。いくら正確性の高い方略であっても、課題中でもそもそも使える機会がない(使用可能性が低い)ならば、有用とはいえないだろう。従来見落とされてきたこれらの点を考慮することで、人がヒューリスティックを

用いることでいかにして正確な判断を行うのかに関する、より詳細な理解を得ることにつながるだろう。

そこで本研究では、従来と異なる課題構造のもとで、判断方略の使用を検証した。具体的には、Shirasuna et al. (2020)で新たに提唱された、「選択肢だけでなく問題文でも対象物が呈示される」という構造の「関係比較課題」(e.g., 「都市Qがある国はどちらか。国A 国B」)を題材とした。そのうえで、Shirasuna et al. (2020)の行動実験データを用いて、下記①②の観点から、人のヒューリスティック使用について検証した。

- ① 各方略は、正確性・使用可能性の両面から、どの程度有用なものであるといえるか
- ② 各方略は、どの程度の使用可能性のもとで使われていたといえるか

2. 方法

2.1. 行動実験 (Shirasuna et al., 2020)

実験参加者: 大学生 51 名が実験に参加した($M_{age} = 19.5$, $SD_{age} = 1.54$)。

手続き・題材: 実験参加者は、下記の3課題に回答した。

・**関係比較課題**: 参加者はまず、「シカソという都市がある国はどちらか。スイス マリ」といった形式の二者択一課題に回答した。いずれかの選択肢が選ばれたのち、参加者は「どの程度難しいと感じたか」という難易度評定課題に回答した。難易度評定課題は、線分の左端を「0(非常にやさしい)」、右端を「100(非常に難しい)」とする visual analog scale (VAS) で行われた。難易度評定課題への回答を終えると、次の二者択一課題が画面に呈示された。課題は全部で100問であった。

・**なじみ深さ測定課題**: 関係比較課題で呈示された都市または国が1つずつ呈示され、参加者は「どの程度なじみがあるか」を回答した。この課題は、線分の左端を

「0(全くなじみがない)」、右端を「100(非常になじみがある)」とする VAS で行われた。

・**知識課題**: 関係比較課題で呈示された都市または国が1つずつ呈示され、参加者は「どの言語圏にあると思うか」「どの地域にあると思うか」などの具体的な属性を回答した。分からない場合は「分からない」と回答することが求められた。

2.2. データ分析

方略の有用さを定量的に比較するため、関係比較課題で使われると想定される3つの方略(Familiarity-matching [FM], Familiarity heuristic [FH], Knowledge-based Inference [KI])を次のようにモデル化した。以下、都市Qのなじみ深さ、国Aのなじみ深さ、国Bのなじみ深さを、それぞれFamQ, FamA, FamBと表記する。

・**Familiarity-matching (FM)**: 関係比較課題で最も多く使われ、かつ正確性も高いとされるヒューリスティックである(Shirasuna et al., 2020)。具体的には、「都市Qに、より近いなじみ深さを持つ選択肢を選ぶ」、すなわち「 $|FamQ - FamA| < |FamQ - FamB|$ 」のとき、選択肢Aを選ぶ」と定義された。なお「 $|FamQ - FamA| = |FamQ - FamB|$ 」のときには、FMは適用できない(使用不可)と仮定された。

・**Familiarity heuristic (FH)**: 従来の課題構造で多く使われているとされるヒューリスティック(e.g., Honda et al., 2017)を、関係比較課題に合う形に修正したものである。具体的には、「都市Qになじみがあれば(なければ)、なじみのある(ない)選択肢を選ぶ」、すなわち「 $FamQ > \text{median}(FamQs)$ 」のとき、 $FamA > FamB$ であれば選択肢Aを選ぶ」「 $FamQ < \text{median}(FamQs)$ 」のとき、 $FamA > FamB$ であれば選択肢

Bを選ぶ」と定義された。なお「 $FamQ = \text{median}(FamQs)$ 」または「 $FamA = FamB$ 」のときには、FHは適用できない(使用不可)と仮定された。

・**Knowledge-based inferences (KI)**: 具体的な知識に基づく推論の方略である(e.g., Lee et al., 2019; Payne et al., 1993)。具体的には、「都市Qの属性(e.g., 地域や言語圏など)に、より似た属性を持つ選択肢を選ぶ」、すなわち「都市Qと国Aの属性の一致数 > 都市Qと国Bの属性の一致数」であれば選択肢Aを選ぶ」と定義された。なお「すべての属性について『分からない』と回答した」または「都市Qと国Aの属性の一致数 = 都市Qと国Bの属性の一致数」のときには、KIは適用できない(使用不可)と仮定された。

方略の有用さに関する指標として、正確性および使用可能性を用いた。使用可能性、すなわち「方略を使える機会がどの程度あったか」については、「あるモデルを適用できた割合(e.g., FMの場合「 $|FamQ - FamA| \neq |FamQ - FamB|$ 」の数 / 全問題数)」を算出した。なお上記の通り、使用可能性は「理論上、どの程度使える機会があったか」として定義されるものであり、個人の認知コスト(計算などにかかるコスト)から定義されるものではないことに注意する(e.g., Honda 2020; Schooler & Hertwig, 2005)。また、正確性、すなわち「方略がどの程度、正確な判断を導くか」については、あるモデルを適用した際の正答率を算出した。

分析にあたり、FMとFHにはなじみ深さ測定課題のデータを、KIには知識課題のデータを、それぞれ利用した。正確性と使用可能性を問題ごとに算出し、全問題における平均値を、各方略の正確性や使用可能性と定義した。

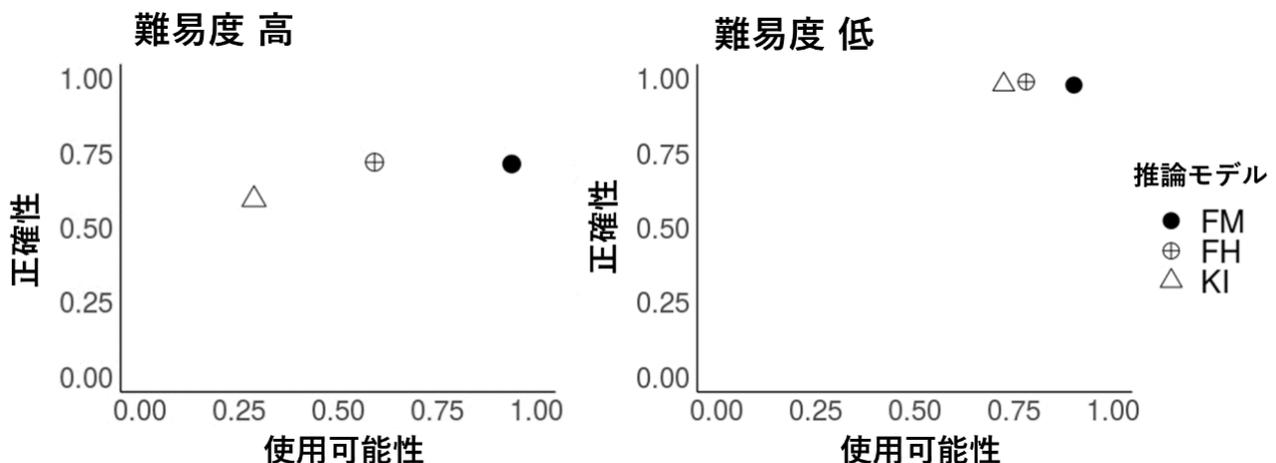


図1 各方略の、使用可能性(横軸)と正確性(縦軸)

表 1 各方略使用者における, 各方略の使用可能性 (表中の「n」は, Shirasuna et al. (2020)の結果より)

| 難易度 高 | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|
| | FM | FH | KI |
| FM 使用者 (n = 35) | .93 | .48 | .27 |
| FH 使用者 (n = 6) | .97 | .97 | .35 |
| KI 使用者 (n = 6) | .94 | .81 | .33 |
| 難易度 低 | | | |
| | FM | FH | KI |
| FM 使用者 (n = 1) | .94 | .94 | .40 |
| FH 使用者 (n = 0) | -- | -- | -- |
| KI 使用者 (n = 50) | .90 | .78 | .73 |

3. 結果・考察

「人は、難しいと感じた問題でヒューリスティックを使う傾向にある」という知見(e.g., Kahneman & Frederick, 2002; Honda et al., 2017; Shirasuna et al., 2020)を踏まえて、難易度評定平均の上位 50 問を「難易度高」の問題、下位 50 問を「難易度低」の問題としてそれぞれ定義し、難易度高・低に分けて分析を行った。

① 各方略は、正確性・使用可能性の両面から、どの程度有用なものであるといえるか

図 1 より、正答率(縦軸)についてはどの方略も同程度であった(難易度高・低とも, Holm 法による調整で $ps > .06$)。一方、使用可能性(横軸)については、いずれの難易度においても FM が最も高かった(難易度高・低とも, Holm 法による調整で $ps < .01$)。これらのことから、関係比較課題において、FM は使用可能性の面で、他の方略と比べて有用といえることが示された。人は「使える機会の多い FM を用いる」という形で、より多くの正確な判断を導いていたことが考えられる。

② 各方略は、どの程度の使用可能性のもとで使われていたといえるか

では、人は実際にどの程度の使用可能性のもとで、FM またはその他の方略を用いていたのだろうか。Shirasuna et al. (2020) の結果(モデル分析から推定された各方略の使用者数を、表 1 の「n」に示す)のもとで、各方略の使用者について、各方略の使用可能性を算出した。「難易度高」では、FM の使用可能性が比較的高く、その他の使用可能性が比較的低い状況で、実際に FM が多く使われていた(FM 使用者: 51 人中 35 人)。

また、FM 使用者においては FM の方が FH よりも使用可能性が高かった。よって、関係比較課題においては、従来提唱されていた FH は比較的限られた人にしか使う機会がなく、FM の方がより多くの人にとって有用なヒューリスティックであったことが考えられる。

なお「難易度低」に着目すると、KI 使用者においても FM の使用可能性が最も高いものの、KI の使用可能性も .73 と比較的高かった。このことから、参加者はまず「自分の知識で解けるかどうか」を考えたいので、簡単な問題は知識で解けるため KI を使って回答した、といった判断プロセスが推察される。このような解釈は、「課題の難易度によって、人は判断の方略を使い分ける」とする先行研究の知見(e.g., Kahneman & Frederick 2002; Shirasuna et al., 2020)とも整合的である。

4. 総合考察

「選択肢と、問題文で呈示された対象物との双方を考慮する」という課題構造(関係比較課題)において、FM が使用可能性の面で他よりも優れた判断方略であった。また、Shirasuna et al. (2020)にて「FM 使用者」と推定された参加者は、実際に FM の使用可能性が比較的高いために FM を使っていたことが考えられた。

以上より、関係比較という課題構造においても、人は使用可能性・正確性ともに高い方略を使い分けることで正答を導いていることが示唆された。本研究は、正確な判断を行うための人のヒューリスティック使用に関して、より深い理解を提供するものといえる。

文献

- Gigerenzer, G., Todd, P. M., & ABC Research Group. (1999). *Simple heuristics that make us smart*. Oxford University Press, USA.
- Goldstein, D. G., & Gigerenzer, G. (2002). Models of Ecological Rationality: The Recognition Heuristic. *Psychological Review*, 109(1), 75–90.
- Honda, H. (2020). How Memory Constraints Boost the Rational Use of the Familiarity Heuristic. *Philosophy*, 144, 119–142.
- Honda, H., Matsuka, T., & Ueda, K. (2017). Memory-Based Simple Heuristics as Attribute Substitution: Competitive Tests of Binary Choice Inference Models. *Cognitive Science*, 41(5), 1093–1118.
- Kahneman, D., & Frederick, S. (2002). Representativeness Revisited: Attribute Substitution in Intuitive Judgment. In T. Gilovich, D. Griffin, & D. Kahneman (Eds.), *Heuristics and Biases* (pp. 49–81). Cambridge University Press.
- Lee, M. D., Gluck, K. A., & Walsh, M. M. (2019). Understanding the complexity of simple decisions: Modeling multiple behaviors and switching strategies. *Decision*, 6(4), 335–368.
- Mohnert, F., Pachur, T., & Lieder, F. (2019). What’s in the Adaptive Toolbox and How Do People Choose From It? Rational Models of Strategy Selection in Risky Choice. In A. Goel, C. Seifert, & C. Freksa (Eds.), *Proceedings of the 41st Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2378–2384). Cognitive Science Society.
- Pachur, T., Hertwig, R., & Rieskamp, J. (2013). Intuitive judgments of social statistics: How exhaustive does sampling need to be? *Journal of Experimental Social Psychology*, 49, 1059–1077.
- Payne, J. W., Bettman, J. R., & Johnson, E. J. (1993). *The adaptive decision maker*. Cambridge University Press.
- Schooler, L. J., & Hertwig, R. (2005). How forgetting aids heuristic inference. *Psychological Review*, 112(3), 610–628.
- Shirasuna, M., Honda, H., Matsuka, T., & Ueda, K. (2020). Familiarity-Matching: An Ecologically Rational Heuristic for the Relationships-Comparison Task. *Cognitive Science*, 44(2), e12806. <https://doi.org/10.1111/cogs.12806>

演劇評価尺度の構築 ——Twitterによる語彙収集ならびに妥当性・信頼性の検証——*

Development of the Theatrical Performance Evaluation Scale: Collection of the Adjectives via Twitter as well as Confirmation of its Validity and Reliability

正田 悠[†], 山下 瑛司[‡]

[†]Haruka Shoda, [‡]Eiji Yamashita

[†]立命館大学スポーツ健康科学部

[‡]神戸大学国際人間科学部

[†]College of Sport and Health Science, Ritsumeikan University

[‡]Faculty of Global Human Sciences, Kobe University

[†]shoda@fc.ritsumeikai.ac.jp

概要

演劇は紀元前から現在に至るまで人々に広く受け入れられている舞台芸術の一つである。本研究では演劇作品を鑑賞することによって生じる経験や演劇作品に対する評価を定量的に評価するための尺度を構築することを目的とした。Twitterによる語彙収集、インターネット調査による尺度構築、および演劇の動画視聴による尺度の妥当性と内的一貫性の検証を行った。その結果、5因子26項目からなる演劇評価尺度(Theatrical Performance Evaluation Scale; TPES)を構築した。今後、実際の舞台作品を鑑賞直後にTPESを評価してもらうことで、TPESの舞台鑑賞への適用可能性を探る必要がある。

キーワード: 演劇 (theatrical performance), 評価 (evaluation), 尺度構築 (scale development), Twitter

1. はじめに

演劇は紀元前から現在に至るまで広く受け入れられてきた舞台芸術である。近年、演劇は人々にとって疎遠なものとなりつつあったが、COVID-19の影響によって映像配信を導入する劇団が増え、観劇そのものに対する敷居はそれほど高くなってきた。従来、認知科学的研究において演劇の観客の心理的反応を得るためには、観客が実際に舞台に足を運び(あるいは研究者自らが舞台芸術の場を設定し)、アンケート票を手渡しその場で回収する等、多大な労力が必要であった。演劇作品を身近に鑑賞できるようになってきた現在においては、むしろオンライン上でさまざま

な演劇を鑑賞し、鑑賞中の心理的体験が測定しやすくなってきていると考えられる。本研究は、将来の演劇の定量的研究に資するため、演劇の鑑賞者の心理的反応を測定する心理尺度を構築することを目的として行った。

演劇と同じ実演芸術である芸人の「ネタ」に関しては日本語版の印象評価尺度が開発されている(野村, 2010)。ヒュース・岡田(2016)は野村(2010)の芸人評価/位置づけ尺度(GELOS)を用いて即興演劇と台本演劇における観客が受ける印象の違いを分析しており、演劇の要素のうち少なくとも一部はGELOSによって弁別可能であることを示している。その一方で、演劇の印象を評価するためには、演技や演出の技術性や独自性への評価、観客が演者や演出、物語に対して抱く情動である「タスク情動」、観客が物語に没入し、登場人物に共感することによって生じる「共感性情動」といった、観客が演劇から受ける幅広い印象を含めることが必要である(Konjin, 1999)。

本研究では、マイクロブログであるTwitterを用いて、幅広い人々からの記述に基づいて演劇の印象評価語の収集を行った。Twitterでは作品全体の総評を書く人もいれば、役者の演技や演出面に言及する人もいる。観劇を終えてすぐに記述する人が多いため、鑑賞時に抱いた情動がそのまま反映されていると考えられる。研究1ではTwitterによる語彙収集および語の取捨選択を行い、研究2ではインターネット調査により過去5年間に演劇の観劇経験のある人を対象に、探索的因子分析を用いた尺度構築を行った。研究3では、実際に映像を通して演劇を鑑賞してもらい、研究2で構築した尺度を検証した。

*本研究は、第二著者が神戸大学国際人間科学部に提出した令和2年度卒業論文に基づく。

2. 研究1：Twitterによる語彙収集

研究1では、歌声の印象評価語を収集した金礪・中野・後藤・菊池(2016)を参考に、Twitter上の演劇に関する投稿に基づいて演劇評価尺度の候補となる語彙を収集し、演劇評価尺度のプロトタイプとなる評価語を選定した。

2.1 Twitterによる評価語の収集

舞台の口コミサイトであるENJOY THEATER (<https://theater.enjoycinema.net>)に掲載されている、2019年(COVID19の影響前)に上演された153公演に関するツイートを対象に、印象評価語の収集を行った。Python 2.7上でGetOldTweets-pythonパッケージ(Henrique, 2018)を使用して、上記の153公演のタイトルを含む過去1年間のツイートをすべて収集した。その結果抽出された276,584ツイートを対象に、KHCoder(樋口, 2014)によって形態素解析を行ったところ、75,403語の形態素が抽出された。この際、名詞・サ変名詞・形容詞・形容詞B・形容動詞・副詞・動詞を評価語の収集対象の品詞とした。固有名詞や英語、未知語(「ファンサ(ファンサービスのこと)」のような若者言葉等)、感動詞(「ありがとう」等)は除外した。その結果、評価語の候補として18,393語を抽出した。この18,393語から、出現数が100回未満の評価語を除外し、さらに、明らかに作品の印象とは判断できない語(「チケット」等)や単体では意味が不明確な語(「めちゃくちゃ」、「頑張る」)など、演劇評価尺度として不適切と考えられる抽出語を除外し、114語を選出した。さらに、先行研究(Konjin, 1999)で使用されている16語のうち、これら114語と重複のない10語を加えた124語を評価語の候補とした。これらの10語は、英語圏への留学経験がある大学生2人とともに英語を日本語に訳した。

2.2 了解性調査

了解性調査は、収集した印象評価語124語の中から、演劇の印象を連想させやすい評価語を選定することを目的に行った。18—23歳($M = 20.82$, $SD = 1.26$)の学部生20人を対象に、ウェブ上のアンケートを用いて調査を行った(男性11名、女性9名)。20人のうち18名が演劇経験者で、経験年数は1—9年間であった($M = 3.44$, $SD = 2.16$)。金礪他(2016)にしたがって、20名に「評価語が表す演劇(演技、芝居)をどのくらい想像できるか」について、0(想像できな

い)から10(想像できる)の11段階で回答を求めた。20名の回答の平均値を了解性得点の代表値とし、了解性が11件法の中央である6より小さい18語を同義性調査から除外した。

2.3 同義性調査

同義性調査では、了解性調査によって選定された評価語106語の中から、連想させる演劇の印象が類似する評価語どうしを統合することで、互いに独立した意味を持つ評価語のみを残し、仮尺度を構成することを目的とした。これ以降、評価語対が表す演劇の印象が類似することを「似ている」と表現する。

2.3.1 総当たり表の調査

まず、19—23歳($M = 20.51$, $SD = 1.11$)の学部生10人を対象に調査を行った(男性5名、女性5名)。金礪他(2016)の調査手順にしたがって、選定された106語に対応する縦横106マスの表を用い、「対象の評価語と似たような演劇(演技、芝居)を表す評価語」を選択するよう求めた。全5,565($= 107 \times (107 - 1) / 2$)通りの評価語対のうち、3人以上の評価者が「似ている」と回答したのは621対であった。この段階でどの評価語とも「似ていない」と判断された評価語12語は、他の語が表す演劇の印象とは類似せず、独立した印象を表す語であるため、仮尺度の評価語として確定させた。

2.3.2 「作品の内容」と「鑑賞者の体験」を表す語の分類

「似ている」と判断された評価語の内容を見ると、評価語が物語や演技、演出といった内容に対するもの、および観客自身の情動に対するものの2種類があるように見受けられたため、この2つを基準として評価語を2つに分類した。この分類は、演劇および演出経験のある3人の大学生が行った。まず、選定された評価語106語について「作品の内容への評価を表す言葉である」、「作品の内容への評価を表す言葉ではない」の二択で回答を求め、次に「鑑賞者の体験(情動)を表す言葉である」、「鑑賞者の体験(情動)を表す言葉ではない」の二択で回答を求めた。

その結果、3人とも「作品の内容への評価を表す言葉である」と答えた評価語を「内容への評価語」、3人とも「鑑賞者の体験(情動)を表す言葉」と答えた

評価語を「情動を表す評価語」、それ以外の評価語を「(内容と情動の)両方を表す評価語」とコーディングした。3人の分類について、Cohenの κ 係数を算出したところ、 $\kappa = .55-.70$ と中程度以上の一致を示した。これを踏まえ、39語を「内容への評価語」、29語を「情動を表す評価語」、26語を「両方を表す評価語」として分類した。この分類に基づいて、同じ分類の評価語対を「似ている」と判断し、次の調査対象とした。一方、異なる分類の評価語対(例えば、「内容への評価語」と「両方を表す評価語」)は「似ていない」と判断し除外した。その結果残った503対を対象にさらに類似度調査を行った。

2.3.3 類似度評定

類似度評定は、これまでの2つの調査を経て「似ている」と判断された評価語対がそれぞれどの程度「似ている」のかを確認し、類似度が一定の基準を超えた評価語対を統合することで、仮尺度の評価語を確定することを目的として行った。19—23歳($M = 19.88$, $SD = 0.83$)の大学生男女25名(男性5名, 女性20名)を対象にウェブ上のアンケートページを用いて調査を行った。評価者25名はいずれも演劇未経験者であった。25名に、選定された503対について、2つの評価語が表す演劇(演技・芝居)がどの程度似ているか、1(似ていない)—7(似ている)の7段階評価で回答を求めた。

各回答者の回答を平均した値を同義性とし、同義性が4.5以上であった二対の語は、互いに同義性が高いと判断した。この際、3語以上にわたって同義性が高かった場合は、その中から了解性が最も高い評価語を選択した。この結果、同義性が4.5以上の評価語対は「内容への評価語」では48個、「情動を表す評価語」では33個、「両方を表す評価語」では22個残った。これらの評価語対を統合し、了解性が最も高い評価語のみを残したところ、「内容への評価語」では12語、「情動を表す評価語」では7語、「両方を表す評価語」では6語の、計25語の評価語が選定された。この25語に、総当たり表で除外された12語を加えた37語を仮尺度とした。

3. 研究2: オンライン調査による尺度構築

研究2は、研究1で得られた37語の仮尺度から因子を抽出し、それらの信頼性と妥当性を検証することを目的とした。

3.1 方法

3.1.1 スクリーニング調査

調査はオンライン調査会社に依頼して実施した。まず、過去5年間に舞台演劇の観劇経験がある者を抽出し、かつSatisfice(目的を達成するために必要最小限を満たす手順を決定し、追求する行動)を除外するためにスクリーニング調査を行った。スクリーニング調査では、過去5年間に劇場で観劇した経験を持つことができるか否か、映像で演劇を観る頻度、演劇の重要性(「全く重要でない」、「重要でない」、「やや重要でない」、「どちらとも言えない」、「やや重要である」、「重要である」、「非常に重要である」の7件法)についての項目を尋ねた。さらにSatisficeが含まれるデータを除外するためのダミー項目を2問を尋ねた。調査協力の条件を満たした5000人のうち、ダミー項目で除外されなかった回答者は991人であった。

3.1.2 本調査

調査参加者 スクリーニング調査で残った991人のうち、本調査への回答に応じたのは527人であった。そのうちダミー項目に対し適切に回答した362人を分析対象とした(男性150人, 女性212人, 18—50歳, $M = 37.75$, $SD = 8.50$)。

調査項目 調査協力者の性別や年齢(年代)については、調査会社に事前登録されているため質問項目を設けなかった。観劇した作品名とそれを観た西暦年、作品の印象の評価、演劇経験、過去10年間で観劇した回数について尋ねた。

作品の印象評価について、仮尺度と芸人評価/位置づけ尺度(GELOS, 野村, 2010)からなる57語の評価語のそれぞれにどの程度当てはまるかを「1:全く当てはまらない」—「7:非常に当てはまる」の7件法で回答するよう求めた。また、スクリーニング調査と同様、Sacrificeを含むデータを除くため2つの「ダミー項目」を設けた。

分析 TPESの仮尺度37項目に対して、因子の単純構造を目的とする直接オブリミン解による探索的因子分析(最尤法)を行った。このとき因子数は平行分析に基づいて決定した。独自性が極端に高い語、因子負荷量がどの因子においても.35以下である評価語は演劇の印象を構成する因子には寄与しない項目であると判断し、除外した。

表1 TPESの各下位尺度のCronbachの α 係数、尺度得点の平均値および標準偏差、ならびに尺度得点間相関

| | Cronbach's α | M(SD) | 尺度得点間相関 | | | | |
|-----------|---------------------|-------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | | | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
| F1: クオリティ | .93 | 5.50 (1.01) | — | < .001 | < .001 | < .001 | < .001 |
| F2: 悲劇 | .81 | 2.96 (1.19) | -.30 | — | .14 | < .001 | .01 |
| F3: 感動 | .82 | 4.80 (0.99) | .71 | .08 | — | < .001 | < .001 |
| F4: ユーモア | .78 | 4.58 (1.23) | .57 | -.41 | .32 | — | < .001 |
| F5: 迫力 | .89 | 5.19 (1.00) | .85 | -.14 | .67 | .45 | — |

注：尺度得点間相関は下三角が相関係数，上三角が p 値を示す。

表2 GELOSとTPESの各尺度得点とのピアソンの相関係数

| TPES | GELOS | | |
|------|--------|--------|----------|
| | 独自性 | 技術安定性 | リズムにぎやかさ |
| F1 | .52*** | .68*** | .74*** |
| F2 | .02 | -.04 | -.48*** |
| F3 | .45*** | .64*** | .42*** |
| F4 | .48*** | .47*** | .77*** |
| F5 | .61*** | .75*** | .67*** |

*** $p < .001$

3.2 結果

3.2.1 探索的因子分析および内的一貫性の分析

平行分析で因子数を設定した後，探索的因子分析を実施し，因子パターンの絶対値の最大値が.35を上回らない項目があった場合にはその項目を削除するという手続きを繰り返し，最終的に37語のうち26語を尺度の項目として採択した。これらの因子に対し，因子パターン値が高い語を参考に，F1を「クオリティ」，F2を「悲劇」，F3を「感動」，F4を「ユーモア」，F5を「迫力」と命名した。これらの因子の尺度得点間相関に関しては，悲劇因子以外の4因子については互いに有意な正の相関関係が認められた。「悲劇」因子に関しては，「感動」因子との相関は有意ではなく，クオリティ，ユーモア，迫力の各因子とは有意な負の相関を示した。

各因子について，信頼性係数であるCronbachの α 係数を算出した（表1）。最も小さい値でも「ユーモア」因子の $\alpha = .78$ であり，十分な内的一貫性が確認されたといえる。

3.2.2 基準関連妥当性

基準関連妥当性の尺度として用いたGELOSの各尺度得点とTPESの各尺度得点との相関係数を表2に示す。GELOSの独自性因子と技術安定性因子については，「悲劇」因子を除いて有意な正の相関が示された。リズムにぎやかさ因子については，いずれの因子についても有意な相関があることが示され，「悲劇」因子のみ負の相関を示した。したがって，本研究で抽出された5つの因子のうち「悲劇」因子を除くすべての項目で，GELOSとの関連がみいだされ，これらの因子は実演芸能としての演劇の側面を表す収束的妥当性を示すものと考えられる。また，「悲劇」はリズムにぎやかさ因子とは負の相関を示し，他の項目とも有意な相関が示されなかったことから，「悲劇」因子は，本研究で構築した演劇評価尺度独自の因子であるといえ，従来の尺度との弁別性を確保する項目であったといえる。

3.3 考察

本調査では，研究1で作成した仮尺度から演劇に特有の因子を抽出することで演劇評価尺度を作成し，その信頼性と妥当性を検証した。仮尺度からは5つの因子が抽出され，「クオリティ」は「悲劇」因子以外の3因子と正の相関を示した。これは「クオリティ」因子が具体的な印象を評価する因子ではなく，「良い」や「面白い」など，作品への包括的なポジティブ感情を表す項目から構成されるためであると考えられる。

基準関連妥当性に関して，GELOSの各因子は演劇評価尺度の「悲劇」因子以外の4因子と正の相関を示した。「悲劇」因子がGELOSのどの因子とも正の相関を示さなかったのは，演劇と「ネタ」の指向性における根本的な差異によるものであると考えられる。芸人の話芸においては，全ての「ネタ」にとって最も重要なことが観客を笑わせることであるのに対して，演

劇は作品によって観客に与える印象が異なる。本研究で演劇の感想や口コミを収集した153公演の感想を見ると、コメディ要素が終始強いと思われる作品は少なく、「胸が苦しくなった」、「涙が止まらなかった」など、感動的な物語を連想させるような作品が多かった。またリズムにぎやかさ因子については、「悲劇」因子と負の相関を示した。演劇の悲劇的な場面では、舞台上の役者同士でセリフがあまり交わされなかったり、もし交わされたとしても会話の間や沈黙が効果的に使われていたりするため、そのシーンが観客に与える印象は重く、暗いものであるといえる。つまり演劇評価尺度の「悲劇」因子とGELOSのリズムにぎやかさ因子は対極の関係にあるため、負の相関を示したと考えられる。「悲劇」因子以外の因子とGELOSのリズムにぎやかさ因子は正の相関を示したものの、「クオリティ」因子、「ユーモア」因子、「迫力」因子に比べると、「感動」因子との相関はやや小さかった。芸人の「ネタ」においてテンポ感やそれに伴うにぎやかさが重要であるのと同じで、同じ舞台芸術である演劇においてもセリフの掛け合いのテンポ感は重視される。演劇では、自然な会話を演出する上で、良いテンポ感を生むために、自分の前の人が台詞を言い終わるのを待たずに自分の台詞を入れる発話重複が多く（後安，2006）、この技術を演劇では「ケツカミ」ということがある。この「ケツカミ」が生むテンポ感によって場面の疾走感や迫力を表現したり、良いテンポ感の中であえて間を作って台詞を入れることによって笑いを誘ったりするなど、演劇においてテンポ感が果たす役割は非常に大きい。そのため、「クオリティ」因子、「ユーモア」因子、「迫力」因子において高い正の相関が示されたと考えられる。以上の点から、「悲劇」因子を除いた4因子とGELOSの各尺度との正の相関は説明可能であり、演劇評価尺度の基準関連妥当性が示されたといっていよいであろう。

本調査によって演劇評価尺度の収束的・弁別的妥当性ならびに各因子の内的一貫性が検証された。この尺度を構築するにあたっては、ウェブ調査において「過去に観劇した演劇作品」の印象についての評価を求めたため、あくまで記憶の中の演劇が評価されており、作品を鑑賞した当時の評価がすべて反映されているとは限らない。印象に残っている部分のみが強められている可能性もある。基準関連妥当性は検証されたものの因子的妥当性は検証されておらず、演劇評価尺度の再現性を検証する必要がある。そこで第4章では、実際に演劇を映像で視聴してもらい、演劇評価尺度を用いた印象評定実験を通して、本尺度の因子的妥当性を

確認する。

4. 研究3：演劇の映像視聴実験

4.1 目的

研究2で探索的因子分析によって抽出した5因子26項目の因子構造の信頼性と妥当性を検証することを目的とする。具体的な手順としては、まず大学生を対象に演劇の映像を視聴してもらい、その作品を演劇評価尺度によって評価するよう求めた。その結果をもとに、研究2の探索的因子分析に基づくモデルを構築し、確認的因子分析により、尺度の再現性を確認した。また演劇評価尺度で評価された演劇の尺度得点を比較することで、本尺度に基づいて、異なる映像作品を弁別することができるかを調べた。また、同一作品を3つの場面（序盤、中盤、終盤）に分け、作品の中での印象の推移についても調べた。

4.2 方法

4.2.1 実験参加者

18—23歳 ($M = 19.86$, $SD = 1.64$) の学部生の男女96名（男性25名、女性70名、未回答1名）を対象に印象評定実験を行った。異なる印象を持つと考えられる作品A～作品Cの3本の演劇の映像刺激を用意し、それぞれの映像を異なる実験参加者群がオンライン上で視聴した（作品A： $n = 49$ 、作品B： $n = 28$ 、作品C： $n = 19$ ）。

4.2.2 使用した演劇作品

作品Aと作品Bは短編演劇（作品A：27分間、作品B：28分間）、作品Cは長編演劇（作品C：149分間）であった。長編演劇である作品Cは、観客が受ける印象の推移を調べるため、物語の展開に合わせて40分間、39分間、69分間の3場面に分割した。以後、分割した映像刺激を、作品の始まりから終わりの順にそれぞれC1、C2、C3と表記する。以上の作品の選定にあたっては、世界観や物語の展開、演出手法などがそれぞれ異なり、喚起される印象が多様となるように選定することを考慮した。

4.2.3 質問紙の構成

人口統計学的変数 性別、年齢、学校教育以外の演劇経験の有無、および演劇経験がある場合はその年数を回答するよう求めた。

表3 5因子モデル, 1因子モデル, 2因子モデル, 双因子モデル, 二次因子分析モデルにおける確認的因子分析モデルの情報量基準および適合度指標。

| 指標 | 5因子モデル | 1因子モデル | 2因子モデル | 双因子モデル | 二次因子分析モデル |
|----------|--------|---------|---------|-------------|-----------|
| 自由度 | 289 | 299 | 298 | 264 | 294 |
| χ^2 | 760.5 | 1662.04 | 1271.94 | 410.12 | 822.58 |
| AIC | 10642 | 11524 | 11136 | 8809 | 10694 |
| BIC | 10897 | 11750 | 11364 | 9046 | 10935 |

作品の内容に関する質問 適切な回答行動をとったかどうかを確認するため, 各映像の視聴後, 作品の内容に関する3つの質問を設け, それぞれ正しい説明がなされている選択肢を選ぶよう求めた。

作品の印象の評価 研究2と同様, 仮尺度とGELOSからなる57語の評価語のそれぞれにどの程度当てはまるかを「1:全く当てはまらない」—「7:非常に当てはまる」の7件法で回答するよう求めた。また, ここでもSacrificeを含むデータを除くため2つの「ダミー項目」を設けた。

4.2.4 手続き

ウェブ上のアンケートを用いて質問票を作成し, 映像視聴による実験を行った。実験参加者に対して質問票の中に記載した動画のリンクから映像の視聴ページに移動し, 途中で再生を止めずに視聴するよう指示した。視聴後, TPESの24項目を用いてその作品を評価するよう求めた。作品Cに関しては, C1, C2, C3を視聴するたびにその印象を評価してもらい, 3つの映像の視聴には間隔を空けず, 各映像の評価が終わり次第, 次の映像を視聴するよう指示した。

4.3 結果

作品の内容に関する質問や作品の印象評価に含まれたダミー項目において, Satisficeを疑うデータは認められなかったため, 実験参加者全員の回答をもとに分析を行った。

4.3.1 因子モデルの検証

TPESの26項目について, 複数の因子モデルを設定し確認的因子分析を行った。作成したモデルは(1)探索的因子分析から得られた5因子を想定した5因子モデル, (2)1つの一般因子が各項目に寄与する1因子モデル, (3)「クオリティ」因子と「感動」因子を作

品の全体的評価を表す1因子と想定し, その他の3因子をより具体的な印象を表す2因子と想定した二因子分析モデル, (4)5因子とは別に全項目の背景に1つの一般因子を想定する双因子モデル, (5)5因子の背景に1つの高次因子があることを想定した二次因子分析モデルの計5種類のモデルの情報量基準を比較した(表3)。この結果, AICおよびBICから, 双因子モデルが採択された¹。

このモデルの適合度は $\chi^2(264, N = 134) = 410.12, p < .001, CFI = .94, TLI = 0.92, RMSEA = .064$ であった。 χ^2 値による適合度検定では有意であったが, 他の適合度基準がHu & Bentler (1999)やWest, Taylor, & Wu (2012)の示したカットオフ値(CFIとTLIが.95以上, RMSEAが.06以下)を概ね満たしていることから, モデルにデータが適合していると判断した。

4.3.2 内的一貫性

このモデルにおける各因子の信頼性係数とその95%信頼区間は, 「クオリティ」因子: $\alpha = .91$ [.88, .93], 「悲劇」因子: $\alpha = .88$ [.85, .91], 「感動」因子: $\alpha = .81$ [.75, .86], 「ユーモア」因子: $\alpha = .76$ [.69, .83], 「迫力」因子: $\alpha = .81$ [.76, .86]であった。研究2と同様, 「ユーモア」因子のみやや低かったものの, 十分な内的一貫性が確認された。

4.3.3 作品Aと作品Bの各尺度得点の比較

作品Aと作品Bにおける各尺度得点の平均値の差を対応のないt検定によって分析した(表4)。その結果から, 「クオリティ」因子を除く4因子で有意に差があることが示された。このことから, 「悲劇」因子, 「感動」因子, 「迫力」因子において作品Aの方が作品Bよりも有意に尺度得点が高く, 「ユーモア」因子におい

¹TPESの項目の詳細ならびに因子負荷量等の情報については著者にお問い合わせください。

表 4 作品 A と作品 B における演劇評価尺度の各尺度得点の平均値の差の分析

| 演劇評価尺度 | <i>M (SD)</i> | | 対応のない <i>t</i> 検定 | | |
|--------|--------------------------|--------------------------|-------------------|-----------|----------|
| | 作品 A (<i>n</i> = 49) | 作品 B (<i>n</i> = 28) | <i>t</i> | <i>p</i> | <i>d</i> |
| 一般因子 | 4.77 (0.31) | 3.65 (0.41) | 12.42 | < .001*** | 3.19 |
| クオリティ | 4.94 (1.01) | 5.04 (0.91) | 0.46 | .647 | 0.11 |
| 悲劇 | 5.13 (0.86) | 2.58 (1.02) | 11.24 | < .001*** | 2.79 |
| 感動 | 3.69 (0.76) | 2.92 (1.02) | 3.51 | .001*** | 0.90 |
| ユーモア | 3.22 (1.13) | 5.00 (0.84) | 7.83 | < .001*** | 1.71 |
| 迫力 | 5.56 (0.77) | 5.04 (0.73) | 2.97 | .004** | 0.69 |

表 5 作品 C における演劇評価尺度の各尺度得点の平均値の差の分析

| 演劇評価尺度 | <i>M (SD)</i> | | | 分散分析 | | |
|--------|---------------|-------------|-------------|----------|-----------|------------|
| | C1 | C2 | C3 | <i>F</i> | <i>p</i> | η_p^2 |
| 一般因子 | 3.85 (0.41) | 4.57 (0.83) | 4.00 (0.43) | 32.23 | < .001*** | .18 |
| クオリティ | 5.09 (0.79) | 5.39 (0.86) | 5.92 (0.77) | 8.82 | < .001*** | .33 |
| 悲劇 | 2.97 (0.91) | 3.49 (0.76) | 5.68 (0.61) | 59.38 | < .001*** | .77 |
| 感動 | 3.40 (0.95) | 4.33 (1.06) | 5.15 (1.00) | 19.24 | < .001*** | .63 |
| ユーモア | 4.78 (0.71) | 4.78 (0.88) | 3.26 (0.77) | 30.05 | < .001*** | .63 |
| 迫力 | 5.11 (0.94) | 5.16 (0.91) | 6.20 (0.59) | 16.01 | < .001*** | .47 |

て作品 B の方が作品 A よりも有意に尺度得点が高いことが示された。

4.3.4 作品 C の時系列推移：各尺度得点の比較

作品 C の序盤、中盤、終盤の印象の推移について、C1, C2, C3 における演劇評価尺度の各因子の尺度得点を要因とする一要因参加者内分散分析を行った結果を表 5 に示す。その結果、演劇評価尺度の全ての因子において場面の主効果が有意であった。Bonferroni の補正を用いた事後比較から、「悲劇」因子と「感動」因子においては C1, C2, C3 の順で有意に尺度得点が高く、「クオリティ」因子と「迫力」因子においては、C3 が C1, C2 よりも有意に尺度得点が高いことが示された。「ユーモア」因子においては C1, C2 の方が C3 よりも有意に尺度得点が高いことが示された。この結果は、この作品の序盤ではユーモア性が強調されており、後半に行くにつれそれが減衰するのに対して、悲劇性、迫力、感動、クオリティといった要素は演劇のクライマックスに向けて高まっていることを示している。

4.4 考察

因子分析の結果から、双因子モデルによって調査 2 の探索的因子分析の因子構造が再現された。また Cronbach の α 係数によって各因子の内的一貫性が示され、モデルがデータに適合したことが示された。

作品 A は、終盤には主人公の死が扱われる、暗く、重々しい内容で構成され、その一方で、作品 B はヤクザ映画のチンピラエキストラに集まる人気のない役者をテーマとした、鑑賞者に笑いを誘うようなコメディ性の強い作品であった。作品 A, B の各尺度得点の平均値の差に関して、「悲劇」因子と「ユーモア」因子で特に効果量が大きかった。このことは作品 A が作品 B よりも悲しい印象を与える作品であり、また同時に作品 B は作品 A よりもかなり可笑しい印象を与える作品であることを意味する。この結果は、作品に意図される定性的な内容と良い対応関係を示していると考えられる。このことから、演劇評価尺度は、少なくとも、短編演劇の悲劇性やユーモア性を弁別する尺度として使用可能であることが示されたといえよう。

同様に、作品 C は、童話を再現する場面などを交えながら明るい雰囲気で行進する序盤・中盤と登場人物が生々しく殺されていく終盤との対比が特徴的な作品である。物語の導入部分である C1 では、主人公が童話を無邪気に、毎週近所の子供たちに読み聞かせると

いう日常が描かれる。次の C2 は、主人公が恋に落ちたことで素敵な作品を書き、それを著名なコンテストに応募することを決意する場面である。最後の C3 では、その恋が終わり絶縁され、さらに親友に裏切られたことに絶望し、友人や親友が殺されていく場面である。同一作品であるにもかかわらず、演劇評価尺度のすべての下位尺度において場面による違いが認められた。このことは、C1, C2 から C3 で雰囲気が一変するという定性的な印象と合致しており、作品の印象の変化を定量的に評価することができた証左であるといえる。

5. 総合考察

本研究では、演劇作品の印象を評価する尺度を定量的に構築した。演劇評価尺度を構成する評価語の中で、観客の情動体験を表す評価語は少なく、Konjin (1999) の感情語はいずれも最終尺度に残らなかった。また、例えば「悲しい」という形容詞が、観客自身の感情を表すのか、作品の印象を表す語彙なのかは明確ではない。演劇の本質は、Gouhier (1943) が述べるように、観客と俳優が同じ時間と空間を共有する現前性にあり、目の前で起こる出来事に対してのみ演劇における情動体験は喚起されると考えられる。これを踏まえると、本研究で構築された尺度が、舞台上の演劇作品に適用可能かどうかはさらなる追が必要である。

また演劇評価尺度の各評価語が、演者の演技への印象を表すのか、それとも作品のストーリー性への印象を表すのかも明らかではない。演技、ストーリー性への評価を表す因子が抽出されなかったことから、作品の印象を評価する上でこの2項を切り離して考えることは難しいと思われる。Konjin (1999) は調査の結果から、観客の感情を最も多く喚起する対象は物語 (in fiction) であるのに対し、観客の感情を最も強く喚起する対象は演者の演技 (actor's performance) であるとしている。本研究の結果は Konjin の研究結果の一面を示し、演劇の印象は演技やストーリー性をはじめ、舞台照明・音響、演出など無数の要素によって形成されると考えられる。

本研究では、印象評定実験において3つの作品を映像刺激とし、全ての作品の印象を定量的に測定することができたが、演劇作品は作品によって物語や演出が千差万別であるため、より多くの作品の印象評価に演劇評価尺度を用いることによって、その妥当性と汎用性を検証しなければならない。また映像刺激にはない演劇の現前性が、観客の情動体験だけでなく、印象評価にも影響を及ぼすことは十分に考えられる。このこ

とを踏まえて、劇場の演劇作品の印象評価における演劇評価尺度の妥当性を検証するとともに、映像での演劇と劇場での演劇との印象の違いを定量的に示すことができれば、本研究はより学術的に有意義な研究となるであろう。今後、さらなる調査によって尺度の検討、改良を行うことで、将来的には演劇作品を検索するサービスの検索精度の向上や、演劇創作に携わる演出や演者のパフォーマンスの向上、現状ほとんど行われていない演劇の実証的研究の発展などの一助となることが期待される。

謝辞

本研究は科研費基盤研究 (B) 20H04485 の助成を受けて実施されました。

文献

- [1] 後安 美紀 (2006) . 演劇と同時的対話 佐々木 正人 (編) アート／表現する身体——アフォーダンスの現場—— (pp. 26–54) 東京大学出版会
- [2] Gouhier, H. G. (1943). *L'essence du théâtre: Précédé de quatre témoignages*. Plon
- [3] Henrique, J. (2018). Get Old Tweets-python [Computer program]. Retrieved from <https://github.com/Jefferson-Henrique>
- [4] 樋口 耕一 (2014) . 社会調査のための計量テキスト分析——内容分析の継承と発展を目指して—— ナカニシヤ出版
- [5] Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
- [6] ヒュース 由美・岡田 猛 (2016) . 即興演劇と台本演劇における観客による印象の違い 日本認知科学会第 33 回大会発表論文集, 137–139.
- [7] 金礪 愛・中野 倫靖・後藤 真孝・菊池 英明 (2016) . 歌声の印象評価尺度の構築に基づく多様な印象の自動推定手法 情報処理学会論文誌, 57(5), 1375 – 1388.
- [8] Konijn, E. A. (1999). Spotlight on spectators: Emotions in the theater. *Discourse Processes*, 28(2), 169–194.
- [9] 野村 亮太 (2010) . あなたにはこの芸人がおススメです——芸人评价/位置づけ尺度 (GELOS) の構成と信頼性・妥当性の検討—— 笑いの科学, 2, 57–62.
- [10] Tan, E. S. H. (1996). *Emotion and the narrative structure of film*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [11] West, S. G., Taylor, A. B., & Wu, W. (2012). Model fit and model selection in structural equation modeling. In R. H. Hoyle (Ed.), *Handbook of structural equation modeling* (pp. 209–231). The Guilford Press.

Gradient-weighted Class Activation Mapping を用いた顔魅力要因の性差の検討

Discussion of Gender Differences in Facial Attractiveness Factors Using Gradient-weighted Class Activation Mapping

佐野 貴紀[†]

Takanori Sano

[†]株式会社構造計画研究所

Kozo Keikaku Engineering Corporation

takanori-sano@kke.co.jp

概要

近年、顔の特徴を用いて魅力度を予測する研究が盛んに行われており、特に、畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network: CNN) を用いた研究では高い精度での予測が達成されることが報告されている。本研究では、CNN を用いて顔の魅力度を予測するモデルを構築し、CNN における予測判断の根拠を可視化するのに優れた Gradient-weighted class activation mapping (Grad-CAM) の手法による顔魅力要因の調査を行った。その結果、抽出された特徴から、性差による違いと心理学研究における知見とのいくつかの共通点が確認された。

キーワード：深層学習、畳み込みニューラルネットワーク、隠れ層、心理学

デルを用いて顔魅力予測モデルを構築し隠れ層の可視化を行った結果、顔の輪郭や目と口が顔の魅力の予測に重要な特徴として抽出され、これは人間の視覚認識の直感と一致することを提唱している。このように、CNN 等の予測モデルを用いることにより、顔魅力における定量的に観測可能な普遍性の高い特徴の抽出が可能となる。しかし、隠れ層の可視化による特徴の抽出は、先行研究では予測精度を高める手法の検討を目的にするものが多く、人の魅力知覚に影響する顔の特徴や魅力知覚メカニズムの解明を目的とした研究はあまり行われていない。

1. はじめに

顔の魅力は対人印象の形成に密接に関わり、社会生活や顔を見る者の心理にも影響を及ぼす重要な要素であるため、顔の魅力を構成する要素について様々な研究が行われている。先行研究では、顔の平均性[1]、シンメトリー性[2]、性的二型[2] (いわゆる男性らしさ、女性らしさ) は人間の顔の魅力の知覚に影響を与える重要な要因であり、性別や文化間においても一貫性があることが明らかになっている[3]ものの、魅力知覚に影響する顔の特徴やその心理メカニズムの詳細は未だ明らかではない部分も多い。

近年では、これらの顔の特徴を用いて魅力度を予測する研究が機械学習の分野で盛んに行われており[4][5]、顔の魅力度予測が化粧推薦や画像検索などの応用[6]に有用であることが示されている。その中でも特に、畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network: CNN) を用いた研究では高い精度での予測が達成されることが報告されている[7]。さらに、構築した CNN モデルの隠れ層を可視化することで、魅力予測に重要となる特徴について考察を行っている研究もある。例えば Xu et al(2015)[8]の研究では、CNN モ

2. 目的

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

3. 検証の手続き

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

最初の検証では、構築する魅力予測モデルの精度検証を行う。本研究では、性差について考察を行うため、男女画像を別々に分割しそれぞれで検証を行う。検証では、2750 枚の画像の中から 2200 枚の画像をランダムに選択して学習データセットを作成し、残りをテストデータセットとする。データ分割による偏りを

減らすために、すべての検証は5分割の交差検証を行う。また、先行研究[10][11]にならい、予測性能を評価するための精度指標は、画像のラベル値と予測結果間のピアソン相関を用いる。さらに、本研究で構築するCNNモデルと既往手法による予測精度を比較するため、機械学習のベンチマークモデルとして Linear Regression(LR), Gaussian Process Regression(GPR), Support Vector Regression(SVR)を用い、それぞれの手法についても同条件で予測精度の算出を行う。

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

4. 構築モデル

本稿で用いたモデルのネットワーク図を図1に示す。

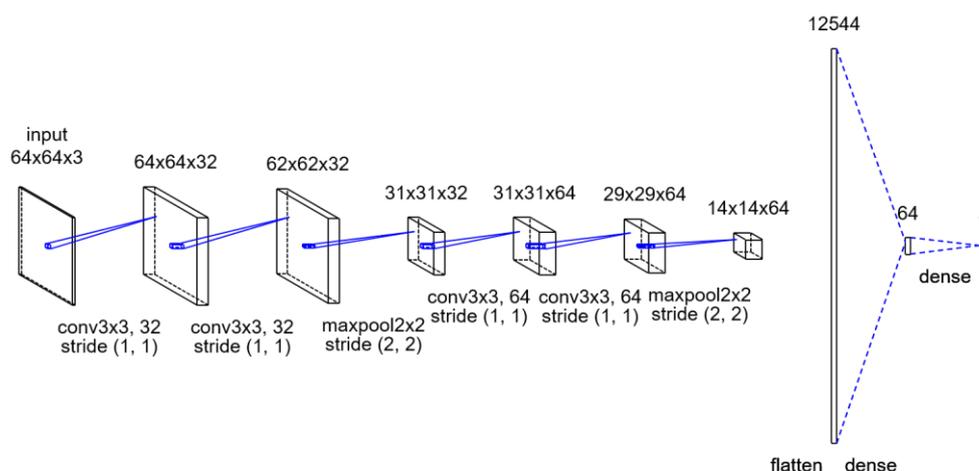


図1 モデルネットワーク図

表1 精度比較結果

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

図中の各層の上数字はその層のサイズを表し、下の記載はその層における処理を表す。各プーリング層と全結合層の直後に Dropout の処理を行っている。活性化関数は ReLU を使用し、ミニバッチサイズは 64 で固定し、1000epoch で学習を行った。

5. 精度検証結果

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

6. 隠れ層の可視化結果

全データで学習したモデルを用いて、CNNにおける予測判断の根拠を可視化するのに優れた Gradient-weighted class activation mapping (Grad-CAM) [12]を用いて、出力層に最も近い隠れ層を可視化し、モデルが魅力度の値を予測している根拠となる特徴を観察した。本研究では、可視化の大きな傾向を把握するために、Grad-CAM で算出した画像ヒートマップの平均値が、全画像の分布の 10%以下である画像を、男性画像、女性画像それぞれについて除外した。次に、男女各画像の魅力度スコアラベル値が上位 50 画像を高魅力顔群として、下位 50 の画像を低魅力顔群として抽出し、顔画像をそれぞれの群で重ね合わせて平均化した。その結果、高魅力顔群の男性画像では眉毛周辺の活性が、女性画像では目の下や目の周りの活性が見られる傾向が見られ、低魅力顔群の男性画像では同様に眉毛周辺の活性が、女性画像では特定の顔の部位への活性の傾向は見られなかった。



図2 男性の平均顔の Grad-CAM による可視化結果



図3 女性の平均顔の Grad-CAM による可視化結果

7. 考察

これまでの研究から、性的二型と顔の魅力には相関があることが一般的に知られている[2]。Russel (2009) [13] は、顔の特徴と皮膚の間の輝度コントラストが性的二型性と有意に相関することを示した。Jones ら (2015) [14]は、男性は女性よりも眉毛の領域で輝度コントラストが高く、女性は男性よりも目の領域で輝度コントラストが高いことを提案した。これらの特徴は、男性らしい印象を与える特徴であるテストステロンの作用による形態的な特徴と、女性らしい印象を与える特徴であるエストロゲンによる作用における形態的特徴に関連すると考えられる。本研究で構築したモデルにおいても眉や目の周りの性的二型を強調する特徴が活性する傾向があったことから、より「その性らしい」特徴を有する顔が魅力的であるとモデルが判断していたことが推察される。この結果は、機械学習の側面から Russel (2009) [13]や Jones et al(2015) [14]が提案した見解や、性的二型が顔の魅力の知覚に影響を与える[2]という心理学の知見を支持する結果となったと言える。

また、本研究の結果では、高魅力顔群の女性画像では目の下や目の周りの活性の傾向が見られたのに対し、低魅力顔群の女性画像では特定の顔の部位への活性の傾向は見られなかった。Jones et al (2015) [13]は、女性は目元の特徴を強調するために化粧をする傾向があることを報告しているため、今回用いた顔画像においては目元周辺の化粧の有無による違いが影響した可能性が考えられる。これらの結果については他の顔画像データセットを用いるなどによる結果の頑健性の検証や、顔の各部位の位置情報を示すランドマークの情報を用いた詳細の分析を行い、考察を深めていくことが今後の課題となる。

8. まとめ

本研究では、CNN を用いて顔の魅力度を予測するモデルを構築し、Grad-CAM により魅力度の値を予測している根拠となる特徴を可視化した。その結果、性的二型が顔の魅力の知覚に影響を与えるという心理学の知見との共通点が確認された。引き続き、他の顔画像データセットの使用や他のモデルでの結果の頑健性の調査を行い、モデルの処理過程についても考慮し考察を深めていくことで、本研究で検討しているアプローチが人の魅力知覚に影響する顔の特徴の理解に加え、魅力知覚メカニズムの解明の一助に繋がると考える。

文献

- [1] D.I. Perrett, K.A. May and S. Yoshikawa; Facial shape and judgments of female attractiveness: Preferences for non-average characteristics, *Nature*; 386, pp.239-242, 1994.
- [2] S.W. Gangestad, R. Thornhill and C.E. Garver-Apgar; Men's facial masculinity predicts changes in their female partners' sexual interests across the ovulatory cycle, whereas men's intelligence does not, *Evolution and Human Behavior*; 31, pp.412-424, 2010.
- [3] J. Langlois, L. Kalakanis, A. Rubenstein, A. Larson, M. Hallam and M. Smoot; Maxims or myths of beauty?: A meta-analytic and theoretical review, *Psychological Bulletin*; 126, pp.390-423, 2000.
- [4] H. Mao, L. Jin and M. Du; Automatic classification of Chinese female facial beauty using Support Vector Machine, In *Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*; pp.4842-4846, 2009.
- [5] D. Zahang, Q. Zhao and F. Chen; Quantitative analysis of human facial beauty using geometric features, *Pattern Recognition*; 44(4), pp.940-950, 2011.
- [6] L. Liang, L. Jin and X. Li; Facial skin beautification using adaptive region-aware mask, *IEEE Transactions on Cybernetics*; 44(12), pp.2600-2612, 2014.
- [7] J. Xu, L. Jin, L. Liang, Z. Feng, D. Xie and H. Mao; Facial attractiveness prediction using psychologically inspired convolutional neural network (pi-cnn), In *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*; pp.1657-1661, 2017.
- [8] J. Xu, L. Jin, L. Liang, Z. Feng and D. Xie; A new humanlike facial attractiveness predictor with cascaded fine-tuning deep learning model; arXiv:1511.02465; 2015.
- [9] L. Liang, L. Lin, L. Jin, D. Xie and M. Li; SCUT-FBP5500: A diverse benchmark dataset for multi-paradigm facial beauty prediction, In *ICPR*; pp.1598-1603, 2018.
- [10] W. Chiang, H. Lin, C. Huang, L. Lo and S. Wan; The cluster assessment of facial attractiveness using fuzzy neural network classifier based on 3D Moir features, *Pattern Recognition*; 47(3), pp.1249-1260, 2014.
- [11] H. Yan; Cost-sensitive ordinal regression for fully automatic facial beauty assessment, *Neurocomputing*; 129, pp.334-342, 2014.
- [12] R. Selvaraju, M. Cogswell, A. Das, R. Vedantam, D. Parikh and D. Batra; Grad-CAM: Visual explanations from deep networks via gradient-based localization. In arXiv preprint arXiv:1610.02391; pp.1-24, 2016.
- [13] R. Russell; A sex difference in facial contrast and its exaggeration by cosmetics, *Perception*; 38, pp.1211-1219, 2009.
- [14] A.L. Jones, R. Russell and R. Ward; Cosmetics alter biologically-based factors of beauty: Evidence from facial contrast, *Evolutionary Psychology*; 13, pp.210-229, 2015.

カードゲームにおける行動の読み合いに必要な条件の検討 —ACT-R の部分一致メカニズムに関して— Examination of Conditions Necessary for Reading the Behavior in a Card Game -Regarding the Partial Matching Mechanism of ACT-R-

細川 敦司[†], 森田 純哉[†]
Atsushi Hosokawa, Junya Morita

[†] 静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University
hosokawa.atsushi.18@shizuoka.ac.jp

概要

他者の行動を読み合う認知プロセスは十分に明らかになっていない。これを明らかにするには、認知プロセスを詳細に記述するモデルが必要である。本研究では、認知アーキテクチャ ACT-R を用いて模倣や部分一致に関する様々な条件の認知モデルを構築し、行動の探り合いが発生するカードゲームをプレイさせた。その結果から、模倣戦略は行動の読み合いを再現するという可能性が示唆された。

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

1. はじめに

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

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

実際の人間による処理を明らかにするためには、認知プロセスを詳細に記述するモデルが必要である。まず、他者の行動を読む認知プロセスをモデル化するために提案された、単純な状況において行動の探り合いが発生するカードゲームを課題として設定する。著者らの過去の研究 [12] では、ランダムに振る舞うモデルや事例ベース戦略だけのモデルよりも事例ベース戦略に模倣戦略を加えたモデルは人間だと思われやすいことが明らかになった。しかし、行動の読み合いに必要な条件として模倣のみに着目しており、その他の条件については検討されていない。そこで本研究では、ゲームをプレイするうえで行動を変化させる要因を設定し、認知アーキテクチャ ACT-R [2] を用いて様々な条件の認知モデルを構築する。モデルどうしを対戦させるシミュレーションやモデルと人間を対戦させる実験の結果においてモデルの行動を人間の行動と比較することで、どのような条件が行動の読み合いを再現するのかについて考察する。

2. 関連研究

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

2.1. ゲームを利用した行動の読み合いに関する研究

認知プロセスのモデル化を行う際には、現実の複雑な現象をそのまま捉えるよりも、対象となる処理に焦点を当てた単純化された課題を設定することが有効である。人工知能や認知科学の分野においては、特にパズルやゲームを課題とする研究がこれまでに多く行われている。対人的なインタラクションが関係するゲー

ムとしては、人狼 [7, 9] や Hanabi [6]、ブラックジャック [1]、インディアンポーカー [8] などを扱った研究が行われている。これらのゲームの多くにおいて、行動の読み合いが行われる。しかし、上記のゲームの多くは、配布される手札などにおいて確率的な要素が関係する。これらのゲームの初期条件に関わる確率的要素は、エンターテインメントとしてのゲームには必要なものであるのかもしれない。しかし、認知プロセスに関する仮説を検証するためのゲームとしては、検定力を確保するためのデータ数を増加させるため望ましいものではない。純粋に行動の読み合いを検討するためには、各プレイヤーの戦略に関係しない初期条件から確率的要素を排除した新たなゲームを設計することが有効であると考えられる。

2.2. 認知アーキテクチャ

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

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

しかし、上記の森田らの研究が扱ったインタラクションの状況は、協調場面にとどまる。本研究が対象とするような行動を読み合うメカニズムを検討するため

には、課題およびモデルの拡張が必要である。

3. カードゲーム

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

3.1. ブロックの進め方

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

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

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

3.2. 具体例

表 1 ブロック結果の例

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

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

1ポイントずつ獲得したため、Bがこのブロックの勝者となる。

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

4. モデル

3節に示したカードゲームを遂行する ACT-R モデルを構築した。これらのモデルは、自分と他者の振る舞いを蓄積し、それらの事例をもとに自分の行動を決定する。著者らの過去の研究 [12] ではモデルに模倣戦略を加えるかどうか、つまり本研究における思い出した事例の使い方のみが操作された。本研究では、一連のプロセスにおいてモデルの挙動を変化させる要因を3つ設定する。本節ではこれらの要因とその内容について説明する。

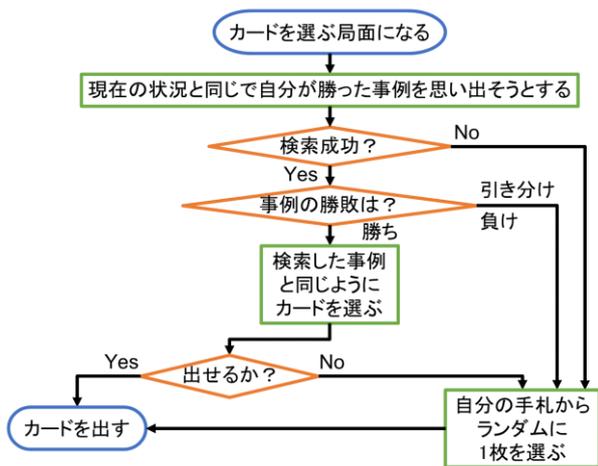


図1 【模倣なし】のフローチャート

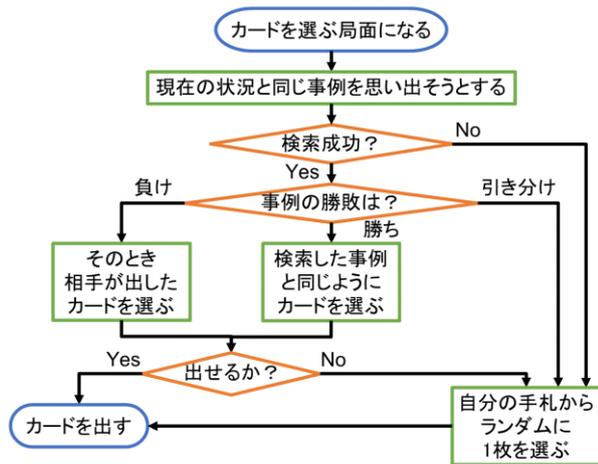


図2 【模倣あり】のフローチャート

4.1. 思い出した事例の使い方

実際の人間がゲームをプレイする際に用いる戦略を探るため、本研究では思い出した情報をどのように使って場に出すカードを選ぶのかを要因として設定し、2つの水準を想定する。図1と2はこれらの方法を表すフローチャートである。両方とも各ブロックの事例を記憶し、それらをもとに現在の手巡で出すカードを決めるが、事例の使い方が次のように異なる。

- 模倣なし (図1)

現在の状況と同じで自分が勝った事例を思い出そうとする。自分が勝った事例を思い出したならばそれと同じようにカードを出すことを試みる。自分が負けた事例を思い出した場合、引き分けた事例を思い出した場合、事例を思い出せなかった場合、出そうとしたカードが自分の手札にない場合はいずれも手札からランダムに1枚を選んで場に出す。本研究では、過去の事例と同じように行動することを事例ベース戦略と呼ぶ。この水準では事例ベース戦略を採用している。

- 模倣あり (図2)

勝敗を問わずに現在の状況と同じ事例を思い出そうとする。上記と異なり、検索要求に自分が勝ったことは含まれない。自分が勝った事例を思い出したならばそれと同じようにカードを出すことを試み、自分が負けた事例を思い出したならばその事例において現在の手巡で相手が出していたカードを出すことを試みる。引き分けた事例を思い出した場合、事例を思い出せなかった場合、出そうとしたカードが自分の手札にない場合はいずれも手札からランダムに1枚を選んで場に出す。この水準では事例ベース戦略に対して、森田ら [5] による模倣を付け加えている。本研究では、過去の事例の役割を入れ替えて行動することを模倣戦略と呼ぶ。事例ベース戦略と模倣戦略を使い分けることが他者の行動を読む認知プロセスのモデル化に有効な条件だと仮定する。

4.2. 記憶する事例の内容

モデルはブロック終了時に、次からのブロックで参照される情報を記憶する。実際の人間がゲームをプレイする際、経験した事例をそのまま全部記憶するとは限らず、次からの対戦において利用しやすいように工夫して記憶する可能性が考えられる。本研究ではこ

の可能性を検証するために、経験した事例を踏まえてこのとき何を記憶するかを要因として設定し、2つの水準を想定する。

表2 【そのまま】モデルが記憶する情報の例

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

表3 【累積】モデルが記憶する情報の例

| | I | I~II | I~III | I~IV | |
|---|---|------|-------|------|---|
| A | 5 | 7 | 10 | 11 | 負 |
| B | 3 | 5 | 9 | 10 | 勝 |

- そのまま

このモデルが記憶する情報の例を表2に示す。自分と相手それぞれがカードをどのような順序で出したかと、そのブロックの勝敗を記憶する。

このように、この水準ではブロックの結果をそのまま記憶する。

- 累積

このモデルが記憶する情報の例を表3に示す。自分と相手それぞれについてI巡目に出したカードと、I巡目からII巡目までに出したカードの合計値、I巡目からIII巡目までに出したカードの合計値、I巡目からIV巡目までに出したカードの合計値、そのブロックの勝敗を記憶する。

I巡目からV巡目までに出したカードの合計値は必ず15になるので記憶しない。

このように、その手巡までに出したカードの累積値を記憶すると、自分と相手に残った手札が現在の状況と同じならば途中経過が異なっても思い出せるようになる。

両方の水準において、以前に記憶した事例が新しく記憶しようとする事例と完全に同じである場合、モデルは新しく事例を記憶するのではなく以前に記憶した事例を補強する。つまり、以前のブロックと同じパターンのブロックが生じると、モデルが記憶した事例の種類数は増加しない。

4.3. 事例の検索方式

カード選択の参考にするため、モデルは過去に記憶した情報を思い出そうとする。ACT-Rでは、宣言的モ

ジュールからチャンクを検索することによってこの処理を実現する。実際の間人がゲームをプレイする際、現在の状況にぴったり当てはまる情報を思い出せなくても、現状と似ている事例を思い出す可能性が考えられる。本研究ではこの可能性を検証するために、部分一致メカニズムや類似度を要因として設定する。ACT-Rモデルはパラメータの設定により、チャンクの検索で部分一致メカニズムを使うこともできる。部分一致が有効である場合、検索要求で指定した内容と過去に記憶した内容との類似性が考慮される。ACT-Rモデルが扱う知識の間には類似度が設定され、検索要求で指定した内容との類似度が高い内容を持つ情報は検索されやすくなる。本研究では類似度の最大値を0としており、類似度は実際には負の値となる。

本研究では2つの自然数 a と b の類似度を次の式により設定する。

$$\text{Similarity}(a, b) = -\frac{|a - b|}{\max(a, b)}$$

モデルが記憶する情報は自然数と勝敗で構成されるので、勝敗の間にも類似度を設定する必要がある。3つの水準を想定する。

- 完全一致

部分一致メカニズムを使わず、完全一致で検索する。つまり、現在の状況と完全に同じ事例しか思い出さない。

- 勝敗重み大

部分一致メカニズムを使う。また、「勝ち」と「負け」の類似度を-100、「勝ち」と「引き分け」、「負け」と「引き分け」の類似度を-50と設定する。これは数値に比べて勝敗の重みが大きい設定であり、カードの値が現状と大きく異なる事例を思い出すことが多いと考えられる。

- 勝敗重み小

部分一致メカニズムを使う。また、「勝ち」と「負け」の類似度を-1、「勝ち」と「引き分け」、「負け」と「引き分け」の類似度を-0.5と設定する。これは数値に比べて勝敗の重みが小さい設定であり、カードの値が現状と大きく異なる事例を思い出すことは少ないと考えられる。

上記の3要因における水準の組み合わせは全部で12通りある。この12種類に加えて、必ず自分の手札からランダムに1枚を選んで場に出すモデルを作成した。

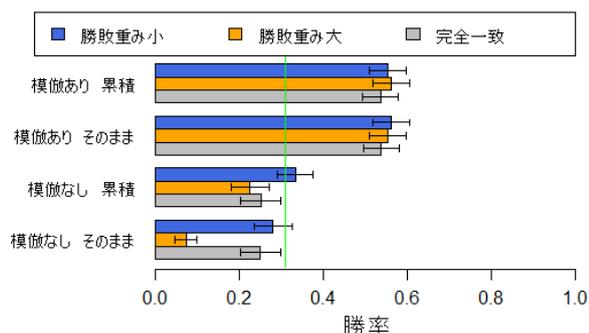


図3 各モデルの勝率

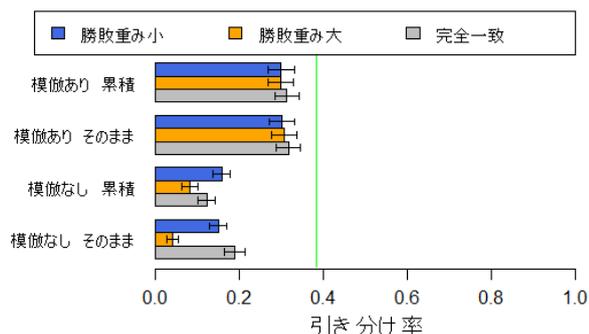


図4 各モデルの引き分け率

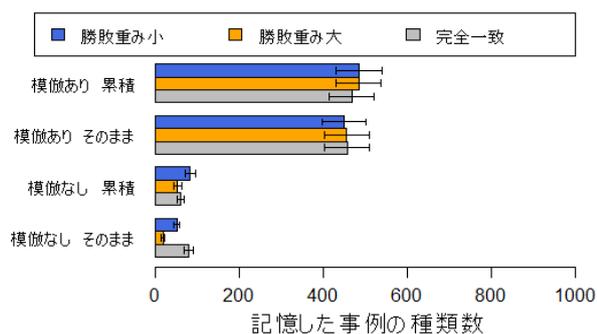


図5 各モデルが記憶した事例の種類数

5. シミュレーション

モデルの挙動がどのように変化するか調べるために、モデルどうしを対戦させるシミュレーションを行った。本節ではシミュレーションの方法と結果を示す。

5.1. 方法

4節に示した13種類すべてのモデルを互いに総当たりで5セットずつ対戦させた。各セットではそれぞれのモデルが記憶した事例をリセットした後に1000ブロック続けてゲームをプレイした。同じ種類のモデルどうしの対戦を除外し、各セットでモデルが1000ブロックのうち勝ったブロック数の割合（勝率）と引き分けたブロック数の割合（引き分け率）、各セットの対戦中にモデルが記憶した事例の種類数を集計した。4.2節

で述べたように、モデルが記憶した事例の種類数は1セットで生じたブロックのパターン数を示す。各モデルは自分を除く12種類の相手と5セットずつ、合計で60セットの対戦を行っている。集計した3つの指標について、この60セットにおける平均とその標準誤差を計算した。

5.2. 結果と考察

各モデルの勝率を図3に、引き分け率を図4に、記憶した事例の種類数を図5に示す。棒の長さが平均、エラーバーの長さが標準誤差を表す。また図3と4では、ランダムモデルの平均値を緑色の基準線で示した。

勝率と引き分け率、記憶した事例の種類数のそれぞれを従属変数とし、3元配置分散分析（思い出した事例の使い方 \times 記憶する事例の内容 \times 事例の検索方式）を行った。その結果、勝率と引き分け率において、思い出した事例の使い方と事例の検索方式に有意な交互作用が認められた（勝率: $F(2,708) = 3.637, p = 0.027$, 引き分け率: $F(2,708) = 4.064, p = 0.018$ ）。単純主効果の検定により、事例の検索方式の全水準において、模倣ありが模倣なしを上回ったことが確かめられた（完全一致の勝率: $F(1,238) = 40.12, p < 0.001$, 勝敗重み大の勝率: $F(1,238) = 100.4, p < 0.001$, 勝敗重み小の勝率: $F(1,238) = 32.8, p < 0.001$, 完全一致の引き分け率: $F(1,238) = 36.46, p < 0.001$, 勝敗重み大の引き分け率: $F(1,238) = 98.14, p < 0.001$, 勝敗重み小の引き分け率: $F(1,238) = 31.74, p < 0.001$ ）。また事例の検索方式の単純主効果については、模倣あり条件において認められず（勝率: $F(2,357) = 0.147, p = 0.864$, 引き分け率: $F(2,357) = 0.135, p = 0.873$ ）、模倣なし条件においてのみ認められた（勝率: $F(2,357) = 6.766, p = 0.001$, 引き分け率: $F(2,357) = 13.86, p < 0.001$ ）。模倣なし条件において、勝敗重み大は、勝敗重み小に対して勝率と引き分け率が小さく、完全一致に対しては引き分け率が小さいことが示された（ $p < 0.05$: Tukey HSD）。

勝率と引き分け率とは異なり、記憶した事例の種類数において、有意な交互作用は認められなかった。思い出した事例の使い方のみに有意な主効果が認められた（ $F(1,708) = 343.360, p < 0.001$ ）。

分析結果から、記憶する事例の内容や事例の検索方式にかかわらず、事例ベース戦略に模倣戦略を取り入れるほうが記憶した事例の種類数は多くなるといえる。

これは、模倣戦略を取り入れると相手の行動を参考にして振る舞うようになるので、行動が多様化するからだと考えられる。さらに勝率と引き分け率が高くなることから、多様な行動をとることが対戦成績の向上につながった可能性が示唆される。

ゲームにおいて対戦相手の行動を読んだうえで振る舞おうとすると、相手の戦術や行動に影響されて行動が多様化すると考えられる。この観点において、模倣戦略は行動の読み合いを再現するという可能性が示唆される。

また、模倣なしと勝敗重み大を組み合わせると、他の条件と比べて対戦成績が悪化することがわかる。これは、模倣なし条件によって自分が勝った事例を思い出そうとし、勝敗重み大条件によってカードの値が現状と大きく異なる事例を思い出すことが多いからだと考えられる。つまり勝敗にこだわり過ぎるあまり、現在の状況を無視して自分が勝った事例を思い出し続けた結果、現状に適さない行動ばかりを選択した可能性が示唆される。

6. まとめと今後の課題

本研究では認知モデルの挙動を変化させる要因を3つ設定してそれぞれを操作し、モデルどうしをカードゲームで対戦させるシミュレーションを行った。その結果から、過去の事例の役割を入れ替えて行動することは行動の読み合いを再現するという可能性が示唆された。

5節のシミュレーションでは各モデルの勝率と引き分け率、記憶した事例の種類数を分析したが、これらの指標だけではモデルの挙動を捉えるのに十分とはいえない。モデルの挙動をより詳細に捉えるためには、モデルが各ブロックで出したカードの順番やカードを出すまでの時間などを分析することが有効だと考えられる。

また、本研究で構築したモデルはゲームプレイ中常に同じ戦略を用いた。実際の人間がゲームでの対戦結果に応じて用いる戦略を切り替えるかどうかを検討する余地がある。横山らは、戦略を決めるための「メタ戦略」に従って人間が行動決定しており、その時々々の状況（他者の戦略）によって戦略を選択することを示唆した [13]。

さらに、モデルと人間を対戦させる実験を行ってモデルの行動を人間の行動と比較することで、どのよう

な条件が行動の読み合いを再現するのかについて考察する予定である。

文献

- [1] ACT-R Tutorial Unit 5 [Computer software manual]
- [2] J. R. Anderson, (2007) How Can the Human Mind Occur in the Physical Universe?, Oxford University Press.
- [3] 安西 祐一郎, (2017) “情報共有によるインタラクションの理論”, 認知科学, Vol. 24, No. 2, pp. 234-260.
- [4] Richard W Byrne, (1995) The Thinking Ape: Evolutionary Origins of Intelligence, Oxford University Press.
- [5] 森田 純哉, 金野 武司, 奥田 次郎, 鮫島 和行, 李 冠宏, 藤原 正幸, 橋本 敬, (2018) “協調的コミュニケーションを成立させる認知的要因”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 20, No. 4, pp. 435-446.
- [6] 大澤 博隆, (2015) “協力ゲーム Hanabi におけるエージェント間の協調行動の分析”, 人工知能学会全国大会論文集, JSAI2015 巻, 第 29 回全国大会, セッション ID 1F2-3, p. 1F23.
- [7] 大澤 博隆, 鳥海 不二夫, 片上 大輔, 篠田 孝祐, 稲葉 通将, (2014) “人狼ゲームのプロトコル設計: 推理と説得のプロトコル”, FAN2014.
- [8] 大本 義正, 植田 一博, 大野 健彦, 小松 孝徳, (2006) “複数の非言語情報を利用した嘘の読み取りとその自動化”, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 8, No. 4, pp. 555-564.
- [9] 汪 博豪, 大澤 博隆, 佐藤 健, (2017) “進化シミュレーションを用いた 3 人狼の戦略分析”, HAI シンポジウム 2017, p. 48.
- [10] 植田 一博, (2017) “『認知的インタラクションデザイン学』の展望: 時間的な要素を組み込んだインタラクション・モデルの構築を目指して”, 認知科学, Vol. 24, No. 2, pp. 220-233.
- [11] 細川 敦司, 森田 純哉, (2020) “行動の読み合いをモデル化するためのカードゲームの開発”, HAI シンポジウム 2020, p. 7.
- [12] 細川 敦司, 森田 純哉, (2020) “カードゲームにおいて他者の行動を読む認知モデルの評価 —事例使い分けモデルは他者の行動を読むのか—”, 日本認知科学会第 37 回大会, O3-4.
- [13] 横山 絢美, 大森 隆司, (2008) “人の行動決定過程におけるメタ戦略の存在とその処理過程”, HAI シンポジウム 2008, 2A-1.

逸脱した発話音声に対する記号的な解釈の可能性 —母音の延伸を中心に— Can Deviation of Speech Voice Be Thought of as Sign? —The Case of Vowel Lengthening—

韓 旻池[†]

Minji Han

[†]京都大学院生

Kyoto University

han.minji.53s@st.kyoto-u.ac.jp

概要

日常のコミュニケーションでは、アナウンサーがニュース原稿を読み上げるような標準的な発話音声から逸脱した発話音声が見られる。本発表は、逸脱した「発話音声」とそこから聞き手が感じた「意味合い」の結合が、聴覚映像と概念の結合である「記号」と捉えられるのかを、現代日本語共通語の「母音の延伸」という題材に即して検討した。状況込みで母音の延伸という形式の対応物を観察した上で、概念の抽出を試みた。結論としては、本発表では、発話の場の諸要素をある程度排除した三つの意味を取り出し、逸脱した発話音声の記号的な解釈の可能性を示す。

キーワード: 発話音声, 非標準的な発話, 記号, 母音の延伸, 概念, 意味合い

1. はじめに

日常のコミュニケーションでは、アナウンサーがニュース原稿を読み上げるような「標準的」な発話音声から逸脱した形で発話がなされることもある¹。間違いには及ばないそれらの発話音声の逸脱は、逸脱とはいいいながら、無秩序なものでは基本的にない。母語話者はそこに意味的な何かを読み取れる。つまり、「標準的」な発話音声と同様、「逸脱」にも、対応する意味の存在が予想される。では、その逸脱した「音声(形式)」とそこから感じられる「意味合い」のカップリングを「記号」と考えるべきだろうか？

従来、言語は、「概念と聴覚映像の結合を記号と呼ぶ」という記号の定義に適い、記号として捉えられるとされてきた[1][2]。一方、音声に関しては、音声科学、特に感情音声と呼ばれる研究文脈で“attitudinal correlate”「言語社会によって違った意味合いを持つ」など、音声と意味合いの対応関係が明らかにされてきた[3][4][5]。しかし、このような音声パターンと意味合いの結びつきが記号かどうかを検討する試みは管見の限りあまり見られなかった(例外 [6])。

本発表では、現代日本語共通語の母音の延伸を具体的な題材として「逸脱した発話音声は記号かどうか」という問題に取り組む。ただし、例えば、語「ニュース」に含まれる2モーラの長音「ニュー」のような、語彙的に予定されている発音は「標準的」な発音として、考察対象から除く。以下、考察対象となる母音の延伸は「:」で表すが、片仮名に用いる長音記号のように1モーラという含意はない。なお、断りが無い限り、出された例は作例である。

2. 母音の延伸とそこから感じられる意味合いの結合は記号と呼べるか

本発表では、記号を「概念と聴覚映像の結合」と定義する。「母音の延伸」が「聴覚映像」に対応するとすれば、「母音の延伸から感じられる意味合い」は「母音の延伸の概念」として捉えられるだろうか？ 発表者の考えでは、この問題には「意味合い」と「概念」の違いが関わっている。

対話の中で聞き手が感じた意味合いは、発話の場の諸要素(状況、文脈、話し手や聞き手など)が関わって織り成したものである。しかし、例えば、概念上の《猫》が、発話の場の諸要素に左右されずに、いつ、どこで、誰が話しても、概念としてのイメージが揺れないように、「概念」は発話の場の諸要素からかけ離れているべきだと考えられる。したがって、母音の延伸を聞いて感じる意味合いは、発話の場の諸要素が関わり生じる意味なので、記号を成す「概念」と呼ぶにはふさわしくない。

そこで、発話の場の状況などを問わずに取り出せる意味があるのかどうかを考えるために、まず状況込みで母音の延伸という形式の対応物を観察する。

¹ 本発表では、健常者の場合のみを取り上げる。

3. 母音の延伸の概念上の意味

母音の延伸の実例から、聞き手が感じ取るような意味ではなく、発話の場を排除した意味が取り出せれば、その意味は概念と呼ぶにふさわしいはずであるという仮説に基づき、概念の抽出を試みた。

3.1. 方法

概念としての意味を抽出(または、特定)するために、言語記号の場合を参考にして、プロセスを立てた。図1は、言語記号の「木」を例に、概念としての意味を抽出するプロセスを簡略化して表したものである。



図1 言語記号の概念の抽出プロセス

まずは、問題の形式「き」が現れている例文を集める。そして、当該の例文がどのような状況であるのかを把握する。把握の際には、類似した例文の集まりを観察し、「どんな種類の木を、どんな道具を用いて、どうやって倒す」といった余分を省き、抽象化して状況を把握する。似たような方法で、状況を集めて、状況同士の類似点を見出す。そして、類似点をさらにまとめて抽象化して概念としての《木》を抽出する。この《木》という概念は、たとえ発話の場の諸要素によって違う意味として聞き手に受け入れられようとも、概念としては発話の場の諸要素に影響されない、揺れ動かない安定したイメージである。

このようなプロセスを、母音の延伸に適用した。まず、母音の延伸が現れた実例を集め、実例の類似性からいくつかの状況を把握した[7]。そして、状況のうち類似した傾向を見せるものをグループ化し、同時に発話の場の諸要素の影響を排除すべく、状況ごとに母音の延伸が現れた時「言葉の面がどのような状態にあるのか」を観察した。その結果、諸状況のうちの一部から、類似した状況であり、かつ言葉の面の状態も類似している三つのグループが取り出せた。次にそれらのグループを挙げる。

3.2. 結果

三つのグループは言葉の面でそれぞれ次のような特徴を持っている。

- (i) 発話されている言葉に話し手の主観が込められている
- (ii) 発話時点以降の言葉の聴覚映像がまだない
- (iii) 言葉に社会的な制約がかかっている

以下、それぞれについて説明する。

(i)「発話されている言葉に話し手の主観が込められている」とは、状況で言うと、強度強調や卓立強調されたと言われるものである。(1)と(2)は強度強調の例、(3)は卓立強調の例である。

- (1) (娘の絵を見て)「すご：い！」
- (2) (ステーキを食べて)「なんか肉：って感じ」
- (3) (佐藤が担当かと聞く友達に)「佐藤じゃなくて、た：か：ぎ」

強度強調の場合、発話されている言葉に「ことばの概念(の一部)に対して、その程度が強い」という話し手の主観が込められており、卓立強調の場合は、「相手に伝えたいような大事さだ」といった話し手の主観が込められている。

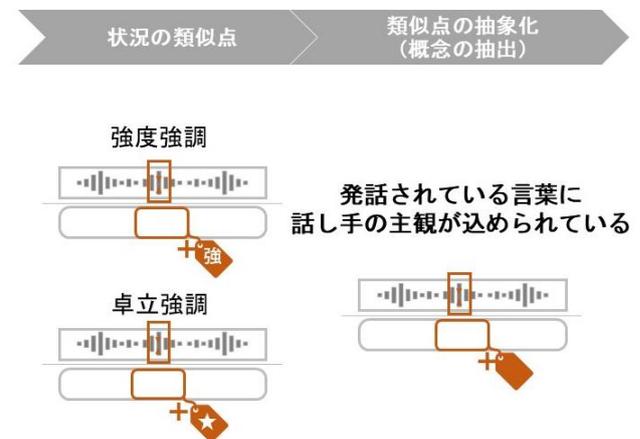


図2 (i)「発話されている言葉に話し手の主観が込められている」の言葉の面

(ii)「発話時点以降の言葉の聴覚映像がまだない」とは、状況で言うと、(4)のような言いたいことがあるがそれを指す聴覚映像が思い出せない時、(5)のような何があったか思い出せなくて次の言葉が言えない時、

(6)のように次の言葉を計算してまだ何も言えない時などである。

- (4) (動物園で見たエミューを考えながら)「動物園であれ見たんだよ. ほら小さいダチョウみたいなのエ:エ:ミュー!」
- (5) (昨日の帰宅後の状況を思い出しながら)「ご飯食べて, 本を読んだ後: なにしたっけ」
- (6) (「午後2時」と書いてある時計を見ながら)「次のミーティングは, 2時間後ですから, 十:六時ですね」

母音の延伸を発話した時点で考えると, それぞれの理由は異なるが, 次の言葉の聴覚映像がまだないという点で共通している.

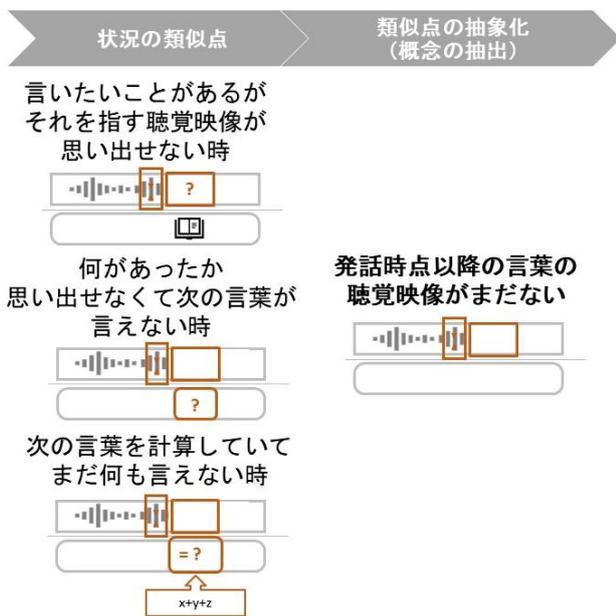


図3 (ii) 「発話時点以降の言葉の聴覚映像がまだない」の言葉の面

(iii) 「言葉に社会的な制約がかかっている」とは, 状況で言うと, 不確かな内容について話す時, 言ってはいけないことを言う時などである. (7)は前者の例, (8)は後者の例である.

- (7) (記憶の中の名前はあきらだが10年も前で自信がない)「となりの家はあ:きら君です. たぶん」
- (8) (テストで分からない問題が多かったと言う友だちに)「大丈夫だって. たとえ, まあ, 落:ちてもまた次の機会があるから」

前者にかかっている制約は, 「確かでもないことを相手に何の了承もなく言ってはいけない」という暗黙のうちの社会的な制約である. 後者の制約は「状況や文脈

に応じてこれらの内容は言ってはいけない」という暗黙のうちの社会的な制約である. 例えば, お見舞いで死に関することを話してはいけない, 受験前の人に落ちることを話してはいけないなどの社会的な制約である. 言葉に対するこれらの社会的な制約があるが, それでもためらいつつ言ってしまった際に, 母音の延伸が現れる.

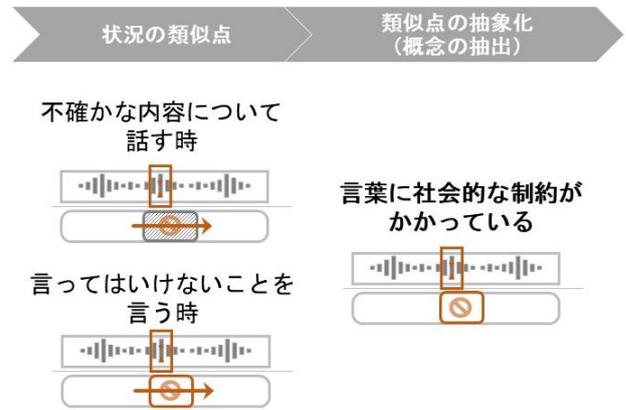


図4 (iii) 「言葉に社会的な制約がかかっている」の言葉の面

以下, ここで状況の類似点から抽象化して得たものを順番に意味 i, 意味 ii, 意味 iii と称して, 記号を構成するにふさわしい概念と捉えられるのかを考察する.

4. 考察

以上, 母音の延伸が現れた実例から, 母音の延伸が現れる状況的な偏りを把握して, それらの状況の間の類似性でグループを作り, 言葉の面を観察して言葉の面においても類似している三つのグループを確認した. そして, 言葉の面に注目することで, ある程度発話の場の諸要素が排除された形で抽象化して, 三つの意味を取り出した.

より具体的には, 状況から抽象化する過程で, 意味 i は「話し手の主観の具体的な内容」が, 意味 ii は「聴覚映像がない理由となる話し手の具体的な脳内状況」が, 意味 iii は「制約がかかる具体的な文脈, 状況」が抜けられた.

- 意味 i 「発話されている言葉に話し手の主観が込められている」
- 意味 ii 「発話時点以降の言葉の聴覚映像がまだない」
- 意味 iii 「言葉に社会的な制約がかかっている」

これらの三つの意味は、発話の文脈・状況・話し手や聞き手の具体的な状態などを含んでおらず、どんな理由で、どんな流れで、言葉がそのような状態になったかを含んでいない。発話の諸要素が取り出せた意味のようである。これを概念とするならば、聴覚映像と概念の結合が成立し、母音の延伸と概念のカップリングを記号と呼べるようになる。

しかしながら、母音の延伸の意味は、それ自体には発話の場の諸要素を含まないが、その前提に発話の場の要素を含んでしまうという限界があった。

まず、第一に、「今現在の発話の場において、発話される言葉がある」ことが前提されている。「今現在」というのは、言葉を最初に発話する頃を指す。例えば、昔の発話を再現して「あの時、ゆう君が「すご:い」って言ったけど」であれば、「すご:い」の今現在の発話の場は「あの時」になる。

意味 i は、今現在発話されている言葉がなければ、話し手の主観の込められるどころがなく、意味 ii は、次に来る聴覚映像がない、と発話が今現在進行中であることが前提である。意味 iii は、社会的な制約がかかる対象としての言葉が必要である。

第二に、「今現在の発話の場の諸要素」が前提されている。それぞれ具体的には次のようである。

- 意味 i : 発話されている言葉に対する、発話時の、話し手の心情や主観
- 意味 ii : 発話する言葉に対する、発話時の、話し手の脳内状況（記憶、思考、または言語的なプロセスなど）
- 意味 iii : 発話する言葉と、制約に関わる前後文脈・状況・場面、制約を制約と認識する主体としての話し手、社会的な状況を形成する聞き手

したがって、前提としての発話の場の諸要素を考慮すると、どの意味も発話の場の諸要素から完全にかき離れているとは言い難い。さらに、それぞれ関わった部分や数が違って、三つの意味のうちどれが最も発話の場の諸要素が排除できて、概念としての意味に近づいているのかも判断しにくい。

5. おわりに

日常のコミュニケーションにおいて、標準から離れた逸脱した音声があり、そこから意味合いが感じられることから、言語記号同様に、記号として捉えられるのかを、母音の延伸を具体的な題材にして考察した。

記号は概念と聴覚映像の結合だという定義と、概念は発話の場の諸要素に影響されるべきではないという前提の下、聞き手が感じた意味合いは発話の場の諸要素に影響されたため、概念と呼ぶにふさわしくないと判断した。

そこで、発話の場の状況などを問わずに取り出せる意味があるのかを考えるために、状況込みで母音の延伸という形式の対応物を観察して、類似した状況を言語の面に注目してまとめて抽象化し、三つの意味を取り出した。

これらの意味は、発話の場の諸要素または今現在の発話を前提にしているものの、前提以外では、発話の場の諸要素を多く排除している。完璧な排除ではないが、概念と言えそうな意味を母音の延伸に対応されたため、母音の延伸という逸脱した発話音声を記号として捉えられるという可能性を確認した。

本発表は、「逸脱した発話音声の記号的な解釈」という、従来あまり考えられていなかった考え方を提示し、その可能性を検討した。逸脱した発話音声の記号的な解釈は、音声言語だけでなく、文字言語における逸脱音声の表記に関する解釈にも寄与できることが予想される。なお、逸脱した発話音声は、今回題材にした日本語だけに限らず、世界の諸言語においても現れる現象であるため、通言語的または言語個別的特徴及び「言語」自体に関する新しい知見が得られることを期待している。

文献

- [1] Saussure, F., (1972) *Cours de linguistique générale*, Payot. (ソシュール, F., 菅田茂昭 (訳) (2013) 一般言語学講義抄, 大学書林)
- [2] Saussure, F., (1916) *Cours de linguistique générale*, Payot. (ソシュール, F., 町田健 (訳) (2016) 新訳ソシュール一般言語学講義, 研究社)
- [3] Scherer, K. R., (2000) "A cross-cultural investigation of emotion inferences from voice and speech: implications for speech technology", *Proceedings, Sixth International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP 2000)*, Vol. 2, pp. 379-382.
- [4] Sadanobu, T., (2006, December 1) "Attitudinal correlate of final-rise-fall intonation in Japanese" [Paper presentation], 4th Joint Meeting of Acoustical society of America / Acoustical society of Japan, Honolulu, Hawaii, USA.
- [5] ドナ, E.・昇地崇明, (2010) "パラ言語情報にみられる異文化間の知覚の相違", コミュニケーション, どうする? どうなる?, ひつじ書房.
- [6] 杉藤美代子, (1992) "イントネーションの記号論", 文化言語学: その提言と建設, 三省堂.
- [7] 韓咬池, (2021) 現代日本語の母音の非語彙的な延伸が生起する状況について—実例における身体の動きに注目した考察—, 京都大学文学研究科修士論文.

深層学習によるニュース記事の重要性と感情指標の 自動推定システムの構築

Development of an estimation system for importance and sentiment measures of news articles using deep learning

野村 理朗^{†§}, 河原 大輔^{*§}, 松尾 正信[§]

Michio Nomura, Daisuke Kawahara, Masanobu Matsuo

[†]京都大学, ^{*}早稲田大学, [§]京都テキストラボ

Kyoto University, Waseda University, Kyoto Text Lab

nomura.michio.8u@kyoto-u.ac.jp

概要

本研究は自然言語処理により、新聞記事に対する読み手の感情と重要性を自動推定するシステムを構築した。はじめにニュース記事の重要性ならびに感情指標に関し、各々2000記事、40000記事からなるオリジナルのデータセットを構築した。続いて深層ニューラルネットワークの先端モデルの一種であるBERTをベースに、記事に対する各心理指標の分類課題を行った結果、感情指標に関わる推定精度は低くとどまったものの、重要性推定の精度は65%とおおよそに実用可能な水準に達することが確認された。

キーワード: 深層学習, 感情解析, 自然言語処理, 新聞記事, 重要性

1. はじめに

感情優先説あるいは感情情報説 (affect-as-information hypothesis) を挙げるまでもなく、感情は潜在的・非意識的に生じたものであっても認知に影響しうる[1, 2]。それは市場において生じたリスクとで同様であり、意思決定へと一定の影響が及ぶ[3]。従来、市場の変動のリスクをヘッジする手法が、金融工学、情報学等の基礎研究分野において、株価等の時系列予測モデル等において開発されてきた[4, 5, 6, 7]。近年は投資家の心理に着眼し、SNSへの投稿内容の感情分析 (sentiment analysis) によりマーケティング、製品レビューに関わる基礎・応用研究が展開していることを受け、ツイッター上の発言内容を金融市場の流動性の予測に活かそうとする試みも複数報じられている[8, 9, 10]。例えばBollenら(2010)は、900万件程度のツイートを収集し、主にはOpenfinderやGPOMS (Google-Profile of Mood States) を基に判定

したツイートの感情極性値等とダウ工業平均株価と時系列変化の関連について検討した結果、特に数日後の株価の下落幅の予測精度が80%程度に及ぶことを報告した。ただし、ここでの予測モデルの検証期間が2008年12月上旬にかぎられているなどの方法論上の限界点に留意したうえで結果を解釈する必要がある。その後、2万3千件程度のツイートを収集し、米国S&P500インデックスとの関連を検討した研究[9]により、ツイートの自然言語処理による感情分析の結果が「流動性(売値買値等から算出される金融指標)」に及ぼす影響はごくわずかにとどまることが報告された。これらの知見に見るように、現時点での感情分析の対象は、ツイートのような比較的短文かつそこに責任や正確性のもめられない個人主体の発言であったり、あるいは一定の予測精度を確立したとしても、予測困難とされるBlack Swanと呼ばれるような事態で生じる膨大な損失をヘッジするような、迅速な対応を可能とする技術には至っていない。さらには英語と日本語との言語構造の相違をふまえ、こうした日本語を対象とした検討を行う必要もある。国内においては、日本語評価極性辞書(名詞編・用言編)[11, 12]を用いたツイートの極性判定が行われている[13]。ここでは経済関連の新聞から抽出した特徴語を基に、経済関連のツイートを発信しているユーザを抽出したうえで、そのツイートの極性判定の結果を素性とすることにより、ユーザを無作為に抽出する条件と比較しての株価の崩落予測精度が向上することが示されている。こうした動向を背景に、本研究は市場のボラタリティに反映される個人や集団の心理の源泉は新聞記事にあるものと仮説し、国内最先端の自然言語処理を駆使することにより、新聞記事のテキストを精確に捉え、過去にない変動をも迅速に予測へと反

表 1 新聞記事データセットにおける記事、重要性、重要性推定結果の例

| 記事 | 重要性 | 推定 |
|--|-----|----|
| 12日に迫る英総選挙では、ボリス・ジョンソン首相（55）率いる与党・保守党が過半数を獲得し、来年1月末までの欧州連合（EU）離脱を実現できるかどうかが焦点となる | B | ✓ |
| *ワシントン=永沢毅*ポンペオ米国務長官は11日、台湾総統選の蔡英文（ツァイ・インウェン）氏の再選を受けて声明を出し「強固な民主主義制度の力強さを再び示した。... | C | ✓ |
| バドミントン混合ダブルスで2016年リオデジャネイロ五輪8強の栗原文音（30）＝日本ユニシス＝が今季限りで現役を引退することが21日、分かった。来年4月から同... | E | |
| アニメ「となりのトトロ」に出てくる「小トトロ」がちょこんとつたキノコ。ブナの木でできた赤や黄色のかさ部分を回すと、アニメで使われた曲「となりのトトロ」や「さ... | D | |
| みずほ銀行と三井住友銀行は、2020年から一括民営化を始める北海道内7空港を運営する企業連合への3600億円強の協調融資をまとめた。計46の金融機関が参加し、... | C | |
| 松竹の2019年3～11月期の連結営業利益は、前年同期に比べて約4割増の40億円前後だったようだ。映画の話題作が多数公開され、子会社で運営する「MOVIX」な... | C | |
| *NQNロンドン*6日のロンドン外国為替市場で円相場は小幅続伸した。英国時間16時時点では、前日の同時点と比べて10銭円高・ドル安の1ドル＝108円60～70... | D | ✓ |
| 函館税関が23日発表した2019年の北海道外国貿易概況（速報）は、輸出総額が3121億900万円と前年比21%減少した。JXTGエネルギーが室蘭市で生産を休止... | D | ✓ |

映させる高精度の自動システムを開発する。その手始めとして、本研究は、新聞記事の重要性や記事に内包される感情価（恐れ、不安、喜び等）を自動的に推定するシステムを構築することを目的とした。

新聞記事データセット

新聞記事の重要性とセンチメントの各々の評定を行った。はじめに重要性としてトレーダー2名（ファンドマネージャ等、投資経験20年以上）が付与した「新聞記事重要性データセット」を構築した。このデータセットは、各記事に対して5段階（A～E; Aが最重要）の重要性を付与したもので、約2,000記事からなるデータセットである。新聞記事重要性データセットに収録された記事の例を表1の第1カラムに、それに対する重要性を第2カラムに示す。

続いてセンチメントとして、クラウドにおいて210名の参加者が100セットの記事（1セット10記事）に対して心理評定を付与した「新聞記事センチメントデータセット」を構築した。このデータセットは、各記事に対する5名の評定者による「恐れ」「不安」「喜び」「経済への期待」等から成る7つの項目についての平均値を付与したもので、約40,000記事からなるデータセットである。新聞記事センチメントデータセットに収録

された記事の例を表 および表 の第1カラムに、それに対する「恐れ」「経済への期待」の値を第2カラムに示す。

2. 方法

新聞記事の重要性推定に関しては、新聞記事1件を入力とし、これに対して重要かどうかの2値分類を行う分類器を構築する。この分類器は文脈言語モデルBERT[14]をベースに作成する。BERTは深層ニューラルネットワークの一種である事前学習付き自己注意機構モデルであり、大規模コーパスを用いた事前学習と対象のタスクにおける fine-tuning の2段階からなる。重要性分類のタスクにおいては、日本語 Wikipedia 全文で事前学習されたモデルを基に、重要性分類タスクにおいて fine-tuning する。この分類は、BERT の[CLS]トークンに対応する出力ベクトルを重要・非重要な2次元ベクトルに変換し、softmax 関数を用いることによって、記事が重要・非重要であるスコアを0～1で出力する。訓練は交差エントロピー誤差を用いて行い、テストは重要・非重要なスコアが高い方のラベルを出力する。

新聞記事の感情指標推定に関しては、重要性推定モデルとほぼ同じであるが、出力は各感情指標の実数値

表 2 新聞記事センチメントデータセットにおける記事、「恐れ」の値(正解), 推定値の例

| 記事 | 正解 | 推定 |
|--|-----|-----|
| NQNロンドン, 5日のロンドン外国為替市場で英ポンドは対ドルで大幅反発した。英国時間16時の時点で, 前日の同時点と比べて00120ドルのポンド高... | 3.4 | 2.6 |
| バンコク=村松洋兵, タイ政府は電気自動車(EV)関連の新しい投資優遇策を発表した。新規に完成車の生産を始める場合, その事業で生じる法人税の支払いを最長で... | 3.2 | 2.3 |
| 在日米大使館はウェブサイトに掲載した3日付の通知で, 日本国内での新型コロナウイルスの感染者数増加を受け, 無期限に海外に滞在するつもりがない限り, 日本に... | 3.0 | 2.4 |
| 8日, 国内で新型コロナウイルスへの感染が確認された人が, 514人となり, 一日に感染が確認された人数が初めて500人を超えました。これまで最も多かったのは... | 2.4 | 2.0 |
| トランプ米大統領は7日, 新型コロナウイルス感染拡大を巡り, 世界保健機関(WHO)が「中国中心主義」で, 世界に不適切な提言を行っている」と批判した。... | 2.0 | 2.1 |
| 医療費が大きく減っている。4~7月の医療費の総額は前年同期と比べ1兆円規模で減少した。新型コロナウイルス感染症に伴う患者の受診控えや病院の診療体制の縮... | 1.6 | 1.9 |

表 3 新聞記事センチメントデータセットにおける記事、「経済への期待」の値(正解), 推定値の例

| 記事 | 正解 | 推定 |
|---|-----|-----|
| 菅義偉首相が10月26日の所信表明演説で「2050年カーボンニュートラル, 脱炭素社会の実現を目指す」と宣言した。昨年12月に就任した欧州連合(EU)の... | 3.8 | 2.8 |
| 群馬大学発のベンチャー企業「グッドアイ」(群馬県桐生市)と銅箔(どうはく)系メーカーの「明清産業」(前橋市)が, 付着したウイルスの不活性化を早める銅繊維シートを開... | 3.6 | 2.8 |
| 今年で創業100周年を迎えた建設会社のヤマウラ。2つのアルプスに囲まれた長野県駒ケ根市に本社を置き, 県全域で営業する。鉄鋼会社としてスタートしながら, 研究熱心... | 3.0 | 2.5 |
| 米連邦準備理事会(FRB)が15日, 再び緊急の金融緩和を決めた。新型コロナウイルスによる経済の混乱を抑えるのが狙いだが, 16日早朝の外国為替市場では円買い圧力... | 2.6 | 2.3 |
| JR四国の経営が厳しさを増している。2021年3月期は12億円の経常赤字を見込み, 黒字化を掲げた中期経営計画との乖離(かいり)を問題視した国土交通省から3月... | 2.2 | 2.4 |
| モデルの蛭原友里が9日, 自身のインスタグラムを更新。自宅で過ごす様子を紹介している。蛭原は「おうち時間をご紹介しますシリーズ, 第2弾がアップされました!」と報告... | 1.6 | 1.9 |

とする。そのため, BERTの[CLS]トークンに対応する出力ベクトルを1つの実数値に変換し, これを感情指標のスコアとして出力する。訓練は平均二乗誤差を用いて行う。

3. 結果と考察

重要性推定については, 新聞記事重要性データセットを用いて実験を行った。重要・非重要なラベルとしては, 重要性A~Cを重要, D, Eを非重要とした。感情指標推定に関しては, 新聞記事センチメントデータセ

ットを用い, 感情指標としては「恐怖」と「経済への期待」の2つについて推定を行った。

2つのデータともに訓練:開発:テスト=8:1:1に分割し, 訓練データで訓練, テストデータで評価を行った。評価尺度としては, 重要性推定は重要・非重要な精度, 感情指標推定はPearson相関係数およびSpearman順位相関係数を用いた。BERTの事前学習モデルとしては, 「BERT日本語Pretrainedモデル」¹を用い, 入力の記事は形態素解析器Juman++²で単語分割を行った。

重要性推定の精度は65%であった。表1の記事に対

¹ https://nlp.ist.i.kyoto-u.ac.jp/?ku_bert_japanese

² <https://github.com/ku-nlp/jumanpp>

する重要性推定結果を第3カラムに示す。表においてチェック記号が重要と推定された記事を示す。最初の4記事が正答した例で、残りの4記事が誤答した例である。この実験では、重要性A~Cを重要、D、Eを非重要とした2値分類を行ったため、重要性CおよびDの記事について誤答が多かった。重要性推定を改良するためには、どの重要性までを重要とみなすか、また境界の重要性の記事を訓練に使用しないことなどを検討する必要がある。

感情指標推定について、「恐怖」はPearson相関係数が0.213、Spearman順位相関係数が0.186、「経済への期待」はPearson相関係数が0.165、Spearman順位相関係数が0.175であった。表2および表3の記事に対する「恐怖」および「経済への期待」の推定値をそれぞれの表の第3カラムに示す。両方の指標ともに正解の値と推定値は一定の誤差の範囲に収まっていることが多いことがわかる。しかし、推定値は極端な値をとることが少なく、平均値の周辺の値をとることが多かった。この原因としては、テキストのみでは感情指標を推定する手がかりが十分ではないことが考えられる。今後、複数の感情指標を同時に考慮すること、あるいはその精度が従来の機械学習モデルによるものと比較してどの程度にまで高精度であると言えるのかなどを検討する必要がある。

4. まとめと展望

最先端の深層ニューラルネットワークの一種である文脈言語モデルBERTから得られた記事の重要性の推定精度(65%)は、実用に耐えるだろうチャンスレベルを上回るものであった。また金融市場の予測という観点においては、その重要性の高い記事のみを自動抽出しこれを集約するという本研究で行った方法論自体が市場の予測に資するものといえるが、加えて重要性ならびに感情指標を独立変数としたマルチタスクの実施により、市場の動向を高精度に推定するシステムの構築へと結びつくことも想定される。

今後はそうした工学的研究を展開しつつ、それとリンクして感情と重要性の関係性を新たに紐解くことも欠かせない。本研究においてはその目的上、重要性和感情指標の各々について異なる評定者群に付与をもとめたが、今後は参加者内要因計画をデザインし、それらの関連性を解析することが求められる。もとより認知的判断に影響する感情やムード[15, 16]は新聞記事の重要

性判断に対していかなる影響を及ぼすのか。そこにはいかなるプロセスが介在し、それは記事の扱うトピックに応じてどのように異なるのだろうか。今後はこうした問いと実験を積み重ねる中で新たな認知モデルを構築することが期待されよう。

文献

- [1] Clore, G. L., & Huntsinger, J. R. (2007). How emotions inform judgment and regulate thought. *Trends in Cognitive Science*, 11, 393–399.
- [2] Nomura, M., Ohira, H., Haneda, K., Iidaka, T., Sadato, N., Okada, T., & Yonekura, Y. (2004). Functional association of the amygdala and ventral prefrontal cortex during cognitive evaluation of facial expressions primed by masked angry faces: An event related fMRI study. *Neuroimage*, 21, 352–363.
- [3] Guiso L, Sapienza P, & Zingales L. (2018). Time varying risk aversion. *Journal of Financial Economics*, 128, 403–421.
- [4] Choudhry, R. & Garg, K. (2008). A hybrid machine learning system for stock market forecasting. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 39, 315–318.
- [5] Imajo, K., Minami, K., Ito, K., & Nakagawa, K. (2020). Deep portfolio optimization via distributional prediction of residual factors. arXiv preprint, 2012.07245.
- [6] Shah, V. H. (2007). Machine learning techniques for stock prediction. *Foundations of Machine Learning—Spring*, 1, 6–12.
- [7] Ruiz, J. E., Hristidis, V., Castillo, C., Gionis, A. & Jaimes, A. (2012). Correlating Financial Time Series with Micro-blogging Activity, *Proceedings of the fifth ACM international conference on Web search and data mining*, ACM, pp.513–522.
- [8] Bollen, J., Mao, H., & Zeng, X. J. (2011). Twitter mood predicts the stock market, *Journal of Computational Science*, 2, 1–8.
- [9] Zhang, X., Fuhres, H., & Gloor, P (2011). Predicting stock market indicators through twitter “I hope it is not as bad as I fear”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 26, 55–62.
- [10] Guijarro, F., Moya-Clemente, I., & Saleemi, J. (2019). Riquidity risk and investors' mood: linking the financial market liquidity to sentiment analysis through twitter in the S&P500 index. *Sustainability*, 11, 7048–7061.
- [11] 小林のぞみ・乾健太郎・松本裕治・立石健二・福島俊一 (2005). 意見抽出のための評価表現の収集, 自然言語処理, 12, 203–222.
- [12] 東山昌彦・乾健太郎・松本裕治 (2008). 述語の選択選好性に着目した名詞評価極性の獲得, 言語処理学会第14回年次大会論文集, pp.584–587.
- [13] 佐藤大吾・大原剛三・豊田哲也 (2016). 経済情報に関心をもつSNSユーザの投稿内容に基づく株価騰落予測モデルの構築. SIG-KBS, 1, 1–5.
- [14] Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)*, pp.4171–4186.
- [15] Schwarz, N., & Clore, G. L. (1983). Mood, misattribution, and judgments of well-being: informative and directive functions of affective states. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 513–523.
- [16] Loewenstein, G., & Lerner, J. S. (2003). The role of affect in decision making. In: Davidson, R J., Scherer, K. R., Goldsmith, H. H., editors. *Handbook of affective sciences*. Oxford: Oxford University Press; pp. 619–642.

扁桃体の関連性感知という役割とユーモア理解 の三大理論との整合性の検討

A study of compatibility between relevance detection of amygdala and three major theories of humor comprehension

中村 太戯留^{† ‡}

Tagiru Nakamura

武蔵野大学{[†]データサイエンス学部, [‡]教養教育リサーチセンター}

{[†] Faculty of Data Science, [‡] Research Center for Liberal Education}, Musashino University

tagiru_n@musashino-u.ac.jp

概要

扁桃体の関連性感知は、主体にとって意味ある情報を「見いだす」ことである。その際に「保護されている」という認識の枠組みを伴った遊び状態であるときにユーモアが生じると考えられている。この理論は、優越理論における攻撃性を見いだすとき、エネルギー理論における抑圧された暴力的ないし性的な要因を見いだすとき、そして不調和解消理論における新たな関係性や間違いを見いだすとき、ユーモアが生じると捉えると、これらの先行理論と整合するよう見える。

キーワード：ユーモア(humor), 扁桃体(amygdala), 不調和解消理論(incongruity resolution theory), エネルギー理論(energy theory), 優越理論(superiority theory)

1. はじめに

扁桃体の関連性感知という役割を中核に据えたユーモア理解の言語理論が提案されている^[13]。関連性は、「ある事柄が、自分の目標達成、自分の欲求実現、自分が有する幸福や属する種の幸福の維持に(楽観的であれ悲観的であれ)有意な影響を及ぼすならば、それは関連性のある事柄である」(p. 311)と定義されている^[14]。この事柄を「見いだす」ことが関連性感知であり、扁桃体はその中核を担う^[14]。その際、「保護されている」という認識の枠組み^[3]を伴った遊び状態^[2]であるときにユーモアが生じるとするのがその理論^[13]の骨子で、ここではこれを「見だし」理論と呼ぶことにする。

先行研究として、ユーモア理解に関する理論は数多く提唱されているが、それらは優越理論、エネルギー理論、そして不調和解消理論に大別できる^{[11][1]}。ここではまとめてユーモア理解の三大理論と呼ぶことにする。本研究では、「見だし」理論^[13]と三大理論との整合性に関する理論的な検討を試みる。

2. 「見だし」理論

「見だし」理論では、脳の部位と意味づけ論^{[5][17]}を関連づけ、以下のプロセスモデルを提案している^[13]。

- (1) 側頭葉の聴覚野や後頭葉の視覚野で言語的な外的情報を受け取る(聞き手や読み手は状況[こころのなか]でコトバ[意味を担うまへの刺激]を受け取る)。
- (2) 大脳の外側領域や内側領域、そして皮質下領域や小脳などが関与して情報を補填し、発話の意味や発話者の意味の構成を開始する(共有感覚[文脈情報等との無矛盾の監視]を手掛かりとしてコトバの把握[対象把握や内容把握による発話の意味の構成、意図把握や発話態度の把握や表情把握による発話者の意味の構成]の処理を並列的に開始する)。
- (3) 内側前頭前野や島皮質が協働して、共有感覚[一貫性の監視]を手掛かりとした不調和の感知[予測誤差の検出]をし、その不調和を解消するための適切な処理を開始する(共有感覚が得られずに不調和を感知した際は、辻褃合わせを試みる)。
- (4) 扁桃体は、不調和を解消するために環境を探索し、関連性を感知することで不調和を解消する。その際に、「保護されている」という認識の枠組みを有しており遊び状態であればユーモアを生じる。

3. 優越理論

古来の理論的研究は、「攻撃性」がユーモアの本質的特性とみなしており、各理論が目する要因に応じて、優越理論、非難理論、攻撃性理論、価値低下理論などと呼ばれてきた^[11]。優越理論^[9]は、他人や過去の自分の劣る側面を提示し、相対的に現在の自分が突如として優位な立場を享受することでユーモアを生じると説明する。一方、非難理論、攻撃性理論、価値低下理論は、他人や過去の自分の劣る側面の重要性を強調する。しかし、現在の自分が優位な立場であったとしても、必ずしもユーモアが生じるわけではない。その優位性や攻撃性に、関連性を「見いだす」とき、そしてその際に「保護されている」という認識の枠組みを伴った

遊び状態であるときにユーモアが生じると考えられる。そのように考えると「見いだし」理論^[13]と優越理論とは整合するように見える。

4. エネルギー理論

産業革命のころにエネルギーという概念が発見されると、「心的エネルギーの放出」理論^{[7][15]}や、「心的エネルギーの捉え方としての真面目状態から遊び状態への反転」理論^[2]が提唱され、両者を総称して「エネルギー理論」と呼ばれている^[1]。しかし、心的エネルギーが放出されても、必ずしもユーモアが生じるわけではない。普段は抑圧された性的な要因や暴力的な要因が自分にとって関連性があることと「見いだす」とき、そしてその際に「保護されている」という認識の枠組みを伴った遊び状態であるときにユーモアが生じると考えられる。そのように考えると「見いだし」理論^[13]とエネルギー理論とは整合するように見える。

なお、反転^[2]に関しては、既に「見いだし」理論^[13]で言及されているように、単に真面目状態から遊び状態に反転しても、必ずしもユーモアが生じるわけではない。関連性を見いだした際に「保護されている」という認識の枠組みを伴った遊び状態であるときにユーモアが生じると考えられることを付記する。

5. 不調和解消理論

不調和解消理論^{[4][6][16]}では、段階的な処理が関与すると提案している。まず、いつもと違う何か^[6]や曖昧で不調和な何か^[4]という不調和を感知する段階がある。次に、そのギャップを埋める「新たな関係性」を見いだしたり^{[8][12]}、思い込みの「間違い」を見いだしたり^[10]してその不調和を解消する段階がある。ユーモアが生じる際には、このような段階的な処理が関与するというのが不調和解消理論の骨子である。ただし、不調和を解消したとしても、必ずしもユーモアが生じるわけではない。解消した不調和が自分にとって関連性があることと「見いだす」とき、そしてその際に「保護されている」という認識の枠組みを伴った遊び状態であるときにユーモアが生じると考えられる。そのように考えると「見いだし」理論^[13]と不調和解消理論とは整合するように見える。

6. おわりに

以上の検討から、「見いだし」理論、すなわち扁桃体の役割を中核に据えたユーモア理解の言語理論^[13]は、ユーモア理解の三大理論と整合しうると考えられる。

文献

- [1] 雨宮俊彦, (2016) “笑いとユーモアの心理学：何が可笑しいの？”, ミネルヴァ書房.
- [2] Apter, M. J., (1982) “The experience of motivation: The theory of psychological reversals”, London: Academic Press.
- [3] Apter, M. J., (1992) “The dangerous edge: The psychology of excitement”, The Free Press. (渋谷由紀[訳]. (1995) “デンジャラス・エッジ：「危険」の心理学”, 講談社)
- [4] Attardo, S., Hempelmann, C. F., & Di Maio, S., (2002) “Script oppositions and logical mechanisms: Modeling incongruities and their resolutions”, *Humor*, Vol. 15, No. 1, pp. 3–46.
- [5] 深谷昌弘, & 田中茂範, (1996) “コトバの意味づけ論：日常言語の生の営み”, 紀伊國屋書店. (Fukaya, M., & Tanaka, S., (1996) “A sense-making theory for real language activities”, Tokyo: Kinokuniya.)
- [6] Forabosco, G., (1992) “Cognitive aspects of the humor process: The concept of incongruity”, *Humor*, Vol. 5, No. 1, pp. 45–68.
- [7] Freud, S. (1905). “Der witz und seine beziehung zum unbewußten”, Fischer Taschenbuch Verlag. (懸田克躬[訳]. (1970) “機知: その無意識との関係”, フロイト著作集, Vol. 4, pp. 237–421, 人文書院.)
- [8] Hillson, T. R., & Martin, R. A., (1994) “What’s so funny about that?: The domains-interaction approach as a model of incongruity and resolution in humor”, *Motivation and Emotion*, Vol. 18, No. 1, pp. 1–29.
- [9] Hobbes, T. (1840) “Human Nature”. In W. Molesworth (Ed.), *The English Works of Thomas Hobbes of Malmesbury*, Vol. 4. London: Bohn.
- [10] Hurley, M. M., Dennett, D. C., & Adams, R. B., (2011) “Inside jokes: Using humor to reverse engineer the mind”, Cambridge MA: The MIT Press. (片岡宏仁[訳]. (2015) “ヒトはなぜ笑うのか”, 勁草書房)
- [11] Martin, R. A., (2007) “The psychology of humor: An integrative approach”, London: Elsevier Academic Press.
- [12] Mio, J. S., & Graesser, A. C., (1991) “Humor, Language, and Metaphor”, *Metaphor and Symbolic Activity*, Vol. 6, No. 2, pp. 87–102.
- [13] 中村太戯留, (2020) “扁桃体の役割を射程に入れた「面白い」の言語理論の提案”, 日本認知科学会第 37 回大会予稿集, pp. 588–592.
- [14] Sander, D., Grafman, J., & Zalla, T., (2003) “The human amygdala: An evolved system for relevance detection”, *Reviews in the Neurosciences*, Vol. 14, No. 4, pp. 303–316.
- [15] Spencer, H. (1859) “The physiology of laughter”, *Macmillan’s Magazine*, Vol. 1, pp. 395–402.
- [16] Suls, J. M. (1972) “A two-stage model for the appreciation of jokes and cartoons: An information-processing analysis”, In Goldstein, J. H., & McGhee, P. E. (Eds.), *The psychology of humor: Theoretical perspectives and empirical issues*, pp. 81–100, New York: Academic Press.
- [17] 田中茂範, & 深谷昌弘, (1998) “意味づけ論の展開：情況編成・コトバ・会話”, 紀伊國屋書店. (Tanaka, S., & Fukaya, M., (1998) “A continuation of sense-making theory: Sense-making”, literal expression, and communication, Tokyo: Kinokuniya.)

演劇における即興性はどこに現れるか： 台本劇との比較を用いた弁別要因の検討

Where does improvisation emerge in a play? An examination through online discrimination experiment using audiovisual conditions.

ヒュース 由美*, 向井 香瑛**,***, 渡邊 克巳**, 工藤 和俊*
Yumi Hughes, Kae Mukai, Katsumi Watanabe, Kazutoshi Kudo

*東京大学大学院, **早稲田大学理工学術院 ***日本学術振興会
University of Tokyo, Waseda University, Japan Society for the Promotion of Science
yumihughes@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

本研究では、第三者による即興劇と台本劇の弁別特性を検討するために、3条件（「視聴覚」「視覚のみ」「聴覚のみ」）の映像刺激により弁別テストを行い、理由と自信度を尋ねた。その結果、3条件ともチャンスレベルよりも高い正答率を示し、条件間に有意な差は認められず、自信度は「視聴覚条件」が有意に高かった。今回の課題における即興劇の弁別は、刺激モダリティの教に関わらず可能であること、回答に対する自信は刺激モダリティの影響を受けることが示された。

キーワード：オンライン実験, 即興性, モダリティ

1. はじめに

1.1 コミュニケーションにおける知覚

社会的な生物である人間は、集団のコミュニケーションにおける対人認知や状況理解のために、他者のコミュニケーションを解読する必要がある(大坊, 2006)。例えば、2者間の会話を聞いたり、表情や振る舞いを見たりすることで、この2者の人間関係のある程度、推測することができる。このように人は、言語的・非言語的に行われる他者間のやりとりを積極的に知覚している(Gibson, 1966)。このようなコミュニケーションを理解するために、聴覚を解した言語の研究

(Goodwin, 1981) や視覚を介したジェスチャーに関する研究(Kendon, 2004; McNeill, 1992)、さらに発話とジェスチャーを1つの単位として扱い、複数の知覚を統合的に検討するマルチモーダルな研究(坊農・高梨, 2007; Kendon, 1972; 1980)などが行われている。

1.2 コミュニケーションにおける即興性

このような対人コミュニケーションにおける1つの視点として「即興性」がある。「即興性」とは「現在に集中し、心に浮かぶ想い、もしくは構想(idea; conception)にそのまま従って、それを外に現実化し

てゆくこと」である(佐々木, 1995)。コミュニケーションの多くは、あらかじめ台本が決められているわけではなく、その場のやりとりは即興的に行われる。一方、あらかじめ決められたマニュアル通りに行われる場合も存在する。例えば、飲食チェーン店などで見られるマニュアル通りの接客である。濱(2006)は、チェーン店員のマニュアル口調と個人店で働く店員の即興的な口調を比較したところ、マニュアル口調は親しみが薄く、質問しづらい印象を与えたことを報告している。また沖野(2021)は、マニュアル通りの敬語が、相手に違和感を感じさせる問題を検討している。これらの先行研究で示されていることは、相手の発話に関する「即興か、マニュアルか」という点に関して、第三者による弁別が可能であるということである。そこで本研究では、発話に加えて、身振りを伴った2者間のコミュニケーション場面を設定し、そこで生じるコミュニケーションの即興性を判断する課題を新たに作成し、即興性の知覚弁別に関わる要因について検討した。

1.3 弁別の対象としての演劇

本研究では、2者間で交わされたコミュニケーションが、即興的なのか、それともマニュアル的なのかに関する弁別を検討するために、即興で行われた劇(即興劇)・台本のある劇(台本劇)という2つの演劇を用いる。演劇とは、人間の身体を媒体とし、視聴覚を通して、第三者にドラマを伝える力動的な芸術であり、そこには人の生活が投影されている(河竹, 1978)。つまり人の生活を人工的に作りあげることが可能である。実際の生活におけるコミュニケーションは、即興的であれ台本的であれ、刻々と過ぎゆく時間に埋め込まれているため限定的に抽出して検討することは困難である。しかし俳優を媒体とした演劇であれば、内容を統制

して、明確に即興的な行為と台本的な行為を作り出し、比較検討が可能となる。

1.4 知覚モダリティの優位性

第三者が、対人コミュニケーションにおける「即興性」を知覚できるとしたら、どのような知覚モダリティが優位なのだろうか。演劇は「総合芸術」と言われるように、身体による視覚的な表現と音声による聴覚的な表現を介して情報の伝達が行われる。一方、異なる刺激モダリティの知覚特性に関する先行研究では、視聴覚それぞれの優位性を報告する研究が存在する。

まず、視覚の優位性に関しては、視覚の位置の変化が、聴覚に影響を及ぼすことを示した研究 (Weerts & Thurlow, 1971) や腕のポジショニング課題によって、視覚が優位であることを報告した研究 (工藤, 1980) など多く報告されている。また日常の行為には、マイクロスリップ (佐々木・鈴木, 1994) と呼ばれる動きの「よどみ」が存在するが、演劇では台本が決まり、練習をすればするほど、マイクロスリップが消えてしまうという報告がある (平田, 2006)。このことから、マイクロスリップなど身体運動の変化に関する視覚情報が、弁別の手がかりになる可能性がある。

聴覚の優位性を検討した研究では、発話の単語に関する弁別において (高野ら, 2000)、印象形成の手がかりにおいて (廣兼・吉田, 1984; 大坪・吉田, 1990)、視覚よりも聴覚の優位性が主張されている。重野

(2020) は、声は意味の伝達だけではなく、相手の感情や心理状況を知るための重要な情報であると主張して、音声によって伝達される情報の多様性を示した。

そこで本研究では、視聴覚条件・視覚条件・聴覚条件という3つの条件で同一場面の映像を提示し、単一モダリティの情報 (それぞれ単独の視覚情報および聴覚情報) ならびに複数モダリティの情報 (視覚+聴覚情報) が即興性の弁別に対してどのような影響を与えるのかを検討する。

1.5 オンライン実験

本研究では、2020年に発生した新型コロナウイルス感染症の流行により対面における実験が困難になったことから、オンラインでの実験を実施した。Webインターフェイスを介したオンライン実験は国際的にも増加している (e. g., 秦・Song, 2020; 小林, 2021)。一方、オンライン実験の限界は、実験協力者の実験環境を

統制できないことや (井上, 2020)、実験参加者の Satisficing (Krosnick, 1991) の問題がある。

1.6 本研究の目的とアプローチ

上記の議論を踏まえて、本研究の目的は以下とする。まずオンライン実験の環境において、即興・台本で行われた演劇映像の弁別判断に対する映像刺激モダリティの影響を明らかにする。このとき、刺激モダリティ条件として、視聴覚、視覚、聴覚の3条件を設定し、それぞれのモダリティ条件下で2種類の映像 (即興劇・台本劇) を提示して弁別テストを行い、回答に関する自信度を尋ねる。2つ目の目的は、弁別判断にかかわる視聴覚情報の主観的印象を明らかにすることである。そこで実験協力者に、弁別の理由を自由に記述してもらい、得られた言語データに対して、テキストの計量的分析を行う。本研究では、語彙の出現頻度やその関係を検討することが目的であるため、データ全体像の把握のために対応分析を、頻出語彙の関係性を知るために共起ネットワークの手法 (樋口, 2017) を用いた。

2. 方法

2.1 実験協力者と実験条件

実験協力者は、大学生 156 名 (男女各 78 名, 平均年齢 = 21.08, $SD = 2.58$, 平均観劇回数 = 0.95 回, $SD = 1.47$, 平均舞台出演回数 = 1.76, $SD = 1.19$) であった。実験協力者の属性を統一するために、観劇経験もしくは舞台経験が 6 回以上ある実験協力者のデータは、解析から削除した。実験条件として、刺激提示のモダリティ (映像と音声があった刺激を提示する「視聴覚条件」、映像のみを提示する「視覚条件」、音声のみを提示する「聴覚条件」) を設定した。実験協力者は、条件ごとに男女 52 名 (男性 = 26 名, 女性 = 26 名) ずつを割り当て、各条件下で即興劇と台本劇を視聴した。

2.2 刺激の作成 (即興劇・台本劇)

2.2.1 即興劇の作成

演者 2 名に実験の意図を説明して、軽いウォーミングアップを行った後、即興劇を演じてもらった。演技はできるだけ日常に近いテンションで、日常でも起こりうる架空の状況 (「葬儀場行き看板を持つ男と葬儀場の場所を尋ねる女」) を設定した。それ以外 (例えばストーリーなど) は、全く決めずに、自由に 3 分ほど演じてもらった。

2.2.2 台本劇の作成

次に台本劇の刺激を作成した。まず即興劇を撮影した映像から、最初の45秒を採用して、演者が発したセリフを書き出して台本を作成した。この台本を、即興劇と同じ演者2名に覚えてもらい、できるだけ即興劇で演じた時と同じセリフと動きで演じるように教示を行い、練習の時間を設けた後、20回の実践を行い、演者たちにセリフをすべて覚えたことを確認して、20回目に演じた劇を、今回の刺激で用いる台本劇とした。

2.2.3 即興劇と台本劇のセリフの統制

2.2.2で作成した2つの劇は、ビデオカメラで撮影され、映像や音声の編集にはMacの映像編集ソフトiMovieが使用された。なお、どちらの劇に対しても、開始は演者Aの動き出し、終了は演者Bのセリフ「お久しぶりです」で統一した。映像時間は、即興劇は41.94秒、台本劇は43.85秒であった。セリフの文言に関しては、即興劇の総抽出語数は100語、台本劇の総抽出語数は75語で、台本劇のセリフの91%は、即興劇のセリフと同様であった。セリフの内容の一部を、表1に示した。

表1. 即興劇と台本劇のセリフ

| 即興劇のセリフ内容 | |
|-----------|--------------------|
| 01A | え：やまもとけこちらです |
| 02B | ごくろうさまです |
| 03A | たなかさん：：ほら：あれよ：：いけだ |
| 04B | ちがい[ます] |
| 05A | [あの]：いや：あの：ちがった |
| 06B | わたしじゃないで[す] |
| 07A | [た]なかさんじゃない |
| 08B | えっと：ちよっ：：みちじゅんは |

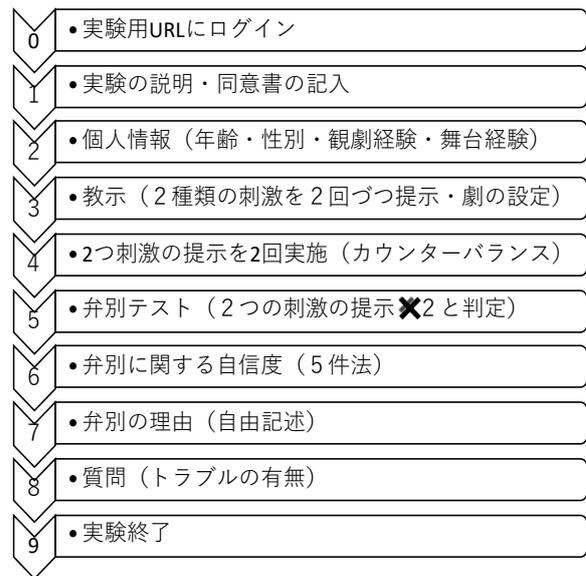
| 台本劇のセリフ内容 | |
|-----------|----------------------------------|
| 01A | え：：やまもとけ：こちらです |
| 02B | ごくろうさまです |
| 03A | たなかさん：：ほら：あれ：：いけだ |
| 04B | ちがいます (0.15) たなかじゃありません |
| 05A | たなかさんじゃない |
| 06B | みちじゅんは： |
| 07A | あ、こちらえっとはいって：ごふんぐらいあるいたところなんですけど |

表1のトランスクリプト記号に関する補足：番号は発話の順番を、AとBは演者AとBを示す。[]内の語は、セリフの重なりを示す。コロン表示は、表記直前の発話音の引き延ばしを示し、コロン数は相対的な長さを示す。

2.3 オンライン実験の設計と手順

本研究では、オンライン実験ビルダーGorillaを使用して、実験内容を構築し、実験を実施した。オンライン実験の手順は以下である(表2)。

表2. オンライン実験の流れ



まず実験協力者は、指定されたURLアドレスから実験ページにログインをした。全ての指示は文字ベースで提示され、全てのページの送りや刺激の開始は、実験協力者が手動で行った。「視聴覚条件」と「聴覚条件」の実験参加者には、あらかじめヘッドフォンかイヤフォンの装着が求められた。実験画面に進むと、実験の概要説明と実験参加への同意確認が行われて、実験に同意しない者は、ブラウザを閉めることで実験は終了となった。同意した実験参加者は、謝金支払いのために氏名とメールアドレスを記入して、弁別テストの手順と劇の設定に関する説明が示された教示ページへと進んだ。「視聴覚条件」と「聴覚条件」の実験協力者には、ここで事前の音量調整を行わせた。次に刺激Aと刺激Bの提示を2回行った。その後、どちらが即興劇だと思うかという質問が提示され、アイコンをクリックすることで回答させた。なお、これら刺激の提示はカウンターバランスを取った。その後、判定に対する自信度を5件法(自信はない、自信はあまりない、どちらで

もない, 自信は少しある, 自信はある) で, 判定理由を自由記述で回答させて, 最後に, 実験中のトラブルの有無を確認して, 実験参加者がブラウザを閉じることで, 実験は終了した. 本実験は, 実験協力者に時間的な負担がかかりすぎないように, 所要時間が 20 分以下になるように設計した.

2.4 データの解析方法

オンライン実験によるデータ収集において注意すべき点は, WIFI 環境の理由により, 実験中に映像や音声が入り込んでしまうことである. そのため実験中のトラブルの有無を確認して, トラブルの申告があった場合には, その都度, 分析の対象から除外して, 新たに実験協力を募り, 最終的に各条件の人数が揃うようにした.

弁別テストによって得られた回答について, 2項分布を用いた直接確率計算法により, 各条件の正答確率がチャンスレベル (50%) より有意に高いかどうかを判定した. また条件間での正答/誤答数の比率の差について, カイ自乗検定を用いて検討した. 自信度に関しては, 各条件において正答と誤答を区分したうえで, 刺激モダリティ要因 (3水準: 視聴覚, 視覚, 聴覚) × 回答区分要因 (2水準: 正答, 誤答) の 2 要因分散分析を行った. 自由記述で得られた質的データは, 樋口 (2014) に基づき, テキストマイニングに適した KH Coder (Ver. 3. Beta. 03) を用いた計量テキスト分析として, 対応分析と共起ネットワーク解析を行った.

3. 結果と考察

3.1 正答率に関する検討

表 3 のように, 条件ごとの正答率を求めたところ「視聴覚条件」は 85%, 「聴覚条件」は 85%, 「視覚条件」は 77% となり, 3 条件ともチャンスレベル (.50) よりも高い正答率を示した ($p < .001$). カイ二乗検定の結果, 3 群の比率において有意な差は認められなかった ($\chi^2 = 1.393$, $df = 2$, $p > .05$). この結果は, 今回の課題映像に関しては即興劇と台本劇の弁別がいずれの条件においても偶然以上の確率で可能であったこと, およびモダリティの種類や数の違いによって正答率が異なるとはいえないことを示している. また今回の課題に関して, 各条件とも 80% 前後の高い確率での弁別が可能であったことから, この弁別に関わる情報は, 俳優の振る舞いとセリフという複数のモダリティに, それぞれ埋め込まれていたと考えられる.

表 3. 正答数/誤答数に関するクロス集計表

| | 正答数 | 誤答数 | Total |
|-------|-----|-----|-------|
| 視聴覚条件 | 44 | 8 | 52 |
| 聴覚条件 | 44 | 8 | 52 |
| 視覚条件 | 40 | 12 | 52 |
| Total | 128 | 28 | 156 |

3.2 正答/誤答と自信度の関係

3 条件における正答者と誤答者を区分して, 自信度に差があるかどうかを検証するために刺激モダリティ × 回答区分を要因とする 2 要因の分散分析を行った. その結果, 交互作用は認められず ($F(2, 150) = .980$, $p = .378$), 刺激モダリティと回答区分の主効果が有意となった ($F(2, 150) = 4.657$, $p = .011$; $F(1, 150) = 10.837$, $p = .001$). Holm 法を用いた多重比較の結果, 正答時の視聴覚条件と視覚条件, および聴覚・視覚条件における正答と誤答の間に有意差が認められた.

正答時の自信度が誤答時よりも高く, 3 条件のなかでも最も正答率の高かった視聴覚条件において自信度も高かったことを勘案すると, この自信度は参加者の弁別判断に対するメタ認知を正確に反映している可能性があるとともに, これの結果はオンライン実験における実験参加態度が適切であったことを示す 1 つのエビデンスとして捉えることができる.

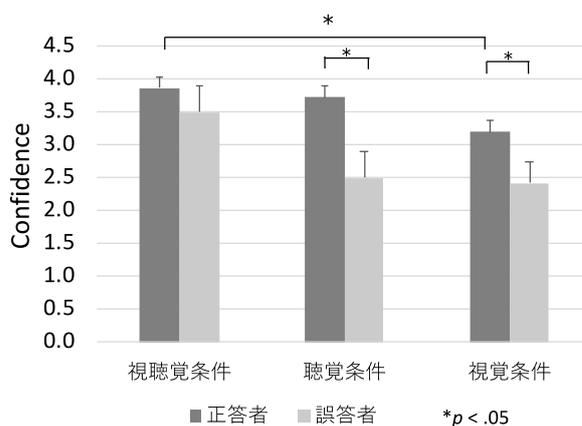


図 1. 条件ごとの正答/誤答者率と自信度の関係

3.4 自由記述の検討

実験協力者から得られた 156 件の自由記述データを, KH Coder を用いて読み込み, 前処理を実行し, 頻出語を確認した上で, それらの語の共起関係を探った. 文章の単純集計を行った結果, 226 の段落, 355 の文が確認された. また総抽出語数 (分析対象ファイルに含まれ

ていた全て語の延数)は8951,異なり語数(何種類の語が含まれていたかを示す数)は875であった.

3条件に対して語彙の分布を確認するため対応分析を行ったところ,頻出語は3条件ごとに分類された.それぞれを確認すると,視覚条件のエリアには「動き・みる・動作・表情」など,視覚に關係する語彙の集合が見られた.聴覚条件のエリアには「言う・自信・セリフ・話・印象・声・人」など,聴覚に關係する語彙が集まっており,視聴覚条件のエリアには「人・出る・スムーズ・判断」などの語彙が見られた.そこで視覚と聴覚の両者を備えた「視聴覚条件」において,正答者と誤答者が記載した語彙の違いを検討するために,上位50語に関して,正答・誤答者を外部変数として共起ネットワークを作成した(図2).共起ネットワークとは,データにおいて出現パターンが似ている語(すなわち共起の程度が

強い語)を線で結んだネットワークを描いた図を作成するものである.強い共起關係ほど太線で,出現数が多い語ほど大きい円で描画されている.正答者と誤答者の両者に共通した語彙は中心に,正答・誤答者独自の語彙は,外側の円に示されている.正答者においては「セリフ・はっきり・声」という聴覚に關係する語彙が抽出された一方で,視覚に關係する語彙は抽出されなかった.自由記述データから,視聴覚両方の刺激があった場合の正答者は誤答者と比較すると,弁別理由として聴覚から得るセリフや声に關係する語彙を共通して挙げていることが明らかになった.一方で,視覚に關連する語彙が抽出されなかったことから,即興性に關する印象の共起性に関してはモダリティ間で異なる可能性が示唆される.

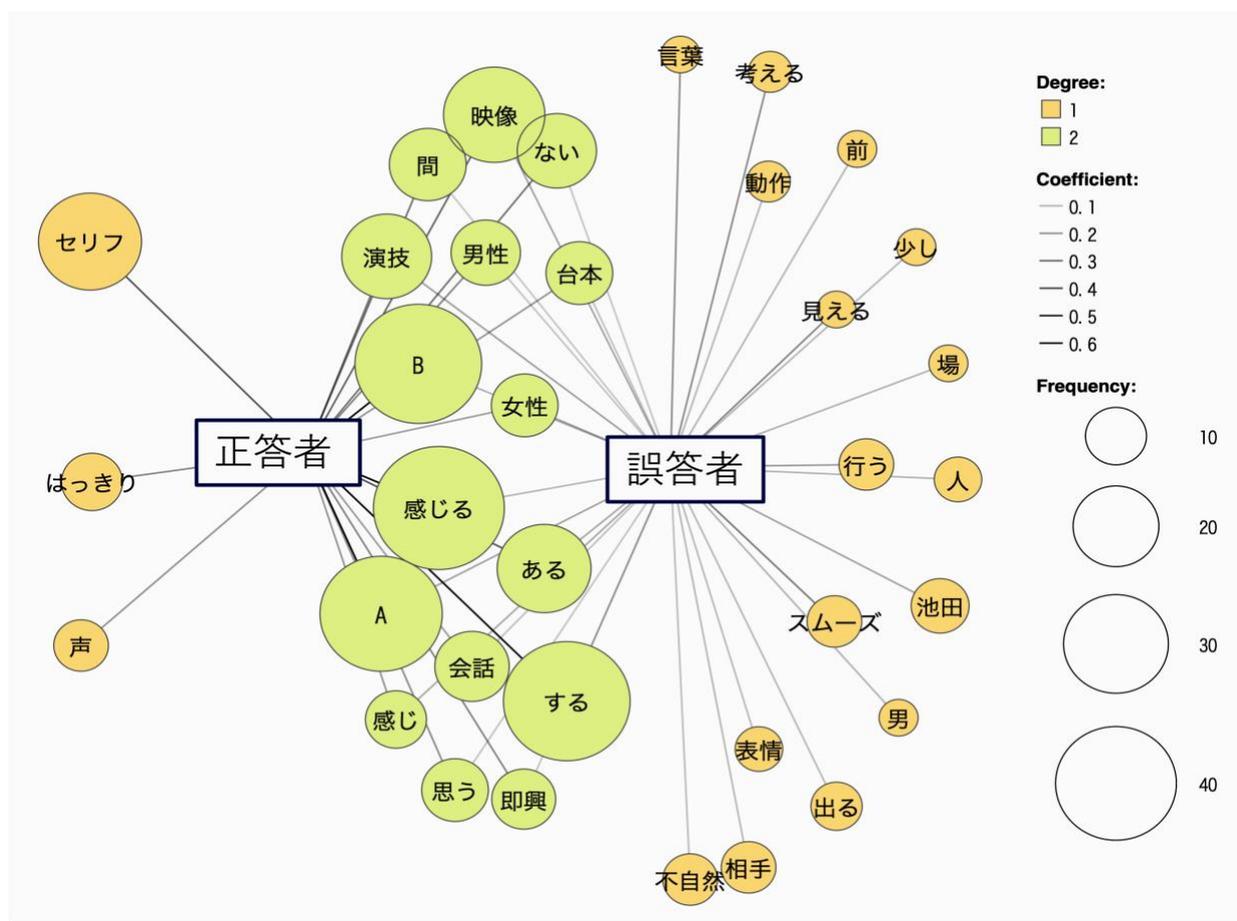


図2.「視聴覚条件」の正答者と誤答者の自由記述における共起ネットワーク

4. まとめ

本研究では、第三者が二者間のコミュニケーションを見たとき、その状態が即興であるか・台本であるかを弁別することの可能性に関して、異なるモダリティ（「視聴覚条件」「視覚条件」「聴覚条件」）による即興劇・台本劇の課題刺激を用いた弁別テストを行い、判断の自信度と理由を尋ねた。その結果、今回の課題刺激に関しては、即興劇と台本劇の弁別がいずれの条件においても偶然以上の確率で可能であった。またモダリティの種類や数の違いは、正答の自信度に影響を及ぼす可能性が示唆された。さらに自由記述データから、弁別理由として、視覚に関連する語彙よりも、聴覚から得る語彙がより挙げられており、即興性に関する印象の共起性に関してはモダリティ間で異なる可能性が示唆された。

本研究の限界は、扱った刺激が特定の演者による演劇であったことである。今後はその種類を増やして検討する必要がある。それと同時に、本実験結果を踏まえると、今後の研究においては、今回の課題刺激のなかで視覚・聴覚という各モダリティに埋め込まれた「即興性」について、2者の振る舞いの協調性やセリフの「間」、あるいは動きや発話の「よどみ」という観点から、さらに検討することが可能になる。今後は、これらの検討を通して、対人間のコミュニケーションに埋め込まれ、抽出される多様な身体的情報の特性を明らかにしていきたい。

文献

- [1] 坊農真弓・高梨克也.(2007). 多人数インタラクション研究. 人工知能学会誌, 22(6), 838-845.
- [2] 大坊郁夫.(2006). コミュニケーション・スキルの重要性. 日本労働研究雑誌, 546, 13-22.
- [3] Gibson, J. J. (1966). The Senses Considered as Perceptual Systems. In *Journal of Aesthetic Education* (Vol. 3, Issue 1). Boston: Houghton Mifflin.
- [4] Goodwin, C. (1981). *Conversational Organization: Interaction between Speakers and Hearers*. New York: Academic Press.
- [5] 秦正樹, & Song, J. (2020). オンライン・サーベイ実験の方法 : 実践編. 理論と方法, 35(1), 109-127.
- [6] 濱保久.(2006). 飲食チェーン店の接客に関する一考察(2). 日本心理学会大会発表論文集, 日本心理学会第70回, 11.
- [7] 樋口耕一.(2017). 計量テキスト分析および KH Coder の利用状況と展望. 社会学評論, 68(3), 334-350.
- [8] 平田オリザ.(2006). 芝居も腐りかけが一番いい. In 佐々木正人 (Ed.), *アート/表現する身体* (pp. 44-54). 東京大学出版会.
- [9] 廣兼孝信・吉田寿夫.(1984). 印象形成における手がかりの優位性に関する研究. 実験社会心理学研究, 23, 117-124.
- [10] 井上和哉.(2020). 反応時間の個人差とオンライン実験. 基礎心理学研究38(2), 237-242.
- [11] 河竹登志夫.(1978). *演劇概論*. 東京大学出版会.
- [12] Kendon, A. (1972). Some relationships between body motion and speech. In B. (eds. Siegman, A and Pope (Ed.), *Studies in Dyadic Communication*. Elmsford, NY., Pergamon Press.
- [13] Kendon, A. (1980). Gesticulation and speech: Two aspects of the process of utterance. In M. R. (ed. Key (Ed.), *The Relation between Verbal and Nonverbal Communication*, Hague, Mouton.
- [14] 小林正法.(2021). 再生に基づく記憶現象のオンライン実験による再現. 日本認知心理学会発表論文集, 18.
- [15] Krosnick, J. A. (1991). Response strategies for coping with the cognitive demands of attitude measures in surveys. *Applied Cognitive Psychology*, 5, 213-236.
- [16] 工藤孝幾.(1980). 運動感覚に対する視覚の優位性とその定量化. 体育学研究, 25(1), 13-20.
- [17] McNeil, D. (1992). *Hard and Mind: What Gestures Reveal about Thought*. Chicago: The University of Chicago Press.
- [18] 三浦麻子・小林哲郎.(2018). オンライン調査における努力の最小限化が回答傾向に及ぼす影響. 行動計量学, 45(1), 1-11.
- [19] 大坪靖直・吉田寿夫.(1990). 印象形成における手がかりの優位性に関する研究. 実験社会心理学研究, 30, 25-33.
- [20] Oppenheimer, D. M., Meyvis, T., & Davidenko, N. (2009). Instructional manipulation checks: Detecting satisficing to increase statistical power. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45(4), 867-872.
- [21] 佐々木健一.(1995). *美学辞典*. 東京大学出版会.
- [22] 佐々木正人・鈴木健太郎.(1994). 行為の中心にあること. 心理学評論, 37(4), 454-472.
- [23] 重野純.(2020). *本心は顔より声に出る一感情表出と日本人*. 新曜社.
- [24] 高野佐代子・津崎実・加藤宏明.(2000). 発話の時間構造知覚における視聴覚の情報統合. 日本音響学会誌, 56(10), 683-694.
- [25] Thurlow, W. T. C. and W. (1971). The Effects of Eye Position and Expectation on Sound Localization. *Perception and Psychophysics*, 9, 35-39.

パーソナリティ特性と安静時脳波コネクティビティの関連性 The relationship between personality traits and resting state EEG connectivity

星海地[†], 嶋田 総太郎[‡]
Kaichi Hoshi, Sotaro Shimada

[†] 明治大学大学院理工学研究科, [‡] 明治大学理工学部
Graduate School of Science and Technology, Meiji University
[‡] School of Science and Technology, Meiji University
ce201042@meiji.ac.jp

概要

人間の基本的パーソナリティ特性の評価方法としてビッグファイブ理論が提案されており、ビッグファイブの5因子から少なくとも4つの性格クラスタに分類できることが報告されている。本研究ではビッグファイブによって分けられる4つの性格クラスタと安静時の脳波から得られた脳領域間のコネクティビティとの関連性を調査した。実験の結果、各クラスタにおけるコネクティビティのパターンを可視化でき、ビッグファイブ5因子をクラスタに分けて脳ネットワークとの関連性を議論することの有用性を示した。

キーワード: パーソナリティ特性, ビッグファイブ(Big-Five), 脳波(EEG)

1. 背景

人間の基本的パーソナリティ特性は神経症傾向, 外向性, 開放性, 協調性, 勤勉性の5因子から推定できるというビッグファイブ理論(5因子モデル)が提案されており、日本でも多く用いられている[1]。またパーソナリティ特性は脳の生物学的機能と関連すると考えられ、これらの相関を調査する研究が多く行われてきた。先行研究では5因子のスコアが特定の脳領域の体積と関連があり、特に前頭葉の影響が大きいことが示されている[2][3]。前頭前野や島皮質での糖代謝量が外向性や神経症傾向, 開放性との相関があることも報告されている[4][5]。更には、安静時の脳活動のコネクティビティからいくつかのパーソナリティ特性因子を有意に予測できることが示されている[6][7]。また脳波を用いて周波数帯別の活動量と5因子の相関を調査した先行研究においても性別による差はあるが、 δ 波帯域活動は外向性と勤勉性, θ 波帯域活動は外向性と勤勉性, 協調性, α 波および β 波帯域活動では神経症傾向と相関があることが示されており、主に大脳辺縁系や脳幹

との関連を示している[8]。これらの研究のように5因子モデルと脳機能との関連が多く報告されているが、5因子を総合的に捉えて脳機能との関連を調査したものは少ない。5因子モデルの先行研究では150万人以上の5因子モデルを用いてクラスタリングによる性格タイプの特定制を行った研究では少なくとも4つの性格クラスタが存在することを報告されている[9]。本研究では安静時の脳波から得られたコネクティビティと5因子モデルから推察される4つの性格クラスタの関連性を調査することを目的とする。また、調査するネットワークは安静時に活動が上昇するデフォルトモードネットワーク(DMN), DMNとは対照的にタスク中に活動するセントラルエグゼクティブネットワーク(CEN), DMNとCENの切り替えや顕著性の処理に関わるセリエンスネットワーク(SN)領域の3つとする[10]。

2. 実験

2.1 被験者

被験者は81人の健康な大学生(女性15人, 20.0 ± 1.50歳、平均 ± 標準偏差)が実験に参加した。被験者からは、実験が始まる前に実験内容の説明をした上で、脳波測定前に研究参加同意書の署名を得た。

2.2 実験手順

まず被験者ごとの電極座標を測定するために、電極キャップを被験者が装着し、デジタイザ(FASTRAK, Pollhemus社)によってその電極位置を計測した。被験者は着席状態で4分20秒の間、閉眼かつ安静にもらい、その間の脳波を測定した。被験者には脳波測定の際には大きく身体を動かさないこと、眠らないことの2点を警告した。脳波測定後、被験者はパーソナリティ特性5因子を測定できるTen Item Personality Inventory (TIPI-J) [11]のアンケートに回答した。

2.3. 脳波測定

脳波計測は生体アンプ (g.USBamp, g.tec MedicalEngineering GmbH, オーストリア) を2台用いて、拡張国際10/20法に従った30ヶ所 (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FT7, FC3, FCz, FC4, FT8, T7, C3, Cz, C4, T8, TP7, CP3, CPz, CP4, TP8, P7, P3, Pz, P4, P8, POz, O1, O2), 基準電極を左耳朶または右耳朶に、接地電極をAFzに貼付し安静時の被験者の脳波を計測した。0.5~100 Hz のバンドパスフィルタをかけ、サンプリング周波数 512 Hz で記録した。

2.4. 解析

2.4.1. コネクティビティ解析

測定のエラーが生じたために、6人の被験者から電極を取り除いた。1ヶ所の電極を取り除いたのは計5人でFp1, FC4, CP4をそれぞれ1人ずつ、TP4を2人から取り除いた。2ヶ所の電極を取り除いたのは1人でFzとCP4を取り除いた。脳波解析には数値解析ソフト (MATLAB R2018b, The MathWorks, Massachusetts, USA) を使用した。まず得られた脳波データから、開始と終了の合図で記録された信号をもとにタスク時間のみを切り取った。その後、タスク開始10秒後から220秒後までの210秒間を切り取り本実験で扱う脳波データとした。210秒の脳波データを、MATLAB上で動作する脳波解析ソフト (EEGLAB 14.1.1, Swartz Center for Computational Neuroscience, San Diego, USA) を使用して、遮断周波数46Hzのローパスフィルタ (low pass filter: LPF) を適用し、電極情報の登録を行い、電源ノイズ (50Hz) を取り除くノッチフィルタをかけた後、256Hzまでダウンサンプリングを行った。これらの処理を行った後、独立成分分析 (Independent Component Analysis: ICA) を行うことによって脳波データから眼電成分と筋電成分が含まれる成分を取り除いた。

前処理を行った脳波データをコネクティビティ解析をするため University of Zurich (UZH) によって開発・配布されている脳波解析ソフト sLORETA を使用した。DMN, SN, CEN の各ネットワーク領域でコネクティビティ解析するために関心領域 (ROI) をブロードマンエリアから定め、DMN と SN の共通領域として内側前頭前野と前帯状皮質の複合領域 (BA24, 25, 32 野), DMN と CEN の共通領域として、縁上回 (BA39 野), 角回 (BA40 野), その他 DMN は内側後部帯状回 (BA23, 31 野), SN は島皮質 (BA13 野), CEN は背外側前頭前野 (BA 8, 9, 10, 46 野), 眼窩前頭皮質 (BA11, 47 野) とし

た。周波数帯域は δ 波 (1-4Hz), θ 波 (4-8Hz), α 波 (8-13Hz), β_1 波 (13-18Hz), β_2 波 (19-22Hz), β_3 波 (22-30Hz) の6つに分けた。

各周波数帯におけるコネクティビティは低い空間分解能及び体積電動効果の影響を最小限に抑えられる遅延位相同期 (lagged phase synchronization) を用いた[12]。

2.4.2. 5因子クラスタリング

クラスタリング手法は混合ガウスモデル (Gaussian mixture model: GMM) とし、機械学習ライブラリである Scikit-learn によって計算された。被験者81人の5因子のスコアを基に4つのクラスタに分けた。各ROI間の平均コネクティビティをクラスタごとに求め、特に値が高かったコネクティビティからクラスタごとの特徴を調査した。またクラスタ間でのコネクティビティ値の違いを調査するために分散分析を行い、ボンフェローニ補正で有意性を評価した。

3. 結果

クラスタリングした4つのクラスタをA, B, C, Dとし各クラスタの人数はそれぞれ19人, 26人, 9人, 27人となった (表1, 図1)。次にクラスタの平均コネクティビティ値が0.2を超え、強いコネクティビティを周波数帯ごとに図2示す。 δ から α 波の低周波帯では強いコネクティビティは見られなかったが、 β 帯域で強いコネクティビティを示すものがあつた。分散分析の結果はどの周波数帯およびコネクティビティにおいても有意でなかった。

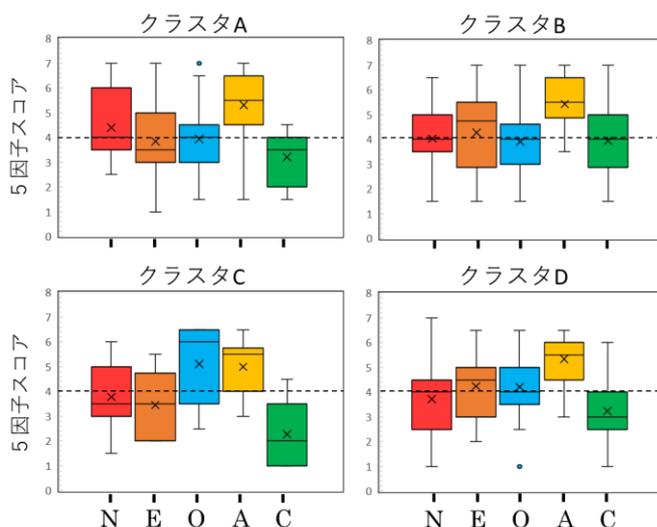


図1 各クラスタの5因子スコア

(N: 神経症傾向, E: 外向性, O: 開放性, A: 協調性, C: 勤勉性)

表1 各クラスタ情報

| クラスタ | 人数 被験者(/81) | 神経症 | | 外向性 | | 開放性 | | 協調性 | | 勤勉性 | |
|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 平均 | 標準偏差 |
| A | 19 | 4.39 | 1.32 | 3.84 | 1.65 | 3.95 | 1.35 | 5.32 | 1.38 | 3.21 | 1.02 |
| B | 26 | 4.04 | 1.10 | 4.22 | 1.60 | 3.92 | 1.41 | 5.44 | 1.08 | 3.86 | 1.38 |
| C | 9 | 3.78 | 1.29 | 3.44 | 1.30 | 5.11 | 1.49 | 5.00 | 1.08 | 2.28 | 1.31 |
| D | 27 | 3.72 | 1.40 | 4.24 | 1.22 | 4.20 | 1.25 | 5.33 | 0.96 | 3.24 | 1.38 |

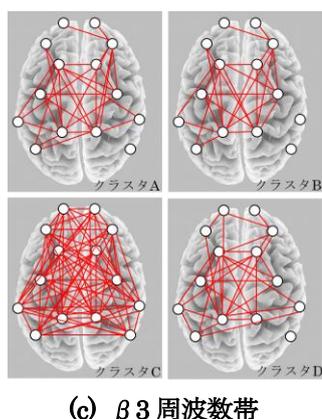
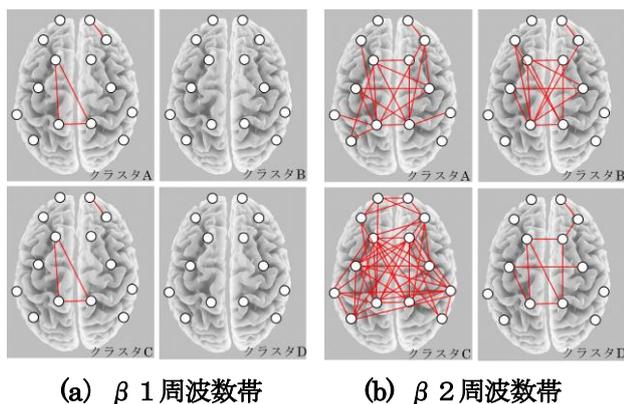


図2 特に高い値だったコネクティビティ

4. 考察

5 因子スコアのクラスティング結果では大きく類似しているクラスタはなく、4つの性格クラスタに分けることができたと考えられる。先行研究では5因子モデルのクラスティングで Average 型, Self-centred 型, Reserved 型, Role model 型の4つに性格を分けられるとしている[9]。これらのパーソナリティには特徴があり Average 型は神経症傾向と外向性が高く開放性が低い。Self-centred 型は外向性がとても高く開放性と協調性、勤勉性が平均より低い。Reserved 型は神経症傾向と

開放性が低く、協調性と勤勉性がやや高い。Role model 型は20代以下に少ない傾向があり神経症傾向が最も低く、それ以外がやや高い特徴を持つ。これらの特徴を基に本実験でのクラスティング結果を考察する。クラスタ A は神経症傾向が高く開放性が低い特徴があり Average 型に対応すると考えられる。次にクラスタ B は協調性と勤勉性が高いことから Reserved 型と見なせる。クラスタ C は開放性が最も高く神経症傾向がやや低く更にクラスタ内人数が最も少なかった。本実験では20歳前後の大学生を対象としたために、この結果は Role model 型の特徴と一致し整合性がとれる。最後にクラスタ D では外向性が最も高く、開放性と協調性、勤勉性も他のクラスタと比較して平均的であることから Self-centred 型に対応すると考えられる。これらの結果から4つの性格クラスタへの分類が日本人の学生にも概ねあてはまることが示唆された。

次にクラスタごとのコネクティビティのパターンから、性格クラスタによって異なるネットワークを形成していることが分かる。特にクラスタ C は $\beta 1$ 波帯域において DMN(内側前頭前野-後帯状皮質)で強いコネクティビティを示し、他の β 波帯域で多数のコネクティビティを構成していることがわかる。DMN の活動は「今この瞬間に集中せずに他のことを考える」マインドワンダリング (MW) と関係することが知られている[13]。一方、クラスタ C は開放性が最も高い特徴があるが、開放性は創造性の高さとの関連性が報告されており[14]、創造性の高さとは MW 傾向が正の相関があることも報告されている[15]。これらのことから、クラスタ C における DMN の強いコネクティビティは開放性の高さを反映したものだと考えられる。その他のクラスタにおいても異なったコネクティビティパターンが見られており、各クラスタの特徴をコネクティビティパターンで検討することの有用性が示唆されているといえる。

本研究では5つの因子を総合的に捉え、クラスタリ

ングされた4つの性格クラスタごとの脳波コネクティビティパターンを確認した。その結果クラスタ間でコネクティビティの違いを確認することができ、パーソナリティと脳活動の関連性を議論する手法として、性格クラスタごとのコネクティビティ解析を使用することの有用性を示唆することができた。

- “The neural bases of momentary lapses in attention.” *Nat Neurosci.* Vol.9, No.7, pp.971-8.
- [14] 西川隆蔵(1992), ”パーソナリティの開放性-閉鎖性に関する研究”, 教育心理学研究, Vol.40, No.1, pp.37-46
- [15] Agnoli, Sergio Vanucci, Manila Pelagatti, Claudia Corazza, Giovanni Emanuele(2018).” Exploring the link between mind wandering, mindfulness, and creativity: A multidimensional approach.”, *Creativity Research Journal* Vol.30, No.1, pp.41-53

文献

- [1] 並川努, 谷伊織, 脇田貴文, 熊谷龍一, 中根愛, 野口裕之, (2012), ” Big Five 尺度短縮版の開発 と信頼性と妥当性の検討” *心理学研究*, vol.83, No.2, pp.91-99
- [2] Wright CI, Williams D, Feczko E, Barrett LF, Dickerson BC, Schwartz CE, Wedig MM (2006) “Neuroanatomical correlates of extraversion and neuroticism.” *Cereb Cortex* vol.16, No.12, pp.1809-1819.
- [3] DeYoung CG (2010) “Personality neuroscience and the biology of traits.” *Soc Pers Psychol Compass* vol.4, No.12 pp.1165-1180
- [4] Deckersbach T, Miller KK, Klibanski A, Fischman A, Dougherty DD, Blais MA, Herzog DB, Rauch SL (2006) “Regional cerebral brain metabolism correlates of neuroticism and extraversion.” *Depress Anxiety* vol.23, No.3, pp.133-138.
- [5] Sutin AR, Beason-Held LL, Resnick SM, Costa PT (2009) “Sex differences in resting-state neural correlates of openness to experience among older adults.” *Cereb Cortex* vol.19, No.12, pp.2797-2802.
- [6] Adelstein JS, Shehzad Z, Mennes M, Deyoung CG, Zuo XN, Kelly C, Margulies DS, Bloomfield A, Gray JR, Castellanos FX, Milham MP (2011) “Personality is reflected in the brain’s intrinsic functional architecture.” *PLoS One* Vol.6, No.11, e27633.
- [7] Alessandra D. Nostro, Veronika I. Muller, Deepthi P. Varikuti, Rachel N. Plaschke, Felix Hoffstaedter, Robert Langner, Kaustubh R. Patil, Simon B. Eickhoff (2018), “Predicting personality from network-based resting-state functional connectivity”, *Brain Structure and Function*, vol.223, pp.2699-2719
- [8] Tran Y, Craig A, Boord P, Connell K, Cooper N, Gordon E. (2006) “Personality traits and its association with resting regional brain activity.” *Int J Psychophysiol.* Vol.60, No.3, pp.215-24.
- [9] Martin Gerlach1, Beatrice Farbl, William Revelle2 and Luis A. Nunes Amaral (2018) “A robust data-driven approach identifies four personality types across four large data sets.” *Nature Human Behaviour*, vol.2, pp.735-742
- [10] Goulden N, Khusnulina A, Davis NJ, Bracewell RM, Bokde AL, McNulty JP, Mullins PG. (2014) “The salience network is responsible for switching between the default mode network and the central executive network: replication from DCM.” *Neuroimage*.1;99:180-90.
- [11] 小塩真司, 阿部晋呉, Pino Cutrone, (2012), ”日本語版 Ten Item Personality Inventory(TIPI-J)作成の試み”, *パーソナリティ研究*, vol.21, No.1, pp.40-52
- [12] Roberto D. Pascual-Marqui, Dietrich Lehmann, Martha Koukkou, Kieko Kochi, Peter Anderer, Bernd Saletu, Hideaki Tanaka, Koichi Hirata, E. Roy John, Leslie Prichep, Rolando Biscay-Lirio and Toshihiko Kinoshita (2011), “Assessing interactions in the brain with exact low-resolution electromagnetic tomography”, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol.369 No.1952, pp.3768-3784
- [13] Weissman DH, Roberts KC, Visscher KM, Woldorff MG (2006).

クラウドソーシングにより収集される他者意見の多様性と質

Diversity and quality of opinions in crowdsourcing for knowledge creation

荒井 武蔵[†], 山崎 治[‡]

Musashi Arai, Osamu Yamazaki

[†]千葉工業大学大学院, [‡]千葉工業大学

Graduate School of Chiba Institute of Technology, Chiba Institute of Technology

s1632005RK@s.chibakoudai.jp

概要

本研究は、論証型、アイデア提案型の異なる性質をもつ課題を設定し、限定された範囲とクラウドソーシングによる広範囲からの意見に含まれる多様性の多寡および情報の質の特徴を明らかにすることを目的とした。結果として、アイデア提案課題において、クラウドソーシングによる意見収集では他とは異なる単独のアイデアが得やすいものの、創造的な活動への寄与という観点からみると、価値が高い意見収集とは言えないことがわかった。

キーワード：クラウドソーシング、意見の収集、多様性、情報の質

1. はじめに

近年、研究活動における新規事業・サービス企画、開発など、様々な場面で、新規で創造性のあるアイデアを生み出す力が求められている。21世紀は知識社会、あるいは Creative Society の時代であると指摘されており、人々が持つ知識創造能力をよりよく引き出し、活用できるようにすることが求められている[1]。そのための手法の一つとして、複数の「他者意見」を提示することで、自身の観点や問題自体を捉えなおす活動を促す手法が考えられる。

荒井・山崎[2]は、教育・学習支援の領域における他者との相互作用を活用する方式として、「レポートの共有」に着目した。そこで、授業時に課すレポート課題において、複数の他者の意見(レポート群)を呈示する前後における、自身の意見変化や意見の洗練化の様子を捉えるための実験を行った。その結果、多様性の高いレポート群を呈示した場合、意見変化における文章内容の質の向上を促す効果が見られた。ただし、利用されたレポート群は同一の授業を履修する学習者により回答されたレポートで構成されていた。このことにより、レポート群の多様性は一定の範囲で制限されていたことも考えられる。

清河・鷺田・植田・Eileen[3]は、創造的なアイデア生成を促進するためには、人の主観的な関心や注意といった内的な制約を緩和させることが重要であり、そ

の有効な手がかりとして、外的な情報として他者の意見を呈示する方法を挙げている。そこで、多様な情報を提供することがアイデア生成に対して及ぼす影響を検討した。その結果、アイデア生成の直接的な手がかりとなる情報の多様性が高い場合には妥当性や一貫性といった点において質の高いアイデアが生成されることを示した。しかし、多様な情報が実際に利用されたとしても、情報同士の関連性があまりに低い場合には、むしろアイデアの質を低下させてしまうことも明らかとなった。

以上のように、他者意見を提示することにより、知識創造能力を促進させる可能性は示されており、他者意見の多様性の高低により、その効果は異なることが明らかになってきた。それとともに、単純に多様性の高さが必要なだけでなく、意見同士の関連性が整理しやすいなどの「質の良い多様な意見」が求められる可能性も指摘されている。そのため、他者意見をどのように収集し、かつ、それらをどのように呈示することがより効果的かを検討していく必要があると考えられる。

多様な意見を大量かつ手軽に集約する手法としてクラウドソーシングの活用が挙げられる。クラウドソーシング(crowdsourcing)とは、不特定多数の人々の余剰能力を労働力のプールと考え、公募形式でリソースの提供を求めることである[4]。クラウドソーシングを用いた他者の意見の収集の特徴として、サンプルの多様性とデータ収集の迅速さの二点がある[5]。クラウドソーシングを利用すれば、不特定多数の多様な人々に対して一斉にデータを収集することができ、多様性の高い他者の意見を集約することでの活用が期待できる。その一方で、多様性が高すぎる場合には、「質の良い多様な意見」の集約において工夫が求められると考えられる。

このようなクラウドソーシングを用いた他者意見の収集において、その有効性を把握するために検討すべきこととして次の事柄が挙げられる。第一に、クラウ

ドソーシングで収集された意見の多様性が、その他の手段、例えば、同じ授業クラスの大学生から収集された意見の多様性と異なるか。第二に、課題の種類による多様性への影響に関して、クラウドソーシングでの収集とその他の手段による収集とで、影響の仕方が異なるか。これらの点を把握することにより、他者意見の収集から意見の呈示において、クラウドソーシング活用の考慮すべき点が明らかになると考えられる。

2. 目的

本研究では、多様性の多寡および情報の質を考慮した他者の意見の集約手法を見出し、有効な他者の意見の活用方法の提案を目的とする。そこで、同一学習者内による限定された範囲での他者の意見の集約とクラウドソーシングによる広範囲からの他者の意見の集約を行い、他者の意見内に含まれる多様性の多寡および情報の質の差異を比較・分析する。具体的には、同一学習者内とクラウドソーシングによる論証課題、アイデア提案課題の各課題の回答の差異を比較・分析し、他者の意見の有効な活用方法の検討を行う。

3. 方法

3.1 課題の選定

本調査では課題の性質が異なる自由記述課題として、「健康」をテーマにした、論証課題、アイデア提案課題の2つの課題を選定した。論証課題では、テーマに対する自らの考えを、理由とともに他者に説明する。アイデア提案課題では、論証課題を踏まえたうえで、テーマに関連したアイデアの提案を行う。各課題内容の詳細を表1に示す

表1 課題の内容

| | |
|--------|--|
| 論証 | あなたの思う「健康」の条件と、その「健康」を維持するためにはどんなことが必要か、に対して300字程度で説明してもらおう |
| アイデア提案 | あなたが考える「健康」を実現するために、実現に向けた『新しい取り組み』をみんなが「あっと」驚くような自由な発想でそれぞれ3つ提案してもらおう |

課題を選定するポイントとして、正解/不正解のない多義的な解釈があること、課題内容の理解や回答に

特別な専門知識を有さないこと、課題内容の理解や回答が比較的容易に行えることを考慮し、情報科学系の大学院生3名が協議を行い選定した。

3.2 調査の構成

本調査の構成はまず、「健康」に関する背景知識として、「健康」とは身体的・精神的・社会的に良好な状態であるといったあらゆる観点があることやSDGs(Sustainable Development Goals: 持続可能な開発目標)のひとつに「健康」に関するテーマが掲げられていること、世界中で健康的な生活を保護・推進していくための取り組みが必要であること、といった導入部分の説明を読んでもらった。

次に、導入部分を踏まえたうえで、問1の課題として論証課題への回答を、問2の課題としてアイデア提案課題への回答の記述をそれぞれ行った。参加者には課題への回答について、正解/不正解が明確にあるわけではないこと、課題内容に沿った自身の考え方やアイデアを自由に記述する旨を事前に伝えた。

最後に、課題への取り組みに関する事後アンケートへの回答をしてもらい、調査を終了とした。事後アンケートは、論証課題について、アイデア提案課題について、「健康」に対する興味・関心についての3つの要素から構成された14問の設問(択一式11問/記入式3問)として作成を行なった。

3.3 「限定された範囲」での意見の集約

限定された範囲での他者意見の集約として、本調査は、同一の授業を履修する情報系学科の大学3年生を対象として実施した。具体的には、本学2021年度の専門科目である「認知科学」の授業を履修する大学生に対して、本調査への参加者を募集した。調査は、目的及び概要について説明した後、クラウド型教育支援システム manaba course のアンケート機能を利用し、期限内に回答を行ってもらおうよう依頼した。調査ページの閲覧及び回答は自身のPCやスマートフォンなどのモバイル端末で行うことができ、各調査対象者が任意の時間・環境で回答を行うものとした。

以降では、これらの手続きにより得られた意見を、「クラス内条件」の意見と記述する。

3.4 広範囲からなる意見の集約

広範囲からなる他者意見の集約として、本調査はクラウドソーシングによる調査を実施した。具体的に

は、日本のクラウドソーシングサービスの一つであるクラウドワークス(<http://crowdworks.jp/>)に登録するクラウドワーカー(受注者)に対して、参加者募集を行なった。募集に際して、回答協力に対する報酬を支払うこととし、回答提出をした場合、報酬として一人300円(税抜)を支払った。募集人数は100名とし、2021年6月16日12時00分からクラウドワークス内で募集用ページを公開した。100名が回答した時点で公開が終了となり、同日14時35分までに100名の回答が集まった。課題の回答は、Googleが提供するGoogleフォームを用いて作成を行い、Webアンケート形式で実施した。調査は無記名式で行われ、回答は各自のペースで行ってもらった。

以降では、これらの手続きにより得られた意見を、「クラウド条件」の意見と記述する。

4. 結果

4.1 論証課題の分類

論証課題の回答内容について、島内[6]により類型化された主観的健康観(健康の定義)に基づき、分類を行なった。各類型の詳細を表2に示す。

表2 主観的健康観の類型[6]

| | |
|---|---|
| 1 | 「病気がない、身体が丈夫、快食・快眠・快便」といった身体的な健康観 |
| 2 | 「幸せ、家庭円満、生きがいの条件」といった精神的な健康観 |
| 3 | 「仕事ができること、人間関係がよい」といった社会的な健康観 |
| 4 | 「心身ともに健やかなこと」といった身体的・精神的な健康観 |
| 5 | 「心も身体も人間関係もうまくいっていること」といった身体的・精神的・社会的な健康観 |
| 6 | 「人を愛することができること、何事にも前向きに生きられること」といったスピリチュアル(霊的・魂的)な健康観 |

分析対象者は、調査に参加した134名(クラス内条件：34名、クラウド条件：20～60世代の100名)のうち、回答に不備があったものを除いた131名(クラス内条件：33名、クラウド条件：98名)とした。各条件の回答について、島内[6]の類型に基づき分類した主観的健康観の割合を図1に示す。

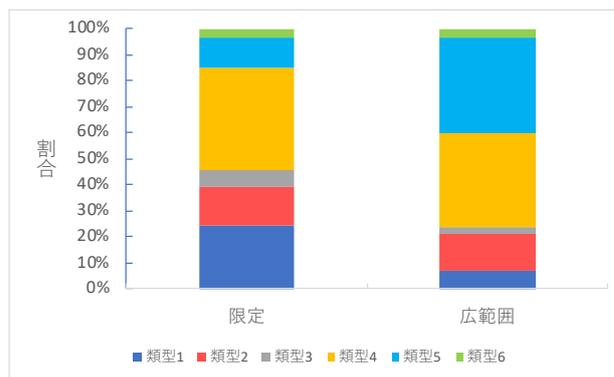


図1 各条件に含まれる主観的健康観の割合

類型1ではクラス内条件が24.24%、クラウド条件が7.14%、とクラウド条件が相対的に低い結果となった。一方で、類型5ではクラス内条件が12.12%、クラウド条件が36.73%、とクラウド条件が相対的に低い結果となった。

4.2 アイディア提案課題の評価

4.2.1 分析対象者

クラス内条件においては調査に参加した34名分の回答、計102個を分析対象とした。クラウド条件においては、クラス内条件との分析対象者の人数をそろえ、アイディアの比較を行いやすくするため、以下の手続きを行った。調査に参加した20～60世代の100名のうち、年代、性別の回答者比率を考慮したうえで、無作為に抽出された35名分の回答、計105個を分析対象とした。表3に抽出した分析対象者の年代、性別を示す。

表3 抽出した分析対象者の人数の分布

| | 20代 | 30代 | 40代 | 50代 | 60代 | 合計 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 女性 | 2 | 10 | 6 | 1 | 0 | 19 |
| 男性 | 0 | 6 | 6 | 3 | 1 | 16 |

4.2.2 アイディアの分類

各群に含まれるアイディアの中から、第一著者が同一・類似するものの統合を行なった。その結果、クラス内条件では計79個のアイディア数、クラウド条件では計83個のアイディア数に収束した。また、関連するアイディアのグループ化を行い、アイディアのカテゴリを分類した。その結果、クラス内条件では10項目、クラウド条件では11項目のカテゴリにそれぞれ分類された。例えば「だれでも簡単に作れる料理を元にした数日分の食材をまとめて配送してくれるサービス」や

「朝、昼、夜と献立を作りやすくするためにアドバイスしてくれる携帯アプリやシステム」といったアイデアは「食事・栄養」のカテゴリに分類され、「専属のカウンセラーにより、自身の精神上的のケアをしてもらうサービス」といったアイデアは「精神・カウンセリング」のカテゴリに分類された。

表4、表5に各条件におけるカテゴリの種類とアイデア数を示す。なお、「その他」の項目はカテゴリに分類することの出来なかった単独のアイデア数を示す。

表4 クラス内条件でのカテゴリとアイデア数

| | カテゴリ | アイデア数 |
|----|------------|-------|
| 1 | 食事・栄養 | 13 |
| 2 | 精神・カウンセリング | 11 |
| 3 | 運動 | 11 |
| 4 | コミュニティ・SNS | 10 |
| 5 | 国・行政・自治体 | 6 |
| 6 | 趣味 | 6 |
| 7 | 仕事・働き方 | 5 |
| 8 | 睡眠 | 5 |
| 9 | 医療・診断 | 5 |
| 10 | 広告・宣伝 | 3 |
| | その他 | 4 |

表5 クラウド条件でのカテゴリとアイデア数

| | カテゴリ | アイデア数 |
|----|------------|-------|
| 1 | 食事・栄養 | 13 |
| 2 | 国・行政・自治体 | 12 |
| 3 | 運動 | 11 |
| 4 | 精神・カウンセリング | 9 |
| 5 | 仕事・働き方 | 8 |
| 6 | 趣味 | 5 |
| 7 | 施設 | 5 |
| 8 | 介護・養育 | 4 |
| 9 | 医療・診断 | 3 |
| 10 | 住居・生活 | 3 |
| 11 | 教育 | 2 |
| | その他 | 8 |

4.2.3 アイディアの評価

クラス内条件でのアイデア(計79個)とクラウド条件でのアイデア(計83個)を、情報科学系の大学院生4名が評価を行なった。評価項目は、和嶋・鷺田・富

永・植田[7]の「アイデアの第3評定」を参考に、「心理学や社会心理学の関連研究レビューから生成され、かつアイデアを評定する観点として多くの先行研究で用いられている、独自性、有用性、実現可能性」の3つを選定した。

- 独自性：内容がどのくらい独自で面白いのか
- 有用性：内容がどのくらい有用(役立つ)か
- 実現可能性：内容がどのくらい実現可能か

評価は、「1 あてはまらない」「2 どちらともいえない」「3 あてはまる」の3段階で行ってもらった。また、評価の回答は Google フォームを利用した Web アンケート形式で行った。

表6に各条件のカテゴリ別によるアイデアの評価得点の平均と標準偏差を示す。なお、色付けされた部分は、クラス内、クラウドの両条件に共通するカテゴリを表す。

また、アイデアそれぞれに対する4名の評価者による「独自性」「有用性」「実現可能性」の得点の平均値を求めた。図2から図7に各条件における独自性、有用性、実現可能性の各評価項目の評価得点によるアイデアの分布をヒストグラムとして示す。

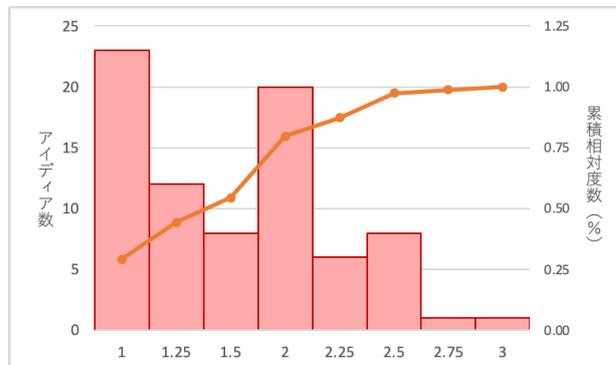


図2 クラス内条件における「独自性」の分布

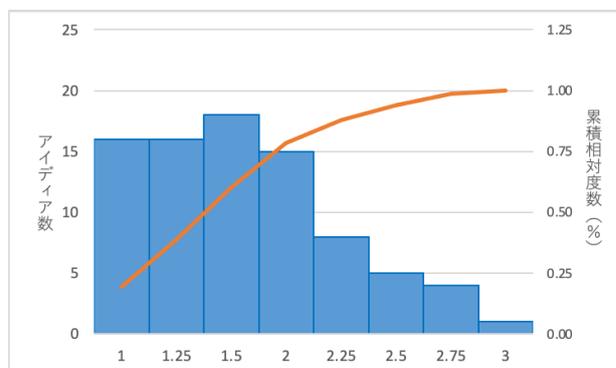


図3 クラウド条件における「独自性」の分布

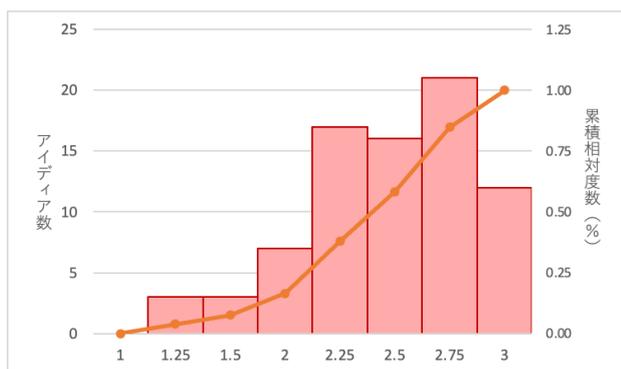


図4 クラス内条件における「有用性」の分布

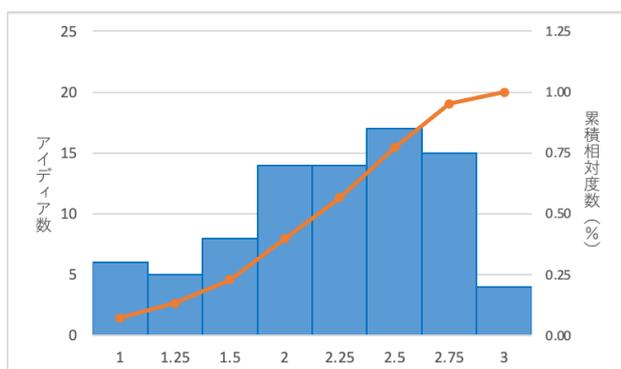


図5 クラウド条件における「有用性」の分布

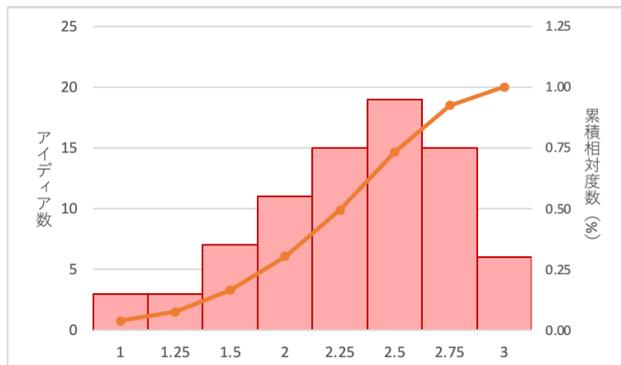


図6 クラス内条件における「実現可能性」の分布

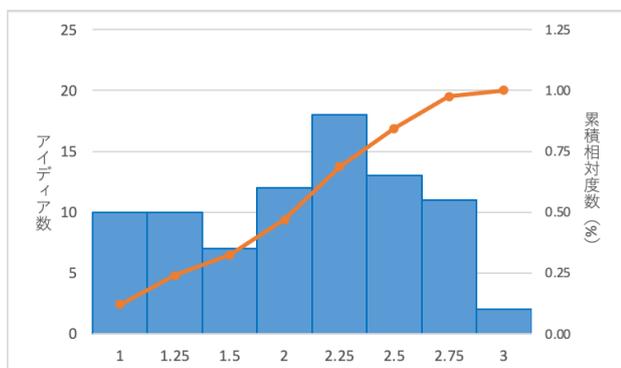


図7 クラウド条件における「実現可能性」の分布

5. 考察

論証課題の分類において、クラウド条件ではクラス内条件と比較して、主観的健康観の類型1の回答が相対的に減少し、類型5の回答が相対的に増加する結果となった。この結果は、各条件における回答者の年代、性別による考え方の違いが反映されたと考えられる。クラス内条件では回答者が20～21歳の男性に偏っていたのに対し、クラウド条件では回答者の年代、性別が分散していたことが影響していると考えられる。他方、クラウド条件における意見の偏り（類型5の割合の多さ）は、クラウド条件内の年代、性別の偏りを反映している可能性も考えられる。

次に、アイデア提案課題の分類において、単独のアイデアを示す「その他」の項目では、クラス内でのアイデア数が4個であったのに対して、クラウド条件でのアイデア数が8個と相対的に多かった。一方で、各群における「その他」に属するアイデアの独自性評価の平均を比較したところ、クラス内条件の方がクラウド条件に比べて相対的に高いことがわかった。このことから、クラウドソーシングにおける意見収集では、カテゴリには分類されない他とは異なる単独の意見が得られやすいものの、創造的な活動への寄与という観点からみると、価値が高い意見とは言えないことがわかった。また、「国・行政・自治体」のカテゴリにおいて、クラス内条件でのアイデア数が6個であったのに対して、クラウド条件でのアイデア数が12個と相対的に多かった。これは、論証課題と同様に、アイデア提案においてもクラウド条件における年代、性別の偏りからなる考え方の違いが影響していると考えられる。

次に、アイデア提案課題の評価において、有用性と実現可能性における評価平均の分布から、平均が1.25以下のアイデア数についてクラス内条件が相対的に少ないことがわかる。このことから、クラス内条件では、現実を見据えた良質なアイデアが多く収集されるのに対し、クラウド条件では有益なアイデアが提案されにくい傾向にあることが示唆される。また、クラス内条件における独自性の評価平均の分布から、平均が最も低い1に偏っていることがわかる。その要因のひとつとして、本調査の評価者が限定された範囲での回答者と同様に、情報科学を専攻する学生であったことが考えられる。このことは、授業内などで他者意見の提示による擬似的な協調学習場面などを想定し

たとき、学習者が属性の類似するクラス内の他の学習者の意見をどのように受け止めるのか、と言った点での示唆につながる可能性がある。

6. まとめと今後の展望

本研究は、論証型、アイデア提案型の異なる性質をもつ課題を設定し、限定された範囲とクラウドソーシングによる広範囲からの意見に含まれる多様性の多寡および情報の質の差異について比較・分析を行なった。

論証課題では、各条件について回答者の年代、性別による観点の違いが見られたものの、「限定された範囲」、「クラウドソーシングによる広範囲」といった集約観点の違いから、回答内容の違いを確認することは出来なかった。

アイデア提案課題では各条件の特徴として、クラウドソーシングにおける意見収集では異なる単独の意見が得られやすいものの、創造的な活動への寄与という観点からみると、価値が高い意見とは言えないことがわかった。また、限定された範囲での意見収集では、現実を見据えた良質なアイデアが多く収集されるのに対し、クラウドソーシングでは、有益なアイデアが提案されにくい傾向にあることが示唆された。

今後は、本調査における意見内容の質的な分析、および評価者の違いによる他者意見の捉え方の違いについてのさらなる検証を行い、多様性の多寡および情報の質を考慮した「利用しやすい」他者の意見の集約手法を見出す必要があると考えられる。

文献

- [1] 張弛・西本一志, (2017) “多数の人々が持つ多様性を活用する非対等型アイデア創造手法の開発とその効果の検証”, 情報処理学会研究報告.GN, グループウェアとネットワークサービス, Vol. 101, No. 19, pp. 1-6.
- [2] 荒井武蔵・山崎治, (2020) “他者の意見における多様性の違いが自身の意見変化に及ぼす影響”, 日本認知科学会第37回大会発表論文集, pp. 559-564.
- [3] 清河幸子・鷺田祐一・植田一博・Peng Eileen, (2010) “情報の多様性がアイデア生成に及ぼす影響の検討”, 認知科学, Vol. 17, No. 3, pp. 635-649.
- [4] Howe, J. (2008) “Crowdsourcing: Why the power of the crowd is driving the future of business.”, New York, NY: Crown Business., (中島由華(訳), (2009) “クラウドソーシング: みんなのパワーが世界を動かす”, 早川書房).
- [5] 白木優馬・五十嵐祐, (2015) “心理学研究におけるクラウドソーシングの利用”, 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要 (心理発達科学), Vol. 62, No. pp. 97-105.

- [6] 島内憲夫, (2007) “人々の主観的健康観の類型化に関する研究-ヘルスプロモーションの視点から”, 順天堂医学, Vol. 53, No. 3, pp. 410-420.
- [7] 和嶋雄一郎・鷺田祐一・富永直基・植田一博, (2013) “ユーザ視点の導入による事業アイデアの質の向上”, 人工知能学会論文誌, Vol. 28, No. 5, pp. 409-419.

表6 カテゴリごとの評価項目の平均と標準偏差

| クラス内条件 | | | | クラウド条件 | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| カテゴリ | 独自性 | 有用性 | 実現可能性 | カテゴリ | 独自性 | 有用性 | 実現可能性 |
| 食事・栄養(13) | 1.58 (0.39) | 2.56 (0.37) | 2.46 (0.44) | 食事・栄養(13) | 1.75 (0.41) | 2.29 (0.48) | 2.23 (0.46) |
| 精神・カウンセリング(11) | 1.93 (0.36) | 2.48 (0.41) | 2.36 (0.42) | 精神・カウンセリング(9) | 1.92 (0.47) | 2.58 (0.40) | 2.00 (0.45) |
| 運動(11) | 1.77 (0.63) | 2.59 (0.50) | 2.34 (0.28) | 運動(11) | 1.61 (0.49) | 2.39 (0.26) | 2.27 (0.58) |
| 国・行政・自治体(6) | 1.54 (0.40) | 2.46 (0.53) | 2.00 (0.42) | 国・行政・自治体(12) | 1.73 (0.45) | 2.08 (0.56) | 1.77 (0.47) |
| 仕事・働き方(5) | 1.05 (0.11) | 2.65 (0.42) | 2.15 (0.45) | 仕事・働き方(8) | 1.69 (0.51) | 1.97 (0.49) | 2.19 (0.53) |
| 趣味(6) | 1.83 (0.65) | 2.25 (0.16) | 2.5 (0.55) | 趣味(5) | 1.73 (0.47) | 2.25 (0.40) | 2.40 (0.52) |
| 医療・診断(5) | 1.85 (0.22) | 2.70 (0.27) | 2.25 (0.31) | 医療・診断(3) | 1.83 (0.29) | 2.58 (0.14) | 2.08 (0.29) |
| 睡眠(5) | 1.95 (0.37) | 2.25 (0.53) | 2.00 (0.47) | 施設(5) | 1.60 (0.76) | 1.80 (0.87) | 2.05 (0.33) |
| コミュニティ・SNS(10) | 1.63 (0.54) | 2.40 (0.17) | 2.60 (0.36) | 介護・養育(4) | 2.44 (0.52) | 2.38 (0.14) | 1.81 (0.38) |
| 広告・宣伝(3) | 1.83 (0.14) | 2.50 (0.25) | 2.25 (0.43) | 住居・生活(3) | 1.92 (0.88) | 2.00 (0.25) | 1.92 (0.72) |
| | | | | 教育(2) | 1.88 (0.53) | 2.13 (0.18) | 2.25 (0.35) |
| その他(4) | 2.44 (0.43) | 2.25 (0.35) | 1.88 (0.52) | その他(8) | 1.72 (0.36) | 2.03 (0.45) | 2.03 (0.59) |

カテゴリの()内の数値は、分類されたアイデア数を示す
各評価項目の()内の数値は、評価得点の標準偏差を示す
色付けされた部分は、両条件に共通するカテゴリを示す

マインドフルネス瞑想オンライントレーニングの有効性の検証

Examining the Effectiveness of Mindfulness Meditation Online Training

橋本 直美[†], 嶋田 総太郎[‡]
Naomi Hashimoto, Sotaro Shimada

[†] 明治大学大学院理工学研究科, [‡] 明治大学理工学部

Meiji University Graduate School of Science and Engineering, Meiji University Faculty of Science and Technology
ce211051@meiji.ac.jp

概要

マインドフルネス瞑想の実践は、ストレス社会の中で精神的健康を保つために、有益な効果をもたらすと考えられる。本研究では4週間のオンライン瞑想トレーニングコースを作成し、その効果を検証した。アンケート調査の結果、本研究で作成した瞑想トレーニングコースは、参加者のマインドフルネスの程度と自尊感情を高める効果があり、トレーニング終了後1か月経過時でもその効果が持続している可能性が示唆された。また、マインドフルネスの程度と自尊感情の高さに相関関係があることも示された。

キーワード: マインドフルネス瞑想, 自尊感情, オンライントレーニング

1. 背景

マインドフルネス瞑想とは、今この瞬間に意図的に意識を向け、価値判断をせず、ありのままに自分の心を受け入れることを目指す瞑想法である。マインドフルネス瞑想の実践による精神疾患や慢性疾患等の低減効果が、先行研究により示されてきた[1][2]。一方で、マインドフルネス瞑想の実践は、幸福感や喜びといった肯定的な感情の増大にも影響があるとされており、健常人々においてもストレス社会の中で精神的健康を保つために、有益な効果をもたらすといえる。特に昨今の新型コロナウイルス感染症の蔓延により、私達は日常生活の自由が制限され、これまで以上に、ストレスに上手に対処していくことが求められているが、このような状況下においてこそ、マインドフルネス瞑想の実践は、健康的な生活を送るための方法の一つになると考えられる。そこで本研究では、健常人を対象に、マインドフルネス瞑想を実践するためのオンライン瞑想トレーニングコースを作成し、その効果を検証することにした。

2. 実験

2.1 オンライン瞑想トレーニングコースの作成

トレーニングコースの期間は4週間であった。この

トレーニングコースの最終的な目標は、マインドフルな心の状態に到達することであり、参加者は毎週異なったテーマの瞑想に取り組み、瞑想技術を段階的に向上させることができるカリキュラムとした。具体的には、第1週目が呼吸の瞑想、第2週目がボディー・スキャン瞑想、第3週目が歩行瞑想、第4週目が慈悲の瞑想をテーマとした内容であった。トレーニング内容は、最も簡単で瞑想法の基礎とも言える、呼吸に注意を集中する練習から始まり、自分の身体全体や身体の動きに注意を向ける練習により、ありのままの自分を受け入れる態度を実感し、最終週では、世界に対して愛情と思いやりをもつ練習により、ストレスに上手に対処できるマインドフルな心の状態に到達することをサポートするものであった。また、このトレーニングコースは、週1回のオンライン上でのミーティングと毎日の瞑想の実践によって構成されていた。オンライン上でのミーティングは、web会議アプリのzoomを活用して30-40分程度行った。ミーティングの主な内容は、前週の振り返りと、次週に行う瞑想の概要を10分程度にまとめたビデオの視聴、および次週の瞑想の実践であった。前週の振り返り際には、参加者一人一人が一週間瞑想を実践した感想を述べる時間を設けた。これには、実験者と参加者との双方向のコミュニケーションの機会をつくり、トレーニング期間中における瞑想の実践の継続を促し、脱落者を防ぐ目的があった。毎日の瞑想は、一回10分程度で少なくとも1日2回行うこととした。トレーニングコース参加者には、都合の良い時間帯に好きな場所で、瞑想用音声ガイダンスに沿って瞑想を行うように教示した。また、本研究では瞑想用音声ガイダンスを載せたwebサイトを作成し提供した。参加者は各自でwebサイトにアクセスし、瞑想用音声ガイダンスを聴きながら瞑想を行うこととした。

2.2 実験内容

健常人被験者25名を瞑想群と統制群の2つのグルー

ブに分けた。瞑想群（男性5名、女性8名、平均年齢：21.4±1.0歳）は、オンライン瞑想トレーニングコースに参加した。統制群（男性4名、女性8名、平均年齢：21.7±1.4歳）は、同じく4週間で、毎日実践する瞑想の代わりにクラシック音楽を聴くトレーニングコースに参加した。なお、瞑想の比較対照としてクラシック音楽を用いた理由は、各週のテーマに沿って毎日行う瞑想と同様に、週ごとに新しい曲を提示することで、統制群にも毎日瞑想と同じような姿勢で取り組む課題を提供できて、且つ歌詞に気をとられてしまうことがない点であった。また、クラシック音楽を用いたトレーニングコースでも瞑想トレーニングコースと同様に、週1回のオンライン上でのミーティングを行った。但し、次週の内容のレクチャーにおいては、クラシック音楽の作曲者や音楽のタイトルに関連した説明を行った。用いたクラシック音楽は、各週3曲ずつであり、編集して10分程度にまとめた音源を作成して提供した。また両グループにおいて、トレーニングコースの開始時と、開始から1週間後、2週間後、3週間後、4週間後、8週間後（トレーニング終了後から一か月経過時）の合計6回、自己評価アンケートを行った。用いたアンケートは、マインドフルネスの特性、状態を測る指標である、Five Facet Mindfulness Questionnaire (FFMQ), Freiburg Mindfulness Inventory (FMI), Toronto Mindfulness Scale (TMS), Mindfulness Attention Awareness Scale (MAAS)と、心理測定の指標である、Beck Depression Inventory-Second Edition (BDI-II), Mind Wandering Questionnaire (MWQ), The Social Phobia Inventory (SPIN-J), Ten Item Personality Inventory (TIPI-J), 自尊感情尺度, 特性的自己効力感尺度の合計10種類であった。

3. 実験結果

3.1 アンケートスコア

自己評価アンケートスコアについて、グループ（瞑想群および統制群）を被験者間因子、アンケートの調査時期（トレーニング開始時、開始から1週間後、2週間後、3週間後、4週間後、8週間後）を被験者内因子として二元配置の分散分析を行った。ただし、瞑想群1名、統制群2名について、アンケートの回答結果を期間内に得られなかった時があったため、これらの計3名を除いて解析を行った。その結果、マインドフルネスに関係する指標であるFFMQおよびFMIと、心理測定の指標である自尊感情尺度で、有意な交互作用が見られた（FFMQ, $F(2.80, 53.2) = 4.794, p = .006$; FMI,

$F(5, 95) = 4.353, p = .001$; 自尊感情尺度, $F(5, 95) = 4.087, p = .002$ ）。これらのアンケートスコアを、瞑想群はMG (Meditation Group)、統制群はCG (Control Group)として図1に示し、被験者間因子（グループ）および被験者内因子（アンケートの調査時期）における有意差を示した。なお、エラーバーは標準誤差を表した。有意な交互作用が見られたアンケート指標のうち、FFMQとFMIでは、トレーニング開始時において被験者間因子（グループ）による主効果が見られた（FFMQ, $F(1, 19) = 4.62, p = .045$; FMI, $F(1, 19) = 7.04, p = .016$ ）。さらに、FFMQ、FMI、及び自尊感情尺度において、瞑想群のみ、被験者内因子（アンケートの調査時期）による主効果も見られた（FFMQ, $F(2.41, 24.1) = 9.48, p < .001$; FMI, $F(5, 50) = 8.78, p < .001$; 自尊感情尺度, $F(2.31, 23.1) = 8.07, p = 0.002$ ）。以上に記述したアンケート指標のスコアについて多重比較を行ったところ、次のような結果が得られた。被験者間因子（グループ）については、FFMQとFMIのトレーニング開始時において有意差があった（FFMQ, $p = .046$; FMI, $p = .016$ ）。被験者内因子（アンケートの調査時期）については、瞑想群で、トレーニング開始時と比較して有意差が見られた箇所があった。FFMQではトレーニング開始時とトレーニング開始から1,3,8週間後、FMIではトレーニング開始時とトレーニング開始から1,2,4,8週間後、自尊感情尺度ではトレーニング開始時とトレーニング開始から4,8週間後の間で、それぞれ有意差があった（FFMQ, $p = .014, .017, .004$; FMI, $p = .032, .002, < .001, .020$; 自尊感情尺度, $p = .041, .002$ ）。

3.2 マインドフルネスと自尊感情の相関関係

アンケートスコアで有意な交互作用が見られたFFMQ、FMI及び自尊感情尺度に着目して、トレーニング開始時とトレーニング開始から8週間後（トレーニング終了後一か月経過時）のアンケートスコアを用いて、スピアマンの順位相関を調べた。その結果、図2に示したように瞑想群では、FFMQと自尊感情尺度の間のみ、有意な正の相関（ $\rho = 0.40, p = .063$ ）が見られた。なお、統制群では有意な相関は見られなかった。

4. 考察

4.1 トレーニングコースにおけるマインドフルネスの程度および心理状態の変化

図1から、瞑想群ではトレーニングコースを経て、FFMQ、FMIおよび自尊感情尺度のスコアが有意に増加したことが読み取れる。特に、FFMQとFMIについては、トレーニング開始から1週間後のスコアにおい

て開始時と比較して有意差があることから、トレーニングコースの初期段階からスコアが有意に増加しているといえる。自尊感情尺度については、トレーニング開始から4週間後のスコアにおいて、開始時と比較して有意差が生じたことから、トレーニングコースの後半で特にスコアが増加しているといえる。また瞑想群では、FFMQ、FMI、自尊感情尺度の全てで、トレーニング終了後一か月経過時、即ちトレーニング開始から8週間後でも、スコアの増加が維持されていることが読み取れる。

FFMQとFMIではそれぞれ、日常生活におけるマインドフルネスの程度が統合的又は自己受容の観点から測定可能で、自尊感情尺度では自尊感情の高さが測定可能である。よって、本研究で作成した瞑想トレーニングコースは、参加者のマインドフルネスの程度と自尊感情を高め、トレーニング終了後1か月経過時でもその効果が持続している可能性が示唆された。

しかしながら、前述の瞑想による効果が十分に示されたかどうかについては議論の余地があると考えられる。図1のFFMQ、FMI、自尊感情尺度の全てにおいて、瞑想群と統制群のトレーニング開始時におけるアンケートスコアに着目すると、いずれも統制群のアンケートスコアが瞑想群よりも高いことが読み取れる。特にFFMQとFMIについては統制群のトレーニング開始時のスコアが有意に高いことがわかり、このことは統制群が瞑想群よりも、元々のマインドフルネスの程度が高かったことを意味している。今後の研究では、トレーニング開始時のアンケートスコアも考慮してグループ分けをすることや、被験者数を増やすことで、被験者個人の特性による2群間での偏りを小さくし、よりランダム化された状態を目指す必要があるといえる。

4.2 マインドフルネスと自尊感情の関係

図2から、瞑想群ではFFMQと自尊感情尺度に中程度の相関があることが読み取れる。FFMQは日常生活におけるマインドフルネスの程度を統合的に測定可能で、マインドフルネスの程度が高いことはレジリエンスのスコアの高さと関係があることが、臨床研究により示されている[3]。レジリエンスは困難や苦境からの回復力を示すが、回復力のある個人は楽観的な態度をとる傾向があり、否定的な感情と肯定的な感情のバランスを効果的に保てることが示されている[4]。この回復力と自尊心は正の相互作用を示すことが、青年を対象とした研究で報告されていることも[5]踏まえると、FFMQによって測定可能なマインドフルネスの程度と、自尊感情尺度によって測定可能な自尊感情の高さは、

正の相関があるといえる。

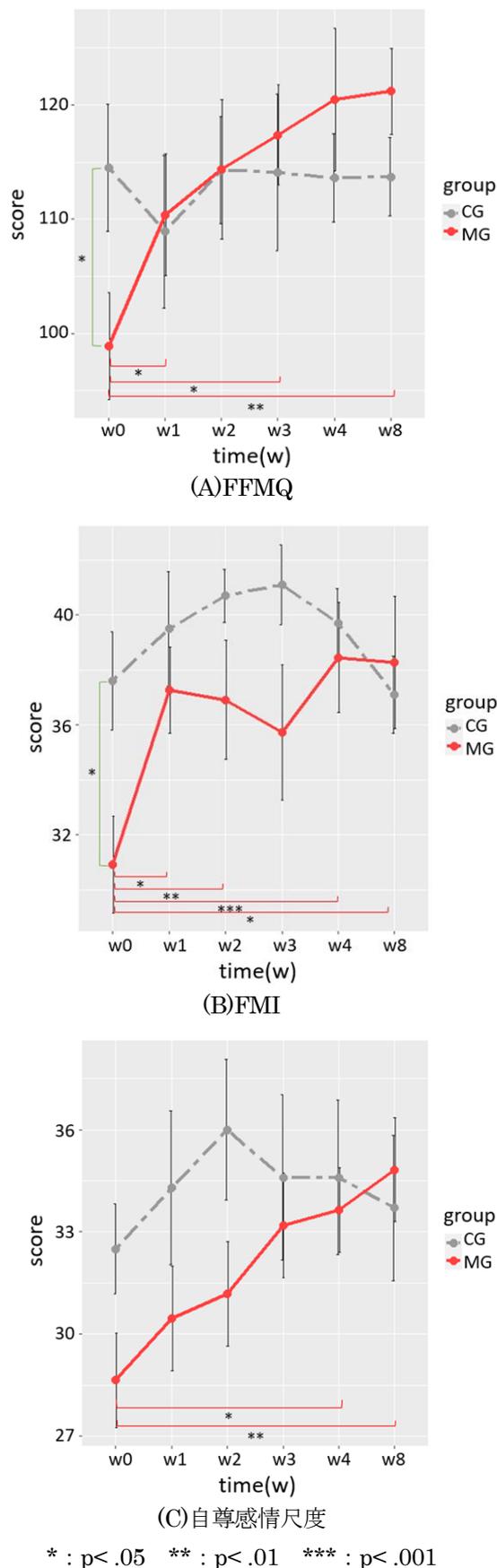


図1 (A)FFMQ, (B)FMI, (C)自尊感情尺度におけるアンケートスコア

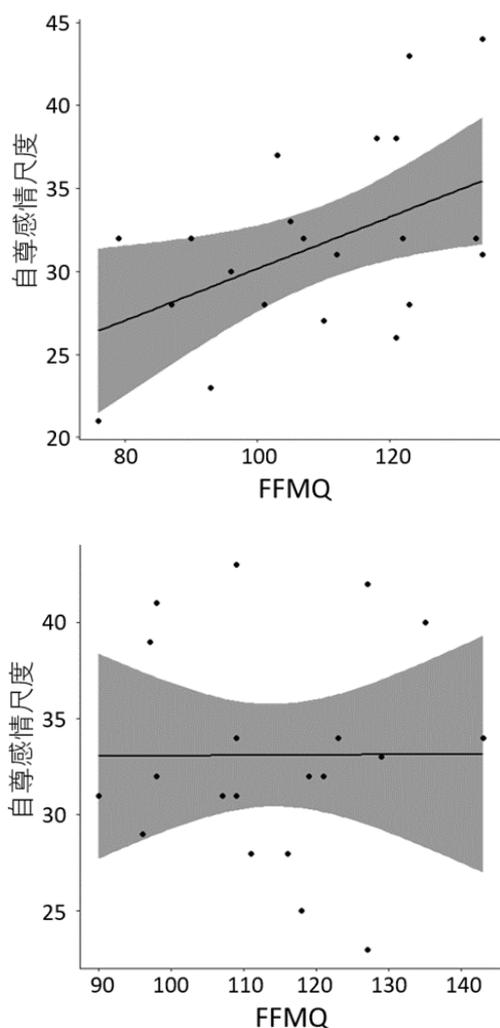


図2 FFMQと自尊感情尺度の相関関係
上：瞑想群 ($\rho=0.40$)、下：統制群 ($\rho=0.29$)

5. 結論

本研究では、マインドフルネス瞑想を手軽に実践できるトレーニングコースの完成を目指し、オンラインベースのトレーニングコースを作成して実施した。マインドフルネスの程度を測定する指標として有用である4つのアンケートと、心理測定の指標である6つのアンケートの合計10種類の自己評価アンケートを実施し、アンケート結果を通して、トレーニングコースへの参加によるマインドフルネス及び心理状態の変化を調査した。その結果、瞑想の実践により、日常生活におけるマインドフルネスの程度が測定可能なFFMQとFMIのスコア、および自尊感情尺度のスコアが有意に増加したことがわかった。このことから、実験前の瞑想群と統制群の間におけるベースラインの調整が不十分な点はあったものの、本研究で作成したオンライン瞑想トレーニングコースは、マインドフルネスの程度および自尊感情を高める効果があることが示唆され

た。さらに、トレーニングコースにより得られた効果に、トレーニング後一か月間の持続性がある可能性も示唆された。また、マインドフルネスと自尊感情との間に正の相関が見られたことから、マインドフルネスの程度の高まりが、自尊感情の向上につながる可能性があることがわかった。

参考文献

- [1] Teasdale, J. D., Segal, Z. V., Williams, J. M., Ridgeway, V. A., Soulsby, J. M., & Lau, M. A. (2000). Prevention of relapse/recurrence in major depression by mindfulness-based cognitive therapy. *Journal of consulting and clinical psychology*, 68(4), 615-623.
- [2] Kabat-Zinn, J., Lipworth, L., Burney, R., & Sellers, W. (1986). Four - Year Follow - Up of a Meditation - Based Program for the Self - Regulation of Chronic Pain: Treatment Outcomes and Compliance. *The Clinical Journal of Pain*, 2, 159-774.
- [3] Pincock, J. S., & Terrill, A. L. (2020). Association of mindfulness to resilience, anxiety, and depressive symptoms after spinal cord injury-a correlational study. *Spinal cord series and cases*, 6(1), 7.
- [4] Tugade, M. M., & Fredrickson, B. L. (2004). Resilient individuals use positive emotions to bounce back from negative emotional experiences. *Journal of personality and social psychology*, 86(2), 320-333.
- [5] Liu, Q., Jiang, M., Li, S., & Yang, Y. (2021). Social support, resilience, and self-esteem protect against common mental health problems in early adolescence: Anonrecursive analysis from a two-year longitudinal study. *Medicine*, 100(4), e24334.

高度な身体スキルの熟達評価に関する検討 ～走方向転換動作に注目して～

A study on the Assessment of Proficiency in Advanced Physical Skills Focus on Acquiring Movement Skills for Changing Running Direction

山田 雅敏[†], 大畑 昌己[‡], 梶井大輔[‡]

Masatoshi Yamadai, Masaki Ohata, Daisuke Kakoi

[†] 常葉大学, [‡] 桃山学院教育大学

Tokoha University, St. Andrew's University of Education

yamada-m@sz.tokoha-u.ac.jp, m-ohata@andrew-edu.ac.jp, d-kakoi@andrew-edu.ac.jp

Abstract

It was reported that the evaluation of the skills for changing running direction which this study focuses on would require more than physical motions and speed as its evaluation methods. As just described, evaluation methods for the mastery of advanced physical skills still face many challenges. The purpose of this study was to discuss the assessment of proficiency in advanced physical skills by focusing on the coaching of the skills for changing running direction under sports settings. In discussion, it was found that the evaluations of the mastery of physical skills could receive a certain level of positive assessment in terms of the presence of mastery but, at the same time, had much room for consideration in respect of the degree of mastery. In addition, it was indicated that the learner's self-evaluation might be affected by the instructor's evaluation.

Keywords: advanced physical skills, assessment of proficiency, changing running direction

1. Introduction

In the cognitive science field, while studies on the mastery of physical skills have been accumulating many findings, most of their analytical approaches are those analyzing physical motions observable from outside[1]-[5]. These are positioned as the core of biomechanics that explores exercises from mechanical aspects, and attentions have been paid to the quantitative analysis of physical motions using a measuring device.

No one will take objection to an argument that the

analysis of physical motions as objective indexes are effective evaluations as a scientific method. Meanwhile, more advanced physical skills make it more difficult for study participants to wear a measuring device for data collection, leaving a lot of challenges such as time of day and location for measurement. Further, the more advanced physical skills become, the more complicated evaluation methods for their mastery become. For example, it was reported that the evaluation of the skills for changing running direction which this study focuses on would require more than physical motions and speed as its evaluation methods[6][7]. As just described, evaluation methods for the mastery of advanced physical skills still face many challenges.

With this background, the purpose of this study is to discuss the mastery of advanced physical skills by focusing on the coaching of the skills for changing running direction under sports settings.

2. Method

2.1 Physical Skills Subject to Analysis

This study focused on cases where the skills for changing running direction that had been already automated were dialed back again to the level of cognitive learning. In goal-oriented ball games including basketball and rugby, sprinting can be regarded as an important physical skill that makes the difference between winning and losing. In the meantime, players are expected not only to run faster but to, for reacting to their opponents' movements, repeatedly make such movements as slowing down, suddenly stopping

and then restarting in every direction. Therefore, the evaluations of mastery including how suddenly players can stop, quickly change the direction, and explosively accelerate will become complicated.

2.2 Survey Period and Surveyed People

The survey was conducted for 3 months from August 29, 2020 to November 28, 2020 and those surveyed were 8 university freshmen belonging to women's basketball club of M University designated as a promising sports club by it(refer to Fig.1). During the survey, 1 student withdrew from it due to reasons including her injury and accordingly 7 female basketball players were subject to analyses (their average age was 18.4 as of August 29, 2020).



Fig. 1 View of changing running direction

2.3 Self-Evaluation Method Employed by Players

In laboratory experiments in which factors for novice players are controlled, it is often easy to collect quantitative data because their physical skills change greatly and large difference. Meanwhile, this study focuses on cases where the skills for changing running direction that had been already automated for experienced players were dialed back again to the level of cognitive learning and accordingly their physical skills are thought to be at a certain level even before the survey. Thus, it becomes necessary to make efforts for quantitatively collecting the data on the mastery level of the skills because of small difference.

Skills herein refer to the ability to resolve challenges which can be acquired through experiences and trainings[8][9]. In the field of sports, it is common for athletes to willingly understand instruction contents given by their coach and proactively make efforts for resolving challenges regarding their individual physical skills in view of the present in order to get closer to the ideal.

With understanding differences between self-evaluations in the players' practicing the skills for changing running direction and those before the practice as changes in their skill acquirement, self-evaluations after the actual practice were compared with those before it with three answer choices such as “(-1) Getting Worse”, “(0) No Change” and “(+1) Getting Better” and then temporal changes in the degree of skill acquirement were evaluated by quantitatively collecting self-evaluations by the players[10][11].

That is, a positive cumulative total value obtained by this evaluation means that challenges regarding the skills for changing running direction have been resolved while a negative one means that they have not been resolved(refer to Fig.2).

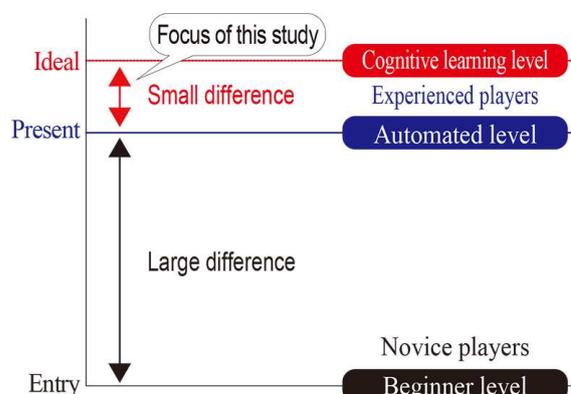


Fig. 2 Devising a proficiency assessment for experienced players

2.4 Instructor and Evaluation Method Employed by Instructor

An instruction on the skills for changing running direction was provided by the second author (hereinafter “Instructor”). The second author's instruction records are explained as follows: A skill acquisition process consisting mainly of muscle strength

trainings may harden the body of an exerciser because such trainings will place a load on the body and narrow its range of movement. For this reason, with the aim to departure from the instruction style emphasizing muscle strength trainings, Instructor produces physical movements centering on the body modification tailored to the characteristics of a relevant sport and relaxation, leading a high school girl's basketball team to the national tournament for 7 times. In addition, he assumed the coaching position of the prefectural girl's team for the National Athletic Meeting (won the championship), served as the head coach of U18 Japan's girls national basketball team for Japan-China-ROK Junior Exchange Games (won the championship), and so on.

Instructor visually examined a video in which the respective players practiced the skills for changing running direction before and after the survey and then quantitatively gave evaluations on a scale 1 to 10. As evaluation items, instructed contents such as (i)Position of Center of Gravity, (ii)Shift in Center of Gravity, (iii)Grounding Position of Feet, (iv)Landing, (v)Posture, (vi)Pelvis, (vii)Stride, (viii)Tension in Shoulder, (ix)How to Swing Arms, (x)Movement to Stop, (xi)Speed, (xii)Vision and (xiii)Restarts in Same Direction were set and the players were evaluated based on their total scores.

- (i) Position of Center of Gravity: To keep the center of gravity as high as possible and maintain the angle of knees wide by not bending them too much
- (ii) Shift in Center of Gravity: To avoid the movements to kick the floor hard and raise thighs as much as possible and move naturally by shifting the center of gravity to the moving direction; To relax in starting particularly
- (iii) Grounding Position of Feet: To move with turning the pelvis sideways; To make the grounding positions of feet a straight line
- (iv) Landing: To land the foot right below the center of gravity in moving; To land with the entire sole at once
- (v) Posture: Regarding the posture in moving, not to plunge the upper body forward by crouching the back too much
- (vi) Pelvis: To move with maintaining the pelvis par-

ticular to the moving direction so that the pelvis will not open

- (vii) Stride: To move with turning the body sideways and following the center of gravity; To enhance the flexibility of the hip joint in order to make a stride wide
- (viii) Tension in Shoulder: To reduce the strong tension in the shoulder when swinging arms in starting and engaging in the skills for changing running direction
- (ix) How to Swing Arms: To control the relaxation of shoulders and arms as forward as possible; Not to produce a movement to strongly pull the elbow backward
- (x) Movement to Stop: Instead of stopping with the "one-two" rhythm, to stop the timing of "one" for smoothly shifting to the center of gravity to the next change of direction
- (xi) Speed: To produce a fast, dynamic and energetic movement
- (xii) Vision: To basically direct the vision to the opposite side of the moving direction and widely see a position higher than the eye level because basketball is a sport developing into all directions and therefore it is important to change the vision in engaging in the skills for changing running direction
- (xiii) Restarts in Same Direction: From smooth stops and slowdowns, to control the change in acceleration and speed when restarting in the same direction

3. Result

3.1 Temporal Change in Self-Evaluation by Players

Fig.3 illustrates temporal changes in self-evaluations by the players. Concerning the shifts in scores, self-evaluations given by 6 players - A, B, C, D, F and G - presented positive values. In the meantime, the self-evaluation of Player E resulted in a negative value.

3.2 Evaluation by Instructor

Fig.4 indicates the results of evaluation quantitatively given by Instructor. Regarding the total scores

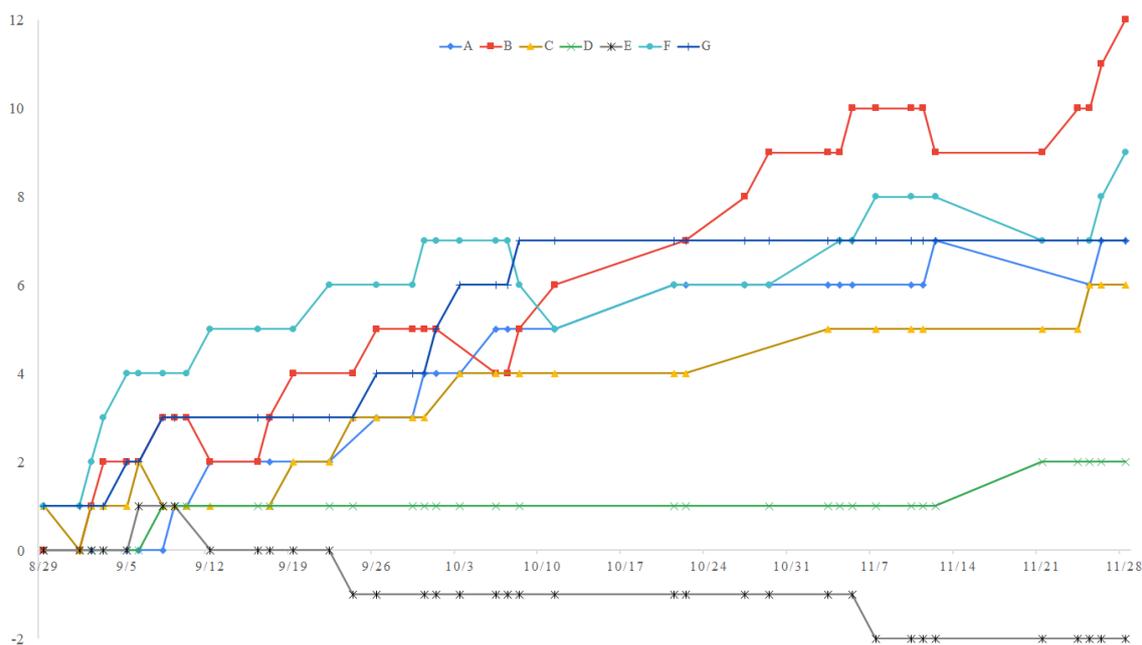


Fig. 3 Temporal change in self-evaluation by players

| Evaluation Items | | | (i) Position of Center of Gravity | (ii) Shift in Center of Gravity | (iii) Grounding Position of Feet | (iv) Landing | (v) Posture * | (vi) Pelvis | (vii) Stride * | (viii) Tension in Shoulder * | (ix) How to Swing Arms | (x) Movement to Stop | (xi) Speed * | (xii) Vision | (xiii) Restarts in Same Direction * | (xiii) Total Scores* |
|------------------|--------|-------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------|---------------|-------------|----------------|------------------------------|------------------------|----------------------|--------------|--------------|-------------------------------------|----------------------|
| | Before | After | | | | | | | | | | | | | | |
| A | Before | After | 5 | 6 | 4 | 5 | 4 | 4 | 6 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 67 |
| | | | 6 | 7 | 4 | 5 | 6 | 5 | 7 | 6 | 6 | 6 | 7 | 6 | 6 | 77 |
| B | Before | After | 4 | 4 | 6 | 5 | 4 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | 5 | 68 |
| | | | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 6 | 6 | 5 | 4 | 6 | 6 | 8 | 74 |
| C | Before | After | 3 | 6 | 5 | 6 | 3 | 5 | 6 | 5 | 6 | 7 | 6 | 4 | 6 | 68 |
| | | | 5 | 7 | 8 | 5 | 6 | 8 | 7 | 7 | 7 | 8 | 7 | 6 | 7 | 88 |
| D | Before | After | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 6 | 4 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 6 | 61 |
| | | | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 76 |
| E | Before | After | 6 | 6 | 5 | 5 | 6 | 6 | 4 | 6 | 6 | 5 | 4 | 6 | 4 | 69 |
| | | | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 4 | 4 | 6 | 6 | 7 | 4 | 6 | 5 | 68 |
| F | Before | After | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 4 | 69 |
| | | | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 7 | 7 | 6 | 6 | 4 | 7 | 6 | 5 | 76 |
| G | Before | After | 6 | 4 | 5 | 4 | 6 | 3 | 3 | 5 | 5 | 4 | 4 | 6 | 5 | 60 |
| | | | 6 | 6 | 4 | 5 | 7 | 4 | 5 | 7 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 73 |

* $P < 0.05$

Fig. 4 Evaluation by instructor

for 13 items, it was shown that the total scores of 6 players - A, B, C, D, F and G - after the survey increased compared with those before it. Meanwhile, the total score of Player E was a negative value. The analysis of evaluations before and after the survey using a (paired) t-test found a significant difference in 6 items: (v) Posture, (vii) Stride, (viii) Tension in shoulder, (xi) Speed, (xiii) Restarts in Same Direction and (xiv) Total Scores ($df=6$, $p>.05$).

4. Discussion

Regarding the mastery of 6 players whose self-evaluation and evaluation given by the instructor both presented a positive value, the evaluation result found a difference between the degree of such evaluations. For instance, whereas a player's self-evaluation was +12 being the greatest temporal change among all the players, the degree of her mastery was smaller compared to other players in terms of the evaluation given by the instructor who gave her the scores of 68 (before the survey) and 74 (after the survey). This is assumed to be because motions which a learner imagines in her mind and actual ones are different. Therefore, whether a player's physical skills have been improved or not (inhibited mastery) can be discussed, but there is room for consideration about how to evaluate the degree of mastery such as collecting data through multiple-choice questions dealing with evaluation items identical with 13 items implemented by the instructor.

Next, Player E is going to be discussed whose evaluation given by the instructor presented a negative value in comparison between before and after the survey as well as in her self-evaluation (-2). As for Player E, her self-evaluation and the instructor's one agreed in that both of them presented a negative value. Here, among the instructor's evaluation items for Player E, attentions are paid to (1) Position of Center of Gravity and (2) Shift in Center of Gravity. Based on the instructor's evaluation, Player E was the only player given a negative value regarding both the evaluation items (1) and (2) on the center of gravity.

In this study, along with quantitative self-evaluations for the skills for changing running direction, at the earliest possible stage after every practice of their change-of-direction performance, the players

were instructed, using Google Forms, "Please freely enter how you have thought and felt after practicing the skills for changing running direction as well as your current impression of the way to move your body and the details of physical sensations". Then, SCAT (Steps for Coding and Theorization)[12], a qualitative analytical method, was used for coding. While details on the analyses of verbal reports are skipped due to a space constraint herein, as for "center of gravity experiment factor" being the contents regarding the experience of shift in and position of center of gravity, analytical findings showed that such factors were generated more frequently in the verbal reports of Player E than other players (refer to Appendix A). From a quantitative analysis on the outlier of the number of generated factors by player, it was judged that Player E was the outlier for the center of gravity experiment factor, leading to the conclusion that regarding the center of gravity the instructor's evaluations and the players' ones were thought to be almost agreed. Coaching cannot exist without interactions between an instructor providing verbal instructions while adding gestures from time to time (sender of information) and an athlete proactively learning relevant skills from the instructor (receiver of information). Thus, it was suggested that evaluations given by the instructor every day were correlated with athletes' evaluations on their physical skills.

5. Conclusion

The purpose of this study was to discuss the mastery of advanced physical skills by focusing on the coaching of the skills for changing running direction under sports settings. In discussion, it was found that the evaluations of the mastery of physical skills discussed above could receive a certain level of positive assessment in terms of the presence of mastery but, at the same time, had much room for consideration in respect of the degree of mastery. In addition, it was indicated that the learner's self-evaluation might be affected by the instructor's evaluation. Future challenges include the addition of visual evaluations by a third party (athletic trainer or others).

Acknowledgement

In doing this study, regarding the approach to a method for analyzing the mastery of physical skills, we were provided with kind advice from Professor Katsuya Takanashi of The University of Shiga Prefecture. And we were provided with a significant amount of cooperation from the players of women's basketball club of St. Andrew's University of Education. This work was supported by research assistance of St. Andrew's University of Education.

References

- [1] T. Spiteri, S. Nimphius, N. H. Hart, C. Specos, J. M. Sheppard, R. U. Newton, (2014) "Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes", *J. Strength Cond. Res.*, Vol.28, No.9, pp.2415-2423.
- [2] A. Chaouachi, V. Manzi, A. Chaalali, D. P. Wong, K. Chamari, C. Castagna, (2012) "Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players", *J. Strength Cond. Res.*, Vol.26, No.10, pp.2667-2676.
- [3] T. L. Grindstaff, R. R. Hammill, A. E. Tuzson, J. Hertel, (2006) "Neuromuscular control training programs and noncontact anterior cruciate ligament injury rates in female athletes: a numbers-needed-to-treat analysis", *J. Athl. Train.*, Vol.41, No.4, pp.450-456.
- [4] M. E. Cinelli, A. E. Patla, (2007) "Travel path conditions dictate the manner in which individuals avoid collisions", *Gait & posture*, Vol.26, No.2, pp.186-193.
- [5] K. Pauole, K. Madole, J. Garhammer, M. Lacourse, R. Rozenek, (2000) "Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women", *J. Strength Cond. Res.*, Vol.14, No.4, pp.443-450.
- [6] J. M. Sheppard, W. B. Young, (2006) "Agility literature review: Classifications, training and testing", *J. Sports Sci.*, Vol.24, No.9, pp.919-932.
- [7] W. B. Young, R. James, I. Montgomery, et al., (2002) "Is muscle power related to running speed with changes of direction?", *J. Phys. Fit. Sports Med.*, Vol.42, No.3, pp.282-288.
- [8] K. Iwata, (2002) "Some Remarks on Skill Science", *Journal of the Japan Society of Precision Engineering*, Vol.68, No.10, pp.1263-1266.
- [9] K.Hashizume, (2012) "Exploration of the Motor Skills in Japanese Top Class Athletes", *JThe IEICE Transactions*, Vol.95, No.5, pp.437-441.
- [10] M. Yamada, D. Sato, S. Tohyama, Y. Takeuchi, (2019) "An Analysis of Cognitive Transformation about Sprint for Ball Sport Players", *The IEICE Transactions*, J102-A, No.2, pp.15-25.
- [11] M. Yamada, D. Sato, S. Tohyama, Y. Takeuchi, (2020) "An Informatical Study on Cognitive Process about Sprint of Players in Rugby Junior Japan Team", *The IEICE Transactions*, J103-D, No.3, pp.72-81.
- [12] T. Otani, (2019) "Paradigm and Design of Qualitative Study Froms Research Methodology to SCAT", *The University of Nagoya Press*, pp.278-335.

A Center of Gravity Experience Factor

As shown in the plot graph (refer to Fig.A), as far as "Center of Gravity Experience Factor" is concerned, there was a tendency for the verbal reports of Player E to generate it more frequently than those of other players.

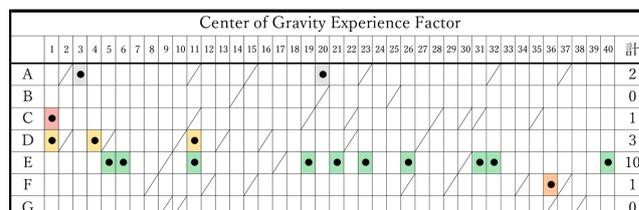


Fig. A A plot graph in Center of Gravity Experience Factor

VR 環境における不公平回避行動に関する分析 ～最終通告ゲームを用いた実験的検討～

Analysis on Avoiding Unfair Behaviors in a VR Environment: Experimental investigation using the Ultimatum Game

大津 耕陽¹, 林 勇吾², 下條 志巖³, 田村 昌彦¹, 泉 朋子⁴
Kouyou Otsu, Yugo Hayashi, Shigen Shimojo, Masahiko Tamura, Tomoko Izumi

¹立命館大学グローバルイノベーション研究機構, ²立命館大学総合心理学部

³立命館大学人間科学研究科, ⁴立命館大学情報理工学部

Ritsumeikan University

k-otsu@fc.ritsumeik.ac.jp

概要

エージェントとの対話場面における視覚的な提示方法の差異が個人の期待感や解釈に与える影響について検討するため、不公平回避行動の観察課題である最終通告ゲームを用いた実験を実施した。ゲームの対戦相手を VR 環境中のエージェント、もしくは、モニター上のウィンドウとして提示したところ、前者の場合において相手の提案を寛容に受け入れる傾向が見られた。また、エージェントへの身体動作の付与が、一定条件下で提案承認への確信度へ影響を与えることが示唆された。

キーワード: VR, HAI, エージェント, 最終通告ゲーム, 不公平回避行動, 社会的選考, 社会的存在感

1. 背景と目的

人間は交渉や分配の場面において無意識的に平等さを好む傾向があるとされ、自己に有利な提案が提示された場合においても、それが不公平な結果である場合には嫌悪感を抱くことがあることが知られている[1]。このような個人の振る舞いは不公平回避行動と呼ばれる。社会心理学や行動経済学の分野において人間同士のやり取りの間で起こる不公平回避行動の表出の程度を実験的に検討する課題として、最終通告ゲームという課題が知られている。このゲームは二者間の金銭の分配を扱ったゲームであり、提案者が自分・相手の分配額を提案し、承認者がそれを承認するかを選択するものである。承認者によって提案が承認された場合には両者が金銭を受け取ることができ、拒否された場合には両者ともに金銭を獲得することができない。本ゲームにおいて承認者は、利他的な分配が提案されたとき、自身にとって利得が高いにも関わらず提案を拒否する傾向にあること(不公平回避行動の表出)が知られている[2]。本ゲームにおける相手への分配額の提案や、相手の提案内容に対する承認・拒否のプロセスは、個人の相手に対する「扱い方」を表しているといえ、本実験課

題は、対話相手への信頼や期待の程度を測る一つの指標として利用できる。また、人間同士の対話場面においては、対話を開始する時点で相手の状況を先入観に基づいて認知し、その解釈を相手との対話の中で修正していきながら対話を進めていくとされるが[3]、本ゲームを繰り返し実施することは、人間の他者に対する解釈の変化の過程を観察する手段となるものである。

これまで我々は、人間とエージェント(コンピュータプログラム)による本ゲームを用いたインタラクションを検討することで、人間がエージェントと対話を進める際にどの程度の期待を抱き、どう相手を解釈するのかについて調査を進めてきた。これまでの検討から、エージェントと繰り返し最終通告ゲームを行う場合において「対戦相手は人間である」と実際と異なる教示をした場合には、実験参加者が相手を人間だと思い込み、不公平回避行動が促進されることが明らかになった[4]。このことから、人間らしさが想起されるエージェントに対しては、対話場面においても、より人間に近い形で対話相手を扱う可能性が示された。擬人化エージェントとのインタラクションにおいては、擬人化エージェントの提示方法や外観、能力の違いが、社会的存在感や印象評価に影響を与えることが指摘されている[5][6]。そのため、人間と様々な形態のエージェントの間のインタラクションに対して、本実験課題を通じた検討を進めていくことで、エージェントの外見的・機能的特性と、人間のエージェントに対する「扱い方」の関係を明らかにできる可能性がある。

そこで本研究では、著者らの取り組み[4]の延長として、人間とエージェントの間で最終通告ゲームを行う場面において対戦相手となるエージェントの提示方法を操作することで、エージェントの提示方法の違いが、個人のエージェントに対する期待や解釈にどのように影響を与え、また、それらの要因がどのように意思決定

として表出されるのかについて調査する。具体的には、先の研究[4]と同一の設定で VR 環境における擬人化エージェントを対戦相手とした最終通告ゲームを行う実験を実施し、[4]で行われたモニターを介した実験におけるコンピュータ教示条件での評価データと比較することで、本ゲームにおけるプレイヤーの行動が、エージェントの視覚的な提示方法の違いによってどのように変化するのかを明らかにする。

また、モニター・VR 環境といった提示媒体の違いだけでなく、擬人化エージェントの身体的振る舞いの有無が本ゲームにおける実験参加者の選択に与える影響についても検討を行う。具体的に、VR 環境で擬人化エージェントと最終通告ゲームを行う場面において、エージェントが身体動作と伴う場合とそうでない場合の2種類に関して比較検討を行う。そして、ゲーム中のプレイヤーの行動に変化がみられるかを観察することで、エージェントの身体動作の有無が、本ゲームにおけるエージェントに対する期待や解釈、意思決定にどのような影響を与えるのかについて明らかにする。

2. 対戦相手の提示媒体の違いに基づく比較実験（実験 1）

目的・実験計画および課題

本実験は、対戦相手がモニターを介して提示される場合(モニター条件)と、VR 空間上のエージェントである場合(VR エージェント条件)の、実験参加者の対戦相手への期待や解釈、それらに基づいて表出される意思決定の差異を明らかにすることが目的である。そのため、実験参加者は、対戦相手の違い以外に先の研究[4]と同じ手続きの最終通告ゲームに取り組んだ。実験参加者は、コンピュータと最終通告ゲームを行う際に、ゲームにおける提案者・承認者の両方の役割を順に体験した。以降本稿では、実験参加者が提案者としてゲームに携わる場면을提案者フェーズ、承認者としてゲームに携わる場면을承認者フェーズと表現する。本ゲームの提案者フェーズにおいて実験参加者は、表 1 に示す 7 つの選択肢から配分金額を選んで承認者(コンピュータ)へ提示するように、また、承認者フェーズでは、提案者(コンピュータ)から提示された 7 つのうちのどれかの選択肢を承認あるいは拒否するように教示された。

実験は、独立変数がランダムプログラム条件、適応プログラム条件、利己的プログラム条件、利他的プログラム条件の 1 要因 4 水準の実験参加者内計画で実施した。

従属変数として、提案者フェーズの提案における確信度および承認者フェーズにおける拒否数を設定した。

実験参加者

立命館大学の学生 24 名(男性 16 名、女性 8 名)が参加した。平均年齢は 21.67 歳、標準偏差 1.99 であった。

実験システム

VR エージェント条件で用いる実験用ソフトウェアは Unity を用いて開発され、実験中はヘッドマウントディスプレイ(Oculus Rift S)を通じて実験参加者へ提示された。対戦相手のエージェントは pixiv 社の運営するキャラクターモデル共有サービス VRoidHub にて公開される人型のモデル[7]を使用し、実験中は常時腕を下ろした一定の姿勢を取るよう設定し、また、体を小さく左右に揺らす身体動作(アイドリングモーション)を付与した。VR 環境には、白色の床、エージェント、表示画面の 3 つのみが配置されており(図 1)、実験参加者は、画面に表示されたゲーム内容の説明および選択肢を参照しながら、手に持ったコントローラのボタンを用いて項目を選択することでゲームを進行する。

提案者フェーズでは、実験参加者は 7 つの配分額に関する選択肢 r1~r7(表 1)から、1 つを選択した。そして、その選択肢に対して対戦相手がどのくらい応じて



図 1 課題中の実験参加者の視界

表 1 配分額に関する選択肢

| 選択肢 | 実験参加者 獲得分 | 相手の獲得分 |
|-----|--------------|--------|
| r1 | 900 | 100 |
| r2 | 800 | 200 |
| r3 | 700 | 300 |
| r4 | 500 | 500 |
| r5 | 300 | 300 |
| r6 | 200 | 800 |
| r7 | 100 | 900 |

くると予想するかの確信度を7段階評価(7が最も承認してくれると思う, 1が最も承認してくれないと思う)で回答した。実験参加者が回答を選択した後は, 5/10/15秒のランダムな待機時間が置かれた後に, 承認時には獲得額が, 拒否時には「不成立です。報酬を獲得することができません」というフィードバックがテキストで表示された。

承認者フェーズでは, 「コンピュータからの提案を待っています。しばらくお待ちください」というテキストが画面上に 5/10/15 秒のいずれかの間隔で提示された。その後, 相手の分配提案額および承認・拒否の選択肢(図2)が画面上に提示され, 実験参加者はコントローラを用いて回答した。実験参加者が回答を選択した後は, 提案者フェーズと同様にランダムな待機時間が置かれた後に, 承認・拒否の状況が伝えられた。

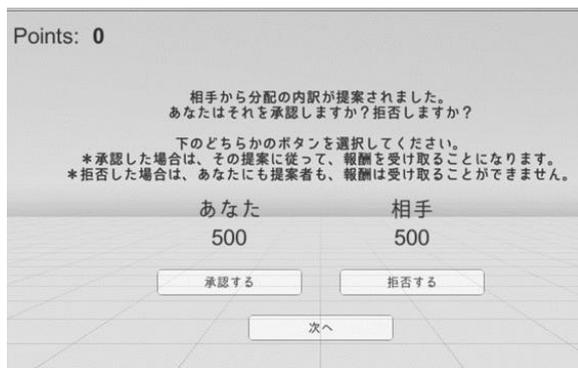


図2 承認者フェーズにおける選択画面

対戦相手となるプログラムの動作アルゴリズム(条件)

先行研究[4]では, 対戦相手の動作ルールを定めたプログラムとして, (1)実験参加者を不利にする利己的条件, (2)実験参加者を有利にする利他的条件, (3)実験参加者の選択に対して最大利益を獲得しようとする適応条件, (4)提案内容と拒否に規則性のないランダム条件の4種類を扱った。本研究においても, 対戦相手としてこの4種類のプログラムを設定し, 実験参加者ごとに異なるプログラムと対戦してもらった。なお, 条件ごとに6人の実験参加者が取り組んだ。

提案者フェーズにおけるプログラムの拒否率を表2に示した。ランダム条件の場合ほどの選択肢を選択した場合でも50%の確率で拒否を回答した。他のプログラム, 例えば適応条件のプログラムを相手に選択肢r1(実験参加者が900ポイント, 対戦相手が100ポイントを獲得する提案)を選択した場合の拒否率は30%であった。

承認者フェーズにおける提案者役のプログラムは, 初回のみ選択肢r4(お互いが500ポイントを公平に得る提案)を提示し, それ以降の提案内容は, プログラム条件に応じて異なる振る舞い方をするように設定した。

ランダム条件では, 前回の提案内容・承認/拒否に依存せずに, 選択肢r1-r7のいずれかをランダムに提示した。それ以外の条件では, 前回試行での提案内容・前回の承認者のプログラムの前回の提案, 承認者の前回の選択(承認/拒否)に応じて変化した。

前回試行における提示および承認/拒否の状況に応じた今回の提案の提示確率は, 適応条件・利己条件・利他条件においてそれぞれ図3-図5に示すようになっている。例えば, 対戦相手が適応条件のプログラムである際において, 前回の試行で選択肢r1がプログラムから提案され承認された場合はもう一度選択肢r1が, 拒否された場合は選択肢r5-r7のいずれかが提示される。

表2 提案者フェーズにおけるプログラムの拒否率
r1-r7はそれぞれ表1の配分額に対応する

| 選択肢 | ランダム | 適応 | 利己 | 利他 |
|-----|------|-----|------|-----|
| r1 | 50% | 30% | 95% | 5% |
| r2 | 50% | 20% | 80% | 20% |
| r3 | 50% | 10% | 80% | 20% |
| r4 | 50% | 0% | 100% | 0% |
| r5 | 50% | 40% | 20% | 80% |
| r6 | 50% | 70% | 20% | 80% |
| r7 | 50% | 70% | 5% | 95% |

[前回試行: r1-r3]

承認 -> 前回試行と同様の結果を提示
拒否 -> r5-r7のいずれかを提示 (33.3%)

[前回試行: r4]

r1-r3もしくはr4-r7を提示 (16.66%)

[前回試行: r5-r7]

承認 -> 前回試行と同様の結果を提示
拒否 -> r1-r3のいずれかを提示 (33.33%)

図3 適応条件での各回答の提示確率
r1~r7はそれぞれ表1の配分額に対応する

| |
|------------------------------------|
| [前回試行 : r1] |
| 承認 -> r1 : 10%; r2 : 20%; r3 : 70% |
| 拒否 -> r5 : 10%; r6 : 20%; r7 : 70% |
| [前回試行 : r2] |
| 承認 -> r2 : 30%; r3 : 70% |
| 拒否 -> r5 : 10%; r6 : 20%; r7 : 70% |
| [前回試行 : r3] |
| 承認 -> r3 : 100% |
| 拒否 -> r5 : 10%; r6 : 20%; r7 : 70% |
| [前回試行 : r4] |
| 承認 -> r1 : 10%; r2 : 20%; r3 : 70% |
| 拒否 -> r5 : 10%; r6 : 20%; r7 : 70% |
| [前回試行 : r5] |
| 承認 -> r5 : 10%; r6 : 20%; r7 : 70% |
| 拒否 -> r1 : 10%; r2 : 20%; r3 : 70% |
| [前回試行 : r6] |
| 承認 -> r6 : 30%; r7 : 70% |
| 拒否 -> r1 : 10%; r2 : 20%; r3 : 70% |
| [前回試行 : r7] |
| 承認 -> r7 : 100% |
| 拒否 -> r1 : 10%; r2 : 20%; r3 : 70% |

図4 利己的プログラム条件での提示確率
r1~r7はそれぞれ表1の配分額に対応する

| |
|------------------------------------|
| [前回試行 : r1] |
| 承認 -> r1 : 100% |
| 拒否 -> r5 : 70%; r6 : 20%; r7 : 10% |
| [前回試行 : r2] |
| 承認 -> r2 : 70%; r3 : 30% |
| 拒否 -> r5 : 70%; r6 : 20%; r7 : 10% |
| [前回試行 : r3] |
| 承認 -> r1 : 70%; r2 : 20%; r3 : 10% |
| 拒否 -> r5 : 70%; r6 : 20%; r7 : 10% |
| [前回試行 : r4] |
| 承認 -> r1 : 70%; r2 : 20%; r3 : 10% |
| 拒否 -> r5 : 70%; r6 : 20%; r7 : 10% |
| [前回試行 : r5] |
| 承認 -> r5 : 70%; r6 : 20%; r7 : 10% |
| 拒否 -> r1 : 70%; r2 : 20%; r3 : 10% |
| [前回試行 : r6] |
| 承認 -> r6 : 70%; r7 : 30% |
| 拒否 -> r1 : 70%; r2 : 20%; r3 : 10% |
| [前回試行 : r7] |
| 承認 -> r5 : 70%; r6 : 20%; r7 : 10% |
| 拒否 -> r1 : 70%; r2 : 20%; r3 : 10% |

図5 利他的プログラム条件での提示確率
r1~r7はそれぞれ表1の配分額に対応する

実験手続き

実験参加者は、実験用PCが設置された机に案内された。同意書に記入した後、最終通告ゲームの概要と課題の流れについて説明を受けた。課題内容の説明の終了後、実験実施者側で実験用アプリケーションを起動し、実験参加者はヘッドマウントディスプレイを装着してゲームに取り組んだ。実験参加者はVR空間内でエージェントを相手として最終通告ゲームの提案者フェーズ・承認者フェーズをそれぞれ15回順番に行った。

実験結果

実験で得られた各条件6名の合計24名のVRエージェント条件でのデータと、文献[4]の実験におけるコンピュータ教示条件(モニターを介したエージェントとの対戦時のデータ、以下ではモニター条件と表現する)各条件19名の合計76名(男性30名、女性46名、平均年齢21.38歳、標準偏差1.03)と比較し分析を行った。

提案者フェーズにおける実験参加者の対話相手に対する期待の度合いを分析するために、モニター条件・VRエージェント条件の両方の実験で得られた実験参加者の確信度の平均スコアを算出し比較を行った。図6は、対戦相手のプログラム条件ごとの、実験参加者の確信度のデータの平均スコアの比較およびt検定の結果を示したものである。

いずれの条件においても、実験参加者の対戦者の承認に対する確信度の平均スコアは、対戦相手がモニター画面上に提示される場合には、VRエージェントの場合を上回った。また、対戦相手のプログラムの動作がランダム条件および適応条件の場合でその差は有意であった($t(8)=2.252, p<.05$)。

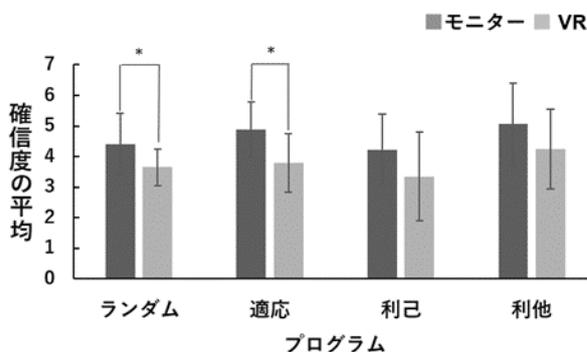


図6 提案者フェーズにおける確信度の平均スコア。
エラーバーは、標準偏差を示す。*はp<.05を表す

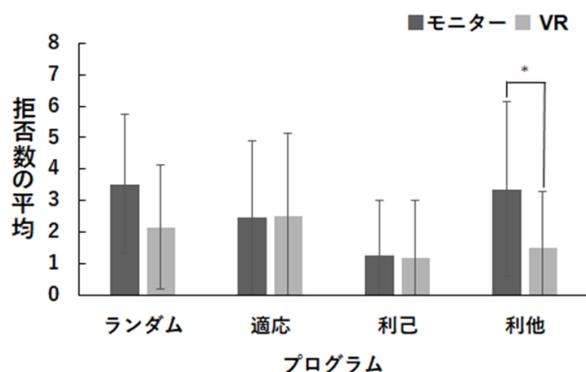


図7 承認者フェーズにおける拒否数の平均スコア

承認者フェーズにおける実験参加者の不平等回避行動を分析するために、モニター条件・VR エージェント条件の両方の実験で得られた実験参加者の拒否数の平均スコアを算出し比較を行った。図7は、対戦相手のプログラム条件ごとの、実験参加者の拒否数のデータの平均スコアの比較および t 検定の結果を示したものである。利他条件においてのみ、モニター条件の拒否数の平均スコアは VR エージェント条件と比較して有意に高い結果となった($t(12)=1.799, p<.05$)。

考察

実験での結果から、VR エージェント条件では、提案者フェーズにおける確信度の平均スコアは、プログラム動作条件によらず低く、本ゲームを VR 空間内で行う場合には相手が自分の提案を承認するか確信を得づらい傾向にあることが明らかになった。一方、承認者フェーズにおける拒否数の平均スコアは、VR エージェント条件ではモニター条件と同等かやや低く、特に相手が利他的に振る舞う場合には有意であった。このことから、VR 空間でエージェントと本ゲームで対戦する場合には、モニター画面上で対戦相手が表現される場合と比較して不公平回避行動を取らず、実験参加者は比較的寛容に選択する可能性が示された。相手が利他的な提案を行ってくる場合においては、その意図を実験参加者が理解できた場合には、利他的な提案をしてくれたので相手の提案を寛容に受け入れるようにしよう、といった互恵性が働くことが考えられる。VR を用いたエージェントによる対戦相手の提示は、利他的な提案を行う対戦者としての印象を強め、互恵性に基づいた行動を促す要素となった可能性が考えられる。

3. エージェントの身体動作の有無に基づく比較実験 (実験 2)

目的・実験計画および課題

2 節における実験は、最終通告ゲームの対戦相手の提示方法を、VR 空間内の擬人化エージェントとした場合、モニター上に提示されたウインドウとした場合の比較検討であり、モニター視聴環境と VR 環境という提示媒体の違いに基づく比較検討であった。本稿では、VR 環境におけるエージェントとしての対戦相手の提示が、実験参加者のエージェントに対する期待や解釈に与える影響についてより詳細に検討するために、対戦相手となるエージェントの身体動作の有無の違いに着目した比較検討を実施した。

本実験の設定および手続きは、2 節の実験と同様であった。参加者内要因としてエージェントの身体動作の有無(身体動作あり・なし条件)、参加者間要因として 2 節で取り扱った 4 条件のプログラム動作パターンの違いを有する、 2×4 の 2 要因混合計画のもとで実施した。従属変数は、2 節と同様に、提案者フェーズの提案における確信度および承認者フェーズにおける拒否数を設定した。

実験参加者

2 節の実験とは異なる立命館大学の学生 20 名(男性 7 名、女性 13 名)が参加した。平均年齢は 19.65 歳、標準偏差 1.35 であった。

実験システム

2 節の実験の VR 条件で用いたシステムをベースとしたものを利用した。身体動作なし条件においては、2 節の実験の VR 条件で用いたシステムに対して、エージェントへのアイドリングモーションの付与を解除し一切の表情変化・身体動作を有さない状態として設定したものを利用した。身体動作あり条件においては、身体動作なし条件の場合と異なり、エージェントへのアイドリングモーションの付与およびゲームの場面に応じた表情変化・身体動作のアニメーション付与を行ったものを利用した。身体動作あり条件において、エージェントが表出するアニメーションの一覧を表 3 に示す。

本実験においても 2 節の実験同様に、前述の 4 種類の振る舞いを持つプログラムを利用し、実験参加者 5 名ごとに異なるプログラムと対戦するように設定した。

表3 身体動作あり条件におけるアニメーション

| 場面 | アニメーション |
|---------------|---|
| 常時 | 身体を揺らすアイドリング モーションを設定 |
| ゲーム開始時 | おじぎをする |
| 選択時の 待機時間 | 以下の行動のいずれかを行う ・目をつぶり、手を顔に当てる ・違う方向に顔を向ける |
| ポイント 獲得成功時 | 微笑みの表情をし、以下の 行動のいずれかを行う ・うなずき・ジャンプ・おじぎ |
| ポイント 獲得失敗時 | 以下の行動のいずれかを行う ・横方向に顔を向ける ・肩を落として落胆する ・頭を抱えながら前にかがむ |
| ゲーム終了時 | 微笑みながらおじぎをし 手を振り挨拶をする |

実験手続き

基本的な手続きは2節の実験と同様であるが、本実験は参加者内要因として身体動作の有無を設定しており、本実験における実験参加者は、VRによる最終通告ゲームを2回繰り返し体験している。

課題内容の説明の終了後、実験参加者はヘッドマウントディスプレイを装着し、VR空間上で身体動作なし（あるいは身体動作あり）条件のエージェントとの1回目の最終通告ゲームを体験し、その後、1回目で体験しなかった条件のエージェントとの2回目の最終通告ゲームを体験した。

実験結果

2節の実験と同様に、各従属変数を対象として平均スコアを求めて分析した。

図8は、本実験の提案者フェーズにおける対戦相手のプログラム条件ごとの実験参加者の確信度のデータの平均スコアの比較およびt検定の結果を示したものである。提案者フェーズにおける提案の確信度に関しては、ランダム条件の身体動作あり条件において有意な増加が見られたが、それ以外のプログラム条件における比較においては、平均スコアの顕著な差はみられなかった。

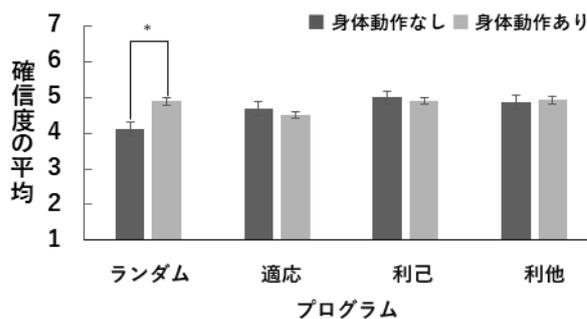


図8 提案者フェーズにおける確信度の平均スコア。エラーバーは、標準偏差を示す。*は $p < .05$ を表す

承認者フェーズの実験参加者の振る舞いに関しても同様に分析を行った。図9は、対戦相手のプログラム条件ごとの、実験参加者の拒否数のデータの平均スコアの比較およびt検定の結果を示したものである。適応条件においては、身体動作の有無の条件間の違いにおいて、有意な拒否数の減少が見られた。また、利己条件に関しても、ランダム・利他的条件と比較してより大きな平均スコアの減少が見られた。

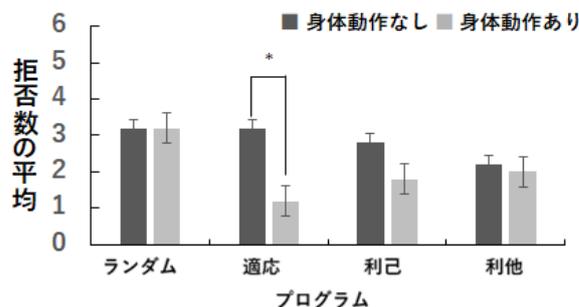


図9 承認者フェーズにおける拒否数の平均スコア

考察

本実験の提案者フェーズでは、対戦する擬人化エージェントがランダム条件で振る舞う場合において、実験参加者の選択した確信度の平均スコアに、擬人化エージェントの身体動作の有無の条件間での有意差が見られた。ランダム条件は、他の3つの動作パターンとは異なり、選択行動がルールに基づかず一貫していない。そのため、ランダム条件においてのみ確信度に関する有意差が見られたことは、相手の行動が一貫していない場合において擬人化エージェントが表情や身体動作を表出することが、エージェントの承認への期待感を高める効果を与えた可能性が考えられる。逆に、他の3つのプログラム条件における平均スコアの差はみられないことから、相手の行動が一貫している場合には、

その方略の違いにかかわらず、表情や身体動作の有無が与える影響が限定的である可能性が考えられる。

承認者フェーズでは、対戦相手が適応的に振る舞う適応条件においてのみ、身体動作あり条件での平均拒否回数の有意な減少が見られた。利己条件、利他条件における平均拒否回数は、身体動作あり条件において身体動作なし条件と比較して若干減少している。しかし、平均拒否回数の差は両条件ともに有意ではなく、本実験の結果からVR環境におけるエージェントの身体動作の有無が不公平回避行動の表出に顕著に影響することは確認されなかった。適応条件においてプログラムは参加者の拒否行動に応じて次回の提案内容を変更するが、身体動作あり条件での拒否数の有意な減少は、その際のプログラムの行動意図の理解が身体動作によって補完されたためである可能性が考えられる。しかし、対戦相手の選択行動が一貫してしないランダム条件においては、身体動作の付与による平均拒否回数の差異は確認されなかった。そのため、身体動作の付与とプログラムの行動意図の理解に関する関係性について深い考察を行うためには、より多くの実験参加者を対象とした実験を行ったうえで、分析を進めていく必要がある。

4. まとめ

本稿では、人間とエージェントの対話場面における対話相手の提示方法の差異や、対話相手の有する身体動作の有無が、個人のエージェントに対する期待や解釈に関して与える影響について検討するため、不公平回避行動の観察課題として知られる最終通告ゲームを人間とコンピュータの間で行う実験を行った。

コンピュータプログラムと最終通告ゲームを行う際の対戦相手がモニター画面上のウインドウとして提示される場合とVR環境中のエージェントとして提示される場合の比較検討では、対戦相手がVR環境中のエージェントとして提示される場合には、提案者としては提案に対する自信が低下すること、承認者としては、拒否回数が減少する傾向が確認された。特に利他条件においては拒否回数の減少が有意であり、対戦相手がVR環境中のエージェントとして提示される場合には、モニター画面上で対戦相手が表現される場合と比較して不公平回避行動を取らず、相手の提案を寛容に受容する可能性が示された。

また、VR空間上の擬人化エージェントにおける身体動作の有無に着目した比較検討においては、不公平回

避行動の表出に関する顕著な差は条件間で確認されなかった。しかし、相手の行動が一貫していない場合において擬人化エージェントが身体動作を表出することが、エージェントに対する期待感を強める効果を与えた可能性が示唆された。本稿における検討は基礎的なものであり、対話相手の提示方法の違いとプログラムの行動意図の理解の関係性に関してより深い考察を行うためには、多くの実験参加者を対象とした検討が必要である。そのため、今後は、より多くの実験参加者を対象とした実験を実施し、分析を進めていく予定である。

本稿における実験では、対戦相手としてコンピュータプログラムを対象として実施したが、実際のユーザの音声や身体動作をマッピングしたエージェントを対戦相手とした場合には、異なる結果が得られる可能性が考えられる。そのため今後は、実際の人間がVR環境においてアバタを介して対話するソーシャルVR環境を対象とした評価実験も実施していく予定である。

文献

- [1] Fehr, E., & Schmidt, K. M., (1999) "A Theory of Fairness, Competition, and Cooperation", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.114, No. 3, pp. 817-868.
- [2] Guth, W., Schmittberger, R., & Schwarze, B., (1982) "An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining", *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol.3, No.4, pp. 367-388.
- [3] Norman, D. A., & Borrow, D. G. (1976) "On the role of active memory processes in perception and cognition", *Psychological Review*, Vol.83, No.6, pp.508-510.
- [4] Hayashi, Y., & Okada, R., (2017) "Compound effects of expectations and actual behaviors in human-agent interaction: Experimental investigation using the Ultimatum Game", *Proceedings of the 39th Annual Conference of the Cognitive Science Society (CogSci2017)*, pp. 2168-2173.
- [5] Manuel, G., Rui, P., Pedro, A. S., João D., Arnav, J., & Samuel M. (2020) "The Impact of Virtual Reality in the Social Presence of a Virtual Agent", *Proceedings of the 20th ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA '20)*, Article 23, pp. 1-8.
- [6] Nowak, K. L., & Biocca, F. (2003) "The effect of the agency and anthropomorphism on users' sense of telepresence, copresence, and social presence in virtual environments. ", *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, Vol.12, No.5, pp.481-494.
- [7] Pixiv (2021) "がぶりえる- VroidHub", <https://hub.vroid.com/characters/7011619231874599278/models/7613529040682918185> (2021年7月9日閲覧)

自己管理型学習環境のデザイン指針を求めて ～三省堂高等学校数学教科書電子版を題材に～

In Search of Design Principles of Self-Guided Learning Environments ～ Using Digital High School Math Textbooks of Sanseido

尾関智恵[†], 白水始[‡], 中山隆弘[§]

Tomoe Ozeki, Hajime Shirouzu, Takahiro Nakayama

[†]愛知工科大学, [‡]国立教育政策研究所, [§]東京大学

Aichi University of Technology, National Institute for Educational Policy Research, The University of Tokyo
ozeki-tomoe@aut.ac.jp

概要

コロナ禍によって遠隔教育の必要性が高まるなど、オンラインでの学習環境に注目が集まっている。しかし、学習環境のデザイナーやユーザの学習モデルが古いままでは、単なる教授主義での知識の伝達と受容の強化にとどまってしまう。「一人で教科書を読む」という受動的な活動になりがちな学習環境をいかに能動的な知識理解の環境にすることができるか、本稿は、三省堂教科書を電子化した20年前の試みのその後10年間の報告を基に、学習環境のデザイン指針を得る。

キーワード：数学教育、電子教科書、自己学習

1. はじめに

三省堂数学教科書電子版は、三宅ら[1,2]が1999年よりCREST事業「高度メディア社会のための協調的学習支援システム」にて当該教科書をXMLデータベース化し、ネットワーク上で誰でも必要な時に学べるコンテンツとして制作したものである(図1)。本成果物は、東京大学大学発教育支援コンソーシアム推進機構(以下CoREF)[3]のサイトにおいて2010年頃より限定公開され、10年余り経過した[4]。これまで321名の利用者が本コンテンツに利用申請を行った上で利用している。本報告では、利用申請時に申し出があった利用目的と実際の利用履歴を照らし合わせ、10年間の運用で見られたオンライン学習環境としての概要を報告する。

2. 本サイトの概要

三省堂高等学校数学教科書電子版は高等学校レベルの初等数学、具体的には三省堂が過去に出版した高等学校数学教科書をXMLデータベース化したものである。インターネット接続環境であればWebブラウザによる閲覧が可能で、複数の利用者が自身の興味に基づいて探索できることが可能である。本コンテンツは限定的に本閲覧・使用に提供することについて、出版社ならびに執筆、表紙デザイン、挿絵などの関係全著者の

許可が得られている。この利用については、以下のような条件を満たした申請者のみにアカウントが発行される。

(1) 数学教育の質向上のために真摯に活用する目的を持つこと

(2) 活用状況、成果などについて6カ月に一度程度報告すること

利用するには申し込みフォームから登録が必要となる。その際(1)に関する以下の3つに回答する必要がある。

- ・ 活用目的
- ・ 一緒に使われる予定者の概要
- ・ 活用場所、想定される活用状況

これに対する回答を基に教科書の著者代表者及びコンテンツ管理責任者により審議が行われる。活用に関しては、非営利目的での使用については許可されている。審議の結果、公開の目的に合っていると判断されると、IDとパスワードを発行される。



図1：三省堂数学教科書電子版

3. 利用実績

2021年3月現在の申請者数は323名で、そのうち著者代表等の主要関係者による審議を得てアカウント発行をされたユーザは321名である。発行を得られなかった2件については、活用目的が本コンテンツの公開目的とミスマッチであると判断されたため、許可が得られなかった。申請者は公開開始より月平均2.56名で、申請者が0名だった月もあるが、毎年途切れることなく一定の申請が続いている。

3.1. 利用状況の推移

図2はアクセスログから得られた本コンテンツの利用状況の要約である。アクセスログは、公開サーバの移動があった2013年5月以降のデータを対象としている。アクティブユーザ数は、月毎にコンテンツに1回以上訪問しているユーザの人数である。平均11.16名(Max=27, Min=4, Median=11)が訪問していた。PV(ページビュー)数は、月毎にコンテンツ内のページが表示された件数を表しており、平均2428.34PV(Max=11387, Min=517, Median=1916.5)を記録していた。これらの結果から、本コンテンツの利用は2013年5月以降途切れることなく利用者が本コンテンツを閲覧しており、こ

の期間のアクティブユーザ総数でPV総数を割った割合も271.6PVであることから、一見ではなくある程度コンテンツを閲覧していることが予想される。

3.2. 利用されているコンテンツの種類

本コンテンツで閲覧可能な14冊の教科書とそれらに対応する指導要領14冊の計28冊のうち、どのコンテンツが利用されているかを集計した。図3は2013年5月から2021年3月までアクセスされたページの上位30位の中に28冊の教科書と指導要領はあった場合「利用があった月」としてカウントしたものである。結果は、第一に、利用期間(95ヶ月)中、数学Iがよく利用されていた。ただし、28冊の教科書と指導要領は図1のような順序で掲載されているため、単に毎月追加される新ユーザーによって一番上に掲載されている数学Iが開かれていた影響である可能性が高い。第二に、教科書に比べ指導要領の利用が低かった。この要因として、3.3に後述するが、指導要領を利用すると想定される高校教員が全体の約1/3であり、自主学习で利用する個人利用や大学等での学び直しの利用が多かったことが考えられる。つまり、授業デザイン用の利用者より、教科書を使った学習活動が主流であったと考えられる。

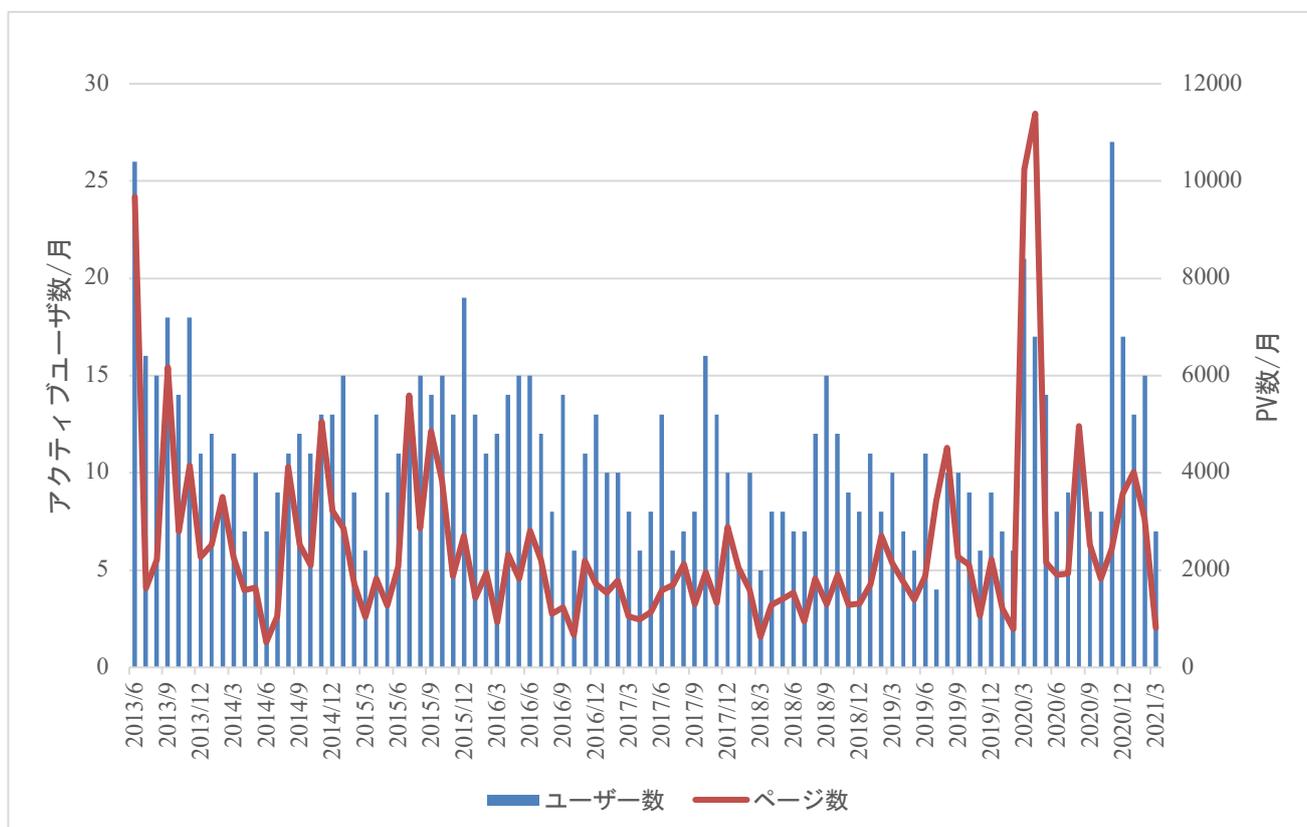


図2：教科書サイトの月毎のアクティブユーザー数とPV数の推移

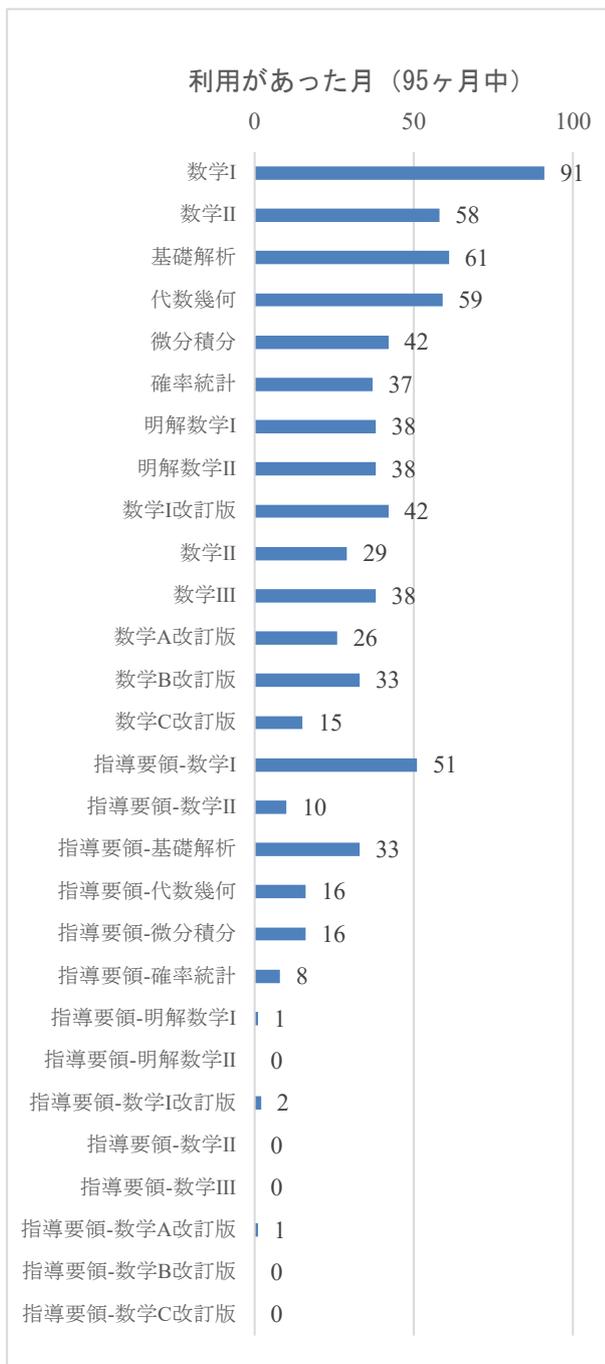


図3：利用されているコンテンツの種類

3.3. 利用者の属性

利用申請時に収集しているユーザ情報及び活用目的に記載された内容から推測される利用者の属性について集計を行なった結果を示す。

申請者はどのような所属や単位での利用を希望していたかを見ていく。「一緒に使われる予定者の概要」の内容から「単独」・「グループ」・「家族」に種類分けを行った(図4)。その結果、自学自習や生涯学習などであくまで個人で利用するという「単独」が一番多かった。

次いで学校や教員間で共同利用するような「グループ」が大半を占めた。少数ではあるが家庭内教育やホームスクーリングに利用する「家族」が見られた。

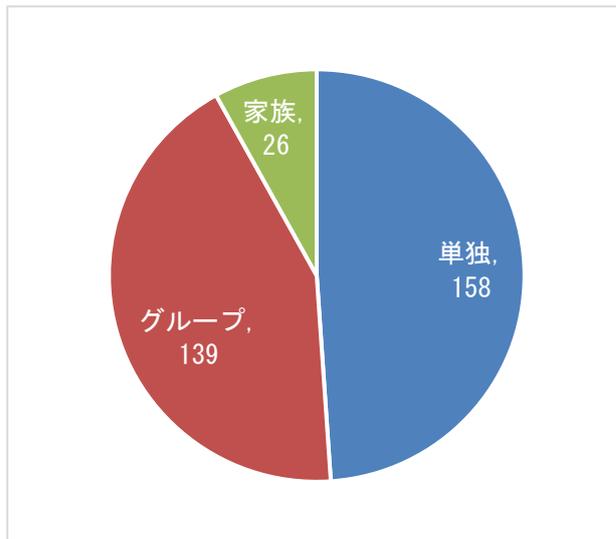


図4:利用者の単位

次に、「活用目的」やその他の項目で明示的に申請者の所属や職業、立場が分かる内容から利用者がどのような所属にいるか割合をまとめた(図5)。高校向け教科書であることから、「高校教員」が多く見られた。これに加え「大学教員」「その他の教員」に分類された所属の活用目的は授業研究や授業内容を検討しているものが大半を占めた。これに対し、どこにも所属していない立場としての「個人」の利用が多く見られた。「個人」は自己研鑽や学び直し、趣味で数学を学んでいる等の多様な活用目的が見られた。併せて教員免許取得の勉強や受験・資格取得に関わる勉強も見られた。「個人」の中には上述した「家族」での利用が含まれている。

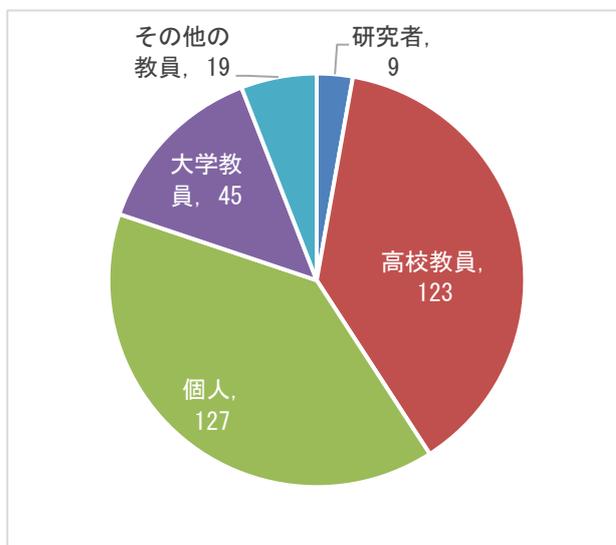


図5：利用者の所属

3.4. 利用者の目的

活用目的と想定される活用状況で書かれた内容から3つのカテゴリに種類分けをした(図6)．学習教材は教材開発などの授業利用目的のことで、グループでの利用がほとんどであった．次に多いのは数学自体や数学教育について学びたい自学自習で個人での利用が圧倒的に多かった．「自己研鑽」や「再勉強」などが理由として挙げられ、そのほかは生涯学習という観点の書き込みも見られた．この中には高校生の時もしくは教員として利用していたなどの過去の関わりや経験から利用申請を行い、三省堂数学教科書に対する思いや評価を述べるものが見られた．

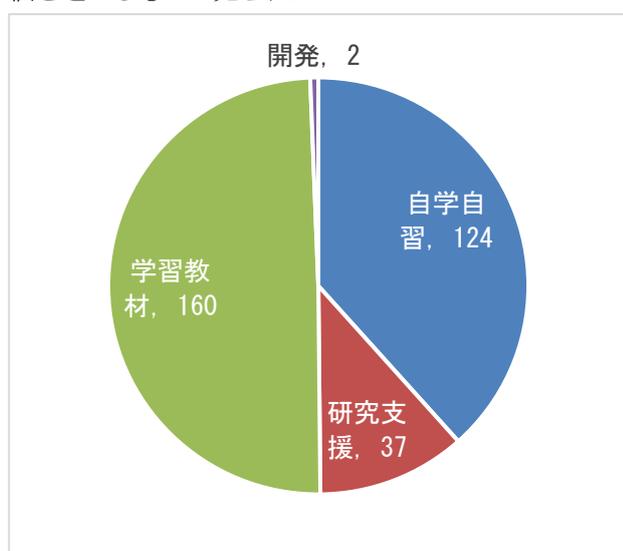


図6: 利用目的 (活用目的) の分類

また、数は少ないが「ベクトルを幾何ベクトルとしてではなく数ベクトル(多次元量)として導入していたと言われる唯一の教科書(数B 576)に大変興味があり、高校生がベクトルを初めて学ぶときに、どのように紹介したらよいものを検討したいため。」といったものや「指数の微分法を研究していて、指数から切り込んでみたところ、貴社の教科書にその話が載っているのではといわれ確認したい。」などの教科書の内容を言及した利用目的もみられ、純粋な数学の探求につながる学習に利用された可能性も予想される。

そして3つ目としては大学教員や研究室などを中心に研究調査や受験対策の勉強会利用などの目的があった。また、数学同好会などの趣味やサークル活動での利用もみられた。

3.5. 利用する場所

利用する場所は高等学校の授業など学校での利用が一番多く、次は自宅での利用であった(図7)．実際は自宅と学校と2箇所以上書かれることが多かった．そのため、今回は利用目的との関連性を明確にする目的から自宅以外を書いている場合は、その場所として数え(自宅・学校なら学校に数える)、自宅だけの場合は自宅として数えている。

その結果、学校での利用は学習教材としての利用が主な目的であった．授業内で利用したり、授業構築に利用したり、そして数学科教員同士や同僚と一緒に使うなどグループでの利用が多数を占めている。

自宅利用者は自学自習での利用が中心で、仕事や研究活動なども含むが、純粋に数学を学習するために電子教科書が家庭で利用されている様子がうかがえる。

そのほかはデジタル教材開発の参考として閲覧を得る会社・研究施設やグループメンバーによる遠隔利用であったり、塾での利用や趣味のサークルで利用する公共施設がみられた。

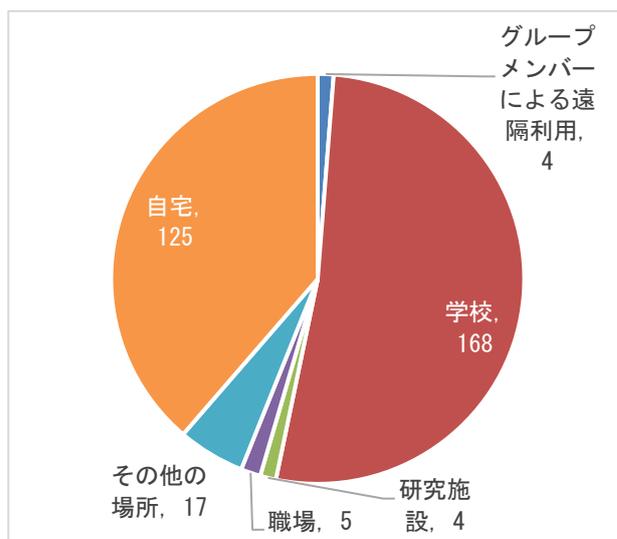


図7: 利用する場所 (活用場所)

本コンテンツの期待されていた利用方法の特徴を探索するため、「利用目的」に回答された文章を統計処理[5]し、共起ネットワークグラフを作成した(図8)．分析対象とした逐語録の内訳は、859文から総抽出語数5861語(2690語(以下カッコ内は分析使用語数))・種類数1066語(831語)であった．描画数は上位60語として最小出現回数は5回以上で作成した．言葉同士の結びつきのパターンを探るため、お互いに強く結びついているグループ同士を色分けするサブグ

ラフ検出 (modularity) でグラフ化を行なった. このグラフは言葉の出現回数が多いほど円が大きくなり, 言葉同士の結びつきを表す線は強い共起関係ほど濃く, 弱いほど線が薄く表現されている. この結果, 抽出後同士の結びつきの程度を表す Jaccard 係数は 0.16 で, 表示されたグラフは程度の軽い関連性であることが示された. この結果, 比較的大きな円が出現した「授業」や「活用」「教材」など学校現場で活用されるグループが形成されたことから「高校教員」「大学教員」「その他の教員」など教える立場の所属者による活用が述べられている様子が確認された. これらと同じくらいの大きさの円として出現している「数

学」は本コンテンツの中心概念であることから当然であるが, これを形成する緑色のグループには「教科書」「考える」「使用」そしてその先に「理解」「教える」「学ぶ」最後には「物理」と教科を横断した共起も形成されていた. さらに, 「復習」「知識」「自身」といった言葉のある黄色のグループに波線につながっており, ゆるい繋がり共起関係が確認された. これらは「高校教員」だけでなく「個人」としての利用目的も数学の理解や知識を深めたいという利用目的が主流であったと解釈できる. 3.1 および 3.2 で示した本コンテンツの利用状況と合わせても, 授業資料というより学ぶ目的の申請者が大半だったと考えられる.

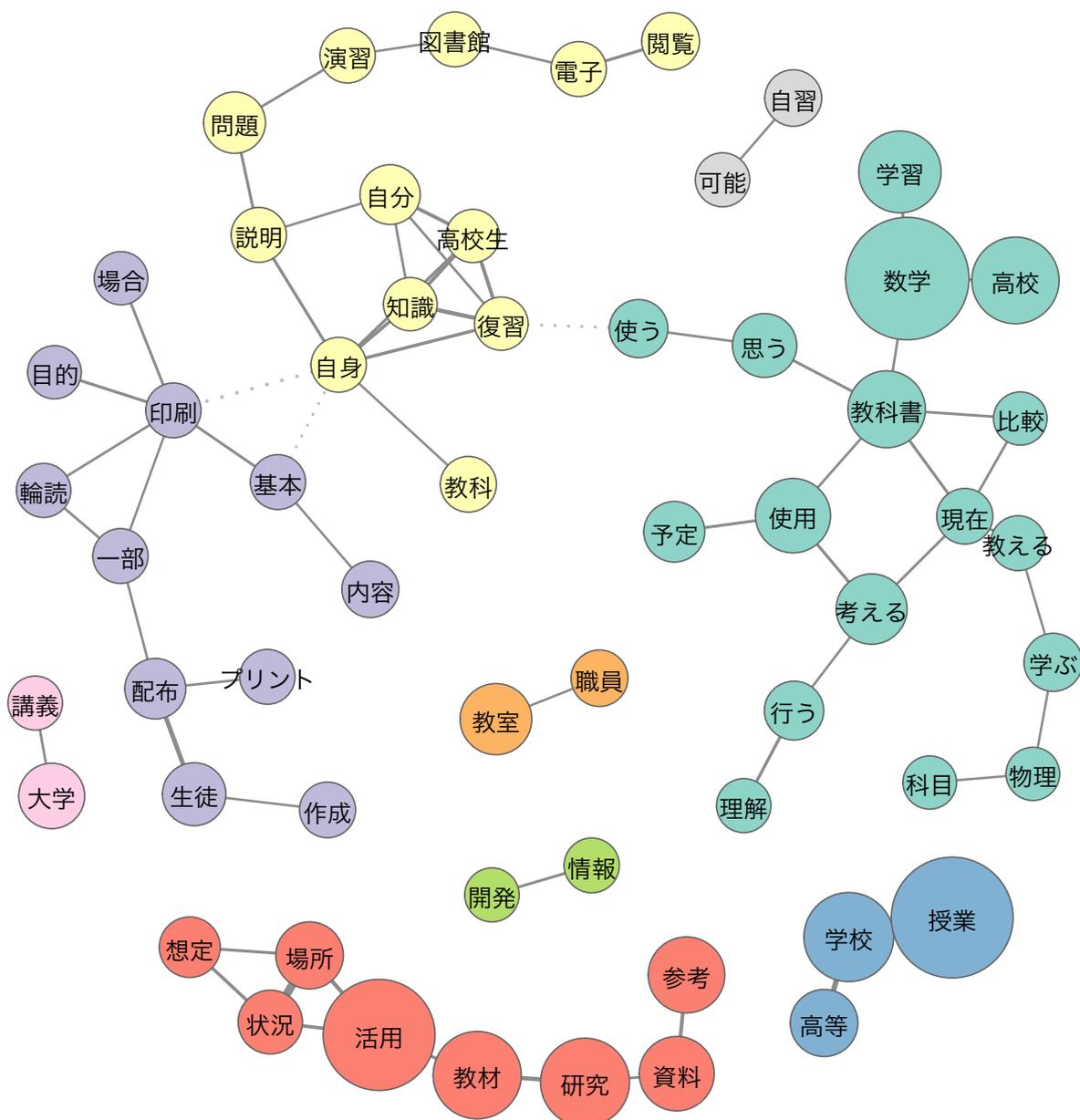


図 8: 「活用目的」の回答から得られた共起ネットワークグラフ

4. 利用者へのヒアリング調査

利用申請者の中には冊子の三省堂数学教科書に影響を受けたエピソードを長文にわたって報告するユーザがいた。これらは三省堂数学教科書の数学的な考え方に重点を置いた解説が学習者の理解に影響を与え、その理解を持続させていた可能性が考えられる。更には「また読みたいから閲覧を許可してほしい」とわざわざ申請フォームに書き込む行動を引き起こしていることから、過去の学びの再訪を促していたように見える。

こういった三省堂教科書および本コンテンツに対する解釈を改めて捉えるため、2021年3月～4月に愛知県三河地区で活動を行なっている大学教員・高校教員で構成される授業研究コミュニティ「西三数学サークル」に対してヒアリングを行なった(図9)。この結果、三省堂数学教科書は授業のような限られた利用では、特に決められた時間内に数学の得点を向上させるような活用は困難であるコメントがみられた。また、本来の狙いである読み手に考えを促すような使い方が適しており、学習者が中心で多様な学習方略を想定した活用が適していると考えられているようであった。

これ以外の数学教育関係者に対するヒアリングで出てきた話題として、M.ランパートの授業実践との比較がある[6]。ランパートの数学教育の実践は、認知的・社会的の2つの側面から特徴づけられ、評価されている。つまりは、日常生活で身につけた直感的な知識と意味を尊重することを起点とし、数学教育において「数学する (doing mathematics)」活動を導入し、「数学する」文化を創出することが重要だと示唆している。これに対して、三省堂数学教科書の著者も含む「数学教育協議会」のアプローチは、数学的概念を構築する過程に違いはあるが、学習者のもつ知的好奇心から創出される直感的な知識と意味を尊重する起点には共通性がある。本コンテンツの申請者の質問への回答やヒアリングの結果からも、三省堂数学教科書の著者らが教科書及び指導要領でまとめた内容が日常的に数学的概念を習得していく学習者中心の過程を重視しており、それがこれを読んだ学習者のみならず教員までも熱っぽく語る要因として働いた可能性が考えられる。

5. 調査から考えられるサイトの意義

利用する場所は高等学校の授業など学校での利用が一番多く、次は自宅での利用であった。学校での利用は学習教材としての利用が主な目的で、数学科教員同士

や同僚と一緒に使うなどグループでの利用が多数を占めている。自宅利用者は自学自習での利用が中心で、仕事や研究活動なども含むが純粋に数学を学習するために電子教科書が家庭で利用されていた。この他にデジタル教材開発の参考とする会社・研究施設やグループメンバーによる遠隔利用や、趣味のサークルで利用する公共施設がみられた。海外在住者からの申請もあり、海外でも数学教科書を利用できることを喜ぶコメントが見られた。

以上の利用傾向の把握をもとに、「閲覧開始から一定期間すぎると訪問しない」という問題に対して、以下の支援を行った。例えば授業利用での実践から本コンテンツを補助資料として利用できるようにした場合、計算結果のほかに自分なりの根拠を説明できるようになり、学習者間の議論も活発化した[7]。個人学習での利用状況を探るため、2名の工学部学生に本コンテンツを補助資料として授業外課題に取り組みさせた学習プロセスを観察したところ、度数法と弧度法の対応を整理する表を埋める課題で本コンテンツの閲覧と表のある列(特に 90° と 180° の列)を頻繁に行き来して確認している様子と、その前後に時間をかけて本コンテンツを読む様子が観察された。そしてそれ以外の列(教科書にない半端な数値の角度)は本コンテンツを閲覧せずにスムーズに算出していた。この参加者らは「本コンテンツは読み物としておもしろい」と調査後の感想を報告している。つまり本コンテンツは内容の確認というよりは、課題を解く際に解釈した理解と本コンテンツの解説を往還しながら理解を深める助けとなった可能性がある。

6. これからの時代に向けて

本コンテンツは20年以上前に開発されたものであり、当時の技術的制約を大きく受けていた。しかし、理解重視の意欲的な内容と、それをリソースとして使って解くべき課題があれば、冊子の時代に教科書の著者らが挑戦した「数学の野原を自由にかけ回る」ような学びが実現される可能性も期待できる[8]。

昨今、ICT技術の発展により知識伝達や情報共有の方略が動的かつ多様化する中、学習者が主体的に自由な方略で学習活動ができる自己管理型学習環境のために、教科の本質を求めて対話的に編まれた優良なコンテンツとそれを使って解くべき課題がデザイン指針として求められるのではないかと。

三省堂の教科書は非常にユニークなものでした。

特に「基礎解析」「代数幾何」の時代の教科書は際立っていました。

今から30年ほど前に私はあの教科書を使って教えたことがあります。

読み物としては面白いのですが、あれを使って教えようとする人を選ぶ教科書でした。（他社の教科書と違いすぎるためです）

定積分の導入方法などは他社と全く異なるので、今となってはとても貴重な資料です。

〇〇（学校名）は小学校以来全く学校に通学していない生徒たちをベースに授業を行うので、与えられたテーマにより教材を組み立てなければいけません。

毎時の授業を生徒の感性をベースに組み立てるとき、三省堂の問題例がたいへん使いやすいです。

実は、三省堂の導入法は新しい教育課程が今進行中ですが、先取する共通テストの問題も含めて

「対話型」「問題提起型」としてスタイルが入ってきてるのではないのでしょうか。

当時からも授業で使うよりは、教師の教材研究の参考として言われましたが、自分で教材を考えるには有効です。

三省堂の「明解数学Ⅰ」はもう30年くらい前に新任から赴任していた、今は閉校となった〇〇（学校名）で採用したことがあります。

例えば三角比を実際に使う時に中途半端な角度にして正弦定理を使う問題が載っていたりして、とても面白いと思って自分が採用を提言しました。

しかし、翌年にクラスの持ち方の関係で実際それを使ったのは定年後の非常勤の先生でした。

変な教科書だと文句を言われていたのを覚えています。むしろタブレットなどを活用して授業ができる今の時代のほうが使い道があるのかもしれない。

我々教員は読んでみて面白い切り口だなと思ったのですが、実際教科書として使うとなるとやっぱり使いにくかったかなという気がします。

副教材として活かす道はあるのではないのでしょうか？

1) 当時としては珍しい大判の教科書は見せていただきましたが使用する状況にはなりませんでした。

2) それは当時の学習指導要領に沿うように努めていたとは思いますが、展開に他の教員に違和感があったので、数学科の教科書として使うということではできないと思います。当時の会議で候補になりませんでしたし、今教科会議で検討するということは学習指導要領も違ってきますし。

3) 塾、生徒の学習会などで使うということは、受験を度外視した集まりであれば（たとえば超一流受験校、職業課程、芸術スポーツ等の専門的課程、通信制など）では可能かもしれません。学習指導要領に沿った形での受験内容が学校の柱になっているようなことを考えているようなところでは、教員の意識も学校の体制もそのようになっているので難しいと思います。そのため受験の枠を外した形での塾、学習会等では活用法があると思います。

4) 以上のように書いてくると受験体制に負けているようですが、この教科書では例えば関数についての一般的定義を与え、それに条件を付け加える形で、具体例、学習指導要領の内容（1次関数、2次関数、 n 次関数、指数対数関数、三角関数）と展開していったように思います。その展開は連続性や、微分可能性などへの広がり保証していて、生徒たちにひろがり、展望を与えるものであり、数学史からの話題もあって、全体的にとらえられるものであったように思います。

5) 教員志望者が減っているようですが、モット自由に教員が教科内容や学習指導要領についてその存廃も含めて議論できるような体制をとっていかないと日本の数学教育に未来はないと思っています。

図9：三省堂数学教科書および本コンテンツに対するコメント

謝辞

本報告の作成にあたり，三省堂数学教科書および電子版の運用にご理解・ご協力いただきました著者の先生方及び申請者の皆様に感謝の意を評します。

文献

- [1] 三宅なほみ.(2004). “高度メディア社会のための協調的学習支援システム”. 戦略的創造研究推進事業 CREST 平成15年度研究年報.
- [2] 三宅なほみ.(2007). “高度メディア社会のための協調的学習支援システム”. 戦略的創造研究推進事業発展研究(SORST) 終了報告書, p27.
- [3] 東京大学 CoREF: <https://coref.u-tokyo.ac.jp>
- [4] 尾関智恵.(2016). 数学電子教科書の多様な活用から見る遠隔協働学習の再考: CoREF 三省堂教科書電子版の利用状況から (日本教育情報学会第 32 回年会)-(教育資料研究会). 年会論文集, 32, 74-77.
- [5] K. Higuchi., (2007). “A Two-Step Approach to Quantitative Content Analysis: KH Coder Tutorial Using Anne of Green Gables (Part II),” *Ritsumeikan Social Science Review*, 53(1): 137-147.
- [6] 石井英真.(2004). < 研究論文> 「基礎・基本」 を豊かに学ぶ授業の創造: M. ランパートの計算指導に学ぶ. 教育方法の探究, 7, 11-20.
- [7] 尾関智恵.(2011). “電子教科書を利用した学習活動を活性化させる試み”. 日本教育工学会研究報告集, 2011(1), 107-110.
- [8] 何森仁, 江藤邦彦, 小沢健一, 黒田孝郎, 小島順, 小林道正, 近藤年示, 新海寛, 時永晃, 野崎昭弘, 増島高敬, 武藤徹, & 森毅.(1981). “高等学校の数学 I” まえがき. 三省堂印刷株式会社.

思い込みインタラクション ～セラピーロボットへの関わりから生まれたもの～ Subjective Interaction to the Therapy Robot

石川 悟

Satoru Ishikawa

北星学園大学

Hokusei Gakuen University

ishi_s@hokusei.ac.jp

概要

クッション型セラピーロボット「Qoobo」に対してインタラクションへの参加者に「思い入れ」を持てるような「出会い場面」を経験することが、その後の2週間に渡る Qoobo とのインタラクションをどのように変えてくのか、参加者が持つ Qoobo の印象や Qoobo に対する愛着の程度をweb質問紙と半構造化インタビューにより調査した。その結果、「思い入れ」を持てる「出会い場面」を経験することの影響は明確に現れなかった。それに対し、参加者が Qoobo を「どのようなもの」と思い込んで扱ったのか、によって Qoobo に対する印象やインタラクションが変わっている可能性が示唆される結果となった。

キーワード：思い込み、セラピーロボット、インタラクション

1. はじめに

ロボットやアバターなど、人工的に創られた対象と人との長期的なインタラクションは、人どうしのそれとは大きく異なる。人どうしのインタラクションでは、そのインタラクション期間中に様々な出来事が生じ、そのいくつかは「エピソード」としてインタラクション参加者間で共有され、その積み重ねにより両者の関係が変化し、個別化されていく。一方、人工的に創られた対象（ロボット）とのインタラクションでは、対象示す定型的な反応に対して人は「飽き」を生じ[1]、長期にわたるインタラクションの継続が難しくなる。

「飽き」を生じさせずに長期にわたってインタラクションを継続させるには、対象の反応にバリエーションを持たせることが解決策となる。一方、人は対象を主観的に評価し解釈する[2]。そのため、対象が示す反応・行動を複雑にする、という解決策ではなく、異なる対象への「思い入れ」をインタラクションの参加者が持つことで、対象が示す同じ「反応」に対して多義的な解釈を生じさせ得る。例えば、「ふれる」行為を経験することが人工物への「愛着」を引き起こすことも知られている[3][4]。

このような「思い入れ」を持たせるためには、「思い

入れ」が生じる「エピソード」が必要になる。人どうしのインタラクションでは偶発的に生じた「出来事」が「エピソード」となる。それに対し人工物とのインタラクションでは、参加者である「人」と人工物との間に生じる「出来事」を意図的に設けることができる。本研究ではこのような「出来事」を意図的に生じさせ得る環境を用意したとき、どのようなインタラクションが生じ、参加者が持つロボットの捉え方、「思い入れ」がどのように変化するのか、検討した。

本研究では、インタラクションの対象としてクッション型セラピーロボットの「Qoobo」を用いた。Qoobo やそれに先行して開発された「パロ」などのセラピーロボットは、ポジティブな効果をもたらすことが報告されている[5][6]。また人は、初対面場面で様々な振る舞いを Qoobo に対して示す[7]。この Qoobo との出会い方を「思い入れ」を持たせる「出来事」として準備し、異なる「出会い場面」を用意した。1つは参加者自ら「Qoobo に顔を作製し名前をつける」もの、もう1つは「あらかじめ作られた顔に名前をつける」ものだった。その後、Qoobo を自宅に持ち帰らせ2週間一緒に生活させた。2週間に渡る Qoobo との生活において、参加者がどのように関わっていくのか、Qoobo と参加者との間にどのような関係性が築かれていくのか、そしてロボットに対する印象や存在感はどのように変化するのか、1週間後と2週間後のそれぞれでweb質問紙と半構造化インタビューにより調査した。



図1. セラピーロボット「Qoobo」

2. 方法

実験参加者 4名の学生（男性1名、女性3名、平均年齢21.3歳）を、「顔作製条件」と「顔非作製条件」のそれぞれに2名ずつ割り当て、実験に参加させた。

インタラクション課題
実験参加者には、セラピーロボットである Qoobo（ユカイ工学株式会社製）を用いて、以下の2つの場面でインタラクションさせた。

出会い場面 実験初日に設けた Qoobo との「出会い場面」は、「思い入れ」を持たせるエピソードとして機能させるため、「顔作製条件」と「顔非作製条件」の2条件で異なる状況を用意した。

「顔作製条件」では、実験室内に顔の付いていない Qoobo と顔の素材となる材料（フェルト 12種類、リボンのアクセサリ 10個、リボン 20個、ピンバッチの金具 8個）と道具（ボンド、ハサミ、裁ちばさみ、グルーガン、チャコペン、厚紙 1枚、スケッチ用の紙 2枚、ペン類）を用意し、「顔作製条件」の実験参加者それぞれに好みの顔を作製させ、かつ Qoobo の名前を考えさせた。所用時間は約 40分だった。「顔非作製条件」では、実験室内に実験者が作製した顔の付いた Qoobo（図2）を用意し、「顔非作製条件」の実験参加者と Qoobo を5分間接触させ、Qoobo の名前を考えさせた。

生活場面 「出会い場面」の後、実験参加者の自宅に Qoobo を持ち帰らせ一緒に生活させた。その際、Qoobo とは自由に関わらせた。ただし、1日に1回、必ず Qoobo と接触させるため、インスタグラムのストーリー機能を使用して Qoobo の様子を写真に撮らせ毎日投稿させた。併せて「今日 Qoobo と満足に関わることが出来たのか」という主観的評価を、「1.とても不満足」、「2.不満足」、「3.どちらとも言えない」、「4.満足」、「5.とても満足」という目安を設け、スタンプの個数で回答させた。また、「今日の Qoobo とのエピソード」もコメントとして記載させた。

質問紙とインタビュー 実験参加者には、「出会い場面」当日、実験開始1週間後、2週間後に、web 質問紙により、ロボットに対する印象と、「思い入れ」として持つであろう「愛着」の程度を、ペットに対する「愛



図2. 実験者が作製した顔を付けた Qoobo



図3. 「顔作製条件」の参加者が作製した顔を付けた Qoobo（左：参加者 A、右：参加者 B）

着の程度」を測定した研究[8]をもとに9件法により回答させた。質問項目のうち、「動物的：動物のようだ／ペットのようだ」、「機械的：機械のようだ／ただのクッションだ」、「プラスの愛着：ほっとする／幸せな気分にしてくれる／よく話かける／一緒に寝る」、「マイナスの愛着：面倒を見たくない」を分析の対象とした。併せて、Qoobo に対して「クッションぽさ」、「ロボットっぽさ」、「ペットっぽさ」、「友達っぽさ」のそれぞれをどれだけ感じるか、7件法で回答させた。

参加者へのインタビューは、「出会い場面」の当日、1週間後（zoom を用いた遠隔インタビュー）、Qoobo を返却する2週間後のそれぞれで実施した。Web 質問紙に回答した結果を参照しながら、どうしてそのように回答したのか、Qoobo と生活することによって生じた自身の行動や感情の変化を聞き取った。

3. 結果

図3に「顔作製条件」の実験参加者が作製したそれぞれの Qoobo を示した。作製された顔はどちらも個性的なものとなった。

図4～図11に、実験の「出会い場面」、開始1週間後、2週間後に尋ねた質問項目の回答結果を示した。「顔作製条件」の実験参加者は実線で、「顔非作製条件」の実験参加者は点線で示している。「出会い場面」で顔を作製した「顔作製条件」の参加者は、「マイナスの愛着得点」が上がらない、「ロボットっぽさ」得点が下がらない、といった傾向を見せたが、顔を作製しなかった「顔非作製条件」の参加者が示した傾向との間に、一貫した違いの傾向は見られなかった。

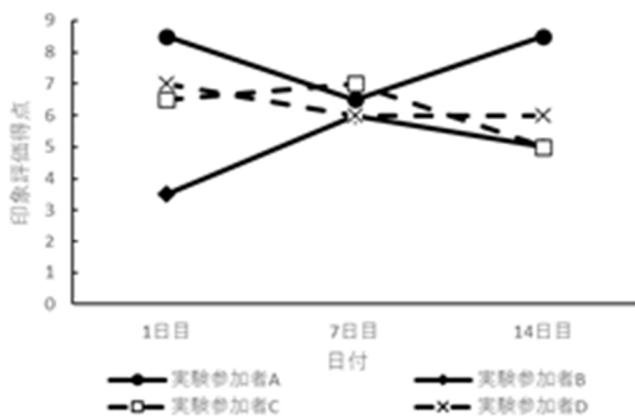


図4. 「動物的」印象評価得点

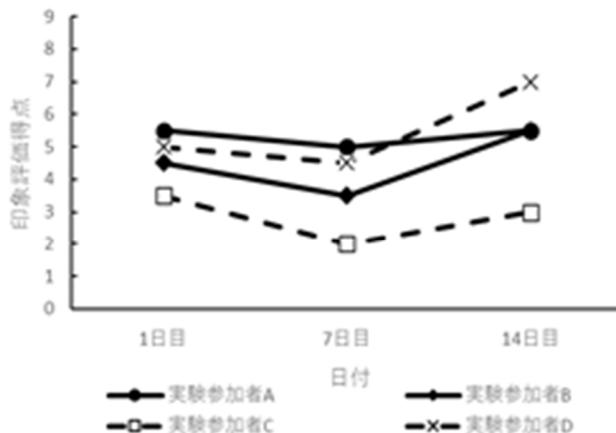


図5. 「機械的」印象評価得点

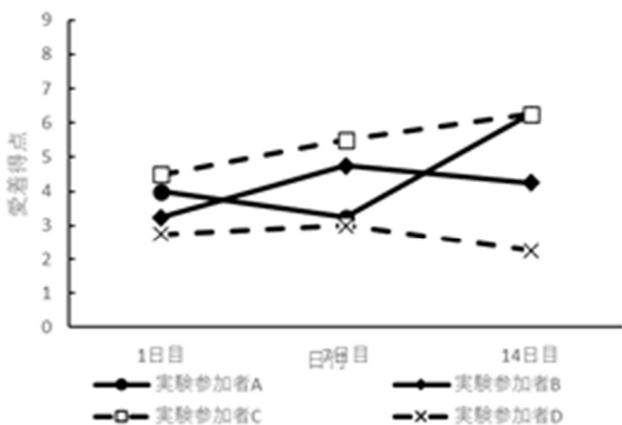


図6. プラスの愛着得点

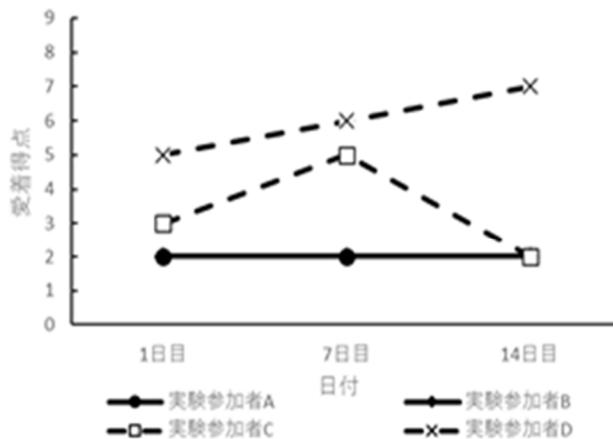


図7. マイナスの愛着得点

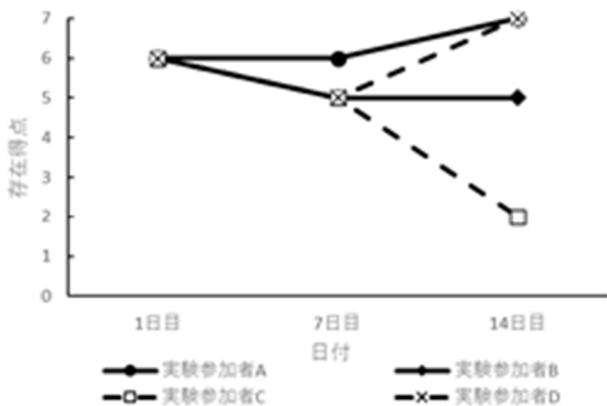


図8. 「クッションっぽさ」得点

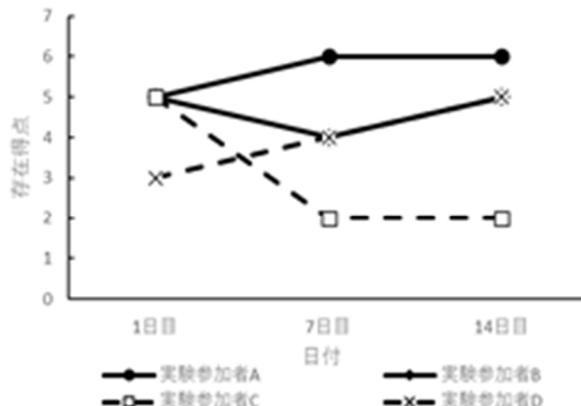


図9. 「ロボットっぽさ」得点

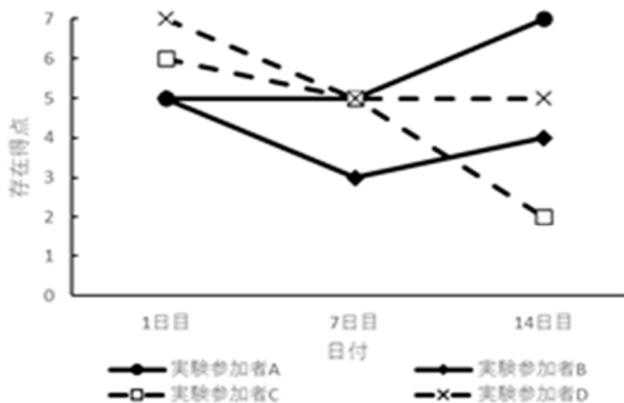


図10. 「ペットっぽさ」得点

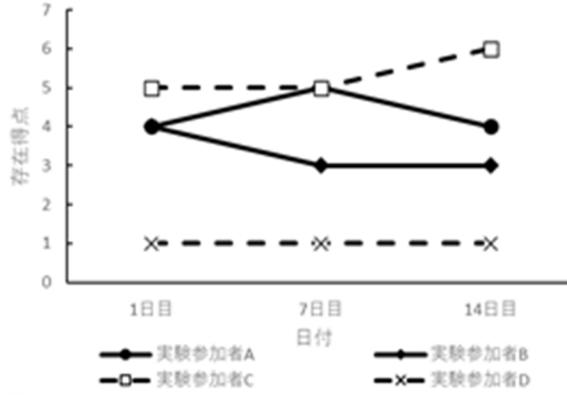


図11. 「友達っぽさ」得点

特に、図8～図11で示した、Qooboをどのような存在だ、と感じるか尋ねた質問への回答結果では、「出会い場面」でおこなった顔作製による効果はほとんど現れなかった。「顔作製条件」の参加者が、「ペットっぽさ」や「友達っぽさ」を「出会い場面」から高く評価する、ということは見られなかった。また「顔作製」をおこなったことにより、一緒に生活をした2週間の間に、「クッションっぽさ」や「ロボットっぽさ」の得点が下がることはなかった。それに対し、「顔非作製条件」であった「参加者C」は独特の傾向を示した。「クッションっぽさ」、「ロボットっぽさ」、「ペットっぽさ」の得点が2週間の間に下がり、「友達っぽさ」の得点が上昇する結果となった。

半構造化インタビューから得られたQooboと参加者の関わり方にも、それぞれの条件で一貫して現れる傾向は見られなかった。むしろ、個々の参加者ごとにQooboから受ける印象や存在、あるいはインタラクションの取り方が異なり、「顔非作製条件」だった「参加者C」と「参加者D」では特に大きかった。「参加者C」は、Qooboを友達っぽい存在と捉え、話すことや一緒に遊ぶ感覚を持って2週間関わっていた。特に、実験期間がコロナ禍により大学への登校が制限されていた期間であり他者との接触が少なく、Qooboへの「話しかけ」を良くおこなっていたことが半構造化インタビューにより明らかになった。また、実験開始後2週間後のインタビューにおいて動詞では「話す」、形容詞では「楽しい」という単語が最も多く現れた。それに対し「参加者D」はQooboをクッションっぽい存在と捉え、日に日にQooboへの関心が無くなり電源も付けられない日も現れた。このように同じ「出会い場面」を用意しても、その後のインタラクションは大きく異なることも見られた。

4. 考察

Qooboの「顔を作製する」という一つの「出来事」によってQooboに対する「思い入れ」が生じ、2週間にわたる生活の中でロボットに対する印象や存在感を変える、という明確な事実は認められなかった。けれども、Qooboの顔の作製はQooboに対するプラスの印象や基本的愛着を持続又は増加させた、と考え得る結果は得られた。一方で、そのような「出来事」を経験しなくても、Qooboと友達のような関わり方をするることによってもQooboに対する印象や存在感は変わ

ることが示唆された。

このような参加者間に見られた違いは、Qooboをどのように見ているか尋ねたインタビュー結果でも認められた。「参加者A：ペットとして見ている」、「参加者B：ぬいぐるみっぽい」、「参加者C：友達だと思って」、「参加者D：友達ではない」という発言があった。すなわち参加者それぞれが持つ「Qooboをこのような存在として捉えたい」という思い、あるいは自身の持つ人工エージェントに対するイメージが「Qooboの存在の形」を決め、Qooboに対して「投射」される。その結果、「投射」された存在に対する振る舞いとして相応しい行動（話しかける／名前を呼ぶ／触れ合う）を生じさせていた、と考えられる。さらに、このような形のインタラクションを続けることにより、参加者はQooboの存在を自身が持つ「人工的な対象」のイメージに合ったものとして捉えるようになる、と考えられる。同じような効果がロボットへの話しかけ実験においても認められており[9]、参加者の「思い込み」が対象に「投射」され、インタラクションの様式が決まると考えられる。

このように、Qooboが人にとってどのような存在になるか、どのようなインタラクションが成り立つかは、その人がQooboに対して投射する人工的な対象のイメージ、すなわち「思い込み」によって決まり、人と対象の間に「確定したインタラクション」の形式は認められない、と考えられる。人が投射する「人工的に創られた対象」のイメージ、「思い込み」によってQooboは様々な存在となり、その存在は時間の経過と共に生成される新たな「イメージ／思い込み」によって変化する、と考えられた。

なお、本研究に参加した実験参加者は4名であり、この結果を一般化することは現時点では難しい。今後は、参加者の人数を増やすとともに、「生活場面」を過ぎすなかで複数の「出来事」が準備されることの影響、そして人工的に創られた対象に対して「投射」される「思い込み」によってどこまでインタラクションが創られるのか、検討を進めたい。

5. 謝辞

本研究は、北星学園大学文学部2020年度卒業生、飯塚麻友さんの真摯で献身的な取り組みによっておこなわれた研究に基づいている。ここに深く感謝の意を示す。

参考文献

- [1] 山田 誠二・小野 哲雄, (2019) マインドインタラクション AI 学者が考える《ココロ》のエージェント, 近代科学社.
- [2] 鈴木宏昭, (2020) プロジェクション・サイエンス 心と身体を世界につなぐ第三世代の認知科学, 近代科学社
- [3] 林 里奈・加藤 昇平, (2017) “身体性が人工ペットとのふれあいによるセラピー効果に与える影響”, 日本感性工学会論文誌, Vol.16, No.1, pp.75-81.
- [4] 七木田 方美, (2015) “「ふれる」ことにより, 対象への愛着が増加するか —学生による沐浴人形へのタッチケアの試みからの考察—”, 比治山大学短期大学部紀要, 第50巻, pp.11-21.
- [5] 尾林 和子・近藤 洋平・岡本 佳美・近藤 崇文・石井 陽子・小館 尚文・坂田 信裕・増山 茂, (2019) “コミュニケーションロボット「Qoobo」導入が被介護者の QOL に及ぼす効果中間報告”. pp.1-14.
- [6] 柴田 崇徳, (2017) “メンタルコミットロボット「パロ」の開発と普及 認知症等の非薬物療法のイノベーション”, 情報管理, Vol.60, No.4, pp. 217-228.
- [7] 飯塚 麻友・石川 悟, (2020) “クッション型セラピーロボットの稼働の有無は印象と接触の仕方に違いを生む”, HAI シンポジウム 2020 プロシーディングス, P-26.
- [8] 金児 恵, (2018), “コンパニオン・アニマルへの愛着の多次元性: 基本的愛着および依存的愛着と精神的健康との関連”, 北海道武蔵女子短期大学紀要, Vol.50, pp.251-267.
- [9] 柴田 諒子・小島 隆次・尾関 基行・岡 夏樹, (2013) “継続的に対乳児発話でロボットに語りかけることによる印象への影響”, 人工知能学会全国大会論文集

WMC が次善解から最善解への転換へ与える影響—情報探索を媒介変数とした検討—

Influence of WMC on conversion from a suboptimal to an optimal solution—Examination of information search as a mediating variable

二宮 由樹[†], 岩田 知之[†], 寺井 仁[‡], 三輪 和久[†]

Yuki Ninomiya, Tomoyuki Iwata, Hitosi Terai, Kazuhisa Miwa

[†]名古屋大学, [‡]近畿大学

Nagoya University, Kindai University

ninomiya@cog.human.nagoya-u.ac.jp

Abstract

Einstellung effect は既存の知識や経験への固着が問題解決を妨げてしまう現象である。WMC の高い参加者は、固着した情報に過度に集中してしまうため、固着から脱却しにくいことが知られている。しかし、WMC が、情報探索を媒介し、次善解から最善解への転換に与える影響について実証的に調べた研究は少ない。本研究では、WMC が Einstellung effect に与える影響について情報探索が媒介するという仮説を検討する。

Keyword Einstellung effect, WMC, 情報探索, 眼球運動測定

1. 問題と目的

私たちは、日々、知識や経験に基づいて様々な判断や問題解決を行っている。そして、様々な場面で、知識や経験はスムーズな判断や問題解決を助けてくれる(例えば、Friege & Lind, 2006)。しかし、時として知識や経験はこれまでにない新しい方法による問題解決を妨げることが知られている(Luchins, 1942)。そのため、どのように知識や経験への固着から脱却するのかという問いは認知科学において重要な研究テーマとされてきた。

このような、知識や経験が問題解決を妨げてしまう現象は、Einstellung effect に関する研究の中で検討がなされてきた(Luchins, 1942; Schultz & Searleman, 2002)。Einstellung effect とは、事前の経験や知識によってある解がすぐに想起される場合、他のより良い解の発見が阻害される現象である。本研究では、この事前の経験や知識によってある解を

次善解、他のより良い解のことを最善解と呼び、次善解へ固着した状態で最善解を発見することを次善解から最善解への転換と呼ぶ。

このような、次善解から最善解への転換に影響を与える要因の1つとして、ワーキングメモリ容量(以降: WMC)が挙げられる。例えば、Beilock & DeCaro (2007)は、水がめ課題(Luchins, 1942)を用いて、プレッシャーの少ない条件では、Operation Span Test (OSPAN) と Reading Span Test (ReadingSPAN) を利用して測定した WMC の低い参加者は、高い参加者に比べて、最善解の発見が促進されることを示した。また、Ricks, Turley-Ames & Woley (2007)は、特定の領域知識が解の発見を阻害するような課題である Remote Associates Test (RAT) において、特定の領域知識を多く持つ場合、OSPAN を利用して測定した WMC が高いほど、解の発見数が少なくなることを示した。この結果について、Ricks ら(2007)は、WMC の高い参加者は、領域知識に過度に集中していたために、解を発見しにくかったと解釈している。

実際に、課題中の眼球運動から情報探索と次善解への固着との関連を調べた研究では、最善解を発見できない参加者は、次善解に関連する領域に情報探索が集中していることが示されている(Bilalic, McLeod, & Gobet, 2008)。また、転換した参加者に比べて、転換していない参加者のほうが次善解へ固着時の情報探索の偏りが少ないことが示されている(二宮・寺井・三輪, 2019)。しかし、WMC が、固着時の情報探索を媒介し、次善解から最善解への転換に影響を与えているという関係について、実証的な検討はされていない。そこで本研究では、WMC が次善解から最善解への転換に与える影響に対する情

報探索の媒介効果について検討する。

ただし、近年の研究では一口に WMC といっても、様々な細分化が行われている。Van Stockum & DeCaro (2020)は、WMC を 3 つの機能に分解した。1 つ目の機能は、アンチサケード課題などで測定され、目標やタスク関連情報への集中を維持することにかかわる注意制御(Attention control: AC)である。2 つ目の機能は、RunningSPAN で測定され、注意の焦点内またはその周辺で情報を維持及び操作することにかかわる一次記憶(Primary memory: PM)である。最後に 3 つ目の機能は、OSPAN や ReadingSPAN など測定され、検索による新しい情報へのアクセスや関連性のない情報を注意の焦点から切り離すことにかかわる二次記憶(Secondary memory: SM)である。

そして、それぞれの機能が水がめ課題のパフォーマンスに与える影響を検討した。その結果、Beilock ら(2007)の研究同様、SM は水がめ課題のパフォーマンスと負の関係がみられることが示された。一方、PM は水がめ課題のパフォーマンスと正の関係が見られた。そして、SM と PM が水がめ課題のパフォーマンスに与える影響は AC が高いときのみ示された。このことは、注目する WMC の側面によって次善解から最善解への転換の成績に与える影響は大きく異なることを示している。

このことから、WMC の次善解から最善解への転換への影響を、情報探索が媒介していたとしても、測定する WMC の違いによって異なる効果を示す可能性がある。そこで、本研究では、WMC の 3 つの側面を測定し、それぞれが次善解から最善解への転換に与える影響に対し、どのように情報探索が媒介するのかを検討する。

2. 方法

課題 課題は二宮ら(2019)で作成した課題を使用する(図 1)。図 1 の A から E は、5 つの水瓶を示しており、それぞれの容器の容量が数字で与えられた。参加者は、画面の背景の数字の量の水(14)を、この 5 つの水瓶を使って汲むことが求められた。課題は Set trial と Critical trial から構成されていた。前者は、次善解への固着を形成するため、特定の解法(C-D-E)でしか解けないように設定された。後者は C-A というより良い解でも解決できるようになっていた。Critical trial において C-A を最初に発見した試行数を水がめ課題のパフォーマンスとした。

課題を通して次善解に関わる容器を右、最善解に関わる容器を左に配置した。これにより、眼球運動やマウストラッキングを計測することにより、次善

解か最善解のどちらに関する情報探索をしていたのかを判別できるようになっていた。

WMC の測定には、先行研究に従い、SM の測定には OSPAN、PM の測定には RunningSPAN、AC の測定にはアンチサケード課題を使用する(Van Stockum & DeCaro, 2020)。

仮説と予測 WMC が次善解から最善解への転換に与える影響を情報探索が媒介しているのであれば、先行研究より WMC の側面ごとに次のような予測が立つ。

第 1 に、SM の高さは、次善解に関する情報探索の偏りを促し、次善解から最善解への転換を負に予測するだろう。

第 2 に、PM の高さは、次善解に関する情報探索の偏りを緩和し、次善解から最善解への転換を正に予測するだろう。

第 3 に、AC は 1、2 の関係を緩和する要因になるだろう。

大会では、第 1 の仮説を検証するために行った実験の報告を行う。

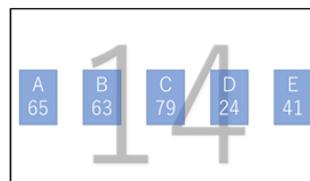


図 1 課題として表示された画像

参考文献

- Beilock, S. L., & DeCaro, M. S. (2007). From poor performance to success under stress: Working memory, strategy selection, and mathematical problem solving under pressure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(6), 983.
- Bilalic, M., McLeod, P., & Gobet, F. (2008). Why good thoughts block better ones: The mechanism of pernicious Einstellung (set) effect. *Cognition*, 108, 652-661.
- Friege, G., & Lind, G. (2006). Types and qualities of knowledge and their relations to problem solving in physics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4(3), 437-465.
- Luchins, A. S. (1942). Mechanization in problem solving: The effect of Einstellung. *Psychological Monographs*, 54(6), 1-95.
- 二宮 由樹・寺井 仁・三輪 和久 (2019) . 次善解から最善

解への転換における潜在的プロセスの影響 SIG-ALST, B5, 1-6.

Ricks, T. R., Turley-Ames, K. J., & Wiley, J. (2007). Effects of working memory capacity on mental set due to domain knowledge. *Memory & cognition*, 35(6), 1456-1462.

Schultz, P. W., & Searleman, A. (2002). Rigidity of thought and behavior: 100 years of research. *Genetic, social, and general psychology monographs*, 128(2), 165-207.

Van Stockum Jr, C. A., & DeCaro, M. S. (2020). When working memory mechanisms compete: Predicting cognitive flexibility versus mental set. *Cognition*, 201, 104313.

身体が表示位置が身体のマインドモデルに与える影響 ～前腕のマインドモデル更新の手がかりに関する検討～

The effect of displayed position of body parts on mental model of one's body — Cue to update limb position in mental model

岡松 育夢[†], 小林 晶[†], 松室 美紀[‡], 柴田 史久[‡], 木村 朝子[‡]

Ikumu Okamatsu, Hikari Kobayashi, Miki Matsumuro, Fumihisa Shibata, Asako Kimura

[†]立命館大学大学院情報理工学研究科, [‡]立命館大学情報理工学部
Graduate School of Information Science and Engineering,
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University,
okamatsu@rm2c.ise.ritsumeikan.ac.jp (岡松)

概要

本研究では, どのような手がかりが身体のマインドモデルの変更を促進するかを検討した. 複合現実感技術を用いて, 腕の位置を変更した映像を提示しながら単純な動きを繰り返し行わせた. このトレーニングを通し, 何も見えない状態で, 指を同じ高さに合わせる課題のパフォーマンスが変化するかを調べた. 本研究ではトレーニング中の手がかりとして, 両腕を「同時に動かす」「同じ高さに動かす」の2種類の有無を操作した. 両手がかりのないトレーニングを含む, 全てのトレーニングを通して, 身体の動きが変化した. 本研究の課題では, これら2つの手がかりが, 身体のマインドモデルの変化を促進するものではないことが示唆された.

キーワード: 身体のマインドモデル, 複合現実感, Multimodality

1. はじめに

1.1. 身体のマインドモデル

人間は自身の身体がどのようなものであるかという知識やイメージを保持している. これにより, 我々は目を閉じていても自身の手足がどこにあるのか, 身体の色は何色か, どういった姿勢を取っているのかを推定可能である. 本研究では, このような身体に関する全般的な知識やイメージをまとめて身体のマインドモデルと呼び, 特に腕や足などの身体の各部位やその位置関係に着目した.

身体のマインドモデルは視覚や深部感覚などの様々な知覚器官からの情報を統合することで形成され, 日常の体験や経験によって維持, 更新されている [1]. ラバーハンドイリュージョンなどの先行研究の結果から, 視覚や触覚から得られる情報に基づき, 身体のマインドモデルを変更可能であることが確認されている [2].

さらに, 人間は行動を決定する際にこの身体のマインドモデルを利用している [3]. 例えば, 進路に障害

物が存在する場合, 自身の身体の大きさに合わせ, くぐる, またぐなどの行動が決定される. 成長期の子供が判断を間違えて頭をぶつけてしまうように, このような行動の決定は, 視覚などの外界から得られる情報だけではなく, 内的に保持している身体のマインドモデルが利用されている. そのため, 身体のマインドモデルの変化は, 人間の行動にも影響する.

1.2. 身体のマインドモデルの変更

近年では, 様々な技術の発展に伴い, 身体の動きを使って, 自身の身体以外のものを操作する場面が増加している. 例えば, 身体の動作と対応させることによって, ロボットの遠隔操作が行われている. 一方で, 人工現実感 (Virtual Reality; VR) や複合現実感 (Mixed Reality; MR) の技術を用いる状況では, 自身の身体が拡張されることがある. 例えば, 指が6本ある [4]. 腕が長い [5]といった実際とは異なる構造を持つ身体の実現が可能である.

そのような状況で, 操作者自身の身体のマインドモデルを用いると, 思わぬ問題が生じてしまう可能性がある. 例えば, 仮想空間上で腕が長くなっているにも関わらず, いつものように腕を振ってしまうと, 周囲のものに腕がぶつかってしまう. また, 遠隔ロボットの身体構造が自身と異なると, 動作を行う際に時間がかかってしまう.

このように, 身体構造が異なる対象を自身の身体を用いて素早く正確に操作するためには, 身体のマインドモデルを対象に適応させることが重要である. 小林らの先行研究 [6] では, 身体のマインドモデルの中でも, 身体部位の位置関係に注目し, 身体部位の視覚的位置変更が身体のマインドモデルに与える影響について検討した.

彼女らの研究では, 視覚的に表示される身体的位置が

操作された状態で課題を行う（以下、トレーニングとする）ことにより、映像上の身体的位置に適応する形で行動が変化することが確認された。

1.3. 本研究について

しかし、この先行研究では、トレーニングを通した行動変化のみに焦点を当てており、どのようなトレーニングにより変化が起こりやすいかは研究の対象外であった。参加者は、常に両前腕を視覚的に同じ高さになるように同時に動かしており、これは最もメンタルモデルの変化が起こりやすい課題であると考えられる。第一に、前腕を視覚的に同じ高さに動かすことにより、変化の基準として利用しやすい位置情報が与えられていた。第二に、左右の前腕を同時に動かしたため、両腕の動きに伴う深部感覚からの情報を対応づけることが容易であった。

さらに、トレーニング中の課題とテスト課題が同一であるため、トレーニング中の動きを記憶し、テストで再現することにより、行動の変化が生じた可能性も残る。

そこで本研究では、上であげた2つの手がかり、両腕を「同時に動かす」「同じ高さに動かす」ことが身体のメンタルモデルの変更に影響するかを検討するために、3つの実験を行った。実験1は「同時に動かす」、実験2は「同じ高さに動かす」のそれぞれ1つの手がかりのみが与えられ、実験3ではいずれの手がかりも与えられなかった。これらの実験の結果と小林ら[6]の実験結果を比較し、それぞれの手がかりの影響を検討した。さらに、これらの実験では、トレーニングにおける課題がテスト課題と同一ではないため、トレーニング中の動きを記憶、再現したのではないかという疑義に関しても、同時に検討可能であった。

2. 実験 1-3

全ての実験は、ほぼ共通の手続きで行われたため、3つの実験について、合わせて記述する。

2.1. 身体の視覚的位置の操作

図1に実験の様子を示す。ビデオシースルー型 Head Mounted Display (HMD, Canon, HM-A1) を用い、実験参加者に映像を提示した。

実験中は、図2, 3に示すように、右手が映像の右半

分、左手が左半分提示されていた。そこで、HMDのカメラで取得した映像を左右半分に分割し、左半分を下に右半分を上にもずらし映像を提示することで、腕の表示位置を変更した。本実験では、左視野のカメラで取得した映像を両方の目のディスプレイに投影した。

映像のずらし方は、全くずらしていない状態を映像のずれ0%、映像の左半分の上辺がディスプレイの下部、右半分の下辺がディスプレイの上部の淵に接した状態を映像のずれ100%とし（図2）、本実験では0%、10%、20%の3条件（以下、ずれ条件と記述）で実施した（図3）。

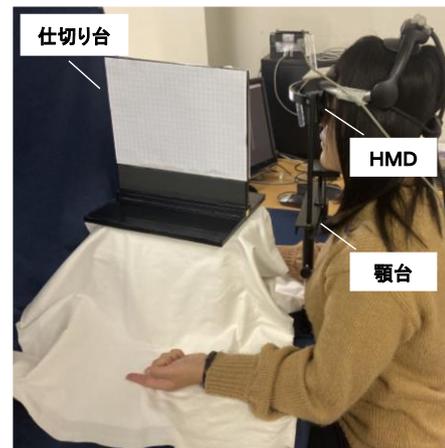


図1 実験風景

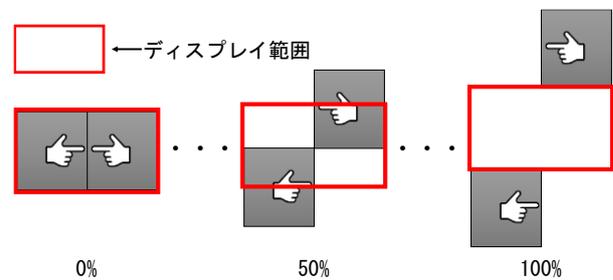


図2 映像のずらし方のイメージ

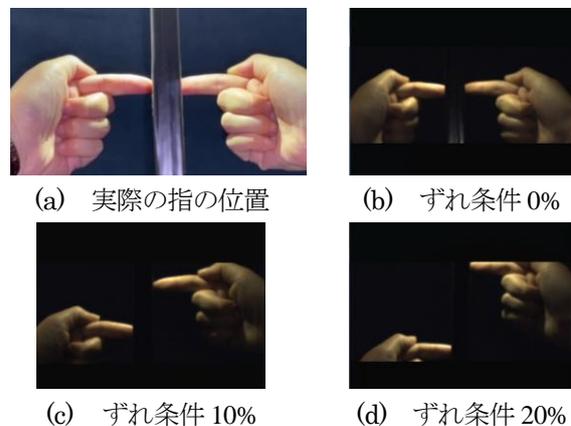


図3 指を合わせた際の各ずれ条件での映像



(a) 実験 1

(b) 実験 2,3

図 4 トレーニング時に表示される仮想の球

2.2. 方法

2.2.1. 参加者

実験 1 では平均年齢 21.00 歳 ($SD = 1.076$) の成人 20 名 (男性 17 名, 女性 3 名), 実験 2 では平均年齢 20.95 歳 ($SD = 1.050$) の成人 20 名 (男性 17 名, 女性 3 名), 実験 3 では平均年齢 21.75 歳 ($SD = 1.482$) の成人 20 名 (男性 17 名, 女性 3 名) が参加した。矯正を含め, 全実験参加者が正常視力を有した。また, 北澤ら [7] や鈴木ら [8] の用いているローゼンバッハ法によって, 実験参加者の利き目を調査した。各参加者の利き目は, 実験 1 では, 右目が 11 名, 左目が 9 名, 実験 2 では, 右目が 11 名, 左目が 9 名, 実験 3 では, 右眼が 11 名, 左目が 9 名であった。また, 各参加者の利き腕は, 実験 1 では右腕が 17 名, 左目が 3 名, 実験 2 では右腕が 17 名, 左目が 3 名, 実験 3 では右腕が 17 名, 左目が 3 名であった。

2.2.2. 手続き

実験参加者は各条件において, プレテスト, トレーニング, ポストテストの 3 段階を行った。プレテスト, ポストテストでは, 実験参加者は目を閉じた状態で左右の人差し指同士の高さを合わせる課題を行った。トレーニングでは, 図 4 に示すように, 実験参加者は左右の人差し指を仮想の球が表示される高さに合わせる課題を行った。仮想の球の表示のされ方は, 各実験で異なり, 後に詳細を説明する。トレーニングの間, 映像に操作が加えられた。

実験参加者は, 幅 10mm×高さ 295mm×奥行 297mm の仕切り台が置かれた机の前に座り, 頭を顎台 (NAMOTO, TKD-UK1) に固定された (図 1)。なお, 仕切り台の両面には, それぞれ方眼紙が貼り付けられており, その上にカーボン紙を差し込んだ。実験参加者が人差し指の爪で仕切り台を強く押すようにすることにより, 左右の指の位置が記録された。実験の詳細な流れ

は以下の通りであった。

各条件を開始する前に, 実験参加者は HMD を装着していない状態で人差し指同士を合わせることを 2 回繰り返した。その際, 実験参加者は指をよく観察し, 同じ高さで指が合うように動かすことを求められた。これは, 操作されていない状態の身体を観察しながら動作を行うことにより, 直前の条件での行動が身体メンタルモデルへ与えた影響をリセットするためである。

続いて, 実験参加者は HMD を装着し, 画面上に何も表示されていない状態で目を閉じて人差し指同士を同じ高さに合わせることを 3 回繰り返した。これがプレテストにあたり, トレーニングを行う前の指合わせの正確性を測定した。

続いて, 参加者は HMD に表示される映像を観察しながら人差し指を提示される仮想の球に合わせるトレーニングを行った。この時, 映像にはいずれかのずれ条件が適用された。実験参加者には映像がずれていることは伝えなかった。

実験 1 では, 参加者は, 異なる高さに表示された球に, 両腕を同時に動かし指を合わせた。この課題では, 参加者に両腕を「同時に動かす」という手がかりが与えられたこととなる。参加者はこれを 5 回繰り返し行った。球の表示される位置は, 事前に設定された 5 種類から, 左右の球の高さの差, および, 左右のどちらが高くなるかが偏らないよう, 参加者ごとに決定された。

実験 2 では, 参加者は, 球は左右交互に表示され, 各腕を交互に動かし指を合わせた。この時, 連続する 2 回の試行 (左右の腕の動きが各一回) で, 仮想の球は同じ高さに表示された。つまり, 参加者は両腕を「同じ高さへ動かす」という手がかりのみ与えられた。左右のどちらの腕から動かすかは参加者ごとにカウンターバランスがとられた。仮想球の表示位置は実験 1 と同様の 5 種類が用意され, 各高さが 1 回ずつランダムな順で提示された。参加者は各腕 5 回ずつ, 計 10 回腕を動かした。

実験 3 では, 実験 2 同様に, 参加者は, 球は左右交互に表示され, 各腕を交互に動かし指を合わせた。ただし, 連続する 2 回の試行 (左右の腕の動きが各一回) で, 球は必ず異なる高さに表示された。よって, 実験 4 では, 参加者は 2 つの手がかりのいずれも与えられていない。球の表示される高さは実験 1 と同様に決定され, 始めに表示される側はカウンターバランスがとられた。参加者は各腕 5 回ずつ, 計 10 回腕を動かした。

最後に, ポストテストとして, プレテスト同様に, 画

面に何も表示されていない状態で目を閉じて人差し指同士を同じ高さに合わせることを3回繰り返し行わせた。

以上の手続きを、全実験とも、各参加者に全てのずれ条件において1回ずつ行わせた。条件の順番は参加者ごとにカウンターバランスがとられた。直前の条件の影響、および、身体の違和感や疲労感をなくすために、条件間で5分間の休憩を取らせた。また、実験の終了時に、指を合わせた際に指同士が合っていたかの自信度や映像のずれに気がついたか等のコメントを聴取した。

2.2.3. 指標

本実験では、指を合わせた際の左右の垂直位置の違いを分析した。映像を垂直方向にのみ操作し、プレ、ポストテストでは実験参加者に同じ高さで指を合わせることを求めたため、前後の奥行き誤差は考慮しない。具体的には、左人差し指の垂直位置から右人差し指の垂直位置を引いた値（以下、垂直誤差と記述）を分析に用いた。垂直誤差が0の場合は指同士が正確に合わせられた状態、マイナスの値の場合は右腕が左腕よりも高い位置で指を合わせた状態、プラスの値の場合は左腕が右腕よりも高い位置で指を合わせた状態を表す。プレテストとポストテストの垂直誤差の差を垂直誤差の変化量として分析した。

3. 結果

各実験における垂直誤差の変化量を図5に示す。参加者内分散分析の結果、全ての実験において、ずれ要因の主効果が有意であった（実験1: $F(2,38) = 14.105, p < .001$, 実験2: $F(2,38) = 7.021, p < .005$, 実験3: $F(2,38) = 7.205, p < .005$ ）。

多重比較の結果、実験1と実験2においては、ずれが0%の時より10%と20%の時の垂直誤差の変化量が有意大きかった ($ps < .05$)。ずれが10%と20%の時の変化量に有意な差はなかった。実験3では、3つのずれ条件全ての組み合わせの差が有意であった ($ps < .05$)。ずれが大きくなるほど、変化量も大きくなった。以上の結果から、トレーニング時に観察する映像に操作が加えられていた条件で、プレテストよりも右腕を下、左腕を上へ位置させていたことが示される。

4. 考察

本研究では、身体のメンタルモデルの変更の手がかりとして利用可能な手がかりが変更を促進するかを検討するために、3つの実験を行った。具体的には両腕を「同時に動かす」「同じ高さに動かす」という2種類の手がかりに関して検討を行った。なお、小林ら [6] の先行研究では、これら2つの手がかりがともに利用可

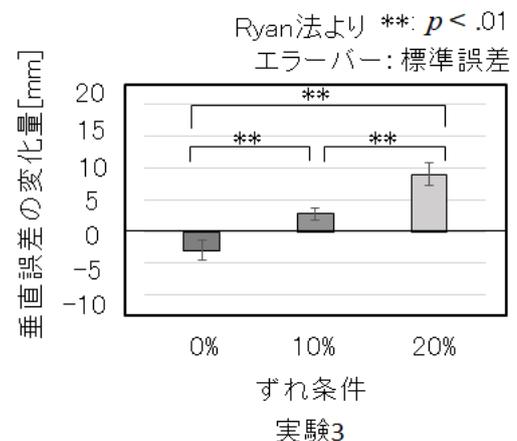
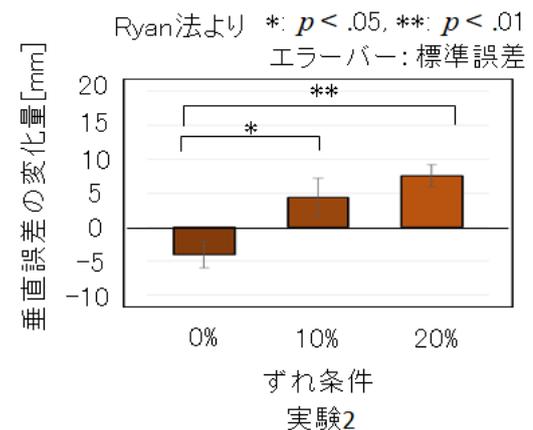
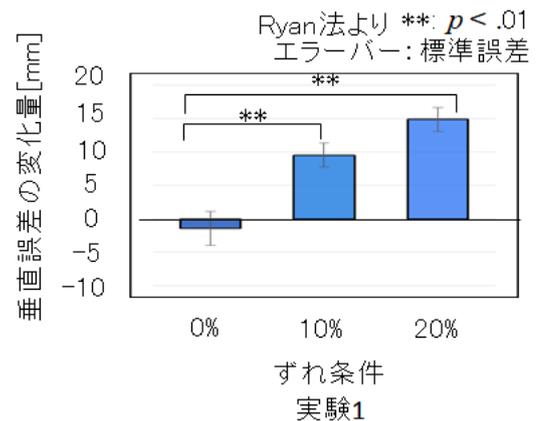


図5 垂直誤差の変化量

能であり、身体のメンタルモデルの変化が報告されている。

3つの実験の結果、どちらか一方の手がかりのみを与えた場合(実験1,2)も、どちらの手がかりも与えなかった場合(実験3)も、操作された映像を観察しながらのトレーニングの後に、テストにおける行動の変化が生じた。また、図5のグラフに示されるように、いずれの実験における変化量もほぼ同程度であった。

手がかりが与えられなかった場合も同程度の変化が起こったというこの結果は、本実験で操作した2つの手がかりが、身体のメンタルモデルを促進するものでなかったことを示唆する。ただし、両手がかりをともに利用可能であった小林ら [6] の先行研究では、20%のずれがある条件での変化量は平均 29.222 mm ($SD = 12.933$) と本研究の3つの実験と比べると、非常に大きかった。このことより、両手がかりがそろった時のみ、変化が促進される可能性も考えられる。

しかしながら、先に記した通り、小林ら [6] の実験では、トレーニングとプレ、ポストテストの内容が一致していたためポストテストでの垂直誤差が大きくなった可能性もある。この点に関しては今後の検討が必要である。一方で、本研究では、トレーニング中の動きを再生しても、ポストテストの指を合わせるという目標は達成できない。これより、ポストテストにおける行動の変化は、トレーニング中の動きの記憶と再生により生じたのではないことが示される。実験後のインタビューにおいて、ほとんどの参加者は自分が指を合わせる事ができたと自信を持っており、身体のメンタルモデルに変化が生じていたと考えられる。

本研究の2つの手がかりが変化を促進しなかった理由として、変化が潜在的に生じたことが挙げられる。参加者が能動的にずれに対応し、行動を変更しようとする場合、これら2つの手がかりは変更すべき量やその時の身体の状態の参照点となり有用であると考えられる。しかし、本研究の参加者の多くは、トレーニング中に映像に操作が加えられたことに気がついていなかった。そのため、手がかりが利用されなかったのだろう。今後は、顕在的な変更と潜在的な変化を区別し、どのような手がかりが重要であるかを検討していく必要がある。

5. 結論

本研究では、身体のメンタルモデルにおける両腕の位置に関して、両腕を「同時に動かす」「同じ高さに動かす」という2つの手がかりがその変更を促進するかを検討した。結果として、これら2つの手がかりの両方が与えられていない条件においても、操作された映像を見ながらのトレーニングを通して、行動の変化が生じた。よって、これら2つの手がかりは、本研究の実験状況では、身体のメンタルモデルの変更を促進するものはないことが示唆される。身体のメンタルモデルの変更、修正の過程を明らかにするために、今後、どのような状況で、どのような手がかりが変化を促進するのかを検討する必要がある。

文献

- [1] Glenn Carruthers, (2008) "Types of body representation and the sense of embodiment", *Consciousness and Cognition*, Vol. 17, pp. 1302 - 1316.
- [2] Matthew Botvinick, and Jonathan Cohen, (1998) "Rubber hands 'feel' touch that eyes see", *Nature*, Vol. 391, No. 6669, p. 756.
- [3] William H. Warren, (1984) "Perceiving affordance: Visual guidance of stair climbing", *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 10, No. 5, pp. 683 - 703.
- [4] Ludovic Hoyet, Ferran Argelaguet, Corentin Nicole, and Anatole Lecuyer, (2016) "Wow! I have six fingers!: Would you accept structural changes of your hand in VR?", *Frontiers in Robotics and AI*, Vol. 3, No. 27, pp. 1 - 12.
- [5] Sun Hong, 柴田史久, 木村朝子, (2018) "仮想空間における上肢伸長感覚の誘発要因の分析", *情報処理学会研究報告*, Vol. 2018-HCI-176, No. 22, pp. 1 - 6.
- [6] 小林晶, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子, (2020) "VR空間での表示ずれが身体のメンタルモデルに与える影響の考察", *日本認知科学会第37回大会発表論文集*, P-105, pp. 660 - 664.
- [7] 北澤一樹, 勝山しおり, 新井美紀, 大瀧瑞穂, 長谷川拓実, 下田佳央莉, 外里富佐江, (2015) "メンタルローテーション課題遂行時の眼球運動の特性と利き眼との関係-アイマークレコーダーを用いた検討-", *KMJ THE KITAKANTO MEDICAL JOURNAL*, Vol. 65, No. 3, pp. 221 - 227.
- [8] 鈴木真, 矢野澄男, (2014) "両眼眼球運動測定による奥行き距離検出", *映像情報メディア学会冬季大会*.

運動知覚における「うごき」のオブジェクト性： ランダムドット運動錯視を用いた数値的予測と実験的検証

“Object” in random dots motion illusion: numerical prediction and preliminary experiment

鳥居 拓馬, 日高 昇平
Takuma Torii, Shohei Hidaka

北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
{tak.torii, shhidaka}@jaist.ac.jp

概要

人は時空間的に変化する複数の対象を統合された1つの対象(オブジェクト)として知覚する。特定の動画などの写真の系列に対して人は「うごき」を知覚する。本研究では「うごき」に関するオブジェクト性を探るべく、ランダムドットを用いた運動錯視を調べた。運動刺激の局所的特性を重視する仮説と全体的特性を重視する仮説に基づくモデルの予測を導き出した。この予測を予備的な心理実験で検証したところ、全体的仮説と定性的に類似した傾向をえた。この結果は、人間は並進するランダムドット全体をひとつのオブジェクトと知覚することを示唆する。

キーワード：運動錯視 (motion illusion), ランダムドット (random dot), オブジェクト認知 (object cognition)

1. はじめに

刺激の物理特性とその知覚特性が一致しない現象を錯覚という。視覚に関する錯覚をとくに錯視という。錯覚はヒトの認識を探る手段となる。錯視の代表的な応用のひとつが動画(アニメーション)である。1本の動画とは複数枚の静止画を切り換えて表示するという仕組みであるが、十分な速さで切り換わる静止画の系列を人は断続的な「複数の静止画」と知覚せずむしろ連続的な「1本の動画」と錯覚する。この錯視はいつでも生じる訳でなく、静止画の内容に依存し、例えば無差別に集めた様々な自動車の写真を切り換えて表示しても、それは「複数の静止画」の瞬間提示と知覚されるだろう。この事例に限らず、時空間的に変化する複数の対象を1つの対象(まとめ)として知覚することはオブジェクト認知[1][2]と呼ばれ、高次認知との接面に位置すると考えられる。

動画に関する錯視を引き起こす要因のひとつにストロボ効果がある。ストロボ効果とは波形の連続関数を一定周波数で標本化して離散関数に変換するとき、標本化周波数が長すぎると元の連続信号を一意に復元できず、複数の解釈(複数の異なる元の連続信号の候補)

を与えることから生じる。ストロボ効果によると考えられる錯視のひとつ、ワゴンホイール錯視では、回転運動する物体(車のホイールや飛行機のプロペラなど)の回転周波数とそれをビデオ記録する標本化周波数を調整すると、本来の回転速度よりも速く回転して見えたり、また回転物体の回転方向とは逆向きに回転して見えるなどの錯視を引き起こす[3,4]。周期境界的な並進運動でもワゴンホイール錯視は生じる。

ワゴンホイール錯視は、時空間的に変化する対象に対して、どのように人が「うごき」を認識するかを調べる手段となる。Finlay & Dodwell [3]や Purves, Paydarfar, & Andrews [4]は、ワゴンホイール錯視に関して人の知覚する回転速度は表示上の隣接時点間でのスプーク(棒)の最近傍距離(最小角度差)から定まると仮説を立て、その仮説を支持する結果をえている。周期的パターンをもつこの錯視では最小角度差はパタンの完全な一致を引き起こす回転角度と一致する。Kline & Eagleman [5]は周期性のないランダムドットの並進運動に対しても方向反転の錯視が生じると報告しており、ワゴンホイール錯視の知覚に周期性が必要不可欠ではない可能性を主張している。また、スノーブラインド錯視[6]ではランダムドットの並進運動を空間的に遮蔽することで、元の速さよりも速く見えるという移動速度の錯視が生じることが経験的に知られている。

Kline & Eagleman [5]の結果やスノーブラインド錯視[6]の報告はランダムドットでも移動速度の錯視が生じることを示唆する。もしランダムドットでも移動速度の錯視が生じて、その錯視的な見えが最近傍仮説に従うならば、ランダムドットの並進運動では最近傍点の統計的構造は変わらないため、ほぼ静止画に見える(錯視)と予測される。しかし、これは実際に生じる知覚とは一致しない。ランダムドットでは最近傍仮説は局所空間的な特性に言及するため、仮説の言及する局所空間的な特性と、人間の知覚する大域空間的な特性との

乖離から、矛盾が生じていると考えられる。そこで本研究では、非周期的な運動錯視の例としてランダムドット運動錯視を題材とし、移動速度の錯視（見え）のメカニズムを調べる。本研究では、既存研究の仮説および著者らの仮説を踏まえた数値実験で定性的予測を示し、その予測を予備的な心理実験で検討した。

2. 錯視を説明する仮説

ある大きさの矩形の内部に、小さな円（点）が無数に描かれたパターンをランダムドットと呼ぶ。ランダムドットのうち、一部の小さな領域が観察者に提示される（図 1A）。単位時間毎にランダムドットは固定方向（左から右）に一定の速度で並進し、このとき観察者に提示される領域が同じく並進する（図 1B）。通常、観察者はランダムドットが並進したと知覚する（図 1C）。そのとき知覚される移動速度はランダムドットの並進速度に一致すると予測される（図 1C）。

次に、観察者が一定等間隔にバー（棒）を配置した格子を通してランダムドットを見とす（図 1E-H）。格子のバーに遮蔽されたドットは見えない。そのため、格子の物理特性（バーの幅やバーの間隔）は観察の空間的な標本化周波数を変える役割を担うと考えられる。

これがスノーブラインド錯視[6]に潜在するメカニズムであると考えられる。スノーブラインド錯視の作者は、ブラインドを通して雪が降る様子を見ると、ブラインドを通さずに雪が降る様子を見る場合よりも雪の落下速度が速く見ると述べている。本研究ではランダムドットは一斉に並進するが、スノーブラインド錯視の作品映像では個別の雪の結晶は不規則に揺れながら落下する。現時点ではスノーブラインド錯視と本研究の錯視との同一性は判断できないため、本研究の錯視を「スリット錯視」と呼び区別する。

スリット錯視が生じるメカニズム（仮説）を考える。まず、格子で遮蔽されない場合（図 1A-D）を考える。ランダムドットには、白い面を「図」とする見方と、黒い点を「図」とする見方がある。もし白い面を図と見るならば、ランダムドットの移動は（黒い点の模様の描かれた）白い面の全体的な移動すなわち黒い点の斉一的な移動として知覚されるだろう。他方、もし黒い点を図と見るならば、ランダムドットの移動は黒い点の個別の移動の総体として知覚されるだろう。具体的に、隣接時点間では（両側の境界を除けば）大多数の点の斉一的・剛体的な移動の下で 1 対 1 対応を構成できる（図

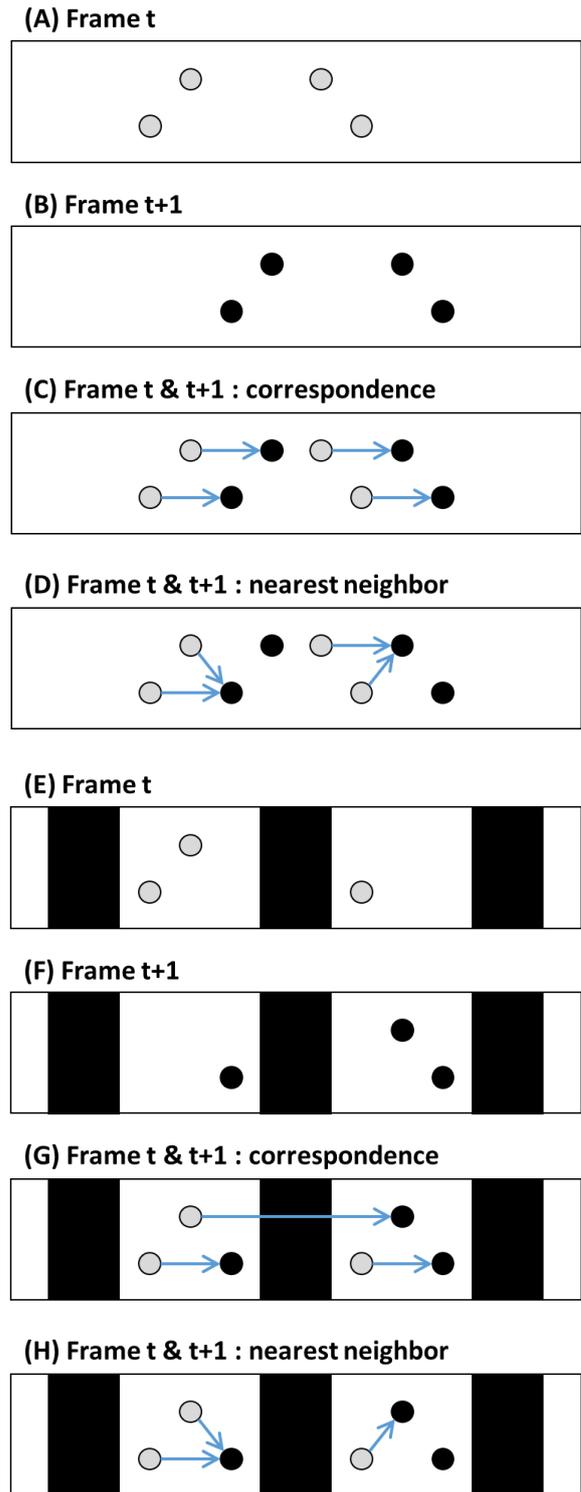


図 1. 運動速度の錯視を説明する仮説の模式図

1C). 見かけの速度に関するこれらの仮説を端的に言えば、各点の移動速度の総和から見かけの速度が決まると考えるか、それとも点群全体の移動速度から見かけの速度が決まると考えるか、さらに言えば「速度計算に

対して統合が後か先か」という違いと換言できる。こうした斉一的な対応の構成が異なる時点の静止画の同一視を可能にし、そのため異なる静止画が同一物体の位置の変化(うごき)として知覚されるという仮説を立てる(図1C)。これを斉一対応仮説と呼ぶ。

斉一対応仮説の下で、格子で遮蔽された場合(図1E-H)にどのような知覚が生じるかを予想する。一部のドットが遮蔽されると、そのドットは見えなくなるため、遮蔽されたドットは1対1対応の構成要素ではなくなる。それでも前時点(図1E)と現時点(図1F)の間で斉一的な対応を構成すべく探索すると、図に例示したようなさらに長距離の対応が選択されうる(図1G)。同一単位時間の下で、一方では他方よりも長距離の対応が見いだされることは、より速い動きが知覚されることを含意する(速度とは単位時間のあたりの移動量)。要約すると、ランダムドットと格子の移動速度が一致する場合に本来の移動速度が知覚されるが、ランダムドットと格子の移動速度がずれる場合に本来の移動速度とは異なる移動速度が知覚されると予測される。

他方、最近傍仮説の下では、もしランダムドットが空間的に統計的に同一な分布をもつならば、その局所的な空間的統計は並進によって本質的に変化しないから、格子の有無にかかわらず、本来の移動速度よりも遅いか、あるいは本来の移動速度に依らず一定の速度に見えるると予測される(図1Dと図1H)。

3. 数値計算での予測

本研究では前述の仮説に基づく数値実験を行い、定性的な予測を導き出す。この数値実験では仮説の思想を部分的に反映したあくまでも便宜的な計算である。

数値実験では、 500×1 [px] の大きさの画面を想定し、1 平方 px あたりの密度を 0.5 として母数 $\lambda = 0.5 \times 500 \times 1$ のポアソン分布から点(ドット)の表示する個数を定め、空間 \mathbb{R}^2 上の点群(ランダムドット)を生成した。視覚刺激の極端な縦横比 $500 : 1$ は数値計算上で水平方向の移動を強制するために設定した。各点の大きさは無限小とし、点群は $d = 0, 1, \dots, 9$ [px/frame] で一斉に横軸方向(向かって右)に並進する。格子の遮蔽領域の幅は $w = 5$ [px]、可視境界の幅は $l = 5$ [px] とし、格子は $b = 0, 1, 2, 3$ [px/frame] で一斉に横軸方向(向かって右)に並進する。動画の $5 + 1$ frame 分をシミュレートし、点群間の平均移動量から 1 frame あたり見かけの移動速度を推定した。

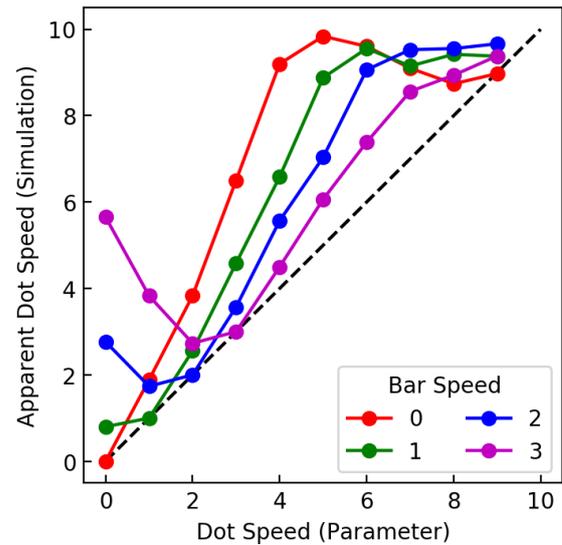


図2. 斉一対応仮説に基づく数値的予測

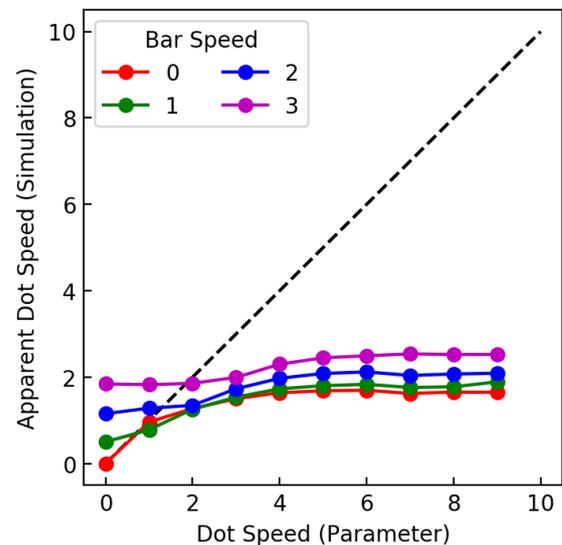


図3. 最近傍仮説に基づく数値的予測

斉一対応仮説の下では、観察データから未知なる斉一並進量 $\delta \geq 0$ を推定する。前時点の可視範囲の点群の各点を一斉に δ 並進させた点群と現時点の可視範囲の点群との間で、対応点間の合計距離を最小する1対1対応を求めた[7]。他方、最近傍仮説では、隣接時点の点群間で最近傍点を求めた。対応点間の平均速度を見かけの移動速度の予測値とした。

図2は、斉一対応仮説に基づく数値実験で求めた、見かけの移動速度の予測を示す。破線は実際の速度と見かけの速度が一致する場合を表す。図から、点群の速度と格子の速度が一致する $d = b$ の付近では、見かけの速度はほぼ実際の速度に近くなる。 $d \leq w + l$ では

見かけの速度は実際よりも大きくなる。点群の速度 $d = 0$ の場合でも、格子の速度 b の要因で点群が移動して見えるなどの予測を示す。

図3は、最近傍仮説に基づく数値実験で求めた、見かけの速度の予測を示す。斉一対応仮説と比較すると全体的に遅く、実際の点群の速度に依らずほぼ一定の移動速度に見えるという予測を示す。

4. 予備的な心理実験での検証

前節の数値実験でえた予測を検証するため、予備的な心理実験を行った。被験者10名のうち、1名は実験中に体調の不良のため中断し、分析から除外した。

各被験者は頭部を顎台で固定し、図4に示した実験画面を提示した。被験者から見て、1pxは約0.27mmである。コンピュータの液晶ディスプレイ(約60Hz)の画面中央(上部)に刺激動画を800×400pxで表示した。各ドットは直径10pxとした。刺激動画の直下に、見かけの速度を答えるための別の動画(回答動画)を表示した。被験者は、刺激動画中のランダムドットの移動速度と回答動画中のランダムドットの移動速度が一致するように、回答動画の速度パラメータを20段階で調整した。

予備実験では、各被験者は240条件を各3試行、合計720試行の刺激動画を評価した。各刺激動画の提示時間は最大10秒とし、各被験者あたり合計20分程度を要した。実験条件の組み合わせ数から、 $d \in \{1, 1.5, 2, 2.5, 3\}$, $b \in \{1, 1.5, 2, 2.5\}$ に限定した。

先述の通り、数値計算では各ドットの大きさを無限小と仮定するなど、数値計算のパラメータと心理実験のパラメータを定量的に対応させることはできない。そのため、見当をつけるべく、予備実験の事前にある程度の範囲を探索した。本研究の予備実験の結果では、錯視なし(実際の速度と見かけの速度がほぼ一致する)の傾向か、あるいは本予稿で報告する $w = 48$, $l = 5$ と定性的に類似した傾向の2種類をえた。

図5は分析結果の一部である。図2、図3と同様に、格子の速度 b および点群の速度 d に対して、被験者による見かけの速度の回答値の平均を示す。図5の結果を図2、図3の結果と比較すると、定性的には図2の斉一対応仮説の結果と類似する傾向を示している。とくに、 $d = b$ の場合には実際の速度に一致して見えるが、 $d = b$ から離れるほど見かけの速度が大きくなる点が定性的には、斉一対応仮説による数値計算の予測

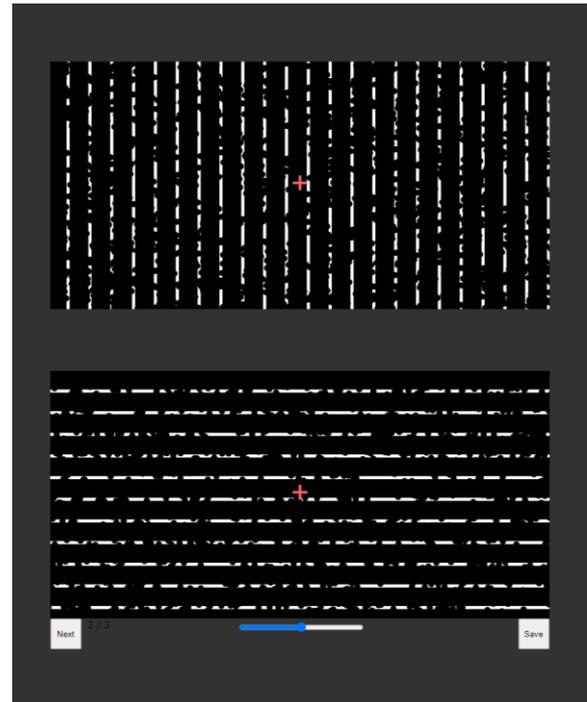


図4. 被験者に提示した実験画面

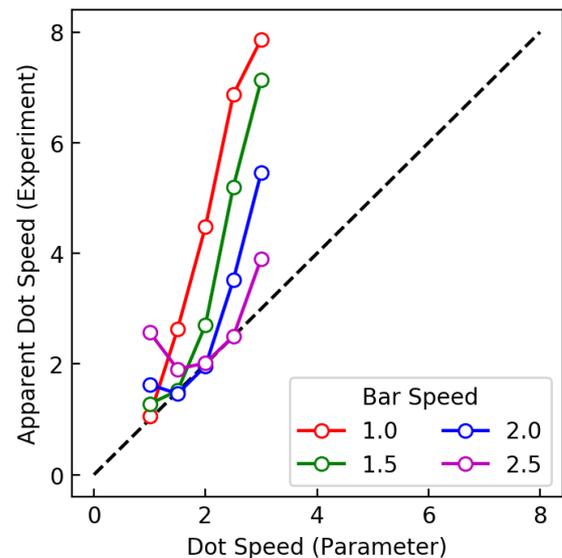


図5. 予備的な心理実験の結果(一部)

と一致している。本研究の予備実験の結果では、点群の速度 d に対して見かけの速度がほとんど変化しないという最近傍仮説の予測と一致する傾向は見られなかった。

5. 議論

本研究では、時空間的に変化する複数の対象を1つの対象(まとめ)として知覚するオブジェクト認知の機序を解明するために、ランダムドットの移動速度に

関する錯視を調べた。最近傍仮説と斉一対応仮説の下で数値実験と心理実験を行い、数値的に予測された見かけの速度が被験者の評価した見かけの速度の定性的に一致するかを調べた。その結果、斉一対応仮説とは定性的に一致する結果がえられたが、最近傍仮説の予測とは定性的にも一致しなかった。局所空間的な特性にのみ言及する最近傍仮説の予測とは一致せず、大域空間的な特性を考慮する斉一対応仮説の予測と一致する結果がえられたことは、本研究のスリット錯視のような観察対象において、人間の被験者が異なる時点で提示されたのランダムドットの集合全体をひとつの時空間的なオブジェクト(まとまり)として知覚している可能性を示唆する。スノーブラインド錯視もまた同様のメカニズムで引き起こされる可能性が高い。

今後は、予備実験では限定的なパラメータの範囲しか検証できておらず、本実験では確認する必要がある。とくにそもそも格子なしの場合に本来の移動速度で知覚されるかも確認しておく必要がある。また、数値計算では非現実的な仮定(無限小の点など)を置くため、予備実験の刺激パラメータの選択は十分に任意的とは言えない。床屋の錯視のように、本研究の錯視でも窓問題は本質的と考えられ、仮説の精緻化においては未知領域の補完[2]を考慮する必要があるだろう。今後は仮説の精緻化を進めるとともに、斉一対応仮説と対応した本実験を実施し、その結果を報告する予定である。

謝辞

本研究の心理実験は北陸先端科学技術大学院大学修士課程の学生であった小山俊太君が実施しました。ここに感謝の意を表します。本研究は JSPS 科研費 JP 20H04994, JST さきがけ JPMJPR20C9 の助成を受けたものです。

文献

- [1] 新美亮輔, 上田彩子, 横澤一彦 (2016) オブジェクト認知: 統合された表象と理解, 勁草書房.
- [2] 日高昇平, 高橋康介 (2019) 未知領域を含むオブジェクト同定による窓問題知覚の説明, 第36回日本認知科学会大会, O2-1, 1-3.
- [3] D. J. Finlay & P. C. Dodwell (1987) Speed of apparent motion and the wagon-wheel effect, *Perception & Psychophysics*, 41(1), 29-34.
- [4] D. Purves, J. A. Paydarfar, & T. J. Andrews (1996) The wagon wheel illusion in movies and reality, *Proceedings of National Academy of Science*, 93, 3693-3697.
- [5] K. A. Kline & D. M. Eagleman (2008) Evidence against the temporal subsampling account of illusory motion reversal,

Journal of Vision, 8(4):13, 1-5

- [6] 新正司 (2014) スノーブラインド錯視, <http://www.psych.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/sakkon/sakkon2014.html>
- [7] 鳥居拓馬, 日高昇平 (2018) 剛体の集合としての身体: 等長変換下の疎な点の対応づけ, 第32回人工知能学会全国大会, 2B4-01, pp.1-4

プレッシャーが明示的な運動制御精度と力みに与える影響

The effects of pressure on explicit motor control and body tension

小笠原 香苗^{†‡}, 小池 耕彦^{†‡}, 定藤 規弘^{†‡}
Kanae Ogasawara, Takahiko Koike, Norihiro Sadato

[†]総合研究大学院大学, [‡]生理学研究所

The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), National Institute for Physiological Sciences
oga@nips.ac.jp

概要

プレッシャーが運動制御に影響を与えるメカニズムを明らかにするため、運動制御精度と、力みという意識下の身体状態を区別可能な実験系を考案し、両者にプレッシャーが与える影響を検討した。握力で車を制御する課題を用いた。参加者は、練習の後に、本番として、評価を受けるプレッシャー条件、評価のない対照条件をおこなった。実験の結果、運動制御と力の発揮はどちらもプレッシャーにより影響を受けるものの、影響の受け方が異なることが明らかとなった。

キーワード：プレッシャー、運動制御精度、力み

1. 目的

「練習では出来ていたことが、本番になると上手くできない」といったように、プレッシャーによってパフォーマンス（運動制御精度）が低下する現象は「あがり」と呼ばれる (Baumeister, 1984; 村山・関矢, 2012)。しかしプレッシャーは必ずしも悪影響のみを引き起こすわけではなく、評価者がいる場合に逆にパフォーマンスが向上する現象として社会的促進や観察者効果が知られている (Zajonc, 1965)。このようなプレッシャーの効果はアスリートをはじめとした熟練者でも生じる (Otten, 2009)。またプレッシャーは、身体の制御に等しく効果を持つわけではない。視覚-運動協調時の運動制御は、課題目標でありフィードバックを明示的に利用できる要素と、身体状態のように課題とは直接関係がない意識下の要素とにわけられるが (Taylor, Krakauer, & Ivry, 2014)、課題目標でありフィードバックを利用可能な要素はプレッシャー下でも精度が低下しにくく (e.g., Lee & Grafton, 2015)、意識下の要素、例えば無駄な力である「力み」などは、プレッシャーによる影響が現れやすいとされている (Higuchi et al., 2002; Visser et al., 2004; Yoshie et al., 2008)。

これらの先行研究を考えれば、プレッシャーが運動制御に影響を与えることは自明である。しかし、(1)どのようなメカニズムによりプレッシャーが運動制御に影響を与えるのか、(2)なぜプレッシャーは明示的なフィードバックを利用可能な運動制御と意識下の要素と

に異なる影響を与えるのか、(3)なぜプレッシャーは運動に好影響と悪影響を与えるのか、といった点は未だ解明されていない。これは、先行研究では、明示的なフィードバックを利用可能な運動制御と意識下の要素の両者を同時かつ独立に測定しておらず、同時に記録できるような実験系もないためであると考えられる。たとえば、Yoshie らの研究ではフィードバックが利用可能な運動制御の対象が把持力となっているため、運動制御と力みの関係性を議論することは難しい (Yoshie et al., 2016)。

本研究では課題目標でありフィードバック信号を利用可能な運動制御の精度と、課題精度には無関係でフィードバックも無い力の量を独立に、かつ同時に測定可能な実験課題を提案する。この課題を遂行する参加者に、(1)本番であるというプレッシャー、およびそれに加えて (2)他者に評価されるというプレッシャーをかける。これらのプレッシャーが、フィードバック信号を利用可能な運動制御と、課題成績とは無関係な力の量とに与える影響を検討した。

2. 方法

2.1 実験課題

本研究で提案する、握力で車を制御するドライビングゲーム課題の詳細を示す (図 1)。参加者 (n=23) は自動的に前進する自車を、右手と左手の握力の差分により操り、道路を走らせる。両手ともに握力が閾値 (最大握力の 8%) を超えると自車が出現するようになっている。つまり、この課題は片手の力だけで遂行することはできない。車が左右に進むのは、両手の握力の差分によるから、両手に過剰な力が入っても、差分が最適であれば車を高精度で走らせられる。つまり、運動制御は高い力かんでいる場合を作り出すことが可能であり、力みと運動制御精度は分離して評価できる (課題内容: 図 2)。参加者は、1 トライアルで 1 コースを走破する。1 コースは正弦波状に連続して現れるカーブからなり、1 コースの走破に要する時間は 15 秒である。コースは、

最初に右カーブから始まるものと左カーブから始まるものの2パターン準備した。

参加者は握力を用いた車の操作に慣れるため、50トライアルの練習をおこなった。練習中は、無駄に力を入れて車を操作することがないように、両手の握力の合計が閾値（最大握力の16%）を超えると自車が消えるようになっていた。

練習後、参加者は本番の課題に臨む。目の前に対面して座った実験者に運動制御精度を評価されながら課題をおこなう条件（プレッシャー条件）と、実験者が部屋から退出し評価がされない状態で課題をおこなう条件（対照条件）を、30トライアルずつおこなった。条件は10トライアルごとに変更し、条件の順序はカウンターバランスをとった。

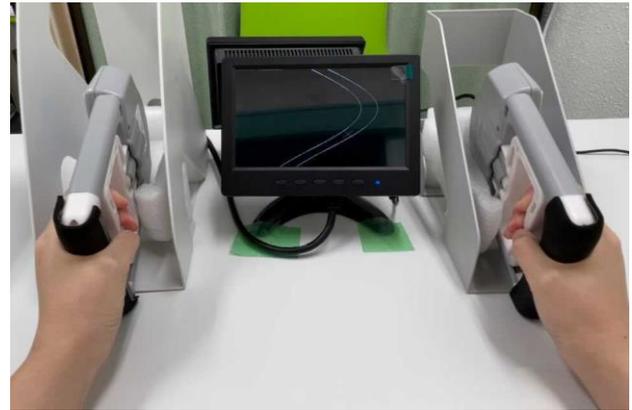


図1 実験の様子。

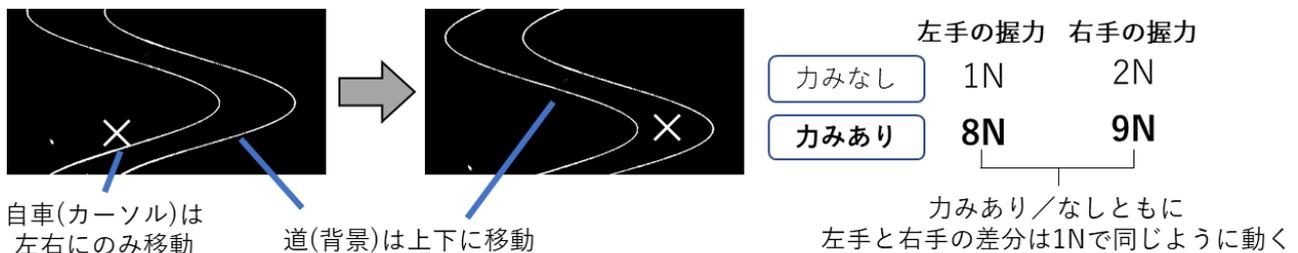


図2 課題内容。

2.2 解析

練習の最後の10トライアルにおいて、両手の握力の合計が閾値を超えてしまい自車が消えることがあった参加者は、本番において、プレッシャーによる力みの効果と、自車が消える上限の閾値を取り外した効果が弁別できないため除外し、参加者14名のデータについて解析をおこなった。あるトライアルの力みは、左右の握力の総和を、1トライアル分平均することで計算した。あるトライアルの運動制御精度は、車と道路中心との距離（エラー量）を1トライアル分平均することで計算した。

これら力み量と運動制御精度を、プレッシャー条件と対照条件の30トライアル分平均することで、各条件における参加者の力み量と運動制御精度を計算した。本番であるというプレッシャーが持つ効果を検討するため、練習最後の10トライアル分の平均を用いて、練習中の力み量と運動制御精度を計算した。これらの値を用いて、練習の効果の確認、条件間でのエラー量と握力の変化、握力変化とエラー量の相関、トライアル内での握力変動について検討した。

3. 結果

3.1 練習効果の確認

50トライアルの練習により、参加者が十分に車の操作に習熟していたことを確認するため、練習を10トライアルごとに1セットとして区切り、セットごとの運動制御精度を比較した。分散分析の結果、セット間でエラーの減少、すなわち運動制御精度の向上がみられたものの ($F(4, 52) = 34.61, p < .01, \eta_p^2 = 0.73$)、多重比較の結果、4セット目と5セット目に有意な差はみられなかった ($t(22) = 2.65, n.s.$; 図3)。そのため、5セット目は運動制御精度が定常となっていた、すなわち、参加者は5セット目終了後には十分に車の操作に習熟していたと判断した。

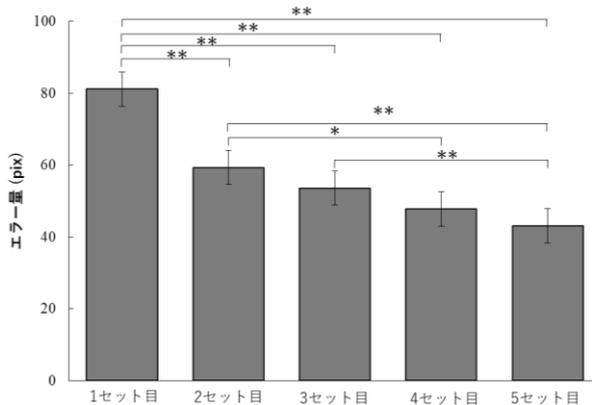


図3 練習での1セットごとのエラー量の比較 (エラーバーは標準誤差, * $p < .05$, ** $p < .01$).

3.2 条件間でのエラー量変化

エラー量についても同様の解析をおこなったところ、有意差がみられ ($F(2) = 11.13, p < .01, \eta_p^2 = 0.46$), 多重比較の結果、プレッシャー条件では練習条件に比べてエラー量が少なく ($t(13) = 3.99, p < .05, d = 0.41$), 対照条件では練習条件に比べてエラー量が少なかった ($t(13) = 3.02, p < .05, d = 0.28$). プレッシャー条件と対照条件の間に差はなかった ($t(13) = -1.87, n.s.$; 図4).

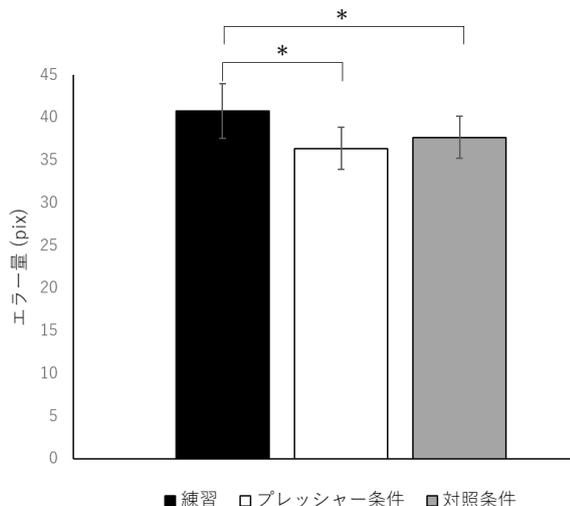


図4 条件間でのエラー量の比較 (エラーバーは標準誤差, * $p < .05$).

3.3 条件間での握力変化

トライアル中の握力の値を平均し、3つの条件間で比較したところ、有意差がみられた ($F(2) = 17.45, p < .01, \eta_p^2 = 0.57$). 多重比較の結果、プレッシャー条件では練習条件、対照条件に比べて握力が大きく (練習: $t(13) = -5.49, p < .01, d = -0.86$; 対象: $t(13) = 2.44, p < .05, d = 0.32$), 対照条件では練習条件に比べて握力が大きかった ($t(13) = -3.71, p < .01, d = -0.55$; 図5).

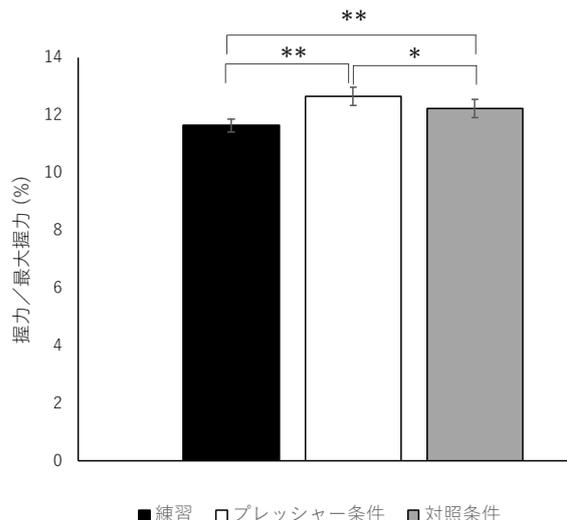


図5 条件間での握力の比較 (エラーバーは標準誤差, * $p < .05$, ** $p < .01$).

3.4 握力変化とエラー量変化の相関

プレッシャーによる握力の変動が大きい者ほどプレッシャーによるエラー量の変動も多いのかを検討するため、握力とエラー量に関して、本番の効果として練習からプレッシャー条件または対照条件の増分を、評価の効果として対照条件からプレッシャー条件の増分を計算した後に、参加者間で握力とエラー量の相関を計算したが、すべての条件間で有意な相関はなかった (プレッシャー条件-練習条件: $r = -.17, n.s.$; 対照条件-練習条件: $r = -.40, n.s.$; プレッシャー条件-対照条件: $r = -.06, n.s.$).

3.5 トライアル内での握力変動

条件間での握力変化が、トライアルの初期からずっと定常的な力みが発生しているのか、それともトライアルの間に徐々に発生していくのかを検討するため、トライアル内での握力の時間的な変動に着目して検討をおこなった。1 トライアル内での握力の時間的な変動の参加者平均は図6のような右肩上がりの曲線となった。曲線が右肩上がりであるのか、またその時間変動に条件差がみられるかを検討するため、課題が始まってから0.5秒間の握力の値(初期値)と、課題終了直前の0.5秒間の握力の値(最終値)を3つの条件間で比較した。期間(初期値, 最終値)と条件(練習, プレッシャー条件, 統制条件)の2要因分散分析をおこなったところ、交互作用がみられた ($F(2, 26) = 14.48, p < .01, \eta_p^2 = 0.53$). 単純主効果の検定を実施したところ、初期値では条件の単純主効果はみられなかったが ($F(2, 52) =$

1.48, n.s.), 最終値では条件の単純主効果が有意であった ($F(2, 52) = 18.82, p < .01, \eta_p^2 = 0.59$). 最終値の多重比較 (Bonferroni 法) の結果, すべての条件間で有意な差がみられた (練習-プレッシャー条件: $t(13) = -4.10, p < .01, d = -0.83$; 練習-統制条件: $t(13) = -2.46, p < .05, d = -0.49$; プレッシャー条件-統制条件: $t(13) = 2.88, p < .05, d = 0.34$). また, すべての条件において期間の単純主効果が有意であった (練習: $F(1, 39) = 39.77, p < .01, \eta_p^2 = 0.75$; プレッシャー条件: $F(1, 39) = 79.40, p < .01, \eta_p^2 = 0.86$; 統制条件: $F(1, 39) = 56.00, p < .01, \eta_p^2 = 0.81$; 図 7). これらの結果から, 条件にかかわらず力の変動は右肩上がりであること, 1 トライアルの中で徐々にプレッシャーによる握力の増大が生じることが示された.

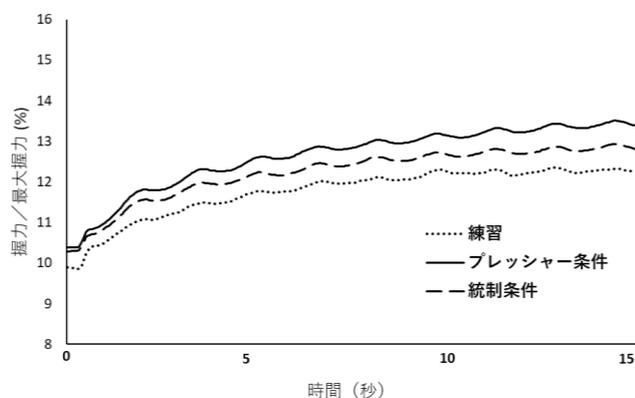


図 6 1 トライアル内 (15 秒間) での握力の時間的な変動.

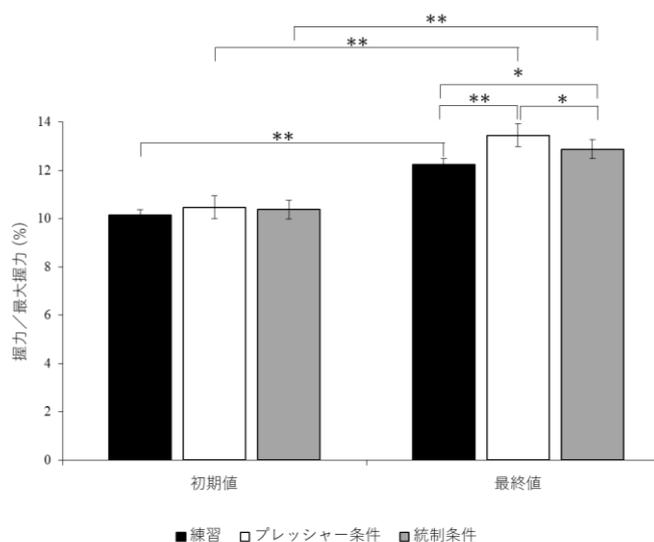


図 7 条件間での 1 トライアル内の初期値と最終値の比較 (エラーバーは標準誤差, $*p < .05$, $**p < .01$).

4. 考察

本研究では, 課題目標でありフィードバック信号を利用可能な運動制御の精度と, 課題精度には無関係でフィードバックも無い力の量を独立に, かつ同時に測定可能なドライビング課題を提案した. そしてこの課題を用いて, プレッシャーがフィードバック信号を利用可能な運動制御と, 課題成績とは無関係な力の量とに与える影響を検討した.

実験の結果, 運動制御と力の発揮はどちらもプレッシャーにより影響を受けるものの, 影響の受け方は異なることが明らかとなった.

運動制御は, 本番であるというプレッシャーにより向上した. 先行研究では, 本番であることの要因として, 評価者の効果 (山中・吉田, 2011) のほかにも, 観衆 (長谷川他, 2011), 賞金 (Hickman & Metz, 2015), 対戦相手のパフォーマンス (Kocher, Lenz, & Sutter, 2012) といった要素が加えられている. 本研究では, 評価の有無にかかわらず, 本番であるとの教示が運動制御を向上させた. これは, 本番であるという参加者のマインドセットの変化のみでプレッシャーを生起させることができることを示しており, 本番であることの効果が提唱できたといえる. また観察者がいるというプレッシャーは, 運動制御精度に影響を与えなかった. 明確なフィードバックに基づいた運動制御は, プレッシャーの影響を受けにくいことを示しているのかもしれない (Lee & Grafton, 2015).

これに対して, フィードバックの与えられない握力の発揮に関しては, 本番であるというプレッシャーだけでなく, 評価者がいるというプレッシャーによっても把持力が増加した. この結果は, 観察者の影響という点では観察者効果や社会的促進 (Zajonc, 1965) の一例と考えることは可能である. これらの効果の原因としては, 他者の存在により覚醒水準が変動するという考え (Zajonc, 1965), 覚醒水準とは無関係な高次の実行機能系の影響 (Ito et al., 2011) などが提案されている. 本研究では把持力のフィードバックはされておらず, 意識的な注意資源に関連した覚醒水準の変動 (Feinberg & Aiello, 2006) や, 意識的な制御に関連した実行機能系の影響 (Ito et al., 2011) は考えにくい. 他者の存在による, 自動的な覚醒水準の変化や不安惹起が, 力みの原因となっている可能性が示唆されるが, 本研究だけでそのメカニズムを解明することは困難である. 脳機能イメージングと組み合わせることで, 自動的な力みのメ

カニズムを解明することは、今後の研究課題である。

握力の1トライアル内での初期値と最終値について検討した結果、課題終了間際の最終値のみで条件間に差がみられた。このことは、プレッシャーによる力みが課題の最初から生じてそれが定常的に維持されている、すなわち静的なプロセスではなく、課題中に両手の制御が繰り返される中で少しずつ発生していく動的なプロセスである可能性を示している。この結果は、プレッシャーが与える影響が静的だという従来の考え (Mesagno, & Beckmann, 2017) とは異なる。今後の研究では、本実験のデータをより詳細に解析することで、把持力制御のどのプロセスにプレッシャーが影響を与えるのかを解明していく必要がある。

文献

- [1] Baumeister, R. F., (1984) "Choking under pressure: self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance", *Journal of personality and social psychology*, Vol. 46, No. 3, pp. 610-620.
- [2] Feinberg, J. M., & Aiello, J. R., (2006) "Social Facilitation: A Test of Competing Theories" *Journal of Applied Social Psychology*, Vol. 36, No. 5, pp. 1087-1109.
- [3] 長谷川弓子, 矢野円郁, 小山哲, & 猪俣公宏., (2011) "プレッシャー下のゴルフパッティングパフォーマンス: 不安の強度とパッティング距離の影響" *スポーツ心理学研究*, Vol. 38, No. 2, pp. 85-98.
- [4] Hickman, D. C., & Metz, N. E., (2015) "The impact of pressure on performance: Evidence from the PGA TOUR" *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 116, pp. 319-330.
- [5] Higuchi, T., Imanaka, K., & Hatayama, T., (2002) "Freezing degrees of freedom under stress: Kinematic evidence of constrained movement strategies", *Human movement science*, Vol.21, No. 5-6, pp. 831-846.
- [6] Ito, H., Yamauchi, H., Kaneko, H., Yoshikawa, T., Nomura, K., & Honjo, S., (2011) "Prefrontal overactivation, autonomic arousal, and task performance under evaluative pressure: A near - infrared spectroscopy (NIRS) study", *Psychophysiology*, Vol. 48, No. 11, pp. 1563-1571.
- [7] Kocher, M. G., Lenz, M. V., & Sutter, M., (2012) "Psychological pressure in competitive environments: New evidence from randomized natural experiments" *Management Science*, Vol. 58, No. 8, pp. 1585-1591.
- [8] Mesagno, C., & Beckmann, J., (2017) "Choking under pressure: theoretical models and interventions" *Current opinion in psychology*, Vol. 16, pp. 170-175.
- [9] 村山孝之・関矢寛史, (2012) "スポーツにおける「あがり」の要因と要因間の関係性", *体育学研究*, Vol. 57, No. 2, pp. 595-611.
- [10] Otten, M., (2009) "Choking vs. clutch performance: A study of sport performance under pressure" *Journal of sport and exercise psychology*, Vol. 31, No. 5, pp. 583-601.
- [11] Taylor, J. A., Krakauer, J. W., & Ivry, R. B., (2014) "Explicit and implicit contributions to learning in a sensorimotor adaptation task", *Journal of Neuroscience*, Vol. 34, No. 8, pp. 3023-3032.
- [12] Visser, B., De Looze, M. P., De Graaff, M. P., & Van Dieën, J. H., (2004) "Effects of precision demands and mental pressure on muscle activation and hand forces in computer mouse tasks" *Ergonomics*, Vol. 47, No. 2, pp. 202-217.
- [13] 山中咲耶・吉田俊和, (2011) "特性的共感性があたり喚起状況における主観的感情体験と課題遂行に及ぼす影響—観察者のフィードバックに着目して—", *実験社会心理学研究*, Vol. 51, No. 1, pp. 21-31.
- [14] Yoshie, M., Kudo, K., & Ohtsuki, T., (2008) "Effects of psychological stress on state anxiety, electromyographic activity, and arpeggio performance in pianists", *Medical Problems of Performing Artists*, Vol. 23, No. 3, pp. 120-132.
- [15] Yoshie, M., Nagai, Y., Critchley, H. D., & Harrison, N. A., (2016) "Why I tense up when you watch me: inferior parietal cortex mediates an audience's influence on motor performance" *Scientific reports*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-11.
- [16] Zajonc, R. B., (1965) "Social facilitation", *Science*, Vol. 149, No. 3681, pp. 269-274.

自由落下 / 上昇する物体の 軌道予測と追跡眼球運動に与える重力方向の評価

Evaluation of effects of gravitational direction on the orbit prediction for a free-falling/rising object and smooth pursuit eye movement

平田 貴士^{†,1}, 平田 豊^{#‡,2}, 川合 伸幸^{†‡,3}
Takashi Hirata, Yutaka Hirata, Nobuyuki Kawai

[†]名古屋大学大学院情報学研究科 心理・認知科学専攻, [#]中部大学大学院工学研究科 ロボット理工専攻,
[‡]中部大学 創発学術院

[†]Cognitive and Psychological Sciences, Graduate School of Informatics, Nagoya University

[#]Robotic Science and Technology, Graduate School of Engineering, Chubu University

[‡]Academy of Emerging Sciences, Chubu University

¹. hirata.t@cog.human.nagoya-u.ac.jp, ². yutaka@isc.chubu.ac.jp, ³. kawai@is.nagoya-u.ac.jp

概要

投擲されたボールなどの運動物体を眼で追う際には、滑らかな追従性眼球運動 (Smooth Pursuit : SP) が発生する。SP は運動物体を随意的に網膜中心窩上に捉えようとするフィードバック制御系であるが、過去の運動物体の軌道から位置を予測して眼を動かす予測機能も有することが知られている。SP の追従性能には上下非対称性が存在し、上昇運動に比べ下降運動において、より高い性能を示す。こうした非対称性には、地上の上下を規定する重力方向または身体軸の上下方向が寄与し、SP の予測性能に影響を与えている可能性がある。そこで本研究では、座位 (重力軸と体軸が一致) と仰臥位 (両者が直交) において 1G (9.81 m/s²) の等加速度で下降または上昇運動する物体に対する SP を評価する。また同時に、その運動物体が目標位置に達するタイミングを予測するボタン押し課題も実施し、SP 性能との関係を吟味する。これらの実験により、上下方向の物体運動予測における、重力軸 (allocentric) と体軸 (egocentric) の関係性が明らかになるものと考えられる。

キーワード: 眼球運動, 滑動性眼球運動, 軌道予測, 重力, 重力加速度

1. はじめに

地球上の物体運動は常に重力の影響を受ける。たとえば、自由落下中の物体の速度は一定ではなく、約 9.81 m/s² (1G) の等加速度運動をする。こうした重力の影響下にある物体の運動に対し、我々は無意識下にその軌道を予測して、適切なタイミングで落下物をキャッチすることができる。このような落下物の軌道予測を可能にしている主な感覚器官は眼である。

我々は、木から落下する果物や投擲されたボールなどを滑動性眼球運動 (Smooth Pursuit : SP) により網膜中心窩上に捉え続けることができる。物体を追従する際に発生する SP の性能は、物体の運動方向や加速度に依存する。これまでの研究により、地上の重力加速

度 (1G) に従って落下する物体を追従する際に発生する SP の精度は、異なる加速度 (0G や 2G) で落下する物体に比べて高いことが示されている [1, 2, 3, 4]。また、物体が下方向へ移動する際の速度認識精度は、上方向に比べ正確であることも示されている [1, 2, 3, 4]。さらに、視標が等加速度 (1G) で上・下・左・右の 4 方向いずれかに一定距離移動する際の移動時間を推定する課題では、上方向に比べ下方向への移動時間推定がより正確になることが示されている [5]。この研究では、映像あるいは被験者自身を重力軸に対して 45° 傾斜させた状態においては、上下方向の移動時間推定精度の差が小さくなることも示されている。これらの知見は、ある方向に移動する物体の速度や時間推定の精度ならびに SP の追従性能が、重力軸や体軸との一致度合いによって変化することを示唆している。

物体追従時に発生する SP は、随意的に注視物体を網膜中心窩に捉えようとするネガティブフィードバック制御系であるが、このフィードバックには視覚一運動変換に要する 100 ミリ秒程度の遅れを伴う。したがって、運動物体を追従中に 100 ミリ秒以上物体が消失すると SP による眼球運動は停止することになるが、追従中の物体の運動軌跡が予測可能な場合、予測的に SP が持続することが示されている [6, 7]。たとえば、等速で移動する視標が一時的に消失した際には、消失後の視標の軌道を予測するようにほぼ等速の SP が観測される [7]。一方、こうした予測性 SP と重力あるいは身体軸との関係性については殆ど未知である。そこで本研究では、重力方向とその逆方向に加速度 1G (9.81 m/s²) で移動する物体に対する SP と、その運動物体が目標位置に達するタイミングの予測精度を評価するための実験をデザインし、座位 (重力軸と体軸が一致)

と仰臥位（両者が不一致）において実施した。

2. 方法

2.1. 参加者

本実験の趣旨を十分に説明し、インフォームドコンセントが得られた 20 代の男性 2 人が実験に参加した。

2.2. 実験環境

図 1 に実験環境の概略図を示す。本実験では、座位（重力軸と体軸が一致）と仰臥位（両者が不一致）いずれかの姿勢で映像提示ならびに眼球運動計測を行った。座位では、眼球運動計測時に参加者の頭部動揺を抑制するため、顎台を設置した。仰臥位では、参加者はベッドの上で仰向けになった。参加者への映像提示ならびに眼球運動計測は、ヘッドマウントディスプレイ（HMD: VIVE Pro Eye, HTC VIVE）を用い、サンプリング周波数 50Hz で記録した。両姿勢において、実験で使用するテンキーを参加者の利き手側に設置した。

2.3. 視覚映像

図 2 に HMD 内に投影する視覚映像を示す。本実験では、リアルタイム 3D 開発プラットフォーム Unity (Unity Technologies) を用いて視覚映像を作成した。参加者には、Fall (図 2 A) と Rise (図 2 B) の 2 種類の映像を提示した。Fall では、参加者の前方 13m の地点において、正面（画面中央）を基準 (0m) として、上 5.5 m の位置（視角 22.9 deg）に追従視標である直径 0.4 m の球を設置し、下 5.5 m (-5.5m, 視角 -22.9 deg) の位置に目標地点 (的) を設置した (図 2 A)。Rise では、Fall の球と的の位置を入れ替えて提示した (図 2 B)。映像に提示される球は、重力加速度 1G で的に向かって下方向もしくは上方向に等加速度運動するように設定した。

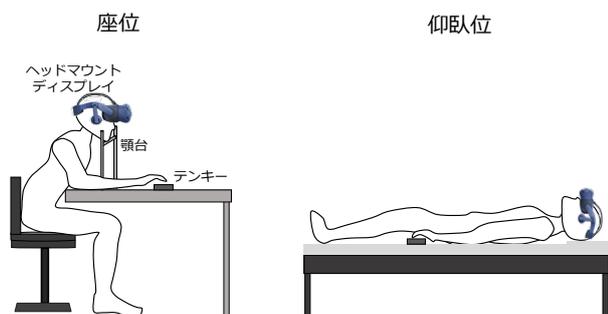


図 1. 実験環境概略図

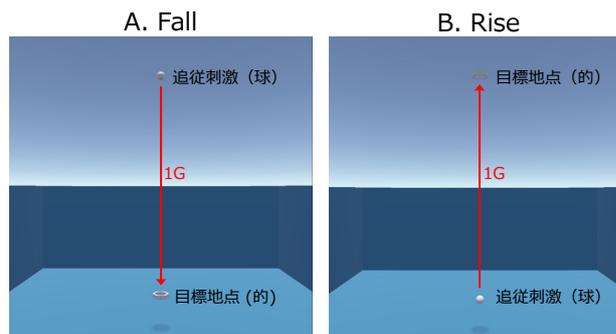


図 2. 視覚映像

2.4. 実験構成

実験は休憩を挟み前半と後半の 2 回に分けて行った。前後半では、それぞれ座位もしくは仰臥位のいずれかの姿勢をとった。追従条件は、前述の Fall と Rise の 2 つであり、各々は、以下の 2 つのフェーズ (Study と Test) で構成した。

① Study

参加者は、動く球を常に眼で追い、目標地点に球が到達するタイミングを見計らいテンキーの「0」を利き手の人差し指で入力した。キーが入力されるとその地点で球はしばらく停止し、その後初期位置に再提示された。一回の球の移動を 1 セッションとし、これを 5 回繰り返した。これを 1 試行とし、Fall または Rise いずれかの条件で 5 試行連続して繰り返した。その直後に、以下の Test を 1 回実行した。

② Test

この課題では、球の始動後 0.87 秒 (3.7m 移動後) で球を消失させた。前述の Study と同様に、参加者は Fall または Rise 条件において目標地点に向かって移動する球を SP により追従し、球消失後もその運動軌跡を予測して SP を続けるよう指示された。また、この時、目標地点に到達するタイミングを予想して、テンキーの「0」を利き手の人差し指で入力した。①Study で述べた通り、本課題の 1 試行は、Study 課題の各試行後に行われた。

2.5. データ解析

データ解析は、VIVE Pro Eye で記録される眼球運動時系列データを MATLAB (Mathwork 社) に読み込み、オフラインで解析した。

3. 結果

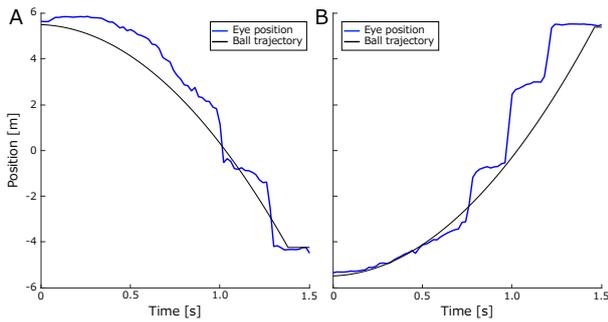


図3. 被験者Aの座位時 Study 課題1 試行目最後の Fall・Rise 条件における球追従時の眼球運動。A: Fall, B: Rise. 青色波形: 眼球位置, 黒色波形: 球の軌跡 (高さ)。

図3に参加者1人分の座位時 Study 課題1 試行目最後の Fall (図3 A) と Rise (図3 B) 条件における球追従時の眼球運動を示す。各図の青色波形は物体追従中の眼球位置を表し、黒色波形は、球の軌跡 (高さ) を示す。図の横軸は球が移動開始してからの時間を表す。

Fall 条件 (図3 A) では、球の軌道に近い滑らかな SP が約1秒間持続した。その後、球に追いつくためのキャッチアップサッカードが2回発生している。

一方、Rise 条件 (図3 B) では、球の軌道に近い滑らかな SP の持続時間は約0.7秒と、Fall 条件より短かった。また、その後サッカードが3回生成されており、いずれもキャッチアップサッカードではなく、球の位置を大きく行き過ぎた位置に着地し、球が近づいてくるのを待つようなものであった。

4. 考察

本研究では、重力方向とその逆方向に加速度 1G (9.81 m/s²) で移動する物体に対する SP と、その運動物体が目標位置に達するタイミングの予測精度を評価するための実験をデザインし、座位 (重力軸と体軸が一致) と仰臥位 (両者が不一致) において実施した。

実験の結果、座位中の下方向 (Fall) と上方向 (Rise) に移動する物体を追従する Study 課題において、Fall 条件での SP による追従時間が Rise 条件時よりも長いことが見いだされた。また、移動物体追従時のサッカードの発生回数や着地位置にも両者で差異が見いだされた。これらの結果は、自然法則に従って下向きに 1G で自由落下する物体に対する SP が、重力に反して上向きに 1G で移動する物体に対するものよりも追従性能が高

いという従来知見[1, 2, 3, 4]を指示するものと考えられる。

現在、目標位置到達タイミング予測結果の評価、ならびに仰臥位条件の結果をまとめている。本実験では、1G の他、0.5G ならびに 1.5G で等加速度運動する球を用いた実験も実施しており、今後は参加者数を増やすと同時に、これらの結果と合わせて、SP ならびに運動物体軌道予測精度に対する重力軸と体軸の関係性を明らかにしていく。

謝辞

本実験のためのシステム構築に協力頂いた中部大学大学院工学研究科情報工学専攻進士裕介氏に感謝致します。

文献

- [1] Gallagher, M., Torok, A., Klaas, J., and Ferre, E. R., "Gravity prior in human behavior: a perceptual or semantic phenomenon?", *Experimental Brain Research*, 2020.
- [2] Delle Monache, S., Lacquaniti, F., and Bosco, G., "Eye movements and manual interception of ballistic trajectories: effects of law of motion perturbations and occasions", *Experimental Brain Research*, vol. 233(2), pp. 359-374, 2014.
- [3] Bjorn, J., and Joan Lopez-Moliner., "Earth-Gravity congruent motion facilitates ocular control for pursuit of parabolic trajectories", *Scientific Reports*, 2019.
- [4] Monache, S. D., Lacquaniti, F., and Bosco, G., "Oculatracking of occluded ballistic trajectories: Effects of visual context and of target law of motion", *Journal of Vision*, vol. 19(4), pp.1-21, 2019.
- [5] Moscatelli, A., Lacquaniti, F., "The weight of time: Gravitational force enhances discrimination of visual motion duration", *Journal of Vision*, vol. 11(4), pp.1-17, 2011.
- [6] Woon, Ju, Park., Kimberly, B, Schaunder., Oh-Sang, Kwon., Losia, Benneto., and Duej, Tadin., "Atypical Visual Motion-Prediction Abilities in Autism Spectrum Disorder", *Clinical Psychological Science*, pp. 1-17, 2021.
- [7] 岡部陽三, 瀧口哲也, 長山郁生, 宮崎為夫, 梅田良三, "滑動性眼球運動と予測性", *耳鼻臨床*, vol.79(10), pp.1567-1572, 1986.

身体運動の階層構造の推定に向けて

Toward The Estimation of The Hierarchical Structure in The Body Movement

田澤 龍之介[†], 鳥居 拓馬[†], 日高 昇平[†]
 Ryunosuke Tazawa, Takuma Torii, Shohei Hidaka

[†]北陸先端科学技術大学院
 Japan Advanced Institute of Science and Technology
 s2120023@jaist.ac.jp

概要

身体運動には意図・計画などの認知的な性質を持つ情報が内在している。脳活動の効率的な推定による研究や皮膚表面の筋電信号から運動の意図を読み取るといった研究が行われている。しかし、脳波や筋電といった、我々が日常的には得てはいない指標によらずとも、意図・計画は身体運動軌道の視認からも推定可能である。本研究では、力学的不変量の1つであるフラクタル次元を推定することで、次元の変化の検出により身体運動の分節化を行う。

キーワード: フラクタル次元、分節化、順序依存性、階層型構造

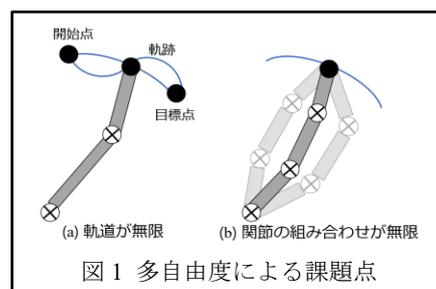
1. 研究背景

意図・計画を伴う運動を「行為」と呼ぶ。我々は他者の「行為」の観察により、その意図・計画を推定する。他者の「行為」に内在する意図・計画の推定により、他者が目標を達成するために実行できなかった「行為」を補完し、援助できる[1]。つまり、意図・計画の効率的かつ高精度な推定は、より円滑な人助けを実現する。

本研究において、「意図」とは、特定の目標を達成するための運動計画または運動制御のいずれかを意味し、一連の運動の選択または特定の目標の運動を導く。また、「行為」とは、特定の目標の達成を意図した運動を意味する。身体運動を力学系と見なす時、各状態に対する制御を与える制御器の目標に向けた運動を逐次決定する計画であり、その意味で「意図」と呼べる。認知的性質を持つ意図・計画は特定の運動と関連し、身体運動に反映される。しかし、身体は多自由度を有し、各自由度間が複雑に相互作用するため、身体運動の意図・計画の推定の機序には未解明な点が多く存在する。

2. 多自由度系による身体運動の複雑さ

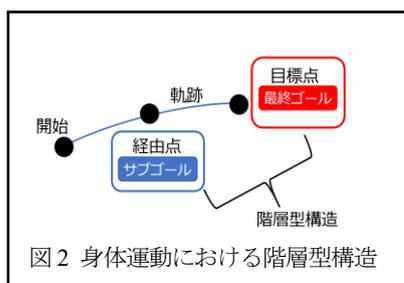
身体運動において、身体は多自由度を有するため、発生する運動の開始点から目標までの軌道の数は同一の端点軌道に対しても関節の組み合わせは無数にある



(図1). 到達運動において、手先端の軌道は各時点で3次元であるのに対し、身体には肩・肘・手首などの少なくとも7自由度あるため、動力学的な変数は一意に定まらない。つまり、不良設定問題である。不良設定性を有する身体が生成する運動のデータ構造からの意図・計画の推定は一般に困難である。

3.1 身体運動における階層型構造

多自由度系の身体運動において、開始点と目標間で生成され得る軌道数は無数にある。しかし、時間制約や身体部位の可動域などの、ある制約において、目標点に向かって腕を伸ばす到達運動時に観測される軌道は、手先軌道が粗い直線で手先の速度の波形がベル型になるという共通の特徴が存在する[2]。これは、動作生成における何らかの規準があり、それが最も満たされる運動軌道が選択されていると考えられている。身体運動において、手先が通る経由点(サブゴール)が存在し、それらを通過することで、目標の運動(最終ゴール)が達成される(図2)。このように、身体運動には、最終ゴール達成のためのサブゴールが存在する階層型構造を持つ。つまり、1つの複雑な運動課題はより局所的な課題へと分割可能である。運動開始時は、獲得する運動の要所や経由点を定める等の運動計画の大枠が定められ、サブゴール達成時には、低自由度の制御指令が行われる。しかし、この課題の階層型構造の制御に加え、先に述べた不良設定問題が存在するため、特定の課題に用いる身体部位の自由度の制御も同時に必要になる。



3.2 順序依存性

身体運動は身体部位ごとの制御自由度を変化させることで実現される。運動の実現において、選択した身体部位の制御自由度は逐次的に変化し、それらの自由度の変化順序は状況や目的に応じて選択される（順序依存性）。運動の実現は最適な制御の順序に依存し、身体部位ごとの制御自由度の変化順序は身体運動の意図・計画を反映していると考えられている。身体運動が階層型構造を持つことから、低自由度となる点（次元の変化点）が与えられた課題のサブゴールであると言える。サブゴールは課題に応じて変化することから、制御自由度の変化順序を解析することで達成した課題の特性を捉えることができる。

4.1 非線形力学系による身体計算理論

自由度の多さから軌道の生成における不良設定問題を解消しなければならない。Uno et al. [3]の最適制御理論では、筋骨格系の動力学的な滑らかさを制約とし、筋骨格系の動力学的空間（関節角、筋肉の出力・収縮など）と運動目標が与えられる3次元の作業空間上を対応つける。しかし、複数部位が強調する場合、動作間の空間座標系の変換の組み合わせ数が多く、逆モデルの計算コストが膨大となる。そこで、本研究では、身体運動の時間発展を記述する体系として、日高ら[4]の非線形力学系の理論を採用した。末梢・中枢神経・筋骨格系と作業空間との間の相互作用をそれらの系の状態とその状態遷移の系列とすることで、身体運動を力学系と捉える。ある運動（力学系）の多くの軌道は、相空間上の特定の部分空間のみを通過し、この部分空間その力学系のアトラクタに対応する。アトラクタ（身体運動の状態集合）の不変量の1つであるフラクタル次元は滑らかな座標変換に対する不変性を持つため、表層的な運動ではなく、それに潜在する運動制御すなわち意図の性質を抽出できる。

4.2 力学的不変量を用いた運動の分節化

実際に観測される身体の状態は限られ、外乱の影響も受けるため、観測データから相空間を再構成する必要がある。本研究では、相空間再構成法として、縮退した軌道のある次元の空間へ写像することで、特異点（軌道の交差）の無い滑らかな軌道に変換する時間遅れ座標への埋め込みを行う。この埋め込み操作によって、再構成されたアトラクタは距離などの幾何学的性質を持たず、アトラクタの位相的構造のみによって、特徴づけられる。アトラクタの位相的構造解析から、アトラクタ次元などの不変量を特定できる。このアトラクタの不変的構造により、異なる2つのアトラクタの対応つけ可能性を判定できる。本研究では、力学的不変量の1つであるフラクタル次元（点次元）を用いる。アトラクタ軌道の各点の自由度（制御可能性）は点次元によって特徴づけられる。日高ら[4]によって提案されている点次元推定法を用いて、力学系とみなした運動データの特徴次元の抽出を行う。以下で行う実験の一連の運動に内在する運動固有の点次元を推定することで、類似の次元を有する運動区間を同一の制御器により生成された運動、次元の変化点を制御の変化点とそれぞれ考える。

5.1 単振り子の振り上げ運動

本実験では、まず、単振り子の振り上げ課題を行った。単振り子などの単純な系での到達運動を行う場合、制御器の次元・自由度の変化に乏しく、課題の分節化を要しないと考えられる。単振り子は強化学習を用いて、鉛直上向きに制止させるように実装した。トルク u の加わった単振り子の運動方程式は次式となる。

$$ml\omega^2 = -\gamma\omega + mgl \sin \theta + u \quad (1)$$

$$\omega = \dot{\theta} \quad (2)$$

m は単振り子の質量、 l は長さ、 g は重力加速度、 θ は角度、 ω は角加速度を表す。この時、単振り子の状態 (θ, ω) を観測し、その状態に応じたトルク u を出力する制御を行うのが課題となる。まず、系の状態に応じた報酬 r は単振り子の振り上げ時に最大となるように次のように定義される。

$$r(\theta) = \cos \theta \quad (3)$$

この時、方策 u に従った時に期待される報酬 $V(\theta, \omega)$ は次式で定義される。

$$V(\theta, \omega) = \int_t^{\infty} e^{-\frac{s-t}{\gamma}} r(\theta(s), \omega(s), u(s)) ds \quad (4)$$

(4)の $V(\theta, \omega)$ が大きくなるように制御を行う。しかし、 $V(\theta, \omega)$ は未知の関数であるため、関数近似を行う。この時、以下のTD誤差が小さくなるようにパラメータの変更を行い、 $V(\theta, \omega)$ を推定した。つまり、 $V(\theta, \omega)$ を推定するユニット (Critic) は次式となる。

$$\delta(t) = r(t) - \frac{1}{\gamma} V(t) + \dot{V}(t) \quad (5)$$

一方で、 (θ, ω) の値に応じて、制御入力 u を決めるユニット (Actor) は以下の式に従う。(vは速度, nはノイズ)

$$v = \mu(\theta, \omega) + \sigma n \quad (6)$$

$$u = v_{max} g(v) \quad (7)$$

5.2 単振り子の投射運動

次に、単振り子に投射課題を与える (図3)。この実験も単純な系による到達運動であるため、次元・自由度の変化に乏しく、課題の分節化は要さない。単振り子の条件 (質量や長さなど) は変えずに行う。球を離す条件は角速度が最大に離すこととした。

5.3 多関節制御器における投射運動

3つめの実験として、不良設定性を持つ最小の運動課題として、多関節制御器を実装し、投射運動課題を与える。各リンクは上腕、前腕、関節は肩、肘に対応し、課題実行時の手先軌道を計測する。また、この実験において、高難易度と低難易度の2つの課題を与える。

高難易度 (長い到達距離を要する) の課題において、大部位では粗い制御 (高自由度)、一方で、小部位では繊細な制御 (低自由度) が必要となる。大部位では、十分な自由度の使用が求められ、失敗するケースとして自由度の未使用が考えられる。反対に、低難易度 (短い到達距離を要する) の課題において、自由度の過剰な使用及び運動順序の不整合による失敗が考えられる。低自由度による繊細な制御が必要となるため、高難易度の課題を比べ、サブゴール数が多くなることが予想される。

以上より、この3つめの実験では、運動の分節化及び制御順序に関する解析を行い、意図・計画の推定を行う。

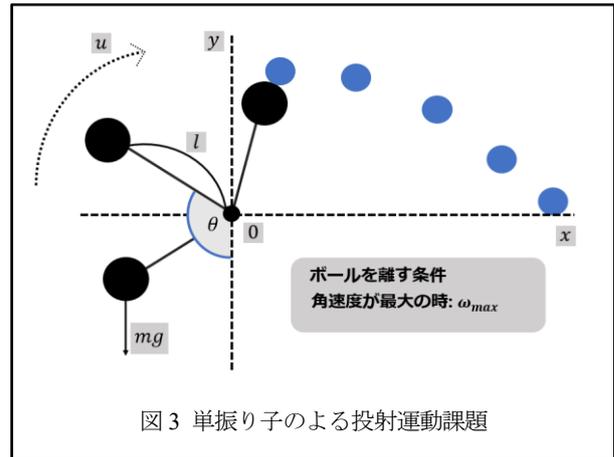


図3 単振り子による投射運動課題

最後に

本研究における3つの実験結果及び考察は、本学会で報告する。

文献

- [1] WARNEKEN, Felix; TOMASELLO, Michael. Altruistic helping in human infants and young chimpanzees. *science*, 2006, 311.5765: 1301-1303.
- [2] Flash, T., & Hogan, N. (1985). The coordination of arm movements: an experimentally confirmed mathematical model *Journal of neuroscience*, 5(7), 1688-1703.
- [3] Uno, Y., Kawato, M., & Suzuki, R. (1989). Formation and control of optimal trajectory in human multi joint arm movement minimum torque-change model. *Biological Cybernetics*, 61, 89-101.
- [4] 日高昇平. "力学的不変量仮説: 運動制御の最適化理論の上位原理として." 第15回身体知研究会予稿集(2013).

身体運動制御における注意の働きとシナジーに関する一考察

Relationship between attention and motor synergy in body motion control

阪口 豊[†]

Yutaka Sakaguchi

[†]電気通信大学

University of Electro-Communications

yutaka.sakaguchi@uec.ac.jp

概要

本発表では、ヒトの運動制御における注意の働きについて議論する。特に、外的焦点に比して内的焦点において運動課題の成績が低下する原因について運動計画の局所最適性の観点から考察し、大域的最適性を実現する注意の在り方として包括的注意の意味を議論する。また、全身運動の協応構造であるシナジーが注意の在り方と密接な関係にある可能性を指摘するほか、運動計画の評価関数の荷重係数を選択的注意によって修飾することで注意による運動への影響を説明するモデルについて述べる。

キーワード：身体技能，運動制御，身体感覚，注意，シナジー，評価関数

1. はじめに

注意の向け方がヒトの知覚や運動に影響を及ぼすことは日常的経験からも科学的知見からも明らかである。特定の対象に対して選択的注意を向けることによってその対象に関する情報処理が促進されることはさまざまな研究で明らかにされている[1]。また、身体運動制御に関しては、注意を外部の対象に向ける（外的焦点）のに比べ、自分の身体内に向ける（内的焦点）方が課題成績や学習効率が低下することが指摘されている[2,3]。

本発表では、注意が身体知覚や運動制御に与える影響やそのメカニズムについて視知覚における注意の働きと対比しながら議論する。なお、本稿の内容は、行動実験やシミュレーション実験に基づく具体的・定量的な議論ではなく、以上の問題に関する種々の知見に基づく考察である。

2. 選択的注意と包括的注意

視知覚における注意の研究では「選択的注意が特定の対象の情報処理を促進する」ことが広く受け入れられている[1]。このことは、注意を向けた対象を詳細に分析するには都合がよいが、その裏返しとして、注意を向けていない対象や領域の処理が疎かになるという負の側面がある。実際、先入観をもった状況での見落とし

など、特定の対象に注意を集中させたことに伴う失敗は日常的に経験することが多い。したがって、視野全体にわたって一様な処理特性を維持するには、特定の対象に選択的注意を向けないことが望ましいといえる。剣道における「遠山の目付」（目の前の相手を見ようとせずにあたかも遠くの山を見るようにする）という言葉は視野全体を広くとらえることの重要性を指摘する例である。このような視野全体に広がる注意の向け方を本稿では「包括的注意」と呼ぶ。選択的注意が情報源の所在が明らかなきに有効に機能するのに対し、包括的注意は情報がどこに出現するかを予測できない不確実性が高い場面で有効に機能するといえる。

このように、包括的注意は特定の対象に焦点を絞らず視野全体に様に気を配る状況であるが、その状態を明確に定義することは難しい。これは、視野のどこかに何か出現するのを能動的に待ち受けるという状態ではなく、刺激をそのまま受動的に受け入れる状態である。一方で、思考に集中するなどして感覚情報に注意を向けていない状態（無注意状態）とも異なる。あえていえば、意識下で作動する自動化された処理が自然に機能するようにした状態とよいかもしい。例えば、視野のどこかに変化が生じたときにそれを検出して視線を向けるのは無意識の処理系の働きであるが、このような処理が有効に機能するような状態を保っているということである。選択的注意が働いていた無注意状態であったりすると、このような無意識の処理が妨げられて、本来知覚に上るはずのものが知覚されないことが起こりうる。そのような状態を避けるのが包括的注意であるといつてよい。

ここまで視知覚を例にとって注意の働きについて述べてきたが、本論の主題は身体知覚における注意の働きである。ここで話を身体知覚の移すと、これまで述べてきた選択的注意と包括的注意の違いは、視覚的注意だけでなく身体的注意においても同様に成り立つと考えられる。つまり、特定の身体部位に注意を向けるのが

選択的注意であるのに対し、身体全体の状態を一様に受け取るのが包括的注意である。これは、アレクサンダー・テクニクにおける包括的認識力 (comprehensive awareness) [4] に近いものと推測される。このように考えたとき、冒頭で述べた内的焦点における運動パフォーマンスの低下は内的「焦点」すなわち選択的注意の負の側面として捉えることができる。つまり、外的焦点と対比したときの内的焦点の問題点は、内的焦点が選択的注意であるための問題であると考えられる。したがって、同じ内的注意であっても包括的注意においてパフォーマンス低下が生じるかどうかは疑問である。特に、アレクサンダー・テクニクにおいて包括的注意の重要性が指摘されていることを考えれば、包括的注意にポジティブな効果があることは十分に考えられる。外的焦点と包括的注意の関係については後述するが、少なくとも「身体への注意がもたらす負の効果」については検討の余地があることは間違いない。

ここで、運動課題遂行中に内的焦点を向けるのはいかなる場面であるかを具体的に考えてみる。運動者が身体に注意を向けるのはその身体部位の状態を知覚したいからであるが、その典型的な例は、新しい動きを習得するために試行錯誤しているときである。一般に、慣れた動作は無意識に遂行していることが多く、身体が存在を忘れていないといってもよいような状況である（この場合の注意の働きについては後述する）。これに対し、慣れない動作を習得しようとする際は、いかなる身体感覚が目的の動作を実行する際の手がかりとして有用かを探索すべく、さまざまな部位に選択的注意を向けていると考えられる。

ここで注意すべきことは、そのような場面では、その身体部位の状態を知覚しようするだけでなく制御しようとしていることが多いことである。例えば、手や腕の動きに注意を向けるときは、手や腕の感じ方（知覚）が自分の望ましいと思う感じ方と等しくなるように身体を動かそうとしていないだろうか。つまり、その部位に選択注意を向ける動機は、「その部位がどのような状態にあるかを知りたい」だけでなく「その部位が望ましい状態であるかどうかを判断し、さらには、望ましい状態に近づきたい」こともあると考えられる。

このような動機付けは、目的の運動課題のパフォーマンスを向上させるうえで、運動者自身が（あるいは指導者の教示にしたがって）自身の身体感覚に基づくサブゴールを設定していると解釈できる。例えば、「肘が〇〇であるような感じで腕を動かそう」と考えたとき

には、肘に向けられた注意は肘がそのような感覚になっているかを判断し、そうでなければそうなるように動きを修正させる働きを担っている。このような注意の向け方は、設定したサブゴールを実現すべく運動計画・制御に影響を及ぼしているはずである。

いずれにせよ、運動習得過程における内的焦点は、課題成績を向上させるための手がかりとして特定の身体部位の感覚を利用する場合に働いていると考えられる。このような身体感覚を土台とする運動規範が強く働くと、本来の運動課題を実行することよりも、自分が定めた望ましい身体感覚を得ることが重要視され（つまり、局所最適化が起こり）、結果として、本来の運動課題の成績向上のおろそかになる（大域的最適化が妨げられる）ことが起こりうる。特に、力感などの知覚しやすい感覚は手がかりとなりやすいが、力感を感じるということは筋張力が余計に働いている可能性が高いことから、本来の運動にとってネガティブな作用をしていることは十分に考えられる。

このようなことが生じないようにするには、「注意を向けた先の身体部位を望ましい状態に近づけよう」という動機付けをもたずに、単に「その身体部位がどのような状態にあるか」をそのまま受け入れるといった意識の持ち方が必要になる。誤解を恐れずにいえば、エージェンシー（身体の自己支配感）を脇において第三者的に身体を眺める感覚である。したがって、同じ内的焦点であっても、身体を積極的に感じようとしたり身体を思い通りの状態にしようとしたりするかどうかで運動遂行の様態は変化すると考えられる。そして、先に述べた包括的注意とは、このような身体の状態を受動的に観察するという意識の持ち方を特定の身体部分だけでなく全身に対して向けた状態であるといえる。

ここで、慣れた動作をする際の注意の働きについて述べておく。上述したように、慣れた動作をする際に身体の状態が知覚に上ることはまれで、動作はほぼ無意識にうちに実行されているといつてよい。これは、いわば「無注意状態」であるといえるが、この場合には、内的焦点と異なり、脳は特定の身体部位の評価にとらわれないため、身体運動の大域的最適化が実現できるように考えられる。外的焦点において運動パフォーマンスが相対的に高い理由は、身体内部に注意が向けられない（つまり無注意状態である）ため、同様に身体運動の大域的最適化がなされるためと考えることができる。それでは、この無注意状態と包括的注意の状態はどのように違うのであろうか。

これはあくまで推測の域をでない考察であるが、両者の違いは、身体の「違和感」をはじめとした「気づき」を得ることができるかどうかにあると考えられる。無注意状態では身体の知覚は生じないため、運動遂行中は無意識の運動計画・生成系が生み出した運動がそのまま実行され、その修正を促す手がかりは何も得られない。つまり、無注意状態では動作を現状以上に改善させるきっかけが生じないのである。これに対して、包括的注意の状態では、運動遂行中に生じる緊張感や力感などに気づくことができ、それにより、意識的にあるいは無意識的に運動を修正する機会が得られる。このような予期しない「気づき」を得るには、身体全体に対してまんべんなく注意を向けておく包括的注意が有効であると考えられる。

つまり、慣れた運動は身体感覚に注意を向けなくても実行できるが、それは必ずしも最適な形で遂行されているとは限らず（極小解に陥っている可能性がある）、また、注意を向けない限りその問題点に気づくことができない。これに対して、包括的注意の状態をとることにより、慣れた運動の実行中に問題点を検出・解消して運動の最適解へ近づく可能性が生まれる。特に、ヒトの身体特性が時々刻々と変化していることを考えると、そのときそのときで身体を最適な形で使うためには包括的注意を働かせることが有効であると考えられる。

包括的注意の特性や機能はまだよくわかっていないだけに、包括的注意が運動パフォーマンスに与える影響を実験的に検証することが求められる。

3. 注意、知覚体制化と運動シナジー

前節では、包括的注意が運動計画・制御の大域的な最適化を促し運動パフォーマンスを向上させる可能性を指摘した。ここで着目した「運動の大域的な最適性」という概念の背景には、ヒトの身体運動は全身の筋骨格系の協調的な働きによって実現されているという前提がある。

例えば、腕を動かす際は、腕の動きによって生じる反力を肩（つまり体幹）で支える必要があることから、制御が必要な部位は、腕の動きに直接関係する筋だけでなく、その土台となる体幹を支えるのに必要な筋に及ぶ。このとき、体幹を固めて腕だけを動かす方略もあれば、体幹も動きに参加して全身運動として腕を動かす方略もある。どちらの方略が望ましいかは運動課題の内容次第であるが、いずれにしても腕の運動であって

も運動制御が全身に及ぶことに違いはない。本節では、このような前提の下で、包括的注意はどのようにして運動パフォーマンスを向上させうるのかを考察する。

この問いに答えるための一つの手がかりとして、ここでは注意と知覚体制化の関係に着目する。知覚体制化はパターン情報である感覚情報を一定の構造をもった表象にまとめあげる作用であり、視知覚においては画像処理における図地分離やセグメンテーションに相当する情報処理である[5]。選択的注意は、知覚体制化において背景から図を切り出す作用を有している。実際、「ルビンの盃」のような図地反転図形においては、注意を向けた領域が図として知覚されやすく、図として知覚された領域や対象に関する情報処理が促進される。つまり、選択的注意は、視野全体から図を抽出するとともに、地の部分を目的とする情報処理から切り離す働きを有するといえる。このことを身体知覚に当てはめれば、内的焦点には、注意を向けた身体部分を抽出して他の部分を切り離す作用を有すると推察できる。

ここでさらに視点を身体知覚から運動制御に広げれば、身体の知覚体制化と関係があると考えられるのが運動シナジー（運動協応）である[6]。一般に、シナジーは運動中に複数の身体部分が協調的に機能することを指すが、その実態については議論が分かれている。一部の研究者は、シナジーを多自由度の筋指令空間における次元圧縮（冗長性削減）メカニズムと捉える一方で（筋シナジー：muscle synergy[7]）、他の研究者は複数の身体部位が相補的に働く（ある部位の動きの変化を他の部位の動きで補う）ことをシナジーと考えている[6]。少なくとも、優れた身体技能が高い身体自由度を活かして実現されることを考えると、本論の観点からは、シナジーの本質は次元圧縮よりもむしろ高い身体自由度の活用にあると考えるのが自然であろう。このように考えると、シナジーとは、前節までで論じてきた「身体運動の大域的最適化」と何らかの意味で同義であるといえる。そして、包括的注意の効用はシナジーを有効に機能させることとみなすこともできる。

一方で、多次元空間の最適化問題において大域的最適解を探索することは難しく、そこに身体技能習得の難しさの本質的理由がある。Latashらは、このことに関連して「自由度の凍結と解放」という議論を行っている[8]。すなわち、新しい運動を習得する際は身体の自由度を制約し問題を単純化して解の探索を容易にする一方で、学習が進めば自由度を解放してより大きな空間での望ましい解を獲得するという議論である。この議

論に従えば、運動習得の過程では、全身にわたるシナジーを一時的に断念して自由度を下げ、局所的な最適解を獲得したのち、ふたたび自由度を上げて全身のシナジーをとりもどすのが、運動習得に向けた一つの方策ということになる。

このように考えたとき、そのような身体自由度の調整に関わっているのが内的注意の機能的役割であるという仮説が得られる。実際、内的焦点を向ける局面は、与えられた運動課題がうまく実行できず、どのような手がかりに基づいて身体を操作すればよいかと試行錯誤を重ねている過程である。内的焦点により運動の評価軸を定めれば、その評価軸の下で望ましい運動の解を探索することができる。逆に、特定の焦点を設けない包括的注意の状態ではこのような探索はやりにくい。したがって、運動習得の過程で全身にわたるシナジーが一時的に機能しづらくなるのは内的焦点の副作用として仕方のないことかもしれない。

このように考えると、運動技能習得における内的焦点の問題は、内的焦点それ自体にあるのではなく、内的焦点の下で準最適な運動を獲得したあとも内的焦点の状態を維持し続けてしまうことにあるのかもしれない。内的焦点の下では、焦点の対象でない部分が望ましくない状態にあったとしてもそれに気づきにくくなる。例えば、手に内的焦点を向けていると、肘や肩に無駄な力が入っていてもそれを違和感として感じ取ることができないということである。逆に、内的焦点の下で一定の成績が獲得できれば、いったん内的焦点を解除して包括的注意に移行することにより、分断されたシナジーから全身のシナジーへ移行するきっかけが得られるほか、内的焦点の下で気づくことができなかつた他の身体部分の問題点にも気づくことができる。

以上まとめると、内的焦点の下での局所的な問題解決と包括的注意の下での大域的な問題検出の往復によって漸次的に運動機能を獲得する運動学習のモデルを構築することができる。筋指令の決定過程が意識に上らない意味で、運動制御・学習の過程は認知システムから見ればブラックボックスである。認知システムはあくまで運動の意図を定めその結果を知覚することしかできない。しかし、認知システムは何を運動の目標（規範）とするかを選択できる。その意味で、認知システムは無意識の運動制御・学習系のサンプリングを調整する機能を担っているといえる。学習システムにおいて学習データのサンプリングが学習性能を左右することを考えれば、認知システムの働き、すなわち、注意の遣

い方が運動学習に大きな影響を与えるのはこのためであるといえる。

4. 注意とシナジーの計算論

これまで、注意やシナジーの働きについて言葉を使って議論を進めてきたが、議論をさらに具体的に進めるには、これまでの議論の内容を物理的、数理的な表現を用いて記述する必要がある。例えば、シナジーを「身体の運動を大域的に最適化すること」を定めたが、その中身を検討するには評価関数を明示的に表さなければならぬ。以下では、運動計画の最適化理論を手がかりにしてこの問題について検討する。

生態学的な要請を考えると、生体は物理的、生理的あるいは情報論的に負荷がなるべく小さな方法で所望の動作を実現することが望まれる。このようなことから、運動計画・運動生成の計算理論における評価関数は、課題の実行成績を表す評価項と生態学的要請を反映した評価項から構成される。

$$\text{(評価関数)} = \text{(課題成績)} + \text{(生態学的要請)}$$

生態学的要請としては、消費エネルギー、動きの滑らかさ、トルク変化量、筋張力変化量、筋指令変化量などが提案されている[9]。また、生態学的要請を明示的に与えずに信号依存性イブ（signal dependent noise）という筋指令に内在する特性の下で課題成績（終点分散）を評価量とする理論も提案されている[10]。このように、多様な評価量が提案されているものの、その評価関数の下で生成される運動機能の特性は、ほとんどの場合、平面内2リンク機構に代表される低自由度の身体モデルを用いた例題でしか検討されていない。つまり、多数の筋が関与する現実の身体運動においてこれらの評価量が有効であるかどうかは不明である。数少ない研究例として、5リンク身体モデルによる全身到達運動課題を対象とした検討[11]があるが、それによると、トルク変化量を評価に用いると手先軌道をうまく再現できないが、筋張力変化量を評価に用いるとよく再現できることが明らかにされている。このことは、筋骨格構造の特性を反映した評価関数を用いることで、多自由度の状況でも従来の運動計画理論がヒトの運動を説明できることを示唆している。

ここで、本稿の主題である注意が運動に与える影響に話題をもどすと、従来の運動計画理論には注意という要素が考慮されていないことに気づく。これはおそらく、従来の運動計画理論が認知過程とは無関係な計

算機構を対象としているためであるが、これに加えて、低自由度の身体モデルのみを例題としていたため注意という問題意識が生じなかったためとも考えられる。このことを逆説的に考えれば、従来の運動計画理論は、(低次元ながらも)全身にわたって運動を最適化している点で、全身の協調動作、すなわち、シナジーを実現していると捉えることができる。したがって、全身動作に関わる評価関数を選択的注意の機能によって部分的に修飾すれば、全身に亘る評価の一様性が崩れ、シナジーの特性が変化することが予想できる。

選択的注意によって評価関数を修飾する具体的な方法として、評価関数を複数の評価項の荷重和として記述し、その荷重を注意の向きに応じて調整する方法が考えられる。従来理論の評価関数においても、

$$(\text{評価関数}) = (\text{課題成績}) + \lambda (\text{生態学的要請})$$

といった形で荷重係数 λ を導入し、荷重係数を調整することで課題成績と生態学的要請のバランスを図ることは一般的に行われてきた。注意の機能を実現するには、評価関数を多数の項に分解してそれぞれに荷重係数をかけることによって実現できる。

このように、運動計画の評価関数に注意が作用するメカニズムを想定することによって、運動制御における選択的注意の働きが、知覚のための情報源選択としてだけでなく、課題成績評価の重みづけとしての機能する仕組みを説明できる。

なお、到達運動のような弾道の運動(事前の運動計画により前向き制御だけで遂行できる運動)ではなく、歩行運動や目標追跡運動のように運動を適応的に変化させる必要がある運動制御においては、モデル予測制御のような間欠的な制御方式[12]を用いて動的に運動計画を更新することで、ここでの議論を適用することができる。

また、注意による評価関数修飾の考え方は、特定の身体部位に注意を向けるという「空間的注意」だけでなく、課題実行中の特定の局面でのみ注意を向けるという「時間的注意」についても同様に議論できる。すなわち、課題成績に関わる評価関数を課題の局面ごとに分解し、局面ごとに荷重係数を設定することにより、時間方向についても成績評価のめりはりをつけることができる。このような時間方向の注意の在り方は、間欠的制御における運動計画区間(=モデル予測制御におけるホライズン)の適応的な決定と関係づけることができる点で重要な課題である。

5. 注意と課題成績の知覚的評価

前節では、運動計画・制御における評価関数を注意の向きに応じて修飾することにより、選択的注意が身体運動に与える影響を制御モデル上で検討できることを述べた。最後に、ヒトの運動制御における課題成績の評価法について議論する。

従来の運動計画の理論において、課題成績は誤差(例えば、到達運動では終点誤差)によって評価されるのが通常である。具体的には、作業空間における目標位置と手先位置のユークリッド距離という客観的指標が評価に用いられることが多い。一方で、我々の認知過程(あるいは脳)が課題成績の評価に目標位置と手先位置のユークリッド距離を評価指標としているとは考えにくい。むしろ、目標と手先の空間的關係性に関わる視知覚、あるいは、手先が目標に達したときの触知覚などの手がかりに基づいて課題の成否を判断していると考えられる。課題成否の評価が意識に上る認知過程でのみ行われているとは限らないが、少なくとも、脳は、自身の感覚受容器で観測できる情報に基づいてしか環境の状態を判断できないことは明らかである。したがって、随意的に運動決定過程を説明するためには、前節で示した評価関数の評価項には、物理量ではなく知覚量(無意識的な評価であれば感覚量)に基づく量、いかにすれば、脳の中で計算できる量を用いるのが適切であると考えられる。

このような知覚量に基づく課題評価と前節で述べた注意の働きに基づく評価の修飾を組み合わせることで、ヒトの認知過程を反映した運動計画のモデルを構築することができる。

近年、筆者らは、仮想的身体知覚に基づく技能獲得支援についての研究を行っている[13,14]。スポーツ、楽器演奏といった身体技能の指導では、指導者が学習者に対して「あたかも〇〇のように感じながら△△しなさい」といった教示を与える場面がしばしばある。例えば、クラシックバレエでは「ローブで胸を天井から吊り下げられたような感じで立つ」といった教示が行われる。ここで重要なことは、あるべき姿勢などを直接的に指示せず、現実とは異なる感覚を間接的に指示している点である。このような仮想的な身体知覚に基づく教示が運動に与える影響は、以上で述べてきた運動計画モデルの下でどのように説明できるだろうか。

あくまで推測であるが、このような仮想的身体知覚の場面では、過去の経験したことのある「身体が引き伸

ばされた感じ」を想起して、想起した知覚と現実を感じる知覚が近くなることを運動の規範として採用していると考えられる。その意味で、仮想的身体知覚に基づく教示の下での運動計画・制御もまた、知覚を土台とした課題成績の評価であるという点で、上述した知覚量に基づく運動計画のモデルの枠組みの中で説明できると考えている。

6. むすび

本論では、運動制御における注意の働きについていくつかの観点から論じてきた。まず、従来の選択的注意の概念に対比する形で、空間全体に広く注意を向ける包括的注意の働きを指摘した。続いて、外的焦点に比して内的焦点において運動課題の成績が低下する原因が、選択的注意がもたらす運動計画の局所最適性にある可能性を指摘し、それとは逆に、包括的注意の下で運動計画の大域的最適性を実現されることを論じた。さらに、全身運動の協応構造であるシナジーが運動計画・制御の大域的最適性と対応づけられることを指摘し、全身の協調がうまく働かない状況（シナジーが変質した状況）は、注意による修飾によって運動計画の大域性が失われるためであることを指摘した。最後に、注意が運動に与える影響を説明する数理モデルとして、運動計画のための評価関数を多数の評価項の荷重和として記述し、その荷重係数を注意によって調整するモデルを提案した。

筆者らは数年前より注意をはじめとする運動者の主観的・認知的な作用が運動制御に与えるメカニズムについて、計測制御システムの観点から数理モデル化する取り組みを継続してきた。その歩みは遅いながらも、関連する種々の事項や問題の関係性が少しずつ整理が進んできたところである。文献[13]でも指摘したように、このような研究の有効性を示すためには、具体的な例題を設定して、ヒトの行動と数理モデルの振舞いに原理的な一致が見られることを示す必要がある。仮想的身体知覚に基づく教示が教示部位に限局されない身体運動の変化をもたらすことは行動実験において確かめているが[14]、残念ながら、多自由度身体モデルに基づきこの実験結果を再現するモデルの構築には至っていない。本稿で提案した注意による運動計画修飾のモデルも、その問題設定から必然的に多自由度の身体モデルを用いた検討が必要であることから、到達運動理論における水平面内 2 リンクモデルのように、この種の

問題を議論するためのスタンダードな問題設定を構築することが必要なのかもしれない。

本研究は、科学研究費補助金挑戦的研究（萌芽）19K22866 の補助により行われた。この場を借りて謝意を表する

文献

- [1] 河原, 横澤 (2015) 注意：選択と統合, 勁草書房.
- [2] Wulf, G., (2013) Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6(1), 77–104.
- [3] Wulf, G., (2007) *Attention and Motor Skill Learning*, Human Kinetics.
- [4] 小野, (2007) アレクサンダー・テクニーク やりたいことを実現できる〈自分〉になる 10 のレッスン, 春秋社.
- [5] カニツア, G., (1985) 視覚の文法—ゲシュタルト知覚論, サイエンス社.
- [6] Latash, M.L., (2008), *Synergy*, Oxford University Press.
- [7] d’Avella, A., Saltiel, P. & Bizzi, E. (2003). Combinations of muscle synergies in the construction of a natural motor behavior. *Nature Neuroscience*, 6(3), 300–308.
- [8] Yang, J.-F., Scholz, J. P. & Latash, M. L. (2006). The role of kinematic redundancy in adaptation of reaching. *Experimental Brain Research*, 176(1), 54–69.
- [9] 川人, (1996) 脳の計算理論, 産業図書.
- [10] Harris, C. M. & Wolpert, D. M. (1998). Signal-dependent noise determines motor planning. *Nature*, 394(6695), 780–784.
- [11] Kudo, N., Choi, K., Kagawa, T. & Uno, Y. (2016). Whole-Body Reaching Movements Formulated by Minimum Muscle-Tension Change Criterion. *Neural Computation*, 28(5), 1–20.
- [12] Sakaguchi, Y., Tanaka, M. & Inoue, Y. (2015). Adaptive intermittent control: A computational model explaining motor intermittency observed in human behavior. *Neural Networks*, 67, 92–109.
- [13] 阪口, (2018) 「意識の働き」を組み込んだ感覚運動制御の計算モデル, 日本認知科学会第 35 回大会論文集, OS03-4.
- [14] 畑野, 阪口, (2020) 課題に対する捉え方の違いが身体運動に与える影響, 日本認知科学会第 37 回大会論文集, P-126.

数理モデルを用いた三者の運動協調における 不均一な役割の検討

Study on Non-uniform Roles in Coordinated Group Behavior with Three Members Using Mathematical Models

市川 淳[†], 藤井 慶輔[‡]

Jun Ichikawa, Keisuke Fujii

[†] 神奈川大学, [‡] 名古屋大学

Kanagawa University, Nagoya University

j-ichikawa@kanagawa-u.ac.jp

概要

本研究では, 数理モデルから三者の運動協調における不均一な役割を検討した. 各自がリールを回して糸の張りを調整し, 3本の糸につながれたペンを動かして正三角形をなぞる課題の役割を運動方程式で定式化したうえで計算機シミュレーションを行った. 結果, 少なくとも三辺をなぞるためには, 集団全体のバランスを保つ役割がペンの逸脱量に応じて張力を調整する必要があり, 課題の成果を示すパフォーマンスから他者の操作に関連する情報を補う可能性が示された.

キーワード: 協調 (coordination), 集団運動 (group behavior), インタラクション (interaction), 調整 (adjust), モデリング (modeling)

1. はじめに

私たちは他者と活動して集団としての目標を達成する, あるいは問題解決を図ることがある. その共有された目標や問題の達成・解決を導く他者とのインタラクションである協調 [1] は生きるうえでの基盤であり, スポーツ競技のチームワークや演奏が私たちを魅了する代表例として挙げられる [2]. ゆえに, 他者に関する情報をどのように利用して各自が調整を行っているかを検討し, 協調のメカニズムを明らかにすることは人間の情報処理を解明する認知科学にとって重要な取り組みといえる. 本研究では, これらの協調の背後にある調整について検討する.

複数人が齟齬をきたすことなく共有された問題を解決する, もしくは複数人で取り組むことによる学習効果を得るためには, 他者の異なる視点の理解や役割分担に基づく異なる視点間でのインタラクションが重要である (例えば [3, 4, 5]). これは, 1人1人をサブシステムと捉えてサブシステム間での関係を踏まえたインタラクションが行われることで, 集団全体として

の機能が実現する分散化された認知の理論 [6] とも整合性がある. また, スポーツ科学の研究 [7] では, バスケットボールにおける協調した集団のディフェンスが, 危機のレベルに応じた役割の切り替えと重複から構成されることが示されている. 異なる視点の理解や役割分担の基盤には他者の役割の表象や行動のモニタリング, そして予測があると考えられる. これらは, 協調に必要な要素として指摘されている (例えば [2, 8, 9]).

一連の認知科学に関連する先行研究では, 主に二者間のインタラクションから協調が検討されることが多い. その際, 規則発見や数学の課題 [3, 5] を解く際の発話, あるいは Simon 課題 [2] のような呈示された刺激に対してボタンを押す比較的単純な反応を記録し, 分析を行っている. ただ, 先行研究では複雑で動的なインタラクションを対象にした取り組みは数少ない. ここで述べる「複雑」とは, 現象としての解釈や数理モデル化が難しいとされる三者以上による集団を意味する [10]. また, 「動的」とは非言語で, かつボタンを押す/押さないといった離散的な行動の記録ではなく, 連続的に計測される運動データの性質を指す [11]. ゆえに, 三者以上の集団運動を位置データなどから定量的に分析し, 特徴的な集団運動と認知を関連づけることで協調に関する発展的な議論が期待される [12]. 身体性認知科学の視座から, 既存の問題解決や学習の理論の再考, 理論の適用範囲の拡張が考えられる. なお, スポーツ科学や生物学では生物集団の運動自体の特徴やメカニズムを検討した研究があり, 集団運動を均一な個体の力学系から説明を試みている (例えば [7, 13]). しかし, これらは構造化された集団運動に関連する認知を議論することが主要な目的ではない. また近年, 離散的な行動選択に基づく経済行動学のゲーム理論をターゲットの位置までハンドルを動かす

といった運動が求められる課題から検証した研究がある(例えば [11, 14])。しかし, スポーツ競技のチームワークや演奏のような複数人で取り組むことが必須な課題ではなく, 本研究で定義する協調の前提といえる集団として1つの目標を共有していない場合がある。

他方で, 我々は三者で取り組み, 集団として1つの目標を共有した運動協調で重要な役割について検討した [15]。行動実験では, 3人1組で正三角形をなぞる課題 [16] (詳しくは 2.1 節を参照) を繰り返し行わせ, 計測された集団運動の分析から集団全体のバランスを保つ役割が成果を示すパフォーマンスの向上に寄与することを明らかにした。この分析では, 役割とパフォーマンスに関する指標の関係性をモデルフィッティングさせることで統計的に示した。同役割はなぞり課題に限らず, スポーツ競技のチームワークや討論等でも必要とされ, 他者の行動や役割に関する視点の理解が求められると考えられる。この知見は, 先述した規則発見や数学の課題を使用した問題解決や学習の研究で導かれた理論(例えば [3, 4, 5]) が三者の集団運動にも適用できることを示唆する。

しかし, Ichikawa and Fujii (in press) の研究 [15] では, 集団全体のバランスを保つ役割が他者に関する情報を利用してどのように運動を調整しているか等については議論の余地があり得る。具体的には, 役割の背後にある運動調整のパラメータが分からないことが検討事項として挙げられる。そこで本研究では, なぞり課題を使って運動協調で求められる役割を運動方程式で定式化し, 計算機シミュレーションを行った。目的として, 少なくとも三辺をなぞるために集団全体のバランスを保つ役割がどのような調整モデルを必要とするかを検討した。シミュレーションからも運動協調を検討することで, 問題解決や学習の理論と関連したモデルの提案が実現し, 他者とのインタラクションに関する認知科学的な理解が進むことが期待される。

2. 方法

2.1 なぞり課題

丸野が考案したなぞり課題 [16] について説明する。3人1組で各自がリールを回して糸の張りを調整し, 3本の糸につながれた1本のペンを動かして一辺 30 cm, 幅 2 cm の正三角形を反時計回りになぞることが求められる(図 1)。リールを内側に回すと糸が張られ, 外側に回すとその張りが緩められる。正三角形の幅から逸脱することなく中央を通して素早くペンを動かす高いパフォーマンスを達成するためには役割分担と交代が重要である。各辺で3人がリールを操作して

表 1 図 1 と対応した各辺における操作者の役割。

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

糸を「張る」, 「緩める」, そして「適度に張る」役割を遂行し, なぞる辺が替わるタイミングで役割を反時計回りに交代する必要がある。

糸を「張る」役割とは, 手元へ引き寄せるようにペンを動かすリール操作である。また, 糸を「緩める」役割とはそのペンがスムーズに動くように対応する操作で, 「適度に張る」役割は「張る」役割と「緩める」役割が遂行されたことで, ペンが正三角形の幅から逸脱しないように, あるいは移動にタイムロスが生じないように集団全体のバランスをとる操作を指す。先行研究 [15] では, この役割が運動協調に寄与することが確認された。図 1 に基づく各辺に対する操作者の役割を表 1 に示す。

2.2 行動実験の概要

Ichikawa and Fujii (in press) の行動実験 [15] では, 6組 18 名が参加して分析対象となった。グループには辺の幅から外れることなく, 直線で正三角形をなぞることが目標であることを教示し, 役割の詳細は伝えずリールの操作方法を説明した。制限時間は1試行あたり 90 秒とし, 1セッション 20 分の中でお互いの表情や視線を見ないように会話やジェスチャーをすることなく繰り返し課題を行わせ, 計 3 セッション実施した。セッションの間は 5 分程度の休憩を挟んだ。スタートとゴール, 及びペンを反時計回りに動かすことは全試行で同じであった(図 1)。

また, 3 台の張力センサから各リールにおける糸の張り具合 (N) を 100 Hz の一次元で記録した。リールを内側に回すと糸の張り具合が正の値で記録される一方で, 外側に回すと糸が緩むため, 記録される張力の値は減少する。合わせて, 課題を行っている様子を 1 台のビデオカメラで俯瞰撮影し, 動作解析ソフトからペンの位置 (cm) を 20 Hz の二次元で取得した。

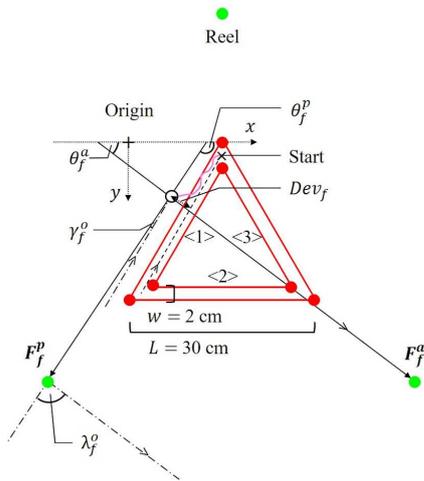
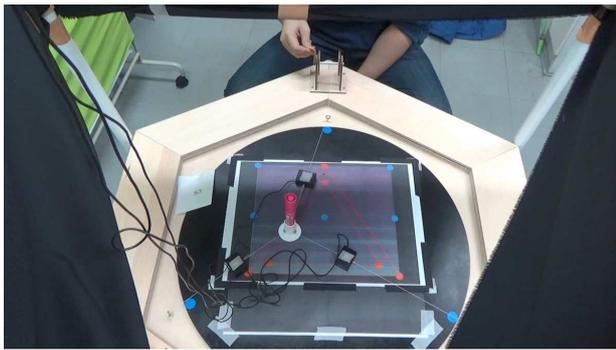


図1 なぞり課題. 上段は行動実験 [15] の映像で下段は模式図であり, 表2や本文で説明する式と対応する.

2.3 運動方程式による役割の定式化

なぞり課題は糸を張ってペンを動かすため, 各役割を運動方程式で定式化できる. 本研究では3つの操作エージェントを用意し, 現在時間のフレーム f における張力の合成 \mathbf{F}_f (N) を式 (1) で表す. \mathbf{F}_f^p は糸を「張る」役割, \mathbf{F}_r は「緩める」役割, \mathbf{F}_f^a は「適度に張る」役割の張力を示し, 二次元で構成される. 以下では, 各役割の張力やその調整を数理モデル化する.

$$\mathbf{F}_f = \mathbf{F}_f^p + \mathbf{F}_r + \mathbf{F}_f^a, \quad (1)$$

\mathbf{F}_f^p は, 式 (2) のように条件分けされる. 視覚運動遅延時間分のフレーム f_{tau} までの間は, 行動実験 [15] で取得した張力のピーク値の平均 $|\overline{\mathbf{F}^p}|$ とランダムノイズ r_f との和が x 成分と y 成分に分解される (両成分への分解は図1を参照)¹. その後, f_{tau} 分前のフレームにおけるペンの逸脱量 $Dev_{f-f_{tau}}$ (cm) (ペンとなぞる辺の幅の中央線との距離) を算出し, 逸脱量に応じて $|\mathbf{F}_f^p|$ が式 (3) から線形回帰され, x 成分と y 成

¹ r_f はメルセンヌ・ツイスタの制御器で正規分布の乱数を発生させ, 行動実験から導かれた張力のピーク値の標準偏差との積を算出し, そこからノイズ量を $1/10$ に設定した.

分に分解される. β_0^p と β_1^p は, 切片と傾きである. これは, 逸脱量に代表される他者の操作から影響を受ける情報を踏まえて自身の張力を調整することを示す. 逸脱量はペンが辺の幅の中央線の外側に逸れると正の値, 内側に逸れると負の値をとる.

$$\mathbf{F}_f^p = \begin{cases} ((|\overline{\mathbf{F}^p}| + r_f) \cos \theta_f^p, (|\overline{\mathbf{F}^p}| + r_f) \sin \theta_f^p) \\ \text{if } f \leq f_{tau}, \\ (|\mathbf{F}_f^p| \cos \theta_f^p, |\mathbf{F}_f^p| \sin \theta_f^p) \\ \text{otherwise,} \end{cases} \quad (2)$$

$$|\mathbf{F}_f^p| = \beta_0^p + \beta_1^p Dev_{f-f_{tau}}, \quad (3)$$

次に, \mathbf{F}_r は式 (4) のように x 成分と y 成分ともに張力を0とする. なぞり課題の設計上, 操作者は他者の操作に関連する情報を利用せずに自身の役割を遂行しているとみなす.

$$\mathbf{F}_r = (0, 0), \quad (4)$$

そして, \mathbf{F}_f^a を式 (5) で表す. f_{tau} までの間は, 張力を x 成分と y 成分ともに0とする. その後, 逸脱量 $Dev_{f-f_{tau}}$ に基づいて $|\mathbf{F}_f^a|$ は式 (6) のように条件分けされる. 具体的に, $Dev_{f-f_{tau}}$ が閾値 D_a (cm) の $1/2$ よりも大きく D_a 以内であれば $Dev_{f-f_{tau}}$ に応じて $|\mathbf{F}_f^a|$ が線形回帰され, x 成分と y 成分に分解される (両成分への分解は図1を参照). β_0^a と β_1^a は, 切片と傾きである. これは糸を「張る」役割と同様に, 他者の操作から影響を受ける情報を踏まえて自身の張力を調整することを示す. また, $Dev_{f-f_{tau}}$ が D_a よりも大きければ, $|\mathbf{F}_f^a|$ が行動実験で取得したピーク値の平均 $|\overline{\mathbf{F}^a}|$ とランダムノイズ r_f との和になるようにする. ペンがある一定量, 逸脱すると他者の操作から影響を受ける情報を踏まえずに自身の役割を遂行することを示す. そして, 上記で述べた条件以外は, 張力を x 成分と y 成分ともに0として糸を張る必要がないようにする.

$$\mathbf{F}_f^a = \begin{cases} (0, 0) & \text{if } f \leq f_{tau}, \\ (|\mathbf{F}_f^a| \cos \theta_f^a, |\mathbf{F}_f^a| \sin \theta_f^a) & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (5)$$

$$|\mathbf{F}_f^a| = \begin{cases} \beta_0^a + \beta_1^a Dev_{f-f_{tau}} \\ \text{if } D_a/2 < Dev_{f-f_{tau}} \leq D_a, \\ |\overline{\mathbf{F}^a}| + r_f \\ \text{else if } Dev_{f-f_{tau}} > D_a, \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (6)$$

以上のように各役割の張力から F_f が求まると、式 (7) からペンの加速度 a_f が算出される。 m (kg) はペンの質量である。そして、加速度を二階積分することで次の時間フレーム $f+1$ のペンの位置を求める。

$$a_f = F_f/m, \quad (7)$$

他方で、ペンの位置と正三角形の各頂点、つまりゴールとの距離が閾値 D_g (cm) 以内であれば、一辺をなぞり終えたとみなし、操作エージェントの役割を反時計回りに交代させてなぞる辺を次に移す。運動方程式による役割の定式化に伴う各パラメータの値を表 2 に示す。張力を線形回帰する際の切片や傾きは、行動実験のデータを分析して求めた。各辺で張力のピーク値、及びピークを記録した時間から視覚運動遅延時間分前のペンの逸脱量を取り出した。そして、外れ値を除いたうえで逸脱量を独立変数、ピーク値を従属変数とし、参加したグループの間や辺の間の変動を考慮した線形混合モデルによる回帰分析を行い、平均的な関係を表す切片や傾きを算出した²。ここでは逸脱量を固定効果、グループと辺を変量効果として傾きと切片の両者に変量効果を組み込んだモデルを用いた。

2.4 計算機シミュレーションと分析

各役割の張力や調整を数理モデル化したうえで、計算機シミュレーションを行った。本研究では、行動実験 [15] に参加して分析対象となったグループ数と同じ回数分 ($N = 6$) のシミュレーションを実施した。そして、課題の成果を示すパフォーマンスとして、ペンの逸脱量の時間を通した平均 \overline{Dev} を式 (8) と式 (9) から各辺で算出した。 $P_{ver_i} = (x_{P_{ver_i}}, y_{P_{ver_i}})$ と $P_{ver_{i+1}} = (x_{P_{ver_{i+1}}}, y_{P_{ver_{i+1}}})$ は正三角形の各頂点の位置を示し ($1 \leq i < 3$)、頂点同士を結ぶと辺 $\langle i \rangle$ の幅の中央線となる。なお、 $i = 3$ では $P_{ver_{i+1}} = P_{ver_{(1)}}$ である。そして、 $P_{pen_f} = (x_{P_{pen_f}}, y_{P_{pen_f}})$ は、現在の時間のフレームにおけるペンの位置を表す。 F は一辺をなぞる際の総フレーム数を示す。

$$Dev_f = \frac{1}{\|P_{ver_{i+1}} - P_{ver_i}\|} \begin{pmatrix} P_{ver_{i+1}} - P_{ver_i} \\ P_{pen_f} - P_{ver_i} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

$$\overline{Dev} = \frac{1}{F} \sum_{f=1}^F Dev_f, \quad (9)$$

²逸脱量が平均 $\pm 2SD$ の範囲に含まれていない場合、対応するピーク値と合わせて外れ値として扱った。

表 2 なぞり課題の計算機シミュレーションにおける各パラメータの値。

| パラメータと記号 | 値 |
|---|------------------------|
| 辺の長さ L | 30 cm |
| 辺の幅 w | 2 cm |
| ペンの質量 m | 0.085 kg |
| 視覚運動遅延時間分のフレーム数 f_{tau} | 6 |
| 「張る」役割のピーク値の平均 $ \overline{F^p} $ (SD) | 0.57 N ($SD = 0.12$) |
| 「張る」役割の張力を回帰する際の切片 β_0^p | 0.68 |
| 「張る」役割の張力を回帰する際の傾き β_1^p | 0.15 |
| 「適度に張る」役割のピーク値の平均 $ \overline{F^a} $ (SD) | 0.59 N ($SD = 0.15$) |
| 「適度に張る」役割の張力を回帰する際の切片 β_0^a | 0.59 |
| 「適度に張る」役割の張力を回帰する際の傾き β_1^a | -0.01 |
| 「適度に張る」役割の張力の調整を条件分けする際の閾値 D_a | 1.0 cm |
| ペンが頂点に到達したとみなす閾値 D_g | 2 cm |

Note. 1 フレームの時間幅は 0.05 秒である。また、ペンを逸脱させることなくなぞる辺を次に移す場合は D_g を 1.0 cm とした。

さらに、本研究では前節で提案したモデルだけでなく、運動協調において重要な集団全体のバランスを保つ糸を「適度に張る」役割に着目し、以下の最適モデルも用意した。このモデルは式 (10) のように $F_f^p + F_f^a$ の合成がなぞる辺の幅の中央線が示すベクトルと一致するように最適な F_f^a が算出される (γ° や λ° は図 1 を参照)。視覚運動遅延時間分前の糸を「張る」役割における張力ベクトルといった他者の操作に関連する情報や辺の幅の中央線における向きといった環境に関する情報から $|F_f^a|$ が調整される点で提案モデルとは異なる。つまり、提案モデルよりも多くの情報を利用して張力が決まる³。糸を「張る」役割と「緩める」役割の張力は提案モデルと同じである。

$$|F_f^a| = \frac{\tan \gamma_{f-f_{tau}}^\circ |F_{f-f_{tau}}^p|}{\sin \lambda_{f-f_{tau}}^\circ - \cos \lambda_{f-f_{tau}}^\circ \tan \gamma_{f-f_{tau}}^\circ}. \quad (10)$$

これらのモデルは MTLAB R2016b で実装した。そ

³ f_{tau} までの間は $F_f^p + F_f^a$ の合成がなぞる辺の幅の中央線が示すベクトルと一致するように $|F_f^a|$ が算出される。

して、少なくとも三辺をなぞれた場合、パフォーマンスを行動実験と比較した。

3. 結果

計算機シミュレーションを実施したところ、提案モデルと最適モデルの両者で少なくとも三辺をなぞることはできた。ペンの移動軌跡を図2に示す。(a)と(b)は行動実験[15]で全グループを通して一辺におけるペンの逸脱量が最小値を記録した試行と、なぞる時間が最も短かった試行の軌跡である。(c)と(d)は提案モデルと最適モデルによるシミュレーション1試行分の軌跡を表す。提案モデルはどの辺も外から入り込むような軌跡を描いていることが分かる。他方で、辺<2>は行動実験の軌跡が提案モデルに比較的近く、辺<3>では最適モデルに近いように見える。

そこで、課題の成果を示すパフォーマンスである逸脱量についてモデル要因(行動実験水準、提案水準、最適水準)を参加者間、辺要因(<1>水準、<2>水準、<3>水準)を参加者内とする二要因の分散分析を行った。各条件の逸脱量を図3に示す。結果、各要因の主効果が有意であった(モデル要因: $F(2, 15) = 433.11, p < .001$; 辺要因: $F(2, 30) = 4.95, p < .05$)。合わせて、有意な交互作用も確認された($F(4, 30) = 63.83, p < .001$)。本分析では、先述したペンの軌跡に関する特徴を踏まえて、3つのモデルの逸脱量を各辺で比較した。モデル要因の単純主効果を行ったところ、全ての辺において有意であった(辺<1>: $F(2, 15) = 145.77, p < .001$; 辺<2>: $F(2, 15) = 261.86, p < .001$; 辺<3>: $F(2, 15) = 52.86, p < .001$)。そして、Bonferroni法による多重比較から、辺<1>では全てのモデルの間で有意差が確認された($ps < .05$)。一方で、辺<2>では行動実験と提案モデルの間、辺<3>は行動実験と最適モデルの間で有意差が確認されなかった。つまり、行動実験の逸脱量は辺<2>で提案モデルに近く、辺<3>で最適モデルに近いことが示された。

参考までに、一辺をなぞる時間については行動実験とシミュレーションの間で大きな差があった。行動実験では最も速くなぞったとしても約8秒であったが、シミュレーションでは提案モデルと最適モデルの両者で3秒以内になぞり終えていた。これは、シミュレーションで考慮していなかった要因(例えば、ペンや張力センサとなぞる正三角形が印刷された紙との摩擦)等の影響が考えられる。

4. 考察

本研究では、なぞり課題の運動協調で求められる役割を運動方程式で定式化した。そして、計算機シミュレーションを行い、集団全体のバランスを保つ役割における調整モデルについて検討した。結果、提案したモデルでは少なくとも三辺をなぞるために、糸を「適度に張る」役割が課題の成果を示すパフォーマンス(ペンの逸脱量)から自身の張力を調整する必要があることが示された。同役割において、糸を緩め続ける、あるいはある一定の張力を維持し続けるだけではペンが大きく逸れてしまい、正三角形の辺をなぞることはできない。式(6)の β_0^a や β_1^a に基づく調整が辺上をなぞるうえで不可欠であるといえる。

また、逸脱量は課題を行う際に、他者の操作から影響を受ける認知しやすい情報と考えられる。そして、提案モデルの糸を「適度に張る」役割は最適モデルのように多くの情報から張力を調整しない。さらに、他者に関する情報を利用した運動の調整は、サッカーのパス回しのシミュレーションを行った研究からもその重要性が指摘されている[17]。以上を踏まえると、提案した調整モデルで集団全体のバランスを保つ場合、糸を「張る」役割の操作などに関する情報を逸脱量から補うような、ある情報から必要な情報を予測している可能性がある。他者の動きによって伝わる触覚情報が運動協調において有益であることから[18]、糸を「張る」役割の張力の大きさや向きに関する情報などを予測しているかもしれない。糸を「適度に張る」役割の遂行に他者の操作や役割に関する視点の理解があることが示唆されている[15]。特に、運動協調では全ての情報に注意を向けることは時間的な制約等もあり難しいため、他者視点の理解の基盤には必要な情報の予測と考えられる。調整モデルと関連する認知の特徴が示された可能性がある。

他方で、シミュレーションと行動実験[15]を比較したところ、辺<2>で提案モデルのパフォーマンスが行動実験に近く、辺<3>では最適モデルのパフォーマンスが行動実験に近かった。このことから、行動実験と同程度のパフォーマンスを実現するためには、集団全体のバランスを保つ役割に提案したモデル以外の調整モデルが必要である可能性がある。なお、辺<1>は、各シミュレーションのモデルと行動実験の間でパフォーマンスに差がみられた。行動実験では辺の幅の中央線における内側をペンが移動し続けていたことから(図2の(a)や(b)及び図3を参照)、辺<1>では糸を「適度に張る」役割が先述したような調整を十分に実行していなかったかもしれない。

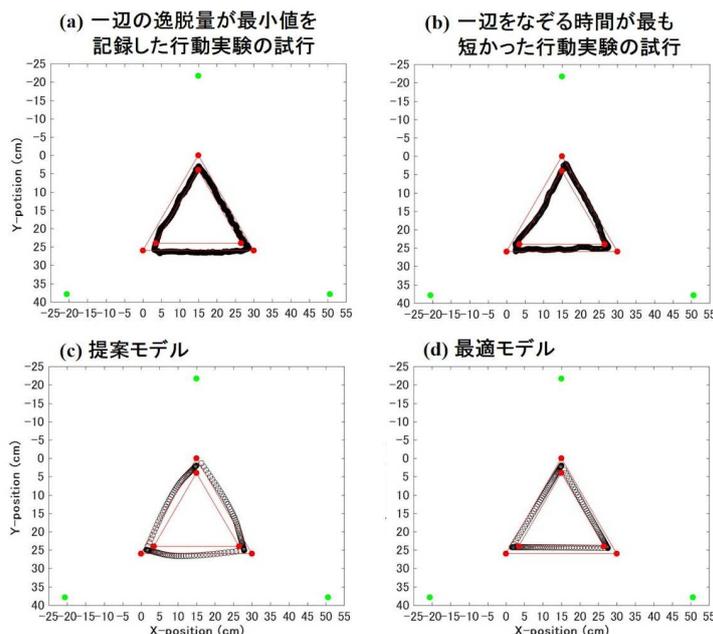


図2 ペンの移動軌跡. (a)と(b)は行動実験 [15] の試行, (c)は提案モデル, (d)は最適モデルの軌跡を示す.

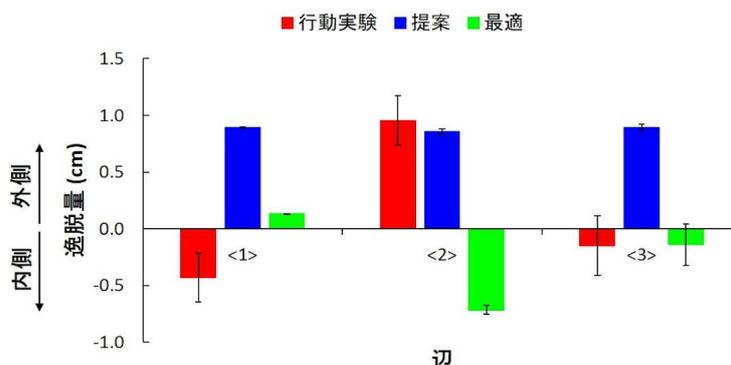


図3 ペンの逸脱量. エラーバーは標準偏差を表す.

ただし、上記の議論についてはいくつかの留意点がある。まず、本研究のモデルでは糸を「緩める」役割の張力を $F_r = (0, 0)$ とした。なぞり課題の設計上、この役割は他者の操作に関連する情報を利用することなく、ペンがスムーズに動くように対応すればよい。しかし、行動実験では誤操作した場合など少なからず張力が発生するため、今後はノ張力を入れる場合に役割をどのように運動方程式で定式化するか、そしてシミュレーションを行う際に三辺をなぞることができるかを検証する必要がある。さらになぜ、辺<2>や辺<3>でそれぞれ、パフォーマンスが行動実験と同程度になるモデルが異なるかについても検討事項として挙げられる。行動実験ではなぞる辺によって役割を遂行する参加者が代わることから、適用する調整モデルが参加者に依存する可能性がある。参加者は全試行において同じルールで操作していたことから、各辺で全て

の役割を経験させるような行動実験を行い、この点を検討することが求められる。

本研究では、認知科学の問題解決や学習の理論（例えば [3, 4, 5]）と関連づけて、集団全体のバランスを保つ役割が他者の操作に影響を受ける情報を利用して運動を調整する、他者視点の理解の背後にあるモデルを提案した。同役割はなぞり課題に限らずスポーツ競技のチームワークや討論など、様々な場面で求められる。私たちが経験則的に重要であると感じる特定の役割の調整をモデル化し、関連する認知を検討することは認知科学だけでなく、スポーツ科学など他分野の理論に与える影響は大きいと考えられる。今後は、検討事項をクリアして複雑で動的な協調における調整のより構成論的な理解を目指す。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 21K18033 の助成を受けた。

文献

- [1] Knoblich, G., Butterfill, S., & Sebanz, N. (2011). Psychological research on joint action: Theory and data, *Psychology of Learning and Motivation*, Vol. 54, pp. 59-101.
- [2] Sebanz, N., Bekkering, H., & Knoblich, G. (2006). Joint action: Bodies and minds moving together, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 10, No. 2, pp. 70-76.
- [3] 林 勇吾・三輪 和久・森田 純哉 (2007). 異なる視点に基づく協同問題解決に関する行動実験の検討, *認知科学*, Vol. 14, No. 4, pp. 604-619.
- [4] Lombrozo, T. (2006). The structure and function of explanations, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 10, No. 10, pp. 464-470.
- [5] Shirouzu, H., Miyake, N., & Masukawa, H. (2002). Cognitively active externalization for situated reflection, *Cognitive Science*, Vol. 26, No. 4, pp. 469-501.
- [6] Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. Cambridge: MIT press.
- [7] Fujii, K., Yokoyama, K., Koyama, T., Rikukawa, A., Yamada, H., & Yamamoto, Y. (2016). Resilient help to switch and overlap hierarchical subsystems in a small human group, *Scientific Reports*, Vol. 6, 23911, doi: 10.1038/srep
- [8] Bekkering, H., De Bruijn, E. R., Cuijpers, R. H., Newman - Norlund, R., Van Schie, H. T., & Meulenbroek, R. (2009). Joint action: Neurocognitive mechanisms supporting human interaction, *Topics in Cognitive Science*, Vol. 1, No. 2, pp. 340-352.
- [9] Sebanz, N., Knoblich, G., & Prinz, W. (2003). Representing others' actions: Just like one's own? *Cognition*, Vol. 88, No. 3, B11-B21.
- [10] Yokoyama, K., & Yamamoto, Y. (2011). Three people can synchronize as coupled oscillators during sports activities, *PLOS Computational Biology*, Vol. 7, No. 10, e1002181, doi:10.1371/journal.pcbi.1002181
- [11] Braun, D. A., Ortega, P. A., & Wolpert, D. M. (2009). Nash equilibria in multi-agent motor interactions, *PLOS Computational Biology*, Vol. 5, No. 8, e1000468, doi:10.1371/journal.pcbi.1000468
- [12] 市川 淳・藤井 慶輔 (2020). 協調に関する議論に向けたアプローチの提案 - 集団運動からみる他者の行動予測と適応 -, *認知科学*, Vol. 27, No. 3, pp. 377-385.
- [13] Couzin, I. D., Krause, J., James, R., Ruxton, G. D., & Franks, N. R. (2002). Collective memory and spatial sorting in animal groups, *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 218, No. 1, pp. 1-12.
- [14] Chackochan, V. T., & Sanguinetti, V. (2019) Incomplete information about the partner affects the development of collaborative strategies in joint action, *PLOS Computational Biology*, Vol. 15, No. 12, e1006385, doi:10.1371/journal.pcbi.1006385
- [15] Ichikawa, J., & Fujii, K. (in press). Understanding others' roles based on perspective taking in coordinated group behavior, *Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the Cognitive Science Society (CogSci 2021)*.
- [16] 丸野 俊一 (1991). 社会的相互交渉による手続き的知識の改善と自己 - 他者視点の分化・獲得, *発達心理学研究*, Vol. 1, No. 2, pp. 116-127.
- [17] Yokoyama, K., Shima, H., Fujii, K., Tabuchi, N., & Yamamoto, Y. (2018). Social forces for team coordination in ball possession game, *Physical Review E*, Vol. 97, No. 2, 022410, doi:10.1103/PhysRevE.97.022410
- [18] van der Wel, R. P., Knoblich, G., & Sebanz, N. (2011). Let the force be with us: dyads exploit haptic coupling for coordination, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 37, No. 5, pp. 1420-1431.

隠れマルコフモデルを用いた眼球運動による性格特性の推定 Predicting observers' personality traits by eye movement data with Hidden Markov Models

徐 颯哲[†], 長田典子, 松香敏彦[‡]

Kuangzhe Xu, Noriko Nagata, Toshihiko Matsuka

[†] 関西学院大学, [‡] 千葉大学

Kwansei Gakuin University, Chiba University

kyoutetsu.jo@kwansei.ac.jp

概要

人の顔を観察する際に、観察者の眼球運動と性格特性間に相関があることは既に先行研究で知られている。一方で、その逆の関係である、眼球運動による性格特性の推定に関する研究はほとんど行われていない。本研究では、眼球運動の推移過程をモデル化することにより、眼球運動による観察者の性格特性の推定を試みた。その結果、Big-Five 性格特性における協調性、外交性、開放性、神経質性と勤勉性の全てを隠れ状態数や着目部位への転移確率によって有意に推定可能であることが示された。

キーワード: HMM, 隠れ状態数, 笑顔, Big-Five

1. はじめに

他者の顔を観察する際の眼球運動には、観察者の性格特性が強く関係することが確認されている [1]. この知見に基づき、観察者の性格特性から眼球運動を推定することも可能である [2]. 同時に、その逆である眼球運動から性格特性を推定する可能性も示唆されているが、その実現は容易ではない。特に先行研究のような眼球運動の注意区間 (AOI) への着目頻度を用いてモデル構築した場合、眼球運動のパターンが多様すぎるため、膨大なデータセットがなければ適切な解析が困難であると考えられる。一方、眼球運動の「動的状態 (どの順番で何を見たか)」を隠れ状態に次元圧縮する方法を用いることで、少量のデータでも視線情報の解析ができることが示唆された [3]. すなわち、眼球運動の動的状態 (軌跡) を用いれば、眼球運動を用いた性格特性の推定が実現可能であると考えられる。そこで本研究では、ベイズ的に構築した隠れマルコフモデル (HMM) [4] を用い、眼球運動の推移過程を分析し、得られた隠れ状態数と観察行動の転移確率による観察者の性格特性の推定を試みた。本研究の実験課題には先行研究で用いた顔の印象評価課題ではなく、笑顔の真偽判断課題を用いた。その理由は印象評定課題に比べて課題が明確であり、より個人内で一貫した観察行動が期待されるからである。

2. 実験

実験参加者: 千葉大学の学生 23 名が実験に参加した。男性 12 名, 女性 11 名 (平均年齢=21.35, sd=1.229)。

刺激画像: 20 名 (男性 13 名, 女性 7 名) の協力者に、それぞれの友人と共に撮影現場に来てもらうよう依頼した。まず、協力者の作り笑顔を撮影した。次に、協力とその友人に会話をしてもらい、笑顔や笑い声を見せたときに写真を撮影した。撮影後、写真を協力者に見せ、作り笑いの画像と本当の笑いの画像をそれぞれ選出してもらった。写真はすべて正面から撮影した。

実験手続き: 実験は合計 40 セッションから成り、本当の笑いの画像を用いたセッション 20 回と、作り笑いの画像を用いたセッション 20 回をランダムに行った。各セッションの冒頭に、「これから見る画像が本当の笑い作り笑いのどちらであるか」の質問文を設けた。参加者がスペースキーを押すと、モニターの中央に画像呈示信号が 500 ミリ秒間表示され、その後笑顔の画像 (作り笑い・本当の笑い) がランダムに表示された。観察時間は無制限であった。参加者が笑顔の真偽判断を下す (本当の笑いは Yes, 作り笑いは No) と、画像が消え、次のセッションが始まった。判断課題終了後、参加者には 10 項目性格検査 (TIPI) の日本語版を回答してもらい、5 つの性格特性 (協調性 (A), 勤勉性 (C), 外向性 (E), 神経質性 (N), 開放性 (O)) を測定した。

分析方法: 観察行動間の転移確率、および観察行動と笑顔真偽判断の関係を、隠れマルコフモデル (HMM) を構築し、分析した。モデルの式は下記式 1-2 である。

$$p(z_{1:T}, y_{1:T}) = \left[p(z_1) \prod_{t=2}^T p(z_t | z_{t-1}) \right] \left[\prod_{t=1}^T p(y_t | z_t) \right]$$

$$p(y_t | z_t = k, \theta) = \text{Categorical}(y_t | \theta_k)$$

HMM で推定された試行ごとの最適な隠れ状態数と隠れ状態から顔の各部位への転移確率を用い、観察者の性格特性を推定する 4 種類の多項ロジスティックモデ

ルを構築した (M1:隠れ状態数 (以降 No. HS と略す) のみ; M2:眼球運動のみ;M3: No. HS + 眼球運動; M4: M3+No. HS×眼球運動). 最適な推定モデルを選出するため, Leave-one-out cross-validation を用いてモデルの精度を比較した. 性格特性は 3 つのレベル (高中低) に分けた.

3. 結果

図 1 は WAIC によって選出された各 HMM モデル (試行ごとに構築した合計 685 モデル) の最適な隠れ状態数である. 2 が最も多く, また 3 から 10 まで徐々に増加していく傾向を示した.

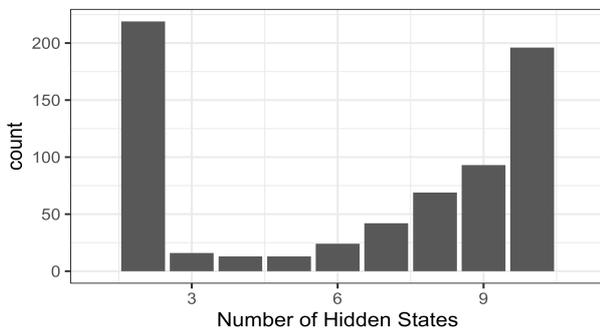


図 1. HMM で推定した最適隠れ状態数.

図 2 は観察者の性格特性の推定結果である. 推定結果と性格特性が一致し, かつ確率が最も高い時はランク 1, 2 番目に高い時はランク 2, 3 番目に高い時はランク 3 と名付けた. その結果, 協調性(A), 外交性(E)と開放性(O)の推定には M3, 神経質性(N)の推定には M1, 勤勉性(C)の推定には M4 が最も高い推定精度を示した.

表 1 に各最適モデルによる性格特性との有意相関を示す. 参照基準は各性格特性の中レベルとした. 例えば, 口角を多く見るが口はあまりみない人は協調性(A)が中レベルと推定され, 口角も口も多く見る人は開放性(O)が中レベル, 口角をあまり見ない人は外向性(E)が高レベルであると推定される.

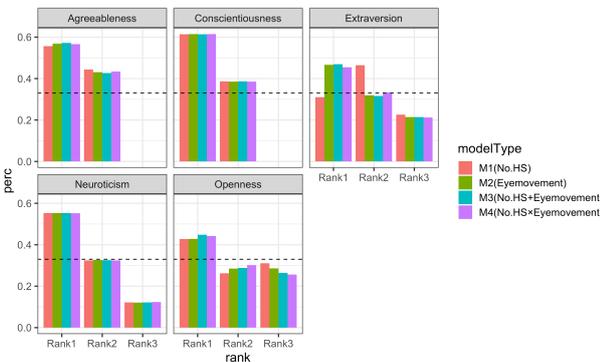


図 2. 性格特性に対する各モデル (M1-M4) の推定結果

4. 考察

本研究は, 先行研究[1][2][3]の知見に基づき, 眼球運動の軌跡による観察者の性格特性を推定するモデルを構築した. その結果, HMM で推定された最適隠れ状態数と眼球運動の転移確率を同時に用いたモデルが最も高い推定力を示した. 今後は個人差を考慮したモデルを構築し, 推定精度をより向上させたいと考えている.

表 1. 性格特性に有意に影響する観察行動

| 性格特性 | 比較レベル | 推定項目 | 相関係数 | P 値 |
|----------|-------|-------------|--------|--------|
| 協調性 (A) | 高 : 中 | 口 | 1.153 | 0.028 |
| | | 口角 | -4.832 | 0.038 |
| 勤勉性 (C) | 低 : 中 | No. HS × 口角 | 4.910 | 0.044 |
| | | No. HS | 0.083 | <0.001 |
| | | 目 | 0.086 | <0.001 |
| | | 口 | 2.012 | <0.001 |
| 外向性 (E) | 低 : 中 | その他 | -1.888 | 0.003 |
| | | No. HS | 7.359 | 0.002 |
| | | 眉 | 7.766 | 0.001 |
| | 高 : 中 | 口角 | 6.894 | 0.008 |
| | | その他 | 5.617 | 0.048 |
| | | No. HS | -0.044 | 0.021 |
| 神経質性 (N) | 低 : 中 | No. HS | -0.123 | <0.001 |
| | 高 : 中 | No. HS | -0.035 | 0.026 |
| 開放性 (O) | 低 : 中 | 口 | -0.073 | <0.001 |
| | | 口角 | -1.487 | 0.001 |
| | 高 : 中 | No. HS | -1.688 | 0.015 |
| | | 目 | -3.086 | 0.004 |
| | | 頬 | 5.017 | 0.016 |
| | | 眉 | -8.316 | 0.018 |
| その他 | 4.717 | 0.035 | | |

文献

- [1] 徐貺哲, 松香敏彦, (2016) “視線追跡を用いた顔への注意と対人印象の関係の検討”, 日本顔学会誌 16 (2), 45-53.
- [2] 徐貺哲, 松香敏彦, 川端良子, 長田典子, (2020) “顔の印象評定における観察者の性格特性と視線の軌跡の関係: 状態空間モデルを用いた分析”, 日本顔学会第 25 回大会.
- [3] 徐貺哲, 松香敏彦, (2018) “性格特性を用いた顔の観察行動の予測モデル”, 日本認知科学会第 35 回大会.
- [4] Luis, D., Brian, P., (2017) “A Tutorial on Hidden Markov Models using Stan”, <https://github.com/luisdamiano/stancon18/>.

大学生の主観的Well-beingと心理的Well-beingに関するモデル構築

Modeling the Association between Subjective and Psychological Well-being in University Students

江 維豪[†], 正田 悠[‡]

Igou Kou[†], Haruka Shoda[‡]

[†]神戸大学大学院国際文化学研究科

[†]Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University

[‡]立命館大学スポーツ健康科学部

[‡]Faculty of Sport and Health Science, Ritsumeikan University

概要

本研究では、主観的Well-beingと心理的Well-beingという二種類の異なるWell-beingを対象に、それぞれの下位尺度の間における関連を、複数の仮説を設定し探索した。オンライン調査を行い、321人の大学生のデータを分析した。下位尺度間の関連に関してパス解析を行った結果、心理的Well-beingを構成する因子の一部が主観的Well-beingに影響を及ぼすことが示された。また、心理的Well-beingのうち、環境制御力と自律性の影響がみられなかったという結果から、日本人大学生において特有のWell-beingの存在が示唆された。

キーワード：心理的Well-being (psychological well-being), 主観的Well-being (subjective well-being), 生活満足感 (life satisfaction), 感情的Well-being (affective well-being)

1. 背景と目的

Well-beingはポジティブ心理学の研究テーマにおける中核的な概念の一つである (Diener, Lucas, & Oishi, 2002)。Well-beingは「身体・精神・社会面を含めて良好な精神状態」または「幸福」と解釈できるが、その具体的な定義は哲学的背景、概念の定義、または測定法によって大きく二種類に分かれる。すなわち、ヘドニック的視点から定義する「主観的Well-being」(subjective well-being, 以下SWB)とユーダイモニック的視点から定義する「心理的Well-being」(psychological well-being, 以下PWB)である。

SWBはヘドニック的視点から定義されるwell-beingである。Kraut (1979)によると、ヘドニア(快楽的幸福)とは「自分が望むものを手に入れたときに随伴する快楽感情」のことである。さらにAndrews (1979)はSWBの認知的な側面として生活満足感を取り上げ、生活満足感の高さがSWBの程度を表すものとした。その後、Diener (1999)は、生活満足感 (life satisfaction) と感情的な評価 (affect) の2側面について、自分自身の生活に対する主観的評価をSWBと定義した。SWBは主観的評

価であるため、環境が同じであっても、人によって得られる快楽は必ずしも同様にはならない。つまり、人々は自分に対して何らかの「標準」を設定し、現実の自身の評価と比較しながらSWBを体験しており、その差が小さいほどSWBが高いといえる (Diener, 2002)。

PWBはギリシャの哲学者であるアリストテレスのユーダイモニア (精神的繁栄) 理論に基づく。PWBでは、Well-beingを「人生における目的と意義、または自分自身の機能の実現」として扱う。アリストテレスによると、快楽は幸福の表現の一つであるが、単純に快楽を追求することは幸福そのものではない。人々は、自分の能力を發揮し、自己実現欲求が満たされることによって幸福を手に入れることができる。Ryff (1989) はユーダイモニア的な視点から、PWBを「人格の成長」、「人生における目的」、「自律性」、「環境制御力」、「自己受容」、「積極的な他者関係」という6つの心理的機能から構成される概念として定義した。つまり、PWBは外的快楽ではなく、内的欲求の達成に主眼をおく。Ryan & Deci (2000) の自己実現理論では「有能さ」、「関係性」、「自律性」という3つの基本欲求の達成が心理的適応の必要条件であると述べられており、これらの概念がPWBの要素と一致することから、PWBがユーダイモニック的なWell-beingの定義として妥当であることを示した。

SWBとPWBは快楽と機能の2つの視点からWell-beingを定義している。これらはいずれも人の心内事象に対する主観的評価であるという点では共通しているが、両者はいかに異なるのであろうか。Huta (2014) はSWBとPWBの根本的差異は前者が「今の私のためのもの」を示すもので、後者が「ある長期・重要なものに対する投資」を示すものであることと提言している。また、SWBとPWBは大学生の学業成績や家庭収入によって及ぼされる影響が異なることも知られている。LingLing (2007)によると、学業成績とPWBとの間には正の関係があるが、SWBとは有意な関連は認められない。一方で、SWBは家庭収入によって変化するが、PWBは家庭

収入に影響されない。以上のように、PWBが個人の能動的機能の達成体験に焦点を当てているのに対し、SWBは生活満足感や物質的な体験を重視している。さらに、パーソナリティ (Big Five) と心的外傷後の成長 (Posttraumatic Growth) はSWBよりPWBと関連していることも指摘されている (Durkin, 2009; Meléndez, 2019)。

SWBとPWBは異なる領域の幸福感を示すが、両者の関連性も示されている。Linleyら (2009) はSWBとPWBにおける全ての下位尺度を変数に投入し、探索的因子分析を行った。その結果、SWBとPWBを反映した二因子が抽出されるものの、その間には強い相関があることが示されている。下位尺度の相関について、Ryff & Keyes (1995) はPWBにおける「自己受容」と「環境制御力」がSWBと関連し、他の4つの下位尺度はSWBとの関連が弱いことを指摘した。LingLing (2007) はSWBとPWBについて複数のモデルを構築し、Ryffの結果を裏づけた。以上の研究は、SWBとPWBは互いに異なるが部分的に重なる概念であることを示す。

しかしながら、SWBとPWBの因果関係について、先行研究は一致した結論には至っていない。Waterman (2008) はヘドニックな快樂 (欲しいものを手に入れる) の経験なしではユーダイモニックな快樂を経験することが論理的に不可能だと主張した。その一方で、Joshnloo (2008) が日本人を対象に行った縦断的研究では、SWBがPWBを予測するという説とは逆に、現在のPWBが4年後のSWBを予測することが示唆された。その理由について、Joshnlooは過度なSWBはネガティブな行動 (例えばステレオタイプによる判断) を導くため、たとえPWBがポジティブな影響を及ぼしても効果が相殺される可能性があるとして述べている。

このように、SWBとPWBの間の因果関係に関しては議論が続いており、さらなる知見の蓄積が必要である。また、各因子における下位因子の間の関係を検討する研究がまだ少ないことから、両者が具体的にどのように結びついているかがまだ明らかになっていない。

以上のことから、本研究では、大学生が持つSWBとPWBの間の因果関係を分析し、その下位因子の尺度得点間における統計的因果関係を把握することを目的とする。

大学生が持つSWBの一側面である生活満足感について、鈴木 (2002) が指摘したように、これまでに扱われた生活満足感尺度には、青年期の大学生にとって回答しづらい項目がいくつ存在し、青年期の重要な領域における満足感を測っていないという問題がある。本研究では鈴木 (2002) が開発した大学生用4因子生活満足感尺度を用いることにより、全般的な生活満足感に加えて、学校・家族・友人生活満足感を抽出し、PWBの各下位因子との比較を行

った (Figure 1)。

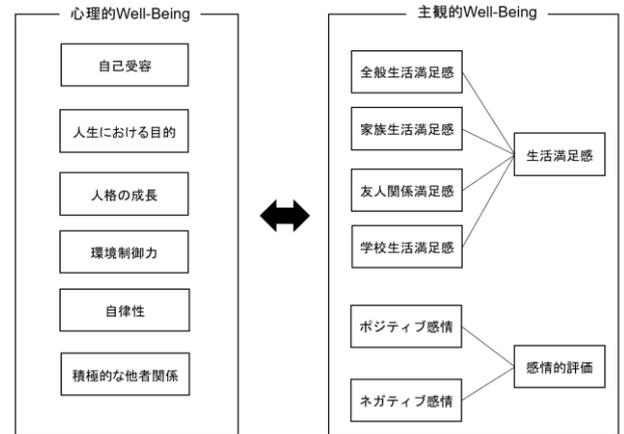


Figure 1. 本研究で扱う指標

2. 方法

2.1 調査参加者

調査はオンライン調査会社に依頼し実施した。回答した大学生398人について、(1) ダミー質問2問に対して正しく回答し、かつ (2) 全ての項目に回答した321人 (女性202名、男性119名; 18歳~28歳, $M = 21.12$, $SD = 1.86$) を分析の対象とした。

2.2 質問票

SWBとPWBを測定するための質問票の構成は、以下の通りであった。生活満足感尺度には鈴木 (2002) が作成した学生用4因子生活満足感尺度を用いた (22項目単極5件法)。感情評価尺度として、中原 (2011) が翻訳した感情的Well-being尺度を用いた (12項目単極5件法)。心理的Well-beingには、西田 (2000) が開発した心理的Well-being尺度を用いた (43項目単極6件法)。

3. 結果と考察

Table 1に本研究で扱った全ての下位尺度の平均尺度得点、標準偏差、ならびに平均値の95%信頼区間を示した。

生活満足感における4つの下位尺度得点および感情的評価における2つの下位尺度得点、さらに心理的Well-beingにおける6つの下位尺度得点の間で、PWBからSWB (生活満足感、感情的評価) およびSWBからPWBへの因果関係を想定したパス解析モデルを作成し、情報量基準であるAICとBICを比較した (Table 2)。有意でないパスを取り除いた結果、Figures 2 & 3に示すモデルが構築された (モデル3: $\chi^2 (7, N = 321) = 9.19$, $p = .24$, CFI = .96, RMSEA = .03, モデル4: $\chi^2 (2, N = 321) = 1.23$, $p = .54$, CFI = .98, RMSEA < .001)。

Table 1
各尺度得点の統計量

| 尺度得点 | M | SD | 95%CI | |
|----------|------|------|----------|------|
| | | | [下限, 上限] | |
| 自己受容 | 3.46 | 0.84 | 3.37 | 3.56 |
| 人生における目的 | 3.63 | 1.03 | 3.52 | 3.74 |
| 人格の成長 | 4.50 | 0.81 | 4.41 | 4.59 |
| 環境制御力 | 3.87 | 0.79 | 3.78 | 3.95 |
| 自律性 | 3.67 | 0.72 | 3.59 | 3.75 |
| 積極的な他者関係 | 3.92 | 0.83 | 3.83 | 4.01 |
| 全般生活満足感 | 3.26 | 0.86 | 3.16 | 3.35 |
| 家族生活満足感 | 3.78 | 0.82 | 3.69 | 3.87 |
| 友人関係満足感 | 3.60 | 0.70 | 3.53 | 3.68 |
| 学校生活満足感 | 3.37 | 0.72 | 3.29 | 3.45 |
| ポジティブ感情 | 3.25 | 0.91 | 3.15 | 3.35 |
| ネガティブ感情 | 2.24 | 0.97 | 2.13 | 2.34 |

Table 2
各モデルの情報量基準

| パス解析モデル | 情報量基準 | |
|----------------|--------|--------|
| | AIC | BIC |
| モデル1：生活満足感→PWB | 3704.9 | 3821.8 |
| モデル2：感情的評価→PWB | 3905.7 | 4022.6 |
| モデル3：PWB→生活満足感 | 2209.1 | 2280.8 |
| モデル4：PWB→感情的評価 | 1463.9 | 1497.8 |

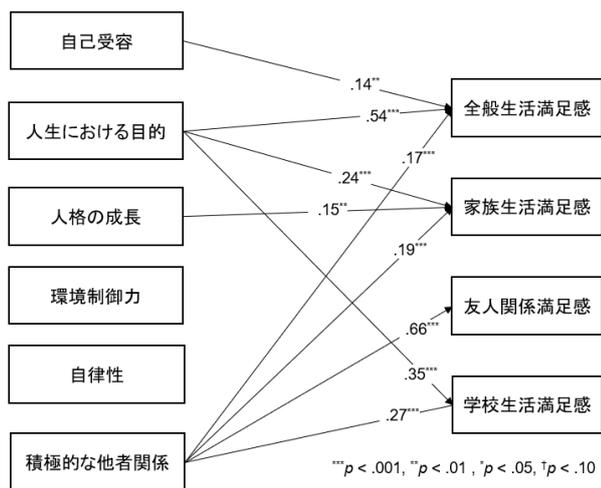


Figure 2. モデル3のパス解析モデル

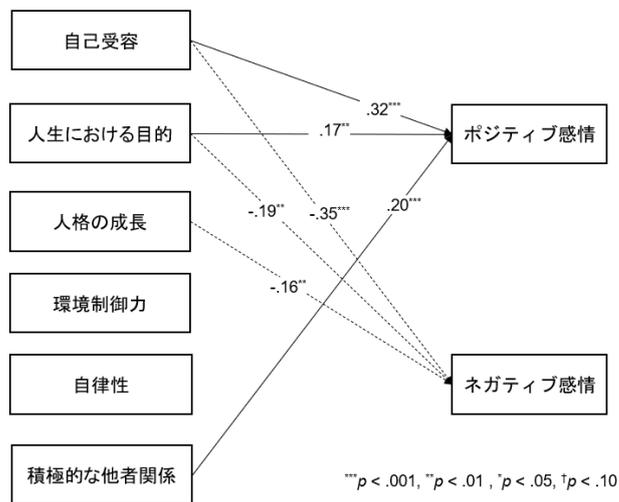


Figure 3. モデル4のパス解析モデル

モデル3とモデル4はいずれもPWBがSWBに影響するという因果関係を示している。PWBが生活満足感に与える影響について、「自己受容」は「全般生活満足感」にのみ有意な正の影響を与えた。「積極的な他者関係」は4つすべての生活満足感と正の関係がみられた。とりわけ、「友人関係満足感」が「積極的な他者関係」によって非常に強く規定されていることが示された。「人生における目的」は「友人関係満足感」以外の満足感に正の影響を及ぼした。「人格の成長」は「家庭生活満足感」のみを正に説明した。「自律性」と「環境制御力」は生活満足感に有意な影響を及ぼさなかった。

PWB が感情的評価に与える影響について、「自己受容」・「積極的な他者関係」・「人生における目的」が「ポジティブ感情」を正に説明し、「自己受容」・「人生における目的」・「人格の成長」が「ネガティブ感情」を負に説明するという結果が得られた。生活満足感の結果と同様に、PWBにおける自律性因子と環境制御力因子が感情的評価に与える影響は認められなかった。

モデル1・モデル2よりも、モデル3とモデル4のほうがより適合していることから、大学生が持つ生活に対する主観的評価は自分自身の機能性に対する認知に左右されることが示唆された。Figure 2は異なるPWB能力が特定の生活満足感と関連することを示している。「自己受容」因子が全般生活満足感以外の満足感を促進しないという結果は「自己受容」因子が自分自身に対する内面的な認知であることから、環境によってその影響が変化しないためであると考えられる。「積極的な他者関係」から生活満足感の下位尺度へのパスは全て正に有意であった。また「友人関係満足感」は積極な他者関係からのパスのみ有意であることから、大学生にとって、良好な他者関係を維持する能力は友人関係の満足感を感じる能力として重要であることも示された。この結果

を重視するという鈴木（2002）の論述とも一致している。また、積極的態度がSWBに正の影響を与え、その傾向は青年期において特に顕著であるといわれる（海老根，2010）。本研究における「人生における目的」は自分の未来に対する積極的な態度や評価を示す因子であり、海老根の結果を裏づけるものであるといえよう。「人生における目的」が友人関係満足感に影響しない原因として、同年代を生きる友人同士において、比較的プライベートな話題である将来の志向について開示しあう傾向が少ない可能性が考えられる。「人格の成長」は自分自身の発達に対する実感として解釈され、家族生活満足感のみに正の影響を与えている。星野（2013）によると、大学生は家族または両親の希望に応じることで心的適応状態になり、安心感や幸福感を体験することができる。PWBにおける6つの下位因子の中に、最も家族に期待される因子は「人格の成長」であると考えられる。したがって、この因子の水準は家族生活満足感の向上と繋がる可能性がある。

Figure 3はPWBにおける「環境制御力」と「自律性」以外の下位因子がポジティブ感情を促進し、ネガティブ感情を抑制することを示している。本研究の結果は快楽的要因であるポジティブ・ネガティブ感情が、外的要因だけではなく、自分自身の機能の評価にも影響されていることを示唆している。Yukselら（2019）は自身の可能性への認知である自己効力感とPWBの間に正の相関関係があることを指摘している。自己効力感はポジティブ感情を促進することから（Sagone, 2017）、本研究で得られた正の影響は自己効力感を介して得られた結果として捉えることができる。

しかし、本研究において、「環境制御力」と「自律性」というPWBにおける2つの下位因子とSWBとの因果関係はみられなかった。「環境制御力」は自分を取り囲む環境へのコントロール力であり、「自律性」は自分のことを自分で決める自主性を示している。「環境制御力」がSWBと深く関係していることが中国およびアメリカで行った先行研究（LingLing, 2007；Ryff, 1995）により指摘されている。本研究において日本人を対象とした場合に先行研究と同じような結果が得られなかったことから、PWBとSWBの因果関係のうち少なくとも「環境制御力」に関しては文化差が存在していることが示唆される。日本は世界の中でもっとも「高文脈」な文化にあるといわれ（Chua & Gudykunst, 1987）、「空気を読む」という言葉からも明らかのように、日本人は環境を制御することよりも、環境から情報を読み取ることに重きを置く。PWBにおける「環境制御力」は自分の意志のまま環境を改善する能力であるため、日本人は即時的なSWBには影響しない可能性がある。また、「自律性」因子は自分の行動を統制する能力と定義されているが、それは内発的衝

動や誘惑と対抗するセルフコントロール能力とは異なり、社会的抑圧と対抗し自分を調整する能力という面が重視される。したがって、「自律性」因子も「環境制御力」因子と同様、日本人大学生のSWBの規定要因とはならないと考えられる。

4. まとめ

本研究では、第一に日本人大学生のPWBとSWBの間の因果関係が示され、PWBにおける異なる下位因子がSWBにおける異なる下位因子に正の影響を与えることが示された。第二に、PWBにおける「自己受容」因子は文脈に依存せずSWBにおける全般的な生活満足感に影響を及ぼすが、「人格の成長」因子は家庭環境の満足感のみを促進する。また、大学生にとって最も重要な因子は「積極的な他者関係」であることも示唆された。最後に、「環境制御力」と「自律性」因子がSWBに与える影響はみられなかった。それは日本人の高い文脈性によるものと推測される。

従来のSWBとPWBに関する研究では、その両者の間の因果関係に関して一貫した結論が得られていなかった。本研究において日本人大学生を対象にSWBとPWBにおける下位因子の間の関係を検討したところ、PWBがSWBを規定することが示された。SWBとPWBにおける関係を明らかにするため、両者に影響を及ぼしうる他の個人特性との関係を調べる研究が求められる。

参考文献

- [1] Andrews, F. M., & Withey, S. B. (1976). *Social indicators of well-being: America's perception of life quality*. New York: Plenum.
- [2] Chua, E. G., & Gudykunst, W. B. (1987). Conflict resolution styles in low- and high-context cultures. *Communication Research Reports*, 4(1), 32-37.
- [3] Diener, Ed., Suh, E., Lucas, R., & Smith, H. (1999). Subjective well-being: Three decades of progress. *Psychological Bulletin*, 125, 276-302.
- [4] Diener, Ed., Lucas, R., & Oishi, S. (2002). Subjective well-being: The science of happiness and life satisfaction. In C. R. Snyder & S. J. Lopez (Eds.), *The handbook of positive psychology* (pp. 63-73). New York: Oxford University Press.
- [5] 海老根 理絵 (2010) . 青年期における人生に対する積極的態度に関する研究——KJ法による検討と尺度の構成を中心として—— 東京大学大学院教育学研究科紀要, 50, 149-158.
- [6] Huta, V., & Waterman, A. (2013). Eudaimonia and its distinction from hedonia: Developing a classification and terminology for understanding conceptual and operational definitions. *Journal of Happiness Studies*, 15, 1425-1456.
- [7] 星野 美欧・岡本 裕子 (2013) . 大学生における過剰適応と家族機能の関連——家族と自己の変容過程に注目した回想法を用いて—— 広島大学心理学研究, 13, 107-127.
- [8] Joshanloo, M. (2018). Longitudinal associations between subjective and psychological well-being in Japan: A four-year cross-lagged panel study. *Personality and Individual Differences*, 134, 289-292.
- [9] Kraut, R. (1979). Two conceptions of happiness. *Philosophical Review*, 87, 167-196.

- [10] LingLing, J. (2007). *The relationship of subjective well-being and psychological well-being* (Unpublished doctoral dissertation). Hebei Normal University, Hebei.
- [11] Linley, P., Maltby, J., Wood, A., Osborne, G., & Hurling, R. (2009). Measuring happiness: The higher order factor structure of subjective and psychological well-being measures. *Personality and Individual Differences, 47*, 878–884.
- [12] Meléndez, J. C., Satorres, E., Cujíño, M. A., & Reyes, M. F. (2019). Big Five and psychological and subjective well-being in Colombian older adults. *Archives of Gerontology and Geriatrics, 82*, 88–93.
- [13] 西田 裕紀子 (2000) . 成人女性の多様なライフスタイルと心理的well-beingに関する研究 教育心理学研究, 48(4), 433-443.
- [14] 中原 純 (2011) . 感情的well-being尺度の因子構造の検討および短縮版の作成 老年社会科学, 32(4), 434–442.
- [15] Pavot, W., & Diener, Ed. (1993). Review of the satisfaction with life scale. *Psychological Assessment, 5*(2), 164–172.
- [16] Ryff, C. D. (1989). Happiness is everything, or is it? Explorations on the meaning of psychological well-being. *Journal of Personality and Social Psychology, 57*, 1069–1081.
- [17] Ryff, C., & Keyes, C. (1995). The structure of psychological well-being revisited. *Journal of Personality and Social Psychology, 69*, 719–727.
- [18] Ryan, R., & Deci, E. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *The American Psychologist, 55*, 68–78.
- [19] 鈴木 有美 (2002) . 自尊感情と主観的ウェルビーイングからみた大学生の精神的健康——共感性およびストレス対処との関連—— 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要 心理発達科学, 49, 145–155.
- [20] Sagone, E., & Indiana, M. L. (2017). The relationship of positive affect with resilience and self-efficacy in life skills in Italian adolescents. *Psychology, 8*, 2226–2239.
- [21] Waterman, A. (2008). Reconsidering happiness: A eudaimonist's perspective. *Journal of Positive Psychology, 3*, 234–252.
- [22] Yüksel, A., Bayrakçı, H., & Bahadır Y. E. (2019). Self-efficacy, psychological well-being and perceived social support levels in pregnant women. *International Journal of Caring Sciences, 12*, 1120–1129.

ものづくりの授業における知的障害児の学習共同体への参加分析 — 認知的徒弟制の理論的枠組みに基づいて —

Analysis of participation in learning communities of children with intellectual disabilities in manufacturing classes — Based on the theoretical framework of cognitive apprenticeship —

野尻 浩[†]

Hiroshi Nojiri

[†] 聖心女子大学

University of the Sacred Heart, Tokyo

rf2142210037@u-sacred-heart.ac.jp

概要

知的障害児のものづくりの授業において、認知的徒弟制の理論的枠組みに基づき、学習共同体への参加を分析した。分析方法は、教師とモニター生徒の足場かけのカテゴリ別頻度の比較、課題遂行者とモニターの学習過程レベルの推移、の2つを用いた。分析の結果、対象児は、2回の課題遂行の中で教師やモニター生徒の足場かけを利用して、自立的な実践者として学習に参加するようになった。また、モニター生徒は、教師の足場はずしが行われるに伴い、協調的な参加を示した。

キーワード: 知的障害児, 認知的徒弟制, 学習共同体, 足場かけ

1. はじめに

本研究では、知的障害児に技術的な法則・技能の重要性を教えるものづくりの授業「おりぞめ発表会」[1]において、認知的徒弟制の理論的枠組み[2]に基づいて、知的障害児がどのように学習共同体へ参加しているのかを明らかにすることを目的とする。

認知的徒弟制とは、手工業に代表される伝統的な徒弟制に見られる教授・学習上の利点を、認知的な知識やスキルを扱う学校教育にも広く活用しようとするものである。その理論的枠組みとして、内容、方法、配列、社会学の4つの側面をあげているが[2]、本研究では、「おりぞめ発表会」の授業デザインと機能について、関連が深いと考えられる「方法」と「社会学」の2つに焦点を当てる。

1つ目の認知的徒弟制の教授方法では、文脈の中で生徒が熟達者の問題解決方法を発見するための機会が設定されている。まず、教師や指導者が生徒に問題解決方法や思考過程の手本を見せ (modeling)、次に教師は生徒が一人で課題が遂行できるように指導し (coaching)、足場かけをする (scaffolding)。そして、指導者は次第に影響力を減らし (fading)、生徒が一人

で課題を遂行できるように促す。さらに、明確化 (articulation) や振り返り (reflection)、探究 (exploration) という方法によって、生徒自身が問いを見つけて解決できるように支援する。一方、「おりぞめ発表会」は、個別の染め方の技術を生徒に教えてから作品を制作するのではなく、習得すべきスキルの有用性について教師が見本を示し、そのスキルを生徒が状況の中で遂行し、それを繰り返す中で、徐々に生徒自らが課題を見直して習熟するようになっている。また、生徒がおりぞめ作品を制作する過程をオープンにすることで、生徒同士がその過程を観察し、習得すべきスキルを洗練させたり、修正したりすることができるように授業がデザインされている。つまり、課題遂行とモニタリングが学習活動に埋め込まれているため、認知的徒弟制において熟達化を促すための教授方法である「足場かけ」が、教師や生徒同士で行われやすい環境にある。教師やモニター生徒が課題遂行者に足場かけ (足場はずし) をしながら、おりぞめ作品の制作に関与して、課題遂行者のスキルの熟達化に大きく関わる可能性も持っている。このような教授方法は、障害児教育で従来行われてきた「簡単なことから複雑なことへ、ひとつひとつ丁寧に系統的に、そして積極的に指導していく」という方法論[3]とは大きく異なり、習得すべき知識やスキルが文脈に埋め込まれている環境である。

2つ目の認知的徒弟制の社会学の側面には、共同体全体の知識を発展させることが、個々の生徒の知識の拡大も促すという「学習共同体」[4]の概念がある。Bielaczyc & Collins[5]は、学習共同体が機能するために4つの特徴をあげているが、「おりぞめ発表会」と対比させたものが表1である。「おりぞめ発表会」では、生徒一人一人の作品が多様で、その制作過程と学習成果物としての作品をクラスで共有することで、生徒自

表 1 学習共同体と「おりぞめ発表会」の機能の特徴

| 学習共同体 | おりぞめ発表会 |
|--|--|
| メンバーの熟達レベルが多様で、メンバーの貢献が尊重され、成長のための支援が与えられている | 生徒の熟達化レベルに応じて様々な作品が制作でき、その制作過程をモニタリングすることで、他者の作品に貢献できる |
| 共同体の知識やスキルを継続的に発展させるといふ共通の目標 | 繰り返し行うことで、視野が広がる学びの楽しさを生徒や教師が共有できる |
| 学び方学習の重視 | 技術の教え方や作品の出来ではなく、作ることのたのしさを重視する |
| 学習したことを共有する仕組み | 学習成果物として、おりぞめ作品を見せ合ったり、学習掲示物にしたりして、相互に評価し合う場がある |

身が経験を見直し、統合した知識を使って新たな作品を表現できる可能性が考えられる。また「おりぞめ」は、染色した紙を開くまでどのような模様ができるのか分からないという期待感があり、それを繰り返し行うことで、「たのしさ」がクラス内で共有され、新しい染め方や作品を開発する動機づけになることも考えられる。このように、学習共同体と「おりぞめ発表会」の機能には、類似した特徴をもっている。

以上の点を踏まえ、本研究では、認知的徒弟制の枠組みである、方法としての「足場かけ」と、社会学としての「学習共同体」の概念に着目して、「おりぞめ発表会」の授業分析を行っていく。

2. 授業実践

2.1. 対象児について

知的障害特別支援学校高等部3年生4名を対象に授業を実施した。4名の生徒の実態は、表2のようである。

2.2. 実践概要

従来のものでつくりの授業は、同じ作品を個人で制作する形が多いが、本授業は、多様な作品を制作し、他生徒に制作過程を公開する点が大きく異なる。また、従来は、1つずつ教師が繰り返しスキルを教え、モニ

表 2 生徒の実態

| 生徒 | 障害区分 | 人と対話する様子 |
|-----|--------|------------------------------|
| A君 | 軽度(B2) | 人との会話が理解でき、言語で対応できる |
| Mさん | 中度(B1) | 人と積極的に会話しようとするが、やや一方的な関わりをする |
| N君 | 重度(A) | 会話は理解できるが、言語表出は3語文程度 |
| I君 | 重度(A) | 会話は理解できるが、言語表出は3語文程度 |

ターは順番待ちとなる傾向があるのに対し、本授業は、生徒のスキルの熟達が進む中で教師のフェーディングが行われ、モニターは多様な制作過程の観察を通して新たな知識を獲得する機会となっている点も大きな違いである。授業の流れは、①教師の模範演示を見る→②課題遂行者は皆の前に出て染料に障子紙を自由に付け、できた作品を見せる→③課題遂行者以外は②の様子を見て、その後順番で課題遂行をする、という流れである。授業は、教師の模範演示→A君→Mさん→N君→I君の順にローテーションをしながら、生徒は一人2回おりぞめ発表を行う流れである。一人2回発表を行ったのは、生徒の染め方や足場かけの状況の変化を見とるためである。授業のねらいは、「多様な染め方を理解し、表現できる」とし、本研究では、4名の生徒のうち、N君を事例生徒として分析を行う。また、教師体制は3名で、担任2人と筆者である。担任2人が生徒の指導・支援にあたり、筆者が授業進行と模範演示を行った。授業記録は、2台のビデオを教室の前方と後方にそれぞれ固定し、課題遂行とモニタリングの生徒の様子を撮影した。

3. 分析方法

3.1. 足場かけ分析

足場かけの概念は、教師と学習者の間で成立するものと考えられてきたが、近年、学習者同士がそれぞれの差異に基づき足場をかけあうことが注目されている[6]。「おりぞめ発表会」においては、生徒の習熟度は様々であり、その違いが生徒同士の相互作用を引き起こす可能性がある。そこで、N君の課題遂行中、教師とモニター生徒がどのような足場かけや行為をしているのかをまとめたものが、表3、4である。このカテゴリに

表 3 教師の足場かけの分類

| カテゴリ | 定義 |
|---------|-----------------|
| 代行 | 生徒の代わりに課題を遂行する |
| 身体ガイド | 身体的なガイドで生徒を支援する |
| 動作指示 | ジェスチャー等で生徒を支援する |
| 言語指示 | 言語指示で生徒を支援する |
| コーチング | 生徒に対して称賛や質問等をする |
| フェーディング | 生徒に対して足場かけを行わない |

表 4 モニター生徒の行為（足場かけ）の分類

| カテゴリ | 定義 |
|------|--------------------|
| 関心なし | 課題遂行者に関心を示さない |
| 関心 | 課題遂行者を注視して関心を示す |
| 情動 | 課題遂行者の行為に笑顔等の情動を示す |
| 反応 | 課題遂行者に驚きや称賛等を行う |
| 支援 | 課題遂行者に声掛け等の支援をする |

基づいて頻度を数え、2回の課題遂行時のカテゴリごとの足場かけの生起率を比較する。

教師のカテゴリは、足場かけの機能[6]を参考に分類の行為を示した。【代行・身体ガイド・動作指示・言語指示】は、課題遂行生徒に課題要素が手に届くように単純化するものである[7]。【代行】は障害児ならではの足場かけともいえ、生徒本人では遂行できない課題を教師が代わりに行うことで、生徒が遂行したとみなす足場かけである。【コーチング】は、課題遂行生徒に称賛・反応や質問等を行う中で、動機づけを高めるものである。【足場はずし】は、生徒が自発的に課題遂行できると教師が判断した状況において、足場かけを行わず、生徒の能力が拡大する機会をもつことである。

モニター生徒のカテゴリは、聴く能力[8]を参考に分類の行為を示した。【関心】は、課題遂行生徒を注視し、関心を示す態度を表すものである。【情動】は、課題遂行生徒の行為に笑顔やジェスチャー等の情動を示し、課題遂行の客観的な理解を表すものである。【反応】は、課題遂行生徒に驚きや称賛等を示し、課題遂行生徒に共感を表すものである。【支援】は、課題遂行生徒に声掛け等の支援を行い、課題遂行の文脈に即した理解や自分の考えと結びつけるものである。また、モニター生徒の中には聴く行為ができない状態も見られたため、【関心なし】というカテゴリを加えた。

3.2. 学習過程分析

認知的徒弟制においては、人はどのような形で熟達化していくかという学習モデルとして、Brown, Collins, & Duguid [8]は、次の3段階を想定している。①先輩や教師からのお手本・コーチといった支援を受けて、次第に自分一人で課題遂行が可能になる方向へと向かっていく段階、②自立した実践者として共同的な学習に参加していく段階、③共同的な活動を通して、個々人の知識が修正されるだけでなく、自己の活動を反省的にとらえられる段階、である。

このモデルを援用し、「おりぞめ発表会」において、教師の足場かけが進む段階を示したものが、表5である。教師は、生徒へ直接的な支援から間接的なコーチングへ至り、足場はずしが行われる段階である。そして表6は、課題遂行生徒が、足場かけを活用して手続き的知識や技術を習得し、内省や工夫をしながら多様な染め方を習得し、さらに目的意識をもって他者へ伝えるような熟達の段階へ学習過程レベルが推移していくことを想定したものである。また表7は、モニター

表5 教師の足場かけの段階

| 段階 | 定義 |
|----------|-------------|
| S1: 単純化 | 直接的に生徒を支援する |
| S2: 動機づけ | 間接的に生徒を支援する |
| S3: 自立化 | 足場かけをはずす |

表6 課題遂行者の学習過程レベルの基準

| レベル | 定義 |
|----------|-----------------------------|
| tL0: 不参加 | 課題遂行を行わない、行えない |
| tL1: 習得 | 足場かけを活用し、手続き的知識や具体的な技術を習得する |
| tL2: 習熟 | 自分の経験を見立て直し、多様な染め方を表現する |
| tL3: 熟達 | 目的意識を持って、作品を他者に伝える |

表7 モニター生徒の学習過程レベルの基準

| レベル | 定義 |
|-----------|--------------|
| mL0: 不参加 | 注意が向かない |
| mL1: 態度 | 課題遂行者に関心を示す |
| mL2: 理解共感 | 間接的な支援をする |
| mL3: 関与 | 課題遂行者の課題に関わる |

生徒が、課題遂行生徒との相互作用の中で、課題遂行生徒に関心をもち、課題を理解して、共感するようになり、さらに課題に関与するようになる学習過程レベルの推移を想定したものである。この推移モデルに基づき、時系列で教師の足場かけの段階と、課題遂行者とモニターの学習活動をコーディングし、学習過程レベルの推移を可視化していく。

4. 分析結果

4.1. 足場かけ分析の結果

教師とモニター生徒3人の足場かけ分析の結果は、図1のとおりである。

教師は、N君・1回目発表では、動作指示や言語指示が多かったが、2回目発表ではフェーディングの生起率が増大し、それに伴い動作指示が大きく減少した。

モニター生徒では、A君は1回目ではN君に関心がほとんど示さなかったが、2回目では関心を示すようになってきた。Mさんは、1回目から関心が高く、情動もN君に示していたが、2回目ではさらに反応を示すようになり、N君に共感して足場をかけられる段階になっている。I君は1回目から関心が高く、2回目もそれが維持されている。2回目でわざわざ情動が生起したが、N君へ協調的な関与は見られない。

以上の結果から、教師のフェーディングが2回目に多くなり、モニター生徒はN君へ協調的な関与を示す行為が多くなったといえる。

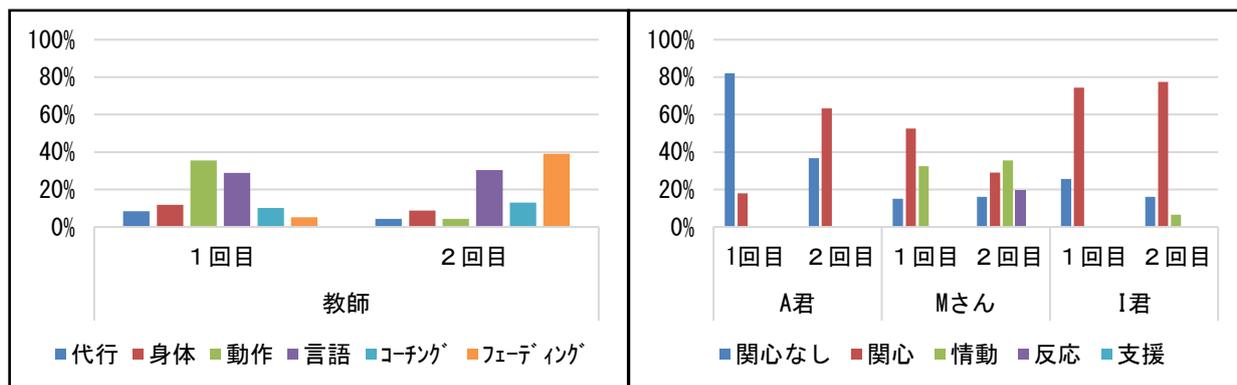


図 1 教師とモニター生徒の足場かけ分析

4.2. 学習過程分析の結果

4.2.1. N君・1回目発表の分析結果

1回目発表におけるN君と教師、モニター生徒3人の学習過程レベルの推移を、時系列で示したものが図2である。

1回目発表のN君の学習過程レベルは、tL0~tL2を往還しながら、学習が進んでいる。教師の足場かけ段階は、8:10~9:50まではS1(単純化段階)を示しており、N君は教師の足場かけを使いながら、tL0(不参加レベル)の状態からtL2(習熟レベル)までスキルを獲得していったといえる。また、10:00~10:30にかけて、N君はtL2が継続して起こっているが、この間、教師

はS3(自立化段階)が生起している。これは、N君が自分で染める操作ができるようになり、教師がそれを認識することで自然とフェーディングしていったと考えられる。また11:20~11:40にかけて、教師のS2(動機づけ段階)が生起するが、これは、N君の作品を見て、言語でN君に称賛を送った行為であり、情動的な足場かけといえる。

A君は、9:10~9:50にかけて、N君が教師の足場かけを利用して障子紙を染める場面で注視が起こって、mL1(態度レベル)が生起した。しかし、それ以外の時間では、常同行動が起こってN君へ関心を示すことがないmL0(不参加レベル)が連続した。

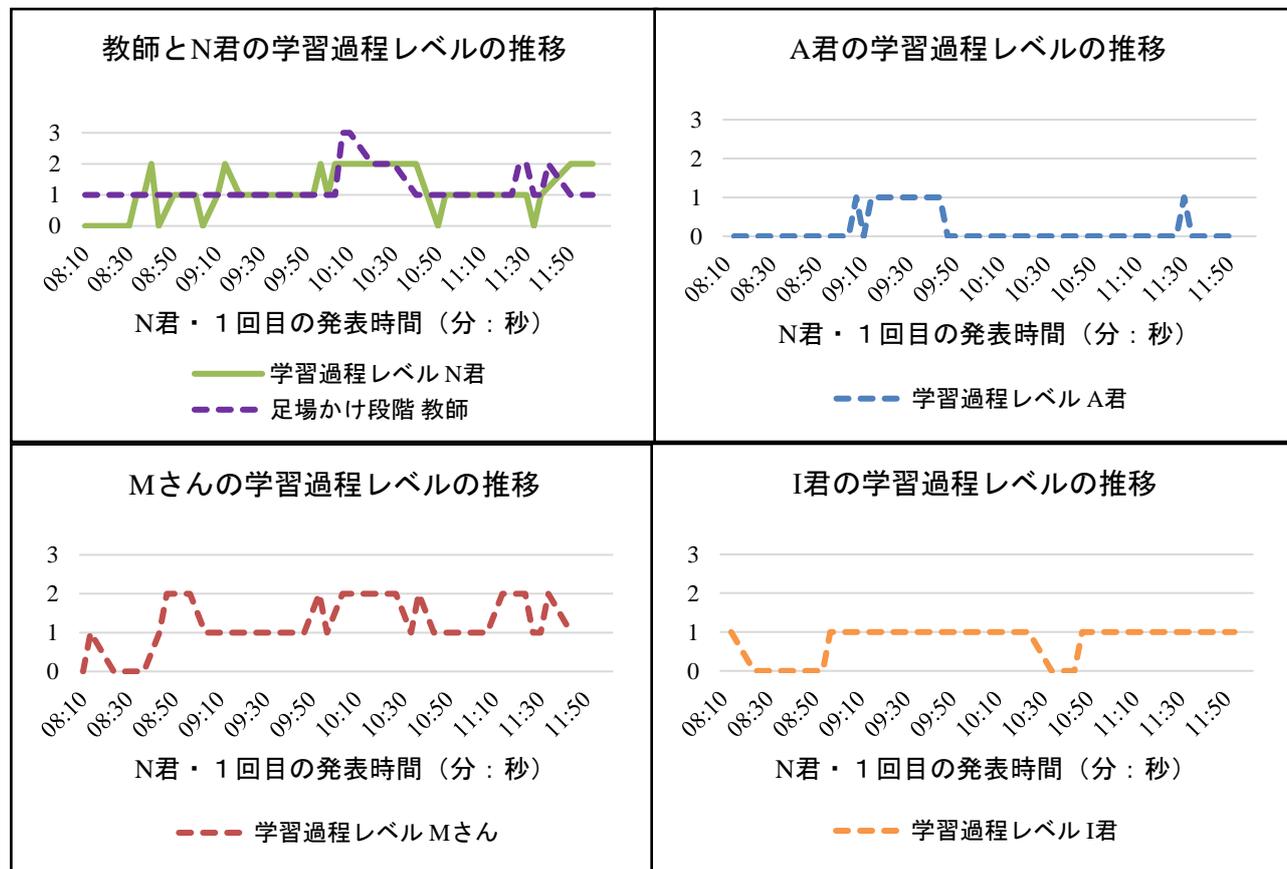


図 2 学習過程分析 (N君・1回目)

Mさんは、mL1とmL2の往還が起こっている。これは、MさんがN君を注視して関心を示すだけでなく、笑顔で注視したり、目をつぶって表情を崩したりするなど、表情やジェスチャーを使ってN君の課題遂行をモニタリングしており、N君の課題遂行に共感しながら理解しているといえる。特に、N君が障子紙を染め終えて、少しの間、雑巾や手などを見つめたり、笑みを浮かべながら手を胸にあてたりする内省的な行為に対して、Mさんは表情やジェスチャーを使って情動を表現して、N君の行為に意味を見出そうとしていることが推測できる。

I君は、N君へ注視する時間が長く、mL1が継続している。しかし、8:20~9:00のN君が発表場所へ移動するまでの教師とのやりとりの場面や、10:30~10:50の障子紙を染めた後に内省的な行為が続く場面では、注視が生起せずに、mL0になっている。MさんがN君の内省的な行為に対して、情動を伴って共感しようとする学習過程とは大きく異なっている。これは、I君が、N君の内省的行為は「おりぞめ発表会」の学習活動とは関係がないと考え、注視をはずしたと考えられる。つまり、I君は手続き的知識の獲得を目指し、手続きの意味を考えるような文脈に即した理解に至っていない

ことが推測される。

4.2.2. N君・2回目発表の分析結果

2回目発表における学習過程レベルの推移を示したものが、図3である。

2回目発表では、N君はtL1とtL2の往還で学習が進み、tL0がほとんど見られなくなった。また、tL2が長い時間継続しており、学習過程レベルが1回目よりかなり向上していることが分かる。またそれに伴い、教師のフェーディングが多く行われ、S3の時間が長くなっている。

A君は、1回目ではmL0が多かったが、2回目ではmL1とmL0の往還が多くなり、関心を示す状態になっている。特に21:00~にmL1が継続して起こっているが、作品を広げようとするN君の操作と作品自体に注視が起こっているためであり、作品に対する関心はかなり高い状況にあると推測できる。

Mさんは、1回目からmL2レベルが頻繁に見られたが、2回目ではmL3（関与レベル）が生起するようになっている。これは、N君の操作に対して、驚きや疑問を示す声を発することにより、N君の課題に文脈の中で関わろうとする行為と推測できる。この反応はN君も気づくことができると思われ、N君の意欲や動機

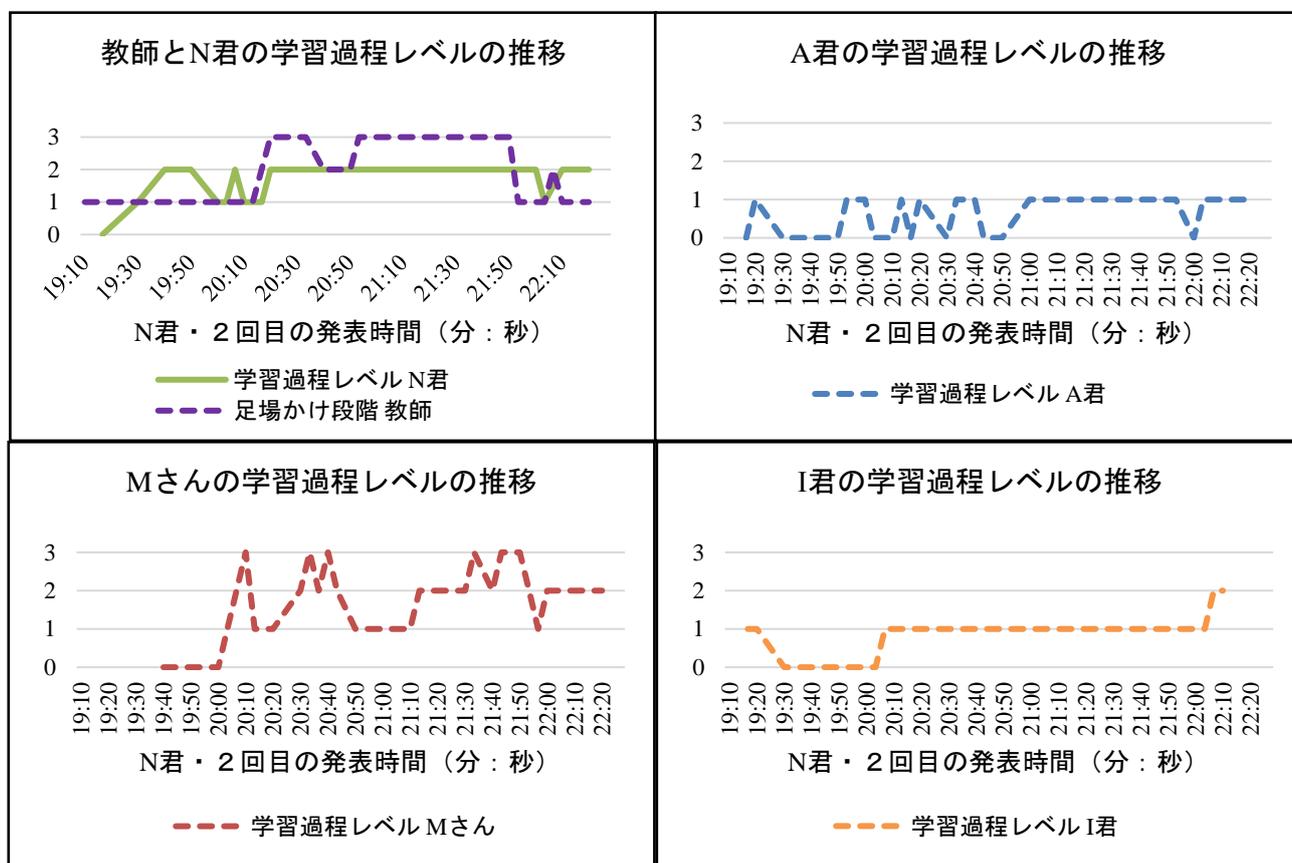


図3 学習過程分析 (N君・2回目)

づけに関係する足場かけともなっていることが推測される。これは、「おりぞめ発表会」における生徒の足場かけの一つの方法を示している。

I君は、1回目発表と同様に、mL1レベルが継続して生起している。2回目発表の最後にはmL2が起こっているが、これはN君の作品に拍手をしたり、自分の2回目発表に向けての意欲を表出したりする行為によるものである。I君は、手続き的知識を獲得するためにN君を注視していると考えられるが、教師の足場かけによってはmL2・mL3レベルも生起する可能性が考えられる。

5. 考察

以上の分析結果から、学習共同体への参加について、考察を述べる。

N君・1回目発表においては、N君自身が課題を遂行しようという関心がない状態から始まったため、教師の足場かけはN君に直接的に働きかけるものであった。しかし、N君はその足場かけを活用することで、自発的に染めることができるようになり、内省する場面も見られるようになった。内省する場面は、一人で染めることができるようになった喜びや満足感、そして次の課題遂行に向けて目標設定をしていると解釈できる。モニター生徒については、A君は学習共同体に参加する態度が弱く、常同行動が起こって自分一人の世界に入っていこうとしていた。Mさんは1回目発表からN君の操作に関心や情動を示して、協調的な参加を行っている。そして、N君の課題に共感しようという機能が働いているといえる。I君は学習共同体に参加する態度は強いものの、手続き的知識に関する限定的な範囲での参加であったと推測できる。

2回目発表では、N君の学習過程レベルが1回目と比較して格段に向上が見られ、自発的で内省しながら工夫した染め方を遂行することができるようになった。これは、1回目発表でN君なりの経験則を獲得したことが大きく影響していると考えられる。また教師は、N君の習熟度が向上したことを認識したため、フェーディングが多く行われ、N君の自立的な学びを促したといえる。A君は、N君に対して関心が起こるようになり、特に、作品への関心が高く、連続した注視が起き、モニタリングから学ぶ内発的動機づけが喚起されたといえる。Mさんは1回目以上にN君の課題遂行に反応を見せるようになり、N君に驚きの声やジェスチ

ャー等を示した。この行為は、N君の意欲を高める足場かけになっている可能性がある。その証拠として、N君は発表が終わって自席に戻る時、笑みを浮かべていたことが挙げられる。2回目では教師のフェーディングが多くなった分、Mさんによる反応がN君の足場かけになったと考えられる。I君は、N君が作品を仲間に見せる時、拍手をしたり、手のひらを組んで机を軽くたたいたりする行為が表出し、情動が初めて生じた。N君に対してI君が称賛を示して、情動的な足場かけを行ったともいえ、状況の中で情動や反応を示す可能性を示唆した。

1回目と2回目の発表を概観すると、N君は、教師の足場かけによる課題遂行から、N君自身の経験の見立て直しによる課題遂行に変化し、教師のフェーディングとコーチングが進んだ。また、モニター生徒の3名は、それぞれに学習共同体へ参加する構造は異なっていたが、1回目よりも2回目の方が、N君に対する関与が深まり、特にMさんの反応は、N君の情動的な足場かけになっていると推測できる。全体を通して、協調的な学習共同体への参加に変化してきことが示唆される。

文献

- [1] 山本俊樹, 藤沢千之, (2012) “特別支援教育はたのしい授業で”, 仮説社
- [2] Collins, A., & Kapur, M. (2014). “Cognitive Apprenticeship”. En RK Sawyer. *The Cambridge handbook of the learning sciences*, 2, pp.109-127.
- [3] 渡部信一 (2006) “高度情報化時代における自閉症教育(<特集>情報化時代における教育学の課題)”. *教育学研究*, 73(2), 137-147.
- [4] Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1994). “Computer support for knowledge-building communities”. *The journal of the learning sciences*, 3(3), pp.265-283.
- [5] Bielaczyc, K., & Collins, A. (1999). “Learning communities in classrooms: Advancing knowledge for a lifetime”. *Nassp Bulletin*, 83(604), pp. 4-10.
- [6] Reiser, B. J., & Tabak, I. (2014). “Scaffolding”. In *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, Second Edition, pp. 44-62. Cambridge University Press.
- [7] Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). “The role of tutoring in problem solving.” *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 89-100.
- [8] 一柳智紀. (2009). “児童による話し合いを中心とした授業における聴き方の特徴.” *教育心理学研究*, 57(3), 361-372.
- [9] Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). “Situated cognition and the culture of learning”. *Educational researcher*, 18(1), pp.32-42.

知識差のあるメンバ間での知識共有に対して 理解度共有が及ぼす影響

Effects of displaying a degree of understanding for sharing knowledge between pair members with different knowledge level

吉田 悠真[†], 山崎 治[‡]

Yuma Yoshida, Osamu Yamazaki

[†]千葉工業大学大学院, [‡]千葉工業大学

Graduate school of Chiba Institute of Technology, Chiba Institute of Technology

s1732160AM@s.chibakoudai.jp

概要

科学コミュニケーションのような知識差のあるメンバ間での知識共有では、知識が多い人から知識が少ない人への一方向なコミュニケーションになりやすい。そこで、本研究では知識が少ない人の理解度を知識が多い人と知識が少ない人に共有することで、双方向なコミュニケーションが実現し知識が少ない人の理解度が向上するかを調査した。調査の結果、課題実践中の話者交替数に違いはみられなかったが、最終テストの合計正答数に違いがみられ、理解度共有あり群において最終テストの合計正答数が多くなる結果となった。

キーワード: 知識共有, 理解度共有, 科学コミュニケーション, 双方向コミュニケーション

1. はじめに

近年、知的資産経営により成長する企業が増えてきたことや働き方改革における業務効率化などの観点から、知識の価値が向上し知識共有の重要性が高まっている。経済産業省[1]によると、知的資産経営報告書の開示事例が2006年から2021年にかけて増加し続けており、2006年時点では8社であったのに対し、2021年現在では278社もの企業が知的資産経営報告書を開示している。また、Wang, Noe[2]は、知識の共有が個人やチーム、組織のパフォーマンスを向上させることを明らかにしている。

知識を共有する活動には教育や研修など様々なものがあるが、特に専門的知識を共有する活動として科学コミュニケーションがある。科学コミュニケーションでは、専門的知識を持たない一般の人々に対して専門的知識を与えることを目的として、専門家が正しい知識を分かりやすく伝えることが行われてきた。しかし、実証的な研究を通じて、このアプローチの有用性が低いことが明らかになった。そのため、専門家と一般人との間での双方向なコミュニケーションが強調されるアプローチが展開されつつある[3]。

双方向なコミュニケーションでは、専門家から一般

人に対して話すという側面だけでなく、一般人が自身の科学に対する疑問点や懸念点を専門家に尋ねるといった側面も重要となる。しかし、専門家と一般人のような知識差があるメンバ間での知識共有は、知識がある人から知識がない人へのコミュニケーションが多くなりやすく、一方向なコミュニケーションになりやすい。また、一般人の理解度には個人差があり、専門家の説明が不十分であるといったことや一般人が自身の疑問点や懸念点に気づかず何を聞くべきかわからなくなるといったことが起こりうる[4][5]。

これに対し、専門家と一般人との間で一般人の理解度を共有することで、専門家はもう一度説明することや説明の仕方を変えることが可能になり、専門家の説明が不十分になるといったことや一般人が自身の疑問点や懸念点に気づかず何を聞くべきかわからなくなるといったことが起こりづらくなると考えられる。また、一般人が自身の疑問点や懸念点に気づくことで一般人からのコミュニケーションが増え、双方向なコミュニケーションが実現すると考えられる。

例えば、奥井・田口・糸賀・高田・島川[6]は、双方向講義を促進する手法として理解度共有システムを提案している。理解度共有システムでは、学生の理解度を4つに分け、その中から学生が自身に最も近い理解度を選択して教員に送信する。教員は送信された結果から学生の理解度を把握することで、もう一度説明するといったことや説明の仕方を変えるといったことが可能になる。このように、教員と学生との間で学生の理解度を共有することで、双方向なコミュニケーションを実現し、学生の理解を向上させることに成功している。

2. 目的

本研究では、知識差のあるメンバ間で行う対話によ

る知識共有において、効果的・効率的な知識共有が行える条件を検討することを目的とする。そこで、知識が少ない人の理解度に着目し、対話前にメンバ間で理解度の共有を行う場合と行わない場合での差異を検討する。

理解度が共有される場合、知識の少ない参加者における理解不足の個所が明示的になる。そのため、知識の少ない参加者からの自主的な問いかけや、知識の多い参加者（協力者）からの確認が増えることで、話者交替頻度が増加する傾向にあると考えられる。また、上記のコミュニケーションが行われ、話者交替頻度が増加する場合、知識の多い参加者（協力者）が参加者の理解度に応じて適切な知識の共有を行うことができる。そのため、課題実践を通じて理解度が向上し、最終的な理解度が向上すると考えられる。

3. 方法

専門的知識を用いて協同して課題を解決する中でのコミュニケーションにおける話者交替頻度の差異と、知識が少ない人の最終的な理解度の差異を比較した。また、扱う専門的知識は、心理学研究法における「質問紙調査の実施」に関する知識とした。さらに、共有する項目は、質問紙調査法に関わる「概念」の理解度や「専門用語」の理解度、そして概念同士や専門用語同士、概念と専門用語の「関係」の理解度とした。

3.1 理解度共有のための理解度図

理解度を視覚的に表現する方法として、MIYAKE[7]による「機能機構階層図」を参考に「理解度図」を作成した。また、理解度図のデザインは、大崎・山田[8]の機能機構階層図を参考にした。理解度図では、一つの「概念／専門用語」を丸、一つの「関係」を矢印で示す。また、それぞれの項目を正しく理解している場合は「青色の丸および青色の矢印」、間違えて覚えている場合は「赤色の丸および赤色の矢印」、わからないもしくは知らない場合は「白色の丸および黒色の矢印」で表現する。理解度共有を行う場合は、テストを実施することで理解度を測定し、テストの結果から理解度図の編集を行う。そして、実験参加者2人に編集した理解度図を提示し、理解度の確認および理解度図を用いた知識の共有を行ってもらう。図1に編集した理解度図の例を示す。

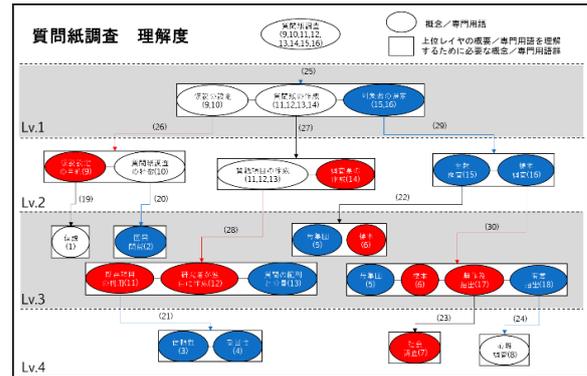


図1 編集した理解度図の例

3.2 理解度共有の手続き

本研究では、理解度共有の手続きを3つに分けて構成した。1つ目は、「課題実践前に、知識が少ない参加者に対してテストを実施する」という手続きである。2つ目は、「理解度図を用いて、知識の少ない参加者の理解度を、知識が少ない参加者および知識の多い参加者（協力者）に確認してもらう」という手続きである。3つ目は、「理解度図を用いて、課題実践中に知識の少ない参加者と知識の多い参加者（協力者）の間で知識共有を行ってもらう」という手続きである。

1つ目および2つ目の手続きによって、知識の少ない参加者における理解不足の個所が明示的になるため、知識が少ない参加者が自身の理解不足の個所に気づき、その後の課題実践にて自主的な問いかけを増加させる効果が期待される。また、2つ目の手続きによって、知識の多い参加者（協力者）からの確認を増加させる効果が期待される。3つ目の手続きでは、知識の多い参加者（協力者）が知識が少ない参加者の理解度に応じて、適切な知識共有を行うことが可能になると期待される。本実験では、上記の3つの手続きを実施する群を「理解度共有あり」、3つの手続きを実施しない群を「理解度共有なし」とした。

3.3 実験参加者

大学生16名が個別で実験に参加した。また、心理系の研究室に所属する大学生1名が専門的知識の多いメンバ役で、全参加者に対する共通の対話相手として実験に参加した。

3.4 実験計画

1要因2水準参加者間計画で実施した。理解度共有の有無を要因として、「理解度共有あり」／「理解度共有なし」の2水準を設けた。各水準への割り当ては、「理解度共有あり：8名」、「理解度共有なし：8名」とした。

3.5 実験環境

実験はオンラインミーティングツール WebEx Teams (バージョン: 40.10.1.16961) を用いてオンライン上で実施した。WebEx Teams で実験用スペースを設定し、参加者と協力者および実験者の 3 名が遠隔地 (自宅と大学内など) よりアクセスすることで実験を行った。課題実践中のコミュニケーションは WebEx Teams の録画機能を用いて記録した。

理解度測定のためのテストは Google フォームのテスト機能を用いて記録した。課題実践における調査計画の策定では、Google ドキュメントの共同編集機能を用いて編集を行ってもらった。

3.6 課題および材料

参加者および協力者に課した協同問題解決の課題は、「質問紙調査法による調査計画の立案」とした。課題への取り組みに関して、課題実践のイメージを具体化させる「調査計画書の完成例」を提示した上で、「調査計画書のテンプレート」上に、コロナウイルスに関する調査をテーマとした質問紙調査の計画を立案するよう求めた。

協同で課題に取り組む前に参加者へ提示する材料として、質問紙調査法の概要を説明する「理解度図 (目次)」(テストの問題番号を除いた理解度図) と質問紙調査法の内容を説明する「説明動画」を用いた。説明動画は、実験者が教材の内容を読み上げるもので、12 分 36 秒ほどの動画時間であった。参加者の理解度を測定する材料として、質問紙調査法に関する「テスト」を用いた。テストは、説明動画の内容をもとに、理解度図における一つ一つの「概念/専門用語」および「関係」と対応付けて、計 30 問 (「概念/専門用語」に関する問題: 18 問, 「関係」に関する問題: 12 問) を作成した。協力者と参加者との理解度共有を示す材料として、「理解度図 (結果)」(編集前の理解度図) のテンプレートを用意し、テストの結果を反映して実験中に作成できるようにした。実験全体の進行のための材料として、課題実践における協力者の役割を示す「協力者用の実験台本」を用いた。

3.7 手続き

実験実施に先立ち、協力者に対して、心理学研究法の「質問紙調査法」に関する知識を獲得してもらうため、事前学習をしてもらった。また、「協力者用の実験台本」に基づいて、実験の進行についてあらかじめ把握してもらうよう依頼した。

実験は、実験説明、動画視聴、確認テスト (理解度

共有あり群のみ)、休憩、課題実践、最終テストの 5 つもしくは 6 つのフェーズで構成した。以降では、特別な記述がない場合は「参加者」に対しての教示を記述するものとする。

実験説明では、質問紙調査法に関する知識を獲得し、実際に調査することを想定した調査計画の策定を行ってもらうことと全体の流れの説明を行った。その際、WebEx Teams の画面共有機能を用いて「理解度図 (目次)」を提示し、調査計画の策定で必要となる知識の全体図を確認してもらった。この時、図の形式 (見かた) についての説明も併せて行った。

動画視聴では、WebEx Teams の実験用スペースを通じて「説明動画」を配布し、参加者の PC から閲覧してもらうことで課題実践に必要な知識の共有を行った。動画は巻き戻して視聴する、繰り返し視聴することはせず、1 度だけ視聴してもらった。

確認テストでは、実験用スペースを通じて Google フォームで作成した「テスト」の URL を配布した。そこからテストにアクセスしてもらった後、テストに解答してもらうことで理解度の測定を実施した。テストの実施時間は 15 分とした。また、解答送信後に正答を確認しないよう説明した。

休憩では、理解度共有あり群のみ、実験者がテストの結果から理解度を確認し、「理解度図 (結果)」へ反映するための編集を行った。休憩終了後、理解度共有あり群のみ編集した「理解度図 (結果)」を実験用スペースを通じて参加者と協力者に配布し、閲覧してもらうことで提示した。また、編集した図の形式 (見かた) についての説明も併せて行った。休憩の時間は 10 分とした。

課題実践では、始めに調査計画の策定で行ってもらうことを説明した。その際、WebEx Teams の画面共有機能を用いて「調査計画書の完成例」を提示した。その後、参加者と協力者に協同で調査計画の策定を行ってもらった。具体的には、「コロナウイルスに関する調査」というテーマに対して仮説の設定、質問紙の作成、対象者の選定を行ってもらい、参加者と協力者それぞれの PC を用いて、「調査計画書のテンプレート」に内容を記述してもらった。また、課題実践中に必要な知識の共有も併せて行ってもらった。その際、協力者にはあらかじめ配布した「協力者用の実験台本」を見ながら課題を行ってもらった。さらに、理解度共有あり群のみ、参加者と協力者に編集した「理解度図 (結果)」を見ながら知識の共有を行ってもらった。課題実践の

実施時間は30分程度とした。また、課題実践中のカメラ機能は参加者と協力者ともにOffで固定した。

最終テストでは、実験用スペースを通じてGoogleフォームで作成した「テスト」のURLを配布した。そこからテストにアクセスしてもらった後、テストに解答してもらうことで理解度の測定を実施した。テストの実施時間は15分とした。最終テストが終了次第、実験を終了とした。

4. 結果

本研究では、テストの合計正答数に関する分析を2つ、課題実践中のコミュニケーションに関する分析を3つ、合計5つの分析を実施した。図2に最終テストの合計正答数の平均、図3に理解度共有あり群の合計正答数の平均、図4に話者交替数の平均、図5に発話生起数の平均1、図6に発話生起数の平均2を示す。

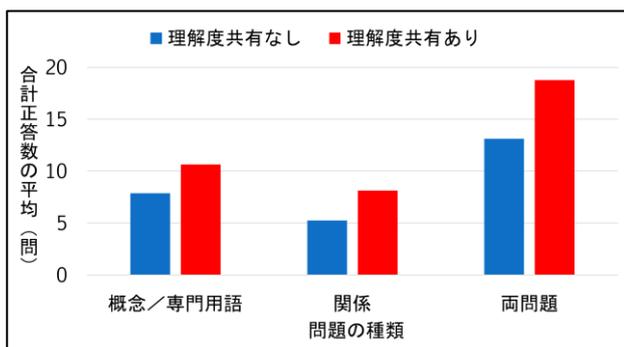


図2 最終テストの合計正答数の平均

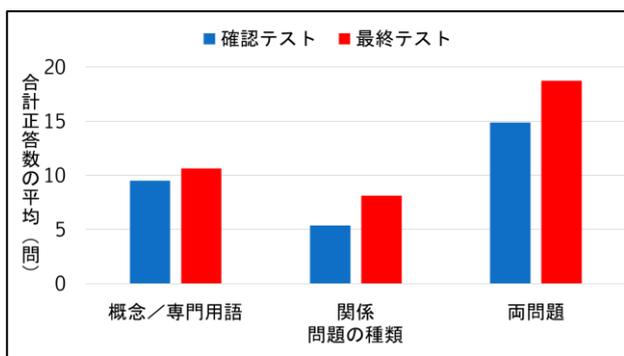


図3 理解度共有あり群の合計正答数の平均

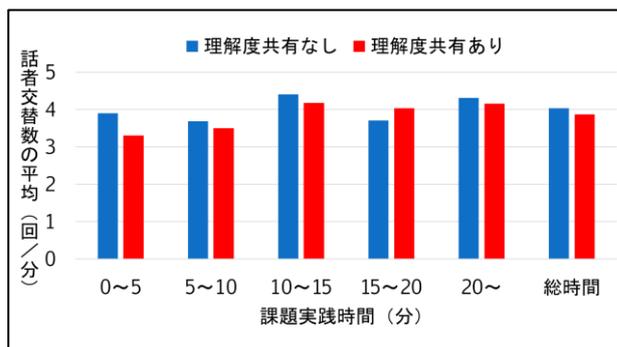


図4 話者交替数の平均

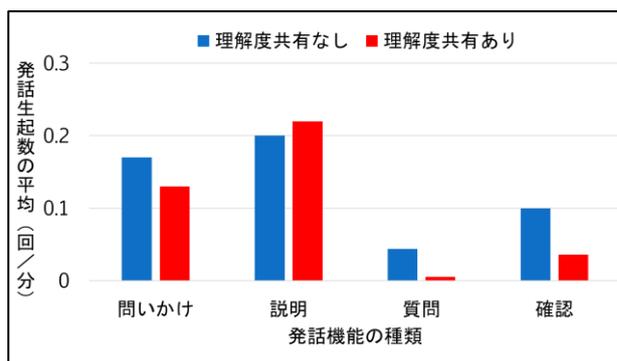


図5 発話生起数の平均1

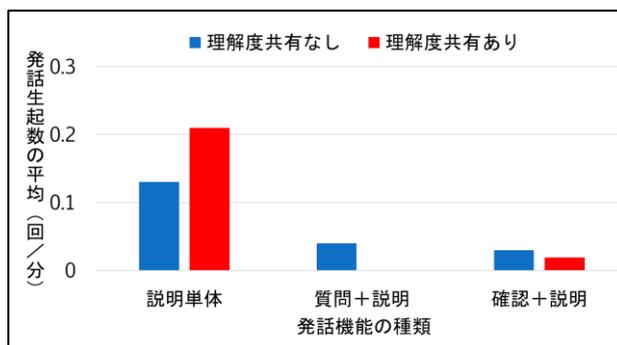


図6 発話生起数の平均2

まず、参加者の理解度に関する分析結果を示す。本研究では、参加者の知識に関する最終理解度を最終テストの合計正答数によって定義した。また、本研究では概念や専門用語に関する理解度と関係に関する理解度の2つを定義している。そのため、概念/専門用語に関する問題の合計正答数と関係に関する問題の合計正答数、そしてそれら両方の問題の合計正答数に分割してt検定により比較した。その結果、すべての項目において有意差が認められ（「概念/専門用語： $t(13.01)=2.48, p=.028$ 」, 「関係： $t(12.61)=3.16, p=.008$ 」, 「両問題： $t(10.29)=3.39, p=.007$ 」), 理解度共有あり群

において合計正答数が多くなる結果となった。また、効果量については、すべての項目で大程度の効果（「概念／専門用語： $r=.57$ 」，「関係： $r=.67$ 」，「両問題： $r=.73$ 」）がみられ、理解度共有あり群において合計正答数が多くなる結果となった。

上記の分析結果から、理解度共有によって最終理解度が向上する可能性が示唆された。しかし、概念や専門用語の理解度と関係の理解度のどちらに特に効果があるかなど、詳細な結果は明らかにはなっていない。そこで、理解度共有あり群における確認テストと最終テストを t 検定により比較した。その際、先ほどと同様に問題の種類ごとに分析を実施した。その結果、「関係問題」と「両問題」において有意差が認められ（「関係： $t(7)=8.78$, $p<.001$ 」，「両問題： $t(7)=5.06$, $p=.001$ 」），最終テストにおいて合計正答数が多くなる結果となった。概念／専門用語問題においては有意差が認められなかった（ $t(7)=2.18$, $p=.065$ ）。また、効果量については、すべての項目で大程度の効果（「概念／専門用語： $r=.64$ 」，「関係： $r=.96$ 」，「両問題： $r=.89$ 」）がみられ、最終テストにおいて合計正答数が多くなる結果となった。この分析結果から、本実験における実験手続きでは、特に関係の理解度の向上に効果がある可能性が示唆された。

次に、課題実践中に行われたコミュニケーションに関する分析結果を示す。本研究では、コミュニケーションの質的変化がみられる 1 つの指標として話者交替の頻度に着目した。話者交替の定義として、相手が話している最中の「はい」や「うん」といった応答の発話や、返答が思いつかず「えーと」や「うーん」といったフィラーで終わってしまう発話については、話者交替とはみなさないこととした。また、課題実践時間の計測は、実験者が「それでは、課題を始めてください」と言い終わってから、実験者が「課題実践ありがとうございました」と言い始めるまでとした。話者交替頻度を定量的に示すにあたって、1 分あたりの話者交替数と定義し、「話者交替総数÷課題実践時間＝話者交替数」と計算した。また、課題を実践していく中で慣れや疲れが生じ、発話の様子に違いがみられる可能性が考えられたため、総課題実践時間での分析に加えて、課題実践時間を 5 分ごとに分割して t 検定により比較した。その結果、すべての項目で有意差は認められなかった（「0～5： $t(13.66)=1.17$, $p=.26$ 」，「5～10： $t(12.03)=0.22$, $p=.83$ 」，「10～15： $t(13.75)=0.23$, $p=.83$ 」，「15～20： $t(13.61)=0.34$, $p=.74$ 」，「20～： $t(13.99)=0.29$,

$p=.78$ 」，「総時間： $t(13.14)=0.35$, $p=.73$ 」）。また、効果量については、「0～5 分」で中程度の効果（ $r=.30$ ）がみられ、理解度共有なし群において話者交替数が多くなる結果となった。それ以外の項目では、小程度の効果（「総時間： $r=.10$ 」），もしくはほとんど効果がみられなかった（「5～10： $r=.06$ 」，「10～15： $r=.06$ 」，「15～20 分： $r=.09$ 」，「20 分～： $r=.08$ 」）。

上記の分析結果から、理解度共有の有無によって話者交替頻度にはあまり差がない、もしくは理解度共有なし群において少し多くなる可能性が示唆された。しかし、テストの分析結果から、理解度共有あり群において合計正答数が多くなる結果となっていたため、話者交替以外の側面でコミュニケーションの質的変化が起こっていると考えられる。そこで、知識を共有する場面でのコミュニケーションを 4 つの発話機能に分類し、それぞれの生起頻度を比較した。発話機能の種類は、参加者に疑問点や懸念点がないかを尋ねる「問いかけ」と質問紙調査法の知識に関する説明や課題実践に対するアドバイスをする「説明」の 2 つを協力者からの発話として定義した。また、自身の疑問点や懸念点を尋ねる「質問」と自身の理解について是非を問う、もしくは自身の理解状態を伝える「確認」の 2 つを参加者からの発話として定義した。さらに、それぞれの項目を話者交替頻度のときと同様に、1 分あたりの発話生起数と定義し、「発話生起総数÷課題実践時間＝発話生起数」と計算して t 検定により比較した。その結果、すべての項目で有意差は認められなかった（「問いかけ： $t(11.51)=1.43$, $p=.18$ 」，「説明： $t(9.12)=0.64$, $p=.54$ 」，「質問： $t(7.39)=2.20$, $p=.061$ 」，「確認： $t(7.03)=1.22$, $p=.26$ 」）。また、効果量については、「問いかけ」および「確認」で中程度の効果（「問いかけ： $r=.39$ 」，「確認： $r=.42$ 」），「質問」で大程度の効果（ $r=.63$ ）がみられ、理解度共有なし群において多くなる結果となった。「説明」では、小程度のみ（ $r=.21$ ）効果がみられた。

上記の分析結果から、理解度共有によって「問いかけ」や「質問」、「確認」の発話が減少する可能性が示唆された。しかし、「説明」の発話にはあまり差がない可能性が示唆された。通常、参加者から「質問」や「確認」が行われた場合、それに付随して「説明」が行われることが多いことから、「説明」の発話も「質問」や「確認」と同様に減少する結果が一般的であると考えられるが、本実験では相反する結果となった。そのため、理解度図の機能として、参加者における「質問」や「確認」の発話と同様の効果があるのではないかと

考えられる。そこで、新たに「説明単体」、「質問+説明」、「確認+説明」の3つの発話機能を定義した。そして、先ほどと同様1分あたりの発話生起数をt検定により比較した。その結果、「説明単体」において有意差が認められ ($t(11.42)=2.99$, $p=.012$)、理解度共有あり群の方が多くなる結果となったが、「質問+説明」および「確認+説明」においては有意差が認められなかった（「質問+説明」： $t(6.00)=2.21$, $p=.069$ ）、「確認+説明」： $t(8.10)=0.62$, $p=.055$ ）。また、効果量については、「説明単体」および「質問+説明」において大程度の効果（「説明単体」： $r=.66$ ）、「質問+説明」： $r=.67$ ）がみられ、「説明単体」は理解度共有あり群において、「質問+説明」は理解度共有なし群において多くなる結果となった。「確認+説明」については小程度の効果（ $r=.21$ ）のみみられた。この分析結果から、理解度図を用いることで「説明単体」の発話が増加し、「質問+説明」の発話が増加する可能性が示唆された。

5. まとめ

本実験では、理解度共有の有無によって、話者交替頻度や知識が少ない参加者からの発話の増加に効果はみられなかったが、最終テストの合計正答数が向上し、特に関係問題の正答数の向上に効果がみられた。話者交替頻度の増加に効果がみられなかった要因としては、知識の共有方法に違いがあり、反対に話者交替頻度が減少した可能性が考えられる。また、発話の増加に効果がみられなかった要因としては、理解度図が参加者からの発話の代わりとして機能していた可能性が考えられる。合計正答数が向上した要因としては、2つのコミュニケーションの質的变化が起こっていた可能性が考えられる。1つ目は、同じ説明頻度であっても、より効果的な説明が行われた可能性である。2つ目は、質問の発話が省略され、より効率的な知識共有が行われた可能性である。また、特に関係問題の合計正答数が向上した要因としては、本実験における課題実践が影響している可能性が考えられる。

本研究では、効果的で効率的な知識共有を行う条件として、理解度共有の可能性が示唆された。本研究では、理解度共有を、確認テストを用いた理解度の測定、理解度図を用いた理解度の確認、理解度図を用いた知識の共有の3つを実施することと定義し、実験を実施した。今後の課題として、理解度共有の3つの手続きの効果をそれぞれ確認できるようにした実験手続きを

再検討して実験を実施することで、より詳細な結果が得られると考えられる。また、理解度図を作成するためには知識が体系化されている必要がある。加えて、理解度図では特定の領域のみを対象としているため、汎用性に欠ける（本研究で作成した理解度図は、質問紙調査法の知識共有のみに適応可能である）。そのため、体系化されていない暗黙的な知識についても適応可能であり、かつ不特定の領域にも適応可能な理解度共有の方法を検討することも課題となる。

付記

本論文の一部は、2020年度教育システム情報学会学生研究発表会関東地区[9]にて報告いたしました。

文献

- [1] 経済産業省, (2021) “知的資産経営報告書の開示事例”, https://www.meti.go.jp/policy/intellectual_assets/jirei.html. (参照 2021.7.8)
- [2] Wang, S., & Noe, R. A., (2010) “Knowledge sharing: A review and directions for future research.”, *Human resource management review*, Vol. 20, No. 2, pp. 115-131.
- [3] The House of Lords, (2000) “Science and Society - Third Report UK Parliament”, <https://publications.parliament.uk/pa/ld199900/ldselect/ldscitech/38/3801.htm>. (参照 2021.7.8)
- [4] 森岡和子, (2007) “コンセンサス会議における円滑なコミュニケーションのための考察: 「遺伝子組換え作物の栽培について道民が考える『コンセンサス会議』」を事例として.”, *科学技術コミュニケーション*, Vol. 1, pp. 96-104.
- [5] 高梨克也, 加納圭, 水町衣里, 元木環, (2012) “双方向コミュニケーションでは誰が誰に話すのか?: サイエンスカフェにおける科学者のコミュニケーションスキルのビデオ分析.”, *科学技術コミュニケーション*, Vol. 11, pp.3-a17.
- [6] 奥井善也, 田口浩, 糸賀裕弥, 高田秀志, 島川博光, (2007) “双方向講義を促進する学生・教員間での理解度共有”, *信学第18回データ工学ワークショップ講演論文集*, D9-07.
- [7] Miyake N., (1986) “Constructive interaction and the iterative process of understanding.”, *Cognitive science*, Vol. 10, No. 2, pp. 151-177.
- [8] 大崎理乃, 山田雅之, (2018) “協調学習における知識利用状況の機能機構階層図による可視.”, *日本教育工学会論文誌*, Vol. 42, No. Suppl, pp.085-a088.
- [9] 吉田悠真, (2021) “知識差のあるメンバー間での知識共有に対して理解度共有が及ぼす影響.”, https://www.jsise.org/society/presentation/2020/pdf/03_kanto/b06.pdf (参照 2021.7.8)

Subjective BERT: self-attention による「おいしいね」「おいしそうだよ」の意味理解

Subjective BERT: Understanding the Meaning of *Oishii ne*. ‘I Want to Make Sure that You also Feel Delicious.’ and *Oishi souda yo*. ‘I Want to Tell You that It Looks Delicious.’ by Self-Attention

岡 夏樹[†], 松島 茜[†], 萬處 修平[†], 深田 智[‡], 吉村 優子[‡], 川原 功司^{*}

Natsuki Oka, Akane Matsushima, Shuhei Mandokoro, Chie Fukada, Yuko Yoshimura, Koji Kawahara

[†]京都工芸繊維大学, [‡]金沢大学, ^{*}名古屋外国語大学

Kyoto Institute of Technology, Kanazawa University, Nagoya University of Foreign Studies
nat@kit.ac.jp

概要

言葉と画像（視覚情報）だけの結びつけを越えたより豊かな言葉の意味理解を目指して、言葉と様々な主観的感覚（視覚を含む）の間の関係を学習させたいと考えた。このために、言語と画像に加えて様々な主観的感覚を入力とする self-attention モデルである Subjective BERT を提案し、特に、機能語（終助詞や助動詞）の獲得に注目して、「おいしい・ね」「おいし・そうだ・よ」などの発話理解を試みた。計算機シミュレーションの中間結果を報告する。

キーワード：機能語，終助詞，助動詞，主観的感覚，言語獲得，深層学習

1. はじめに

深層学習の一種である LSTM (Long short-term memory) を用い、大量の翻訳対から end-to-end で (人が多段の中間表現を設計することなく、入力から出力までを一つのニューラルネットワークで) 学習することで Google の機械翻訳の質が急に向上した (Wu 2016) ことは記憶に新しい。その後、self-attention を計算原理とした単純なネットワーク構造を用いることにより、翻訳 (Vaswani 2017) や自然言語理解 (Devlin 2018) の性能がさらにもう一段高まった。これは、self-attention により形成される暗黙的な階層構造により、階層構造を作る明示的な文法規則なしで、階層性を持つ言語の理解と生成が実用的なレベルでできるようになったことを意味する。以上の成果は文字情報だけからの学習により達成されたが、最近では、言語に加えて画像も入力して self-attention で処理することにより、言語と画像を結び付けた理解や生成を目指した研究も活発である (Lu 2019, Chen 2019, Radford 2021)。

我々は、言語と画像（視覚情報）だけの結びつけを越えたより豊かな言葉の意味理解を目指して、言葉と様々な主観的感覚（視覚を含む）の間の関係を学習させたいと考えた。ここで主観的感覚とは、以下の総

称としてかなり広い意味で用いる：

- (i) 外受容感覚（視覚、聴覚、味覚、臭覚、触覚）
- (ii) 固有感覚（身体各部の運動や位置などの知覚）、
- (iii) 内受容感覚（内臓や血管等の状態の知覚）、
- (iv) 心の状態（願望、選好、推量など）

心の状態は、過去と現在の感覚運動経験から立ち現れるものであるが、言葉の意味理解に必要な入力だと考え主観的感覚に加えた。本論文では、言語と画像に加えて様々な主観的感覚を入力とする self-attention モデルである Subjective BERT を提案し、特に、機能語（終助詞や助動詞）の獲得に注目して、「おいしい・ね」「おいし・そうだ・よ」などの発話理解を試みた。

2. Subjective BERT

Subjective BERT は、言葉と様々な主観的感覚（視覚を含む）の間の関係を学習させるために、BERT (Devlin 2018) の入力を言葉だけでなく様々な主観的感覚を含むように拡張したものである。本体の構造は BERT と同じものを使用する。

Subjective BERT への入力は、離散的な識別子(id)である必要がある。このため、本来であれば、感覚器等でとらえたアナログ信号に何らかの認識処理を施し、その結果の id を Subjective BERT に入力する、とすべきところであるが、本論文では簡略化のため、元信号を何らかの手段で検出することができ、かつ、この信号の認識処理が別途用意できたものとして、id を入力した以降のシミュレーションを行う。各入力信号の検出・識別過程も含めたシミュレーション実験を行うことは今後の課題とする。主観的感覚情報を計算機で処理できるように検出・認識することには困難が伴うと考えられるため、全体のシミュレーションを近い将来完成することは現実的でない可能性がある。しかし、この

検出・認識の後の部分に限定したとしても、そのシミュレーションを行い、機能語の理解のどの部分が self-attention に基づく計算で実行可能かを検討することには、人の知能を理解する上で意義があると考えられる。

Subjective BERT では BERT (Devlin 2018) 同様、[CLS] トークンと[SEP]トークンを用いるが、[SEP]トークンの役割は異なる。Subjective BERT では、各モダリティからの入力を[SEP]で区切る。また、言語入力は一時刻前の発話と現時点の発話を接続したものとするが、それらの間も[SEP]で区切る。

token embedding と position embedding は BERT (Devlin 2018) と同じ方法を採用した。ただし、視覚入力と主観的感覚入力では特に順序はないため、同一の position embedding を使う。また、BERT の segment embedding に代えて、modality embedding をどのモダリティからの入力を区別するために使用する。さらに、time embedding を一時刻前の発話と、現時点の発話や感覚入力とを区別するために導入した。これら 4 種類の embedding を加算したものが Subjective BERT に入力される。

3. シミュレーション実験の設定

シミュレーション実験の設定は次の通りであった。養育者が子どもに話しかける場面を想定し、Subjective BERT に対して以下の入力を与えた。

- 1 時刻前の発話と現時点の発話：発話は、{リンゴ・だ・よ、リンゴ・だ・ね、バナナ・だ・よ、バナナ・だ・ね、おいしい・よ、おいしい・ね、おいし・そうだ・よ、おいし・そうだ・ね、食べたい・ね、おなかすいた・ね} の 10 通りのいずれか、または、発話無し、であった。「・」は Subjective BERT に入力される際の単語区切りを示す。子どもが見ているものや子どもの主観的感覚と整合する発話を養育者はすると想定して、入力する発話を選択した。整合性の制約をいくつか例示する：「リンゴだね」は、子どもがリンゴを見ているときだけ発話する；「おいしいね」「おいしうだね」「おなかすいたね」等の発話は子どもがそう感じていると思われるときだけ発話する；「おいしいよ」「おいしうだよ」は、子どもがそう感じてないと思われるときだけ発話する。
- 現時点の画像：画像はリンゴとバナナについて、

それぞれ、おいしそうな（食べるとおいしい）ものと、子どもにとってはおいしそうに見えない（が食べるとおいしい）もの（青りんごやシュガースポットの入ったバナナ）、合わせて 4 種類のいずれかとした。

- 現時点の推量：上記 4 種類の果物の画像からの味覚（おいしいリンゴの味、おいしくないリンゴの味、おいしいバナナの味、おいしくないバナナの味）の推量結果の 4 種類+（今実際に味覚を感じているので）推量していない状態の合計 5 種類のいずれかを入力した。なお、このような具体的な推量結果の入力に代えて、推量という抽象的な心の働き（助動詞「そうだ」に対応）の有無を入力とする場合のシミュレーションも実施予定である。
- 現時点の味覚：子どもの食べる動作に伴い味覚が生じると想定し、おいしいリンゴの味、おいしいバナナの味、無し（食べてないとき）、の 3 種類のいずれかとした。
- 現時点の空腹感：子どもの食べる動作からの時間経過で空腹感が決まると想定し、空腹感有り/無しのどちらかとした。
- 現時点の願望：おなかかすいた時、または、おいしそうな果物を見た時に、リンゴを食べたい、または、バナナを食べたい、のどちらかの願望が生じると想定した。願望がない状態と合わせて合計 3 種類のいずれかとした。

4. Subjective BERT の学習と評価

事前学習として、BERT (Devlin 2018) で提案された masked LM を用いた。手順は次の通り：

1. 入力の全トークンの 15%をランダムに選び予測トークンとする。
2. 予測トークンの 80%を[MASK]トークンとし、10%をランダムなトークンと置き換え、10%を元のトークンのままとする。
3. クロスエントロピーロスを用いて、予測トークンを予測することを学習する。

本研究ではファイン・チューニングは行わず、事前学習済みのモデルに対して、任意のモダリティの情報から任意のマスクされたモダリティの情報を予測するクロスモーダル情報予測を行うことにより、マルチモーダル情報におけるモダリティ間の関係性をどの程度学習できているかを評価した。

5. 実験結果と考察

主観的感觉を入力に加えたことにより、「おなかすいたね」という発話を受けて「おなかすいた」という内容語に空腹感に対応付ける学習もできるが、本研究の主要な新規性は、機能語（「よ」「ね」のような終助詞や「そうだ」のような助動詞）の意味を獲得するところにあるため、以下では機能語の獲得に絞って論じる。

まず、終助詞「よ」と「ね」の働きがどう学習されたかを記す。「おいしいよ」という入力（対話相手の発話）に対しては、一定の条件下で次の時刻でのおいしいという感覚が予測されるが、現時刻の同感覚は伴わないことが学習され、一方、「おいしいね」という入力に対しては、一定の条件下で現時刻のおいしいという感覚が想起できるが、次時刻の同感覚は必ずしも伴わないことが学習された（図1）。この結果は、終助詞「よ」で表現された発話者の意図（情報を伝える）や、「ね」で表現された意図（同じ感覚を持っていることの表明を求める）に即した情報処理の一部（「よ」を伴う発話に含まれる内容語に対応する情報はその発話時点でなく次の時点で観察される可能性が高いことを理解。また、「ね」を伴う発話に含まれる内容語に対応する情報はその発話時点で観察される可能性が高いことを理解。）ができるようになったことを示していると言ってよいと考える。ただし、すべての「よ」「ね」を伴う発話に対してこのような結果が一貫して得られてはいないため、学習データ、学習方法、評価方法の再検討を現在行っている。



図1 終助詞「よ」「ね」の使用場面

次に、助動詞「そうだ」については、「おいしそうだ」が他の感覚からの味覚の推測である（図2）ことを学習できたと解釈できる結果を得た。具体的には、「おいしいね」という発話入力に対して、味覚と推量をマスクして予測させると、味覚の存在を比較的高い確率で予測し、逆に、「おいしそうだね」という発話入力に対して、味覚と推量をマスクして予測させると、味覚の

欠如と推量の存在を比較的高い確率で予測した（表1、表2）。ただし、これらの表からも分かるように、「おいしいね」と「おいしそうだね」を比較すれば、想定通りの傾向を持っていることが分かるが、十分な学習ができていない結果であるため、こちらについても、学習データ、学習方法、評価方法の再検討を現在行っている。



図2 助動詞「そうだ」の使用場面

6. 結論と今後の展望

self-attention を用いたモデルにより、終助詞「よ」「ね」や助動詞「そうだ」の意味の一部をとらえることができる感触を得た。学習方法と評価方法を見直すことにより、確かに学習可能だという結果を得ることが次の目標である。このためには、学習データの規模をある程度大きくすることも必要かもしれない。

終助詞「よ」「ね」の用法には、聞き手が知らないと目される情報を伝える、聞き手と共有していると目される情報について同意を求める、などのように、相手の知識や心の状態についての情報が必要になるものがある。したがって Subjective BERT でこれを扱うためには、相手の動作や観察可能な状態を入力として加え、相手の心の状態を推測できるように拡張する必要がある。

また、Subjective BERT に強化学習モジュールを追加して、ロボットが何を見るかや、食べるなどの行動を獲得できるようにして、行動の学習と Subjective BERT の学習を並行して進めることも計画している。

現在のモデルでは、時間の区切りを、1 時刻前の発話、現時刻の発話、現時刻の間隔、のように恣意的に与えているが、この時間の扱いを設計者が完全に決めるのではなく、様々な粒度での扱いを可能にするか、学習システム側で時間の区切りを作り出せるようにすることも重要な課題である。この問題は（松尾 2021）でも指摘されている。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20H05004 の助成を受けたものである。

文献

- [Wu 2016] Yonghui Wu, Mike Schuster, Zhifeng Chen, Quoc V. Le, Mohammad Norouzi, Wolfgang Macherey, Maxim Krikun, Yuan Cao, Qin Gao, Klaus Macherey, Jeff Klingner, Apurva Shah, Melvin Johnson, Xiaobing Liu, Łukasz Kaiser, Stephan Gouws, Yoshikiyo Kato, Taku Kudo, Hideto Kazawa, Keith Stevens, George Kurian, Nishant Patil, Wei Wang, Cliff Young, Jason Smith, Jason Riesa, Alex Rudnick, Oriol Vinyals, Greg Corrado, Macduff Hughes, Jeffrey Dean, Google's Neural Machine Translation System: Bridging the Gap between Human and Machine Translation, arXiv:1609.08144 [cs.CL], 2016.
- [Vaswani 2017] Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Lukasz Kaiser, Illia Polosukhin, Attention Is All You Need, arXiv:1706.03762 [cs.CL], 2017.

[Devlin 2018] Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, Kristina Toutanova, BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, arXiv:1810.04805 [cs.CL], 2018.

[Lu 2019] Jiasen Lu, Dhruv Batra, Devi Parikh, Stefan Lee, ViLBERT: Pretraining Task-Agnostic Visiolinguistic Representations for Vision-and-Language Tasks, arXiv:1908.02265 [cs.CV], 2019.

[Chen 2019] Yen-Chun Chen, Linjie Li, Licheng Yu, Ahmed El Kholy, Faisal Ahmed, Zhe Gan, Yu Cheng, Jingjing Liu, UNITER: UNiversal Image-TExt Representation Learning, arXiv:1909.11740 [cs.CV], 2019.

[Radford 2021] Alec Radford, Jong Wook Kim, Chris Hallacy, Aditya Ramesh, Gabriel Goh, Sandhini Agarwal, Girish Sastry, Amanda Askell, Pamela Mishkin, Jack Clark, Gretchen Krueger, Ilya Sutskever, Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision, arXiv:2103.00020 [cs.CV], 2021.

[松尾 2021] 松尾豊, 深層学習と人工知能, 認知科学, 第28巻, 第2号, pp. 299-307, 2021.

表1 各推量の予測確率 (推量と味覚を MASK)

| 入力(発話) | 発話時刻 | おいしそうなリンゴに対する推量 | おいしくなさそうなリンゴに対する推量 | おいしそうなバナナに対する推量 | おいしくなさそうなバナナに対する推量 | 推量なし |
|---------|------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|---------|
| おいしそうだね | 現時刻 | 0.25 | 0.10625 | 0.14375 | 0.08125 | 0.3625 |
| おいしいね | 現時刻 | 0.125 | 0.05625 | 0.11875 | 0.06875 | 0.15625 |

表2 各味覚の予測確率 (推量と味覚を MASK)

| 入力(発話) | 発話時刻 | リンゴの味 | バナナの味 | 味覚なし |
|---------|------|--------|--------|---------|
| おいしそうだね | 現時刻 | 0.0 | 0.0 | 0.3625 |
| おいしいね | 現時刻 | 0.2375 | 0.2375 | 0.15625 |

科学的知見に基づく教育コンテンツを乳児は理解しているか？ ：NHK 乳幼児番組「いないいないばあっ！」のトマトちゃん映像に 対する数理解

Do infants understand educational content based on scientific findings?

奥村 優子[†], 小林 哲生[†]
Yuko Okumura, Tessei Kobayashi

[†]NTTコミュニケーション科学基礎研究所
NTT Communication Science Laboratories
yuko.okumura.hc@hco.ntt.co.jp

概要

NHK 乳幼児番組は研究成果に基づいた番組制作を続けているが、実際に乳児がどれほど理解して視聴しているかは十分に検証されていない。本研究では、乳児が数の研究に基づいて作成された番組映像を理解しているかどうか、注視時間を用いた実験心理学的手法で評価した。その結果、12~18ヶ月児は数の理解に基づいて映像を見ていることが示唆された。これは、番組映像が乳児の理解可能な範囲内で作成されていることを示す初の証拠であり、こうした番組提供は、乳児の知的好奇心を促し、認知発達のゆるやかな後押しが期待される。

キーワード：乳幼児、テレビ番組、数理解、認知発達

1. はじめに

NHK の E テレで放送されている「いないいないばあっ！」(毎週月-金 8:10-8:25, 16:05-16:20) は、0~2 歳児を対象とした人気の教育番組である。体操や歌、知育やしつけなどの短いコンテンツが複数組み合わせられ構成されており、映像と音で感性に働きかけることで、子どもたちのさまざまな可能性と能力を引き出すことを狙いとしている。番組の人気コンテンツの1つに「トマトちゃん」のコーナーがある。「トマトちゃん」は、乳児が早期から保有すると考えられる核知識(空間、物体、数、対人関係など; Spelke & Kinzler, 2007) を題材として、発達心理学の科学的知見に基づき作成されている。例えば、ある「トマトちゃん」映像は Wynn (1992) が *Nature* に発表した5ヶ月児の数の理解の研究に基づいて作成されている。Wynn の実験では、乳児の目の前のテーブルに1個の人形を置き、次にテーブルをカーテンで隠した状態で、もう1つの人形を置いた。

その後、カーテンを開けたときに人形が2つ現れる場合と、1つしか現れない場合を見せて、乳児の反応の違いを注視時間による期待違反法を用いて検証した。その結果、5ヶ月児は人形が2つよりも1つしか現れない場合をより長く注視しており、「1+1=2」ではなく「1+1=1」になる事象を不思議に感じ注視時間が伸びたと解釈されている。さらに、乳児が物の数を視覚情報からだけでなく聴覚情報も考慮して、音の数と物の数を対応付けて足し算できることが確認されている (Kobayashi, Hiraki, Mugitani, & Hasegawa, 2004)。これらの知見に基づき、NHK 番組内の「トマトちゃん」の映像は、トマトちゃんが箱の中に入って遊び、再び現れたときに「1+1+1=3」といった予測できる映像と、「1+1+1=2」になる不思議な映像が、トマトちゃんの衝突音の手がかりなどクロスモーダルな部分も考慮されながら作成されている。このように「トマトちゃん」は科学的知見に基づいて乳児に理解可能なコンテンツを目指して作成されているが、テレビ番組で放映されているアニメーションそのものを乳児が実際にどれほど理解して視聴しているかは十分に検証されていない。本研究では、乳児が「トマトちゃん」の数映像を理解しているかどうかを注視時間を用いた実験心理学的手法で評価することを目的とした。

2. 方法

2.1 参加者

12~18ヶ月児22名が実験に参加した(平均月齢=15.0ヶ月, 男児13名, 女児9名)。Wynnの先行研究では5ヶ月児を対象としていたが、本研究は、番組視聴児の映像理解を調べることが目的であるため、メインターゲットである12~18ヶ月児を対象とした。すべての参加児は NTT コミュニケーション科学基礎研究所の幼

児調査参加のデータベースからリクルートされた。実験の前に、すべての保護者から実験参加への同意を文書により得た。

2.2 装置

参加児の注視行動は、Tobii TX300 (Tobii Technology) を用いて 120Hz で測定した。この機械は頭部非固定型のアイトラッカーであり、画面下部にあるカメラと近赤外光のセンサーによって目の位置を非侵襲的に測定している。記録の前に 5 点のキャリブレーションを行った。

2.3 刺激と手続き

参加児に Possible event と Impossible event の 2 つの映像を提示した (図 1)。Possible event の映像では、3 つのトマトちゃんが次々と箱の中に入り、隠れた状態で遊び、再び箱から 3 つのトマトちゃんが現れるという「 $1+1+1=3$ 」となる映像であった。Impossible event の映像では、最後に箱からトマトちゃんが再び現れる際に、2 つのトマトちゃんしか存在しないという「 $1+1+1=2$ 」となる映像であった。Possible event, Impossible event ともに映像の長さは 30 秒であった。

期待違反法を用いて、トマトちゃんが箱から現れた後の乳児の注視時間を比較した。3 つのトマトちゃんが箱から現れた Possible event, もしくは 2 つのトマトちゃんが箱から現れた Impossible event のテストシーンを 20 秒提示し、参加児の注視時間を測定した。Possible event, Impossible event は ABAB の順で 2 回提示された。最初にどちらの event が提示されるかは、参加者間でカウンターバランスした。

参加児は防音室内で親の膝の上に座り実験を行った。視距離はおおむね 60cm であった。親から参加児への影響を排除するために、実験者は親に映像が提示されている間は目を閉じるよう教示した。参加児の注意が逸れないようにするため、三方向を布で囲ったブース内で実験を行った。

3つのトマトちゃんが次々に現れ、箱に入る



Possible Event
($1+1+1=3$)



Impossible Event
($1+1+1=2$)



図 1. トマトちゃんの実験映像

3. 結果

トマトちゃんが箱から現れる前の映像 (30 秒) に対する注視時間に関して、試行 (第 1 試行, 第 2 試行) と

条件 (Possible, Impossible) を参加者内要因とした分散分析を行ったところ、試行 ($F(1,21)=6.93, p=.016$) の有意な主効果がみられ、乳児は第 1 試行の映像を第 2 試行よりもより長く注視していることが示された。条件 ($F(1,21)=0.025, p=.86$) および、試行と条件の交互作用に有意な効果はみられなかった ($F(1,21)=0.008, p=.93$)。条件で有意な違いがみられなかったことから、乳児は Possible event と Impossible event の 2 つの映像におけるトマトちゃんの動きには同様に注意を向けていることが確認できた。

図 2 は、トマトちゃんが箱から現れたテストシーン (20 秒) に対する乳児の注視時間を示す。試行 (第 1 試行, 第 2 試行) と条件 (Possible, Impossible) を参加者内要因とした分散分析を行ったところ、試行 ($F(1,21)=26.05, p<.01$)、条件 ($F(1,21)=5.51, p=.028$) の有意な主効果がみられ、それらの交互作用も有意であった ($F(1,21)=5.33, p=.031$)。単純主効果の検定を行ったところ、第 2 試行において条件の有意差がみられた ($F(1,42)=10.75, p=.002$)。乳児は Possible event (10.48 秒) よりも Impossible event (13.37 秒) が提示された際に映像を有意に長く注視していた。これは、「トマトちゃん」の番組映像に関しても、乳児は「 $1+1+1=3$ 」ではなく「 $1+1+1=2$ 」になる事象を不思議に感じ注視時間が伸びたと解釈できる。第 1 試行では、乳児は Possible event と Impossible event の 2 つの映像のテストシーンに興味を示し、飽きずに長くみていたため条件の有意差がみられなかったと考えられる。乳児が映像に少し慣れてきた第 2 試行から、条件の差がみられたと推測される。

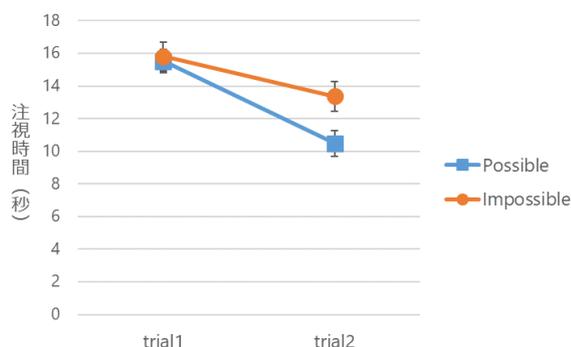


図 2. テストシーンにおける乳児の注視時間

4. 考察

「いないいないばあっ！」の番組の中で「トマトちゃん」コーナーは乳幼児の研究成果に基づき作成され、特に 0~2 歳児に理解可能なコンテンツを提案できるような番組制作を続けてきている。本研究の結果は、「トマトちゃん」の番組映像に関して、乳児が数の理解に基づいて映像を見ていることを示唆しており、「トマトちゃん」が乳児にとっての理解レベルの範囲内で作成されていることを示す初の証拠となる。乳幼児番組「いないいないばあっ！」は、乳児に理解可能な内容の映像を提示することにより、乳児の知的好奇心を促し、認知の発達をゆるやかに後押しすることができるのではないかと期待される。

付記

本研究は「いないいないばあっ！」番組制作班 (NHK エデュケーショナル) の協力を受けて行われた。

文献

- [1] Spelke, E. S., & Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science*, 10, 89-96.
- [2] Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750.
- [3] Kobayashi, T., Hiraki, K., Mugitani, R., & Hasegawa, T. (2004). Baby arithmetic: one object plus one tone. *Cognition*, 91, B23-B34.

画面で読み聞かせた絵本の理解における誤信念理解と類推(V)

光田 基郎
ノースアジア大学 経済学部

キーワード：絵本読み聞かせ、誤信念理解、類推、成人

目的

誤信念理解を主題とした絵本を大画面で学生に読み聞かせ、内容理解を求めた際の作業記憶及びその他の下位技能（類推におけるエピソード間の対比、写像、誤信念理解における正反応抑制、文法理解、別の長文理解検査による作業記憶成績など）の寄与の実験である。特に誤信念理解で誤解内容の理解のみを求めたか、さらに他人を誤信念に従わせる意図の理解も必要な欺きの理解かによって作業記憶の負荷と下位技能の寄与の様相も異なる傾向を指摘する。

方法

(イ) 材料・参加者：(a) 藤巻愛著「たぬきえもん」(福音館)で田野久衛門という役者が夜の山道で大蛇に名前を聞かれてタヌキと誤解されて飲み込まれずに命拾い。さらに人間に化けたタヌキを装って「タヌキはお金が怖い」と大蛇を欺いた上に「大蛇はタバコを嫌う」事を聞き出して村人にこの事を伝え、大勢の人が山に行ってタバコの煙でこの大蛇を追い払う。大蛇が「タヌキの嫌うお金で仕返し」の意図で役者の家に沢山のお金を投げ込んだので役者も村人も大金を得る話 15 画面、の読み聞かせをパソコンに録音・録画して大学1年生45名(M;42,F;3)に大画面で読み聞かせた。(b) 韓国民話(虎と干柿:藤巻著・福音館)より、泣く子を母が「泣けば狼や虎も来る」と脅しても泣き止まず、干柿を与えたら泣き止む。外で虎が聞いて「自分が来ても泣き止まない子が黙る程、干柿は怖い」と誤解、虎が逃げて牛泥棒と鉢合わせ。泥棒は闇夜に牛を盗む気で虎に飛び乗るが、虎は「干柿に襲われた」と誤解し泥棒を背中に乗せて逃げる話と再認/下位技能検査項目を計 24 画面提示後に、私大生 56 名(M51,F5)が下記の検査項目に正答を選択反応した。(ロ) 検査項目:(a)上記の内容の逐語・推理再認,(b)幼児用の長文理解(留守番中の3エピソードを画面で読み、その順序を再構成),(c)図形の類推,(d)反応抑制,(e)文法理解(タクシーがトラックを牽く絵の選択),(f)幼児用誤信念理解検査のサリーとアン課題(2肢選択),(g)対象物の予期しない移動を扱った4肢選択の成人用誤信念検査(女の子が左端の青ケースにヴァイオリンを入れたが、彼女の留守中に妹がこれを赤または紫のケースに移し、赤ケースの位置も元は青ケースのあった左端の位置に並べ替えたほか、紫と緑ケースの位置も変えて退室した。姉が戻った時には4個のケースのいずれを最初に開くかを参加者に質問し、上記のケース1点毎にその比率を記載させた(Birchなど'07の手續きに準拠)。(ハ) デザイン:上記(ロ)-(g)の誤信念理解課題で妹が(a)どのケースにヴァイオリンを移し替えたか不明の「どれか不明」条件,(b)赤ケースに移し替え、位置も姉が最初に楽器を入れた青ケースの位置に並べ替えた「情報追加」条件と(c)紫のケースに移した「情報無効」条件を級間変動因、姉が戻って最初に開く青、赤、紫と緑のケース毎に答えた選択の主観的確率を級内変動因とする混合型共分散分析で、上記の絵本の内容再認と、誤信念理解をも含めた文章理解の下位技能、特に作業記憶や類推などの下位技能との関連を指摘し、次に重回帰分析で上記(g)の4肢選択での楽器ケース選択の主観的確率の寄与も述べた。

結果

(イ) 上記法(イ)の絵本の内容の推理再認成績との相関を求めて共分散分析した結果、絵本(a)の内容の推理再認成績の主効果は、いずれか(不明)=情報追加(赤を选好)>情報無

効(紫を选好)の結果(5%水準)を示した。(b)絵本(b)では、いずれか不明群では上記の全ての変数の成績と再認成績の高い相関係数値(5%)と絵本の再認の

(ロ) 高得点(1%)及び、紫・緑容器への移動(情報無効)群では上記の不明群とは逆の負相関係数値並びに絵本の再認成績低下(5%)も示された。以上より誤信念理解課題での干渉刺激の増加による意味的類推の成績低下(Thiboutなど'10)及び、4肢選択での誤信念理解における干渉との対応を想定し得よう。(ロ)内容の推理再認成績を従属変数とした重回帰分析と判別分析では「いずれか不明」条件では上記の欺き文、誤解文共に2肢選択誤信念課題と反応抑制のみが正の説明変数となる。以上より誤信念理解に於ける選択肢数による干渉を指摘する。(ハ)下図のクラスタ分析の結果、(a)大蛇を誤信念に従わせる意図を基本にした「欺き」の絵本では筋立て理解での作業記憶容量と第2クラスはエピソード再認と類推、3番目が二次的誤信の理解に必要な文法と4肢選択誤信念理解での干渉及びその反応抑制のクラスに3分され、(b)誤解内容の理解を求めた絵本では作業記憶と再認・類推と誤信念理解が統合されたクラスと、4肢選択の誤信念理解課題の2クラスとなる。

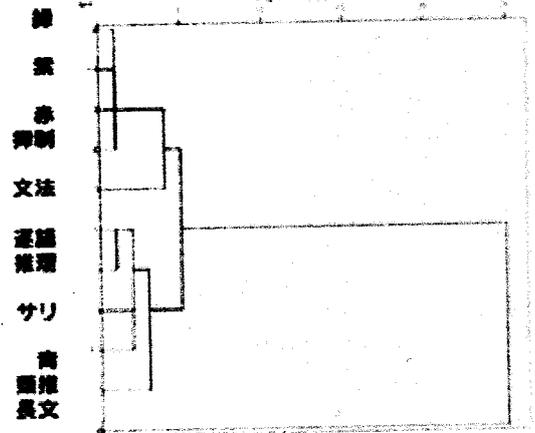


図1-a 「欺き」文の下位技能のクラスタ分析結果(不明群)

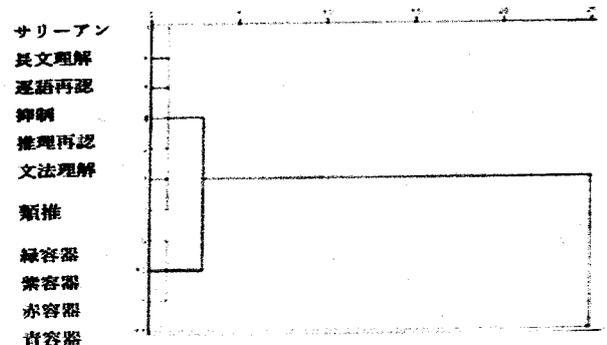


図1-b 「誤解」文の下位技能のクラスタ分析結果(不明群)

結論と要約

連想強度と類推(Holyoakなど'14)の処理より複雑な誤信念理解によるエピソード間の類推とその負荷の差異を指摘した。

不定自然変換理論に基づく比喩理解モデルの実験的検証 Experimental validation of a model of metaphor comprehension based on the theory of indeterminate natural transformation

池田 駿介¹, 布山 美慕², 西郷 甲矢人³, 高橋 達二^{1,4}

Shunsuke Ikeda, Miho Fuyama, Hayato Saigo, Tatsuji Takahashi

東京電機大学¹ 早稲田大学² 長浜バイオ大学³ 理化学研究所⁴

Tokyo Denki University¹ Waseda University² Nagahama Institute of Bio-Science and Technology³ RIKEN⁴
tatsujit@mail.dendai.ac.jp

概要

意味の創造過程と類推・転移学習を探究するための仮説として近年に提案された、不定自然変換理論 (TINT: theory of indeterminate natural transformation) に基づく比喩理解モデルの2種類のシミュレーションを慣習性の異なる3つの比喩を対象に行った。また、実験によって、人間の比喩解釈となる対応づけのデータを収集し、これをシミュレーション結果との比較を行った。その結果、慣習性の高い比喩と低い比喩では人間に近い判断ができ、慣習性の中程度の比喩では人間とは異なる判断を行なった。

キーワード：比喩，圏論，類似，類推

1. はじめに

意味の創造過程と類推・転移学習を探究するための仮説として近年に提案された不定自然変換理論 (TINT, 布山・西郷, 2018 布山・西郷・高橋, 2020) は、さしあたりは比喩理解のモデルとして研究が進められている。TINT はイメージの意味を、イメージの間の連想関係として定義する。その上で、イメージの連想ネットワークの構造が、被喩辞のイメージからの喩辞のイメージの連想を端緒として動的に変化する過程として、比喩理解過程をモデル化する。このモデル化のために導入し用いたのが、圏論の諸概念である。イメージの意味をコスライス圏で、喩辞と被喩辞のイメージの意味の対応づけを関手でモデル化する。しかし、比喩理解の過程は無数に考えられるため、適切な関手の探索が難しい。したがって、まずは自明な関手を構築し、そこからの自然変換を探索することで、比喩の理解として適切な関手を構築するという過程によって表現している。

これに加えて、動的な過程として比喩理解を表現するために、あるイメージから別のイメージへの連想確率を導入し、圏の不定化を行っている。このようにして、全てのイメージ同士の連想関係を表す射に連想確

率が付与されている圏を、潜在圏と呼ぶものとする。この潜在圏の連想確率を元に、あるイメージから別のイメージが連想されると判断された場合には、そのイメージの間の射は圏に残り、そうでない場合には圏から消える。これを「励起 (excitation)」および「緩和 (relaxation)」と呼び、それぞれがどのように起きるのかをルールとして定める。ある時刻において励起している射からなる圏が、顕在圏と呼ばれる¹。

TINT は、これまで喩辞の慣習性の高い比喩については検証が進められてきた (池田・布山・西郷・高橋, 2021)。しかし、比喩は普段聞き慣れており、意味が通じるような慣習性の高い「死んだ比喩」と呼ばれるものから、聞いたことがなく意味をその場で考えるような慣習性の低い新規な比喩まで様々ある。これまでに比喩理解理論は複数提案されてきたが、慣習性の違いに応じて妥当な理論が異なるとの指摘があり (平・楠見, 2011)、慣習性の高低によって比喩理解過程の違いがある可能性が考えられる。そのため、TINT が、慣習性の低い比喩の理解も説明可能か、慣習性の違いによって説明性に違いがあるのか調べ、TINT が提案する比喩理解理論の妥当性を詳しく検討するため必要がある。

本研究では、直喩刺激-解釈セット (岡・大島・楠見, 2019) から慣習性が高い・中程度・低い3つの比喩を用いて、TINT に基づきシミュレーションを行った。さらに、これらの比喩について、人間がどのような連想の対応づけを行うのかをオンライン実験を用いてデータを収集し、TINT による比喩の解釈との比較を行う。これにより、慣習性の異なる比喩についても TINT がどの程度人間に近い判断が行えるかを検証し、理論の妥当性を評価し、課題を明確化する。

¹不定自然変換理論を詳細に説明したものとしては (布山 & 西郷, 2018; Fuyama & Saigo & Takahashi, 2020) を参照。

2. 不定自然変換理論 (TINT) の特徴

TINT の大きな特徴として、圏論の諸概念を導入し比喩理解の過程をモデル化している点がある。比喩理解のモデルにおいて、圏論を導入する価値については、人間の意味空間の条件が関連してくる。人間の意味空間として3つの条件が必要であることが示唆されており、1つ目は、複数のものの意味があった際に、これらの意味の近さを表現できることである。2つ目は、この意味の近さというのが対称性を要求しないことである。3つ目は、あるものの意味と他のものの意味の間で何かしらの演算が行えることである。圏はこの3つの条件を満たしうる最も弱い空間の1つであると見なすことができ、TINT ではできるだけ弱い制約の意味空間となりえる圏を用いて比喩理解の理論の構築を試みている。

また、Holyoak & Stamenković(2018) による広範な文献調査により、比喩理解研究は以下の3つの立場に大別できることが示されている。

1. analogy position: 比喩理解は類推を基盤としており、被喩辞と喩辞の意味の間の構造的な類似性の探索であるという立場。
2. categorization position: 比喩理解は被喩辞が喩辞のカテゴリに属するというカテゴリの宣言であるという立場。
3. conceptual mapping position: 比喩理解は、単なる言語の認知の一種ではなく、思考や理解の基盤をなす認知過程であるという立場。

TINT はイメージの関係性という構造同士の対応づけを行うため、analogy position に近い。また、比喩を単なる言語表現のみとは考えず、新規な意味の創造過程とも捉えているため、conceptual mapping との関連性も高い。

analogy position では、構造同士の対応づけをどのように行うかが最大の課題の一つとなる。構造写像理論を元にした比喩理解の理論では、述語論理的なツリー構造で喩辞と被喩辞に対応する知識を表現し、述語(関係性を表す)部分での一致を探索する(Gentner, 1983; Falkenhainer, Forbus, & Gentner, 1989)。一方で、このような既存の方法が比喩理解過程をうまく説明するには、知識表現が十分作り込まれている必要があり、実際には比喩理解や類推に合わせて知識表現が作り込まれすぎているとの批判がある(Chalmers, French, & Hofstadter, 1992)。これらの既存理論に対し、TINT は連想関係のみで知識に相当する表象を表現する。これは圏の必要性で述べた最低限の構造(合成性)のみからなる知識であり、最小の仮定に基づく「最も貧しい」

知識表現の一つであると考えられる。加えて、構造同士の対応づけ(関手)をメタレベルの新奇の写像としてではなく、もともとの構造に含まれる連想関係によって表現する。自明な関手からより良い関手を探索するために用いる自然変換も、元の圏に存在する射の族にすぎない。したがって、TINT は、知識表現に最小の仮定を用い、また構造同士の対応づけ自身をも、元の知識表現以上の仮定を入れずに、ボトムアップに表現する理論である点が大きな特徴である。

3. シミュレーション

今回は直喩刺激-解釈セットから慣習性が低い「あくびは満月のようだ」、慣習性が中程度である「記憶は倉庫のようだ」、慣習性が高い「笑顔は花のようだ」という3つの比喩を対象にし、それぞれの比喩で2種類のシミュレーションを行った。2種類それぞれのシミュレーションの概念図を図1に示す。図の中で、丸で描かれているものがイメージで矢印が根元のイメージから行先のイメージへの連想を表す。

1つは対象同士対応づけのシミュレーションである。これは、コスライス圏における対象となる連想のみを励起させ、それらに対応づける方法である。コスライス圏とは以下の定義を満たす圏である。

定義 コスライス圏: C を圏、 X を C の対象とするとき、コスライス圏 $X \setminus C$ を次のように定義する。

1. 対象は $dom(f) = X$ となる全ての射 $f \in C$ である。
2. 射は $X \setminus C$ の対象 $f: X \rightarrow a$ から $g: X \rightarrow b$ への、 $h \circ f = g$ を満たすような $h \in C$ である。(このような f, g, h によって作られる構造を、本論文では「三角構造」と呼ぶ。)
3. 射の合成は C での合成である。
4. 恒等射は C の恒等射である。

コスライス圏は、もとの圏 C のある対象 X と他の対象の関係性を対象とし、それらの関係性同士の関係を射とする圏と言える。つまり、喩辞・被喩辞の意味を表すコスライス圏は、喩辞・被喩辞から他のイメージへの連想はコスライス圏の対象となり、喩辞・被喩辞以外のイメージ間の連想はコスライス圏での射となる。

対象同士の対応づけの場合、喩辞・被喩辞の意味を表すコスライス圏には、コスライス圏において対象となる連想しか励起せず、図1(a)の i_1 や i_2 のような、連想は存在しないため、ある連想について他の連想との関係を考えて対応づけを行うことをしない。

もう1つは三角構造同士の対応づけのシミュレ

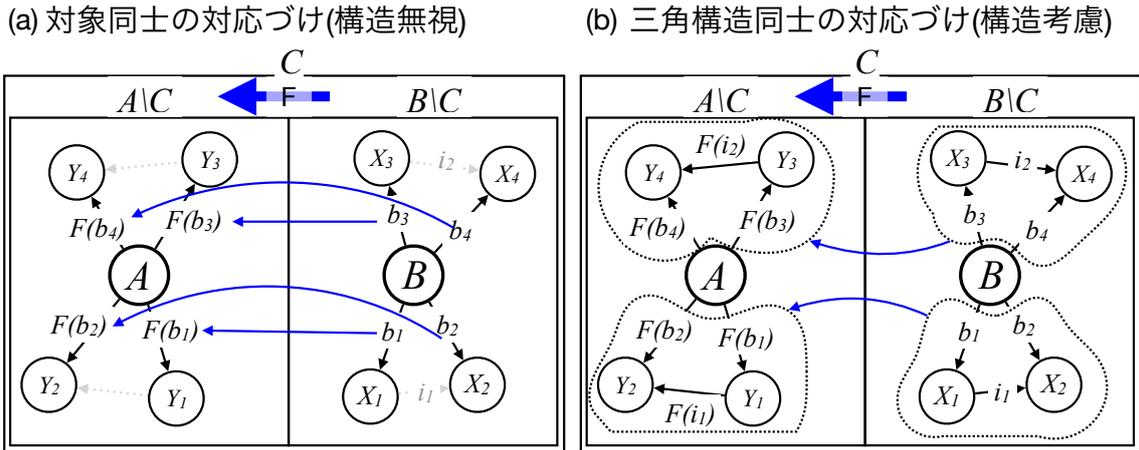


図1: 各シミュレーションの対応づけの方法の概念図(丸がイメージ, 矢印がイメージ間の連想)
 (a): 対象同士の対応づけ (構造無視), (b): 三角構造同士の対応づけ (構造考慮)

シミュレーションである。三角構造とは、コスライス圏の射となる構造である。この三角構造を考慮ることによって、対象同士の対応づけでは無視していた i_1 や i_2 のようなイメージの関係性を表す射を考慮しながら対応づけを行うことができる。具体的には図1(b)のようにコスライス圏 $B \setminus C$ にある三角構造からコスライス圏 $A \setminus C$ に存在する三角構造への対応づけを行う。

4. 実験

今回は、シミュレーションの実行と、シミュレーション結果と人間との比較を行うためのデータを収集するために3つの実験を行なった。まず、シミュレーションの実行に必要なデータとして、喩辞・被喩辞の意味を表すコスライス圏の初期状態を決定するイメージたちが必要になる。さらに、対応づけを探索するために、イメージ間の連想強度が必要となる。そのため、2つの実験を行う。最初に、喩辞・被喩辞の意味を表すコスライス圏の初期状態を決定するイメージを取得するため、喩辞・被喩辞からどんなイメージを連想するかを問う連想イメージ取得実験を行なった。さらに、連想イメージ取得実験で得たイメージを利用して、連想されたイメージ間の連想強度を取得するため連想強度取得実験を行なった。

次に、人間との比較を行うためのデータとして、人間が比喩を理解しようとした際に、喩辞から連想する対象を被喩辞から連想するどの対象に対応づけるかというデータが必要になる。そのため、連想イメージ取得実験で得たイメージを利用して、人間がどのような対応づけを行うかについてのデータを取得するために比喩解釈実験を行なった。

あなたは授業の一環で、とあるゲームをしています。
 そのゲームでは、まず言葉が書いてあるカードの山から1枚引きます。
 引いたカードに書いてある言葉に対して、
 「その言葉から連想する言葉をできるだけ多く挙げる」
 というゲームを行っています。
 相手よりも多く、言葉を挙げられた場合、
 その分だけ、ポイントを得ることができます。
 あなたの友達太郎さんは、カードを引いて4つの言葉を挙げました。
 あなたがこのゲームに勝つには、引いたカードに書かれている言葉から連想する言葉を、
 5つ以上挙げる必要があります。
 あなたが引いたカードには「あくび」と書かれていました。

「あくび」から連想する5つの言葉を、それぞれ1つずつ、枠の中に入れてください

1.
2.
3.
4.
5.

図2: 連想イメージ取得実験：参加者への提示例

4.1 連想イメージ取得実験

以前のシミュレーションでは、コスライス圏の初期状態を決定するためのイメージ(対象)は著者らが選定したものをを用いていた。この方法では、比喩理解のシミュレーションがうまくいくように作り込まれたデータになっている可能性がある。そのため、今回はオンライン実験で実験参加者を募り、喩辞・被喩辞から連想するイメージを収集する。

クラウドソーシングで募集した実験参加者に、実験作成ツールである Qualtrics 上に構築した実験ページへアクセスしてもらい、そこで出題された設問に回答してもらった。この際、実験参加者には「あくび、満月、記憶、倉庫、笑顔、花」の内一つが割り当てられ、図2のようなページが表示され、そのイメージから連想する単語を5個挙げてもらった。

本実験の参加者は20代から60代の男性女性その他計600人であった(年齢の $M=40, SD=9.5$, 男女その他

それぞれ 272, 325, 3. 年齢については「20-24 歳」などの 5 年間区間で回答を求めたので、M や SD の計算に区間の中央値の 22 などを用いた.) . 回答された単語のうち、同義語や、ひらがな、カタカナ、漢字などの表記揺れなどを統一した². その後、実験参加者が回答した順番に 5,4,3,2,1 の得点を各単語につけ、単語ごとに合計をとった.

喩辞・被喩辞ごとの得点の上位 8 単語を表 1 に示す. 今回は、この表 1 に示された得点の上位 8 単語を各喩辞・被喩辞の初期イメージとした.

表 1: 比喩・被喩辞から連想された上位 8 単語

| 喩辞・被喩辞 | 連想した上位 8 単語 |
|--------|---------------------------------------|
| あくび | 眠い, つまらない, 眠気, 寝不足, 涙, 口, 睡眠, 疲れ |
| 満月 | うさぎ, 丸い, 狼, 月見, 明るい, 十五夜, 団子, 夜 |
| 記憶 | 思い出, 忘れる, 脳, 過去, 暗記, 勉強, 曖昧, 試験 |
| 倉庫 | 荷物, 暗い, 保管, トラック, 物置き, フォークリフト, 港, 広い |
| 笑顔 | 幸せ, 嬉しい, 楽しい, 明るい, 喜び, 赤ちゃん, 子供, 歯 |
| 花 | 綺麗, 春, 桜, 香り, 贈り物, 美しい, 花言葉, バラ |

4.2 連想強度取得実験

TINT のシミュレーションで自然変換の探索を行うためには、連想可能性の射に連想確率が付与された潜在圏が必要である. そのため、潜在圏を作成する際に必要となるイメージ間の連想確率を実験により取得した.

クラウドソーシングで募集した実験参加者に Amazon Web Services の Elastic Compute Cloud 上に構築した実験ページへアクセスしてもらい、そこで出題された設問に回答してもらった. 「あくびは満月のようだ」、「記憶は倉庫のようだ」、「笑顔は花のようだ」という 3 つの比喩で、喩辞・被喩辞とその初期イメージは合わせて 18 個となった. 実験参加者は「あくびは満月のようだ」、「記憶は倉庫のようだ」、「笑顔は花のようだ」のうちどれか 1 つの比喩に割り当てられた. 実験参加者は、 $18 \times 17 = 306$ の連想について図 3 のようなページが表示され、あるイメージ A, B について「A から B を連想する強さ」というように提示され、A から B を連想する強さについて「全く連想しない」～「強

²どのような単語を同義語として統一したかについては、https://docs.google.com/spreadsheets/d/1YV_WDQaEg31TDWL6UeNgGyC2cBefq_-qzHBZdftGkJ3M/edit?usp=sharing を参照

Figure 3 shows five examples of the experiment interface. Each example consists of a metaphor pair (e.g., 「狼」から「涙」), a label 「を連想する強さ」, and five buttons for rating the strength of association: 「全く連想しない」, 「連想しない」, 「どちらでもない」, 「連想する」, and 「強く連想する」.

図 3: 連想強度取得実験: 参加者への提示例

く連想する」で評価を行ってもらった. また、設問が表示される順番に関しては参加者ごとにランダム化した.

本実験の参加者は 20 代から 60 代歳の男女計 100 人であった (年齢の $M=41$, $SD=8.8$, 男女それぞれ 50, 50. 年齢については「20-24 歳」などの 5 年間区間で回答を求めたので、M や SD の計算に区間の中央値の 22 などを用いた.) . 回答精度の観点から、各比喩ごとに回答された回答のうち、回答時間の早い順に上位 5%, 下位 5% を分析対象から外した. その後、連想強度をそれぞれ「全く連想しない: 0.05, 連想しない: 0.275, どちらでもない: 0.5, 連想する: 0.725, 強く連想する: 0.95」の変換規則に基づき連想確率に線形変換し、平均をとった.

例として、自然変換の探索の際に用いる、喩辞の初期イメージから、被喩辞の初期イメージへの連想確率を図 4~6 に示す.

4.3 人間の比喩解釈実験

TINT の対応づけがどの程度うまくいっているのかを判断するためのデータとして、人間の比喩の解釈のデータを実験によって収集した.

クラウドソーシングで募集した実験参加者に Amazon Web Services の Elastic Compute Cloud 上に構築した実験ページへアクセスしてもらいそこで出題された設問に回答してもらった. 実験参加者は「あくびは満月のようだ」、「記憶は倉庫のようだ」、「笑顔は花のようだ」の 3 つの比喩と、これらの比喩の喩辞と被喩辞を逆にした、「満月はあくびのようだ」、「倉庫は記憶のようだ」、「花は笑顔のようだ」の計 6 つの比喩のうちどれか一つに割り当てられた³. 実験参加者には図

³今後、喩辞と被喩辞を逆にした際に、どのような結果が得られるかの検証のために、逆向きの比喩解釈データも取得した.

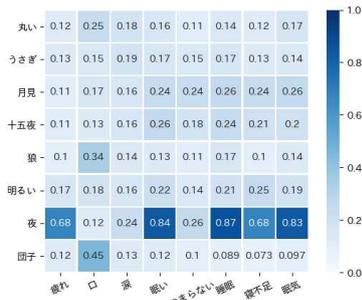


図4: 満月の初期イメージからあくびの初期イメージへの理想確率

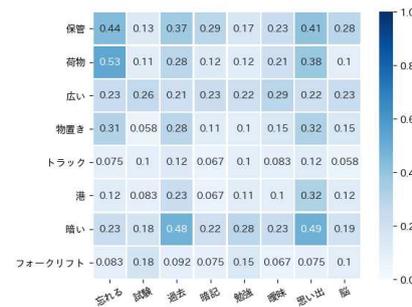


図5: 倉庫の初期イメージから記憶の初期イメージへの理想確率

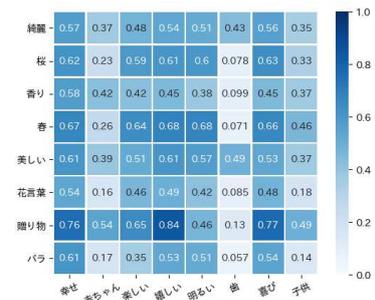


図6: 笑顔の初期イメージから花の初期イメージへの理想確率

「あくびは満月のようだ」という比喩について問います。
たとえられる側の「あくび」の持つ特徴として「眠い、つまらない、眠気、涙、寝不足、口、腫脹、疲れ」があるとしています。
また、たとえる側の「満月」の持つ特徴として「うさぎ、丸い、猿、月見、明るい、十五夜、団子、夜」があるとしています。

これらの特徴を踏まえて、「あくびは満月のようだ」という比喩を解釈しようとしてください。

ここで、「満月」にとっての「月見」が「あくび」にとってのどんな特徴に対応すると感じられるかについてお答えください。

「満月」にとっての「月見」を「あくび」にとっての「眠い」に対応づけることにどのくらい同意しますか？

「満月」にとっての「月見」を「あくび」にとっての「寝不足」に対応づけることにどのくらい同意しますか？

図7: 比喩解釈実験：参加者への提示例

7のようなページが表示され、まず喩辞の持つ初期イメージ、被喩辞の持つ初期イメージがそれぞれの特徴として提示される。そして、喩辞の持つ特徴Aと被喩辞の持つ特徴Bについて『「喩辞にとってのA」を「被喩辞にとってのB」に対応づけるのにどのくらい同意しますか?』という設問に対して、「全く同意しない」～「強く同意する」で回答してもらった。また設問が提示される順番に関しては、参加者ごとにランダム化されるように設定した。

本実験の参加者は20代から70代の男女計250人であった(年齢のM=41,SD=9.3,男女それぞれ134,116。年齢については「20-24歳」などの5年間区間で回答を求めたので、MやSDの計算に区間の中央値の22などを用いた。)。回答精度の観点から、各比喩ごとに回答された回答のうち、回答時間の早い順に上位5%、下位5%を分析対象から外した。その後、各設問の評価をそれぞれ「全く同意しない:1,同意しない:2,どちらでもない:3,同意する:4,強く同意する:5」の変換規則に基づき変換し、平均をとった。本研究では、喩辞と被喩辞がそのままである「あくびは満月のようだ」、「記憶は倉庫のようだ」、「笑顔は花のようだ」の3つの比喩についてのデータのみを用いる。3つの比喩において、比喩を理解しようとした際に、人間が喩辞の対象を被喩辞のどの対象に対応づけるかを図8～10に

示す。

図8～10は人間が比喩を理解する際に、喩辞の意味を構成する対象から被喩辞の意味を構成する対象への対応づけにどの程度同意できるかということを示している。これを見ると、「あくびは満月のようだ」という比喩において、丸いに対応づく対象として最も強く同意されているものは口であり、夜と対応づく対象として最も強く同意されているものは眠いと眠気であった。その他の対象については対応づくものがないことへの同意が強かった。次に「記憶は倉庫のようだ」という比喩において、保管と対応づく対象として最も強く同意されているものは暗記と思い出であり、荷物と対応づく対象として最も強く同意されているものは思い出であった。また、どの対象も対応づくものがないということへの同意は弱かった。最後に「笑顔は花のようだ」という比喩においては、喩辞の多くの対象が美しいや春、綺麗に対応づくということへの同意が強かった。

5. シミュレーション結果

5.1 対象同士の対応づけ

「あくびは満月のようだ」、「記憶は倉庫のようだ」、「笑顔は花のようだ」という比喩に対して、1000回のシミュレーションを行なった結果を図11～13に示す。図11～13は各比喩について、対象同士の対応づけのシミュレーションを1,000回行った時に、喩辞の意味を構成する対象が被喩辞の意味を構成する対象に何回対応づけられたかということを示している。

これを見ると、「あくびは満月のようだ」という比喩において、夜は睡眠に対応づくことが多く、その回数は862回であった。丸いは口に対応づけられることが多いが、その一方で対応づけられないと判断されることも多い。次に「記憶は倉庫のようだ」という比喩において、荷物は忘れるに対応づくことが最も多く、その回数は536回であった。トラックとフォークリフト

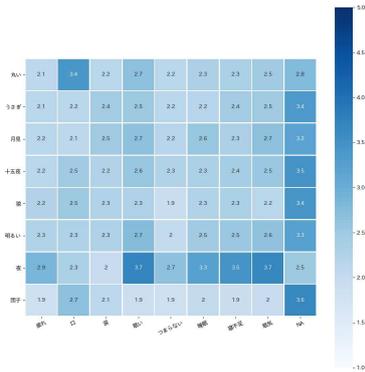


図 8: 人間の比喩の解釈となる喩辞の対象から被喩辞の対象への対応づけ: あくびは満月のようだ

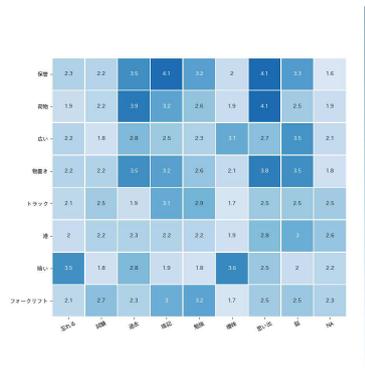


図 9: 人間の比喩の解釈となる喩辞の対象から被喩辞の対象への対応づけ: 記憶は倉庫のようだ

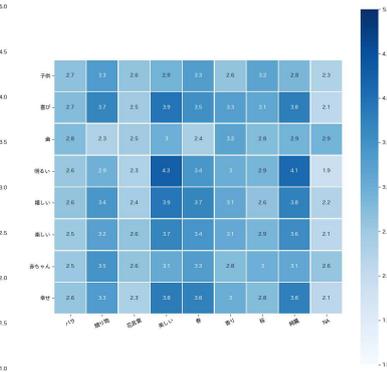


図 10: 人間の比喩の解釈となる喩辞の対象から被喩辞の対象への対応づけ: 笑顔は花のようだ

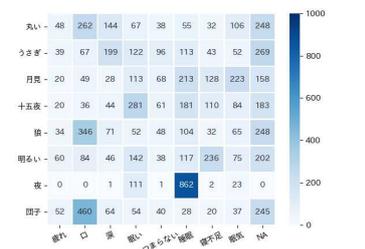


図 11: 対象同士の TINT の比喩の解釈となる喩辞の対象から被喩辞の対象への対応づけ: あくびは満月のようだ

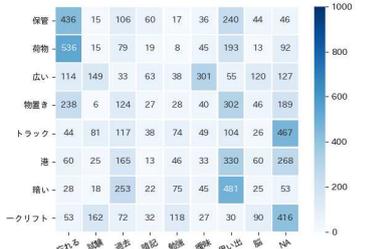


図 12: 対象同士の TINT の比喩の解釈となる喩辞の対象から被喩辞の対象への対応づけ: 記憶は倉庫のようだ

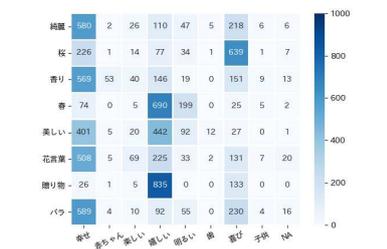


図 13: 対象同士の TINT の比喩の解釈となる喩辞の対象から被喩辞の対象への対応づけ: 笑顔は花のようだ

に関しては対応づくものがないとされることが最も多く、その回数は 467, 416 回であった。最後に「笑顔は花のようだ」という比喩において、贈り物は嬉しにに対応づけられることが最も多く、その回数は 835 回であった。綺麗, 香り, 美しい, 花言葉, バラなどの多くのイメージは幸せに対応づけられることが多い。

5.2 三角構造同士の対応づけ

「あくびは満月のようだ」, 「記憶は倉庫のようだ」, 「笑顔は花のようだ」という比喩に対して、喩辞と喩辞の初期イメージで構成できる全ての三角構造 56 個それぞれでシミュレーションを 1,000 回行った。例として、初期イメージ内で連想確率が最大の三角構造である(十五夜→月見), (トラック→荷物), (桜→春)についてのシミュレーション結果を図 14~16 に示す。

図 14~16 は三角構造を考慮した対応づけのシミュレーションを 1,000 回行った時に、喩辞の意味を構成する対象が被喩辞の意味を構成する対象に何回対応づけられたかということを示している。「あくびは満月のようだ」という比喩において、十五夜も月見も対応づくものがないことが最も多く 330 回であった。また回数としては少ないが眠い, 睡眠, 寝不足, 眠気などに

対応づくことがある。次に「記憶は倉庫のようだ」という比喩においては、トラックも荷物も対応づくことが最も多く 520 回であった。また 219 回ではあるが荷物は忘れるに対応づけられることがある。最後に「笑顔は花のようだ」という比喩において、桜は楽しいに、春は嬉しにに対応づけられることが多く、その回数はそれぞれ 490 回, 445 回である。また、対応づかないことは 8 回であり、ほとんどの場合いずれかの対象に対応づけられることが分かる。この結果から、慣習性が異なる比喩についても、三角構造を考慮しながらの対応づけを行うことで、対象同士の対応づけの傾向から変化することが示された。

6. 人間の対応づけとシミュレーション結果の比較

対象同士の対応づけの傾向、三角構造同士の対応づけの傾向それぞれについて、人間の対応づけとの類似度を調べるためにスピアマンの順位相関係数を計算した。この相関係数が高いほど、シミュレーションと人間の対応づけが近いことを示唆する。喩辞の対象それぞれについて、その対象が TINT の対象同士の対応づけでどのように対応づけられたのかというデータと、その対象を人間がどのように対応づけたのかという

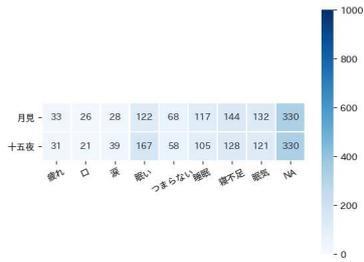


図 14: 三角構造を考慮した TINT の比喩の解釈となる、喩辞の対象から被喩辞の対象への対応づけ：あくびは満月のようにだ



図 15: 三角構造を考慮した TINT の比喩の解釈となる、喩辞の対象から被喩辞の対象への対応づけ：記憶は倉庫のようにだ

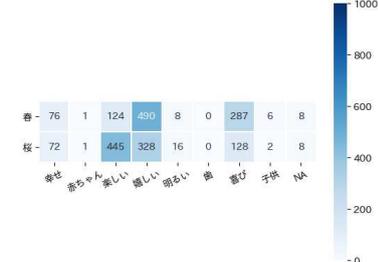


図 16: 三角構造を考慮した TINT の比喩の解釈となる、喩辞の対象から被喩辞の対象への対応づけ：笑顔は花のようにだ

データで相関係数を計算した。三角構造の対応づけについては、そのシミュレーションで喩辞のコスライス圏の初期状態として設定した対象のみ、相関係数を対象同士の対応づけと同様に計算した。

「あくびは満月のようにだ」、「記憶は倉庫のようにだ」、「笑顔は花のようにだ」の3つの比喩それぞれで、対象同士の対応づけのシミュレーション結果と人間の対応づけとの相関係数を表2~4に示す。

これを見ると「あくびは満月のようにだ」という比喩の対象同士の対応づけでは、有意水準10%で有意な対応づけはうさぎ、5%で有意な対応づけは月見、十五夜、夜となっている。次に「記憶は倉庫のようにだ」という比喩の対象同士の対応づけでは、有意水準10%でも有意な対応づけはなかった。逆に負の相関係数を持つ対象も見られた。最後に「笑顔は花のようにだ」という比喩の対象同士の対応づけでは、有意水準10%で有意な対応づけは春、5%で有意な対応づけは綺麗、1%で有意な対応づけは贈り物、美しい、桜、香り、バラ、花言葉であった。この比喩に関しては、全て対象の対応づけについて、人間と有意に相関がある対応づけが行えていることが分かった。

次に56個の三角構造同士のシミュレーション結果と人間の対応づけの相関係数を計算し、有意水準10%、5%、1%で有意な三角構造について表5~6に示す。

これを見ると「あくびは満月のようにだ」という比喩の三角構造同士の対応づけでは、有意な対応づけを行うことができた三角構造は5個存在した。特に、相関係数が最も大きい三角構造である(月見→うさぎ)では対象同士の対応づけと人間の相関係数を上回るという結果になった。次に「記憶は倉庫のようにだ」という比喩の三角構造同士の対応づけでは、対象同士と同様に有意水準10%でも有意な対応づけはなかった。最後に「笑顔は花のようにだ」という比喩の対象同士の対応づけでは、有意な対応づけを行うことができた三角構造は15個存在した。しかし、相関係数が最も大きい三角構造である(バラ→香り)でも対象同士の対応づけと

人間の相関係数よりは低いという結果になった。

これらの結果をまとめると、慣習性の高い比喩である「笑顔は花のようにだ」では、対象同士の対応づけ、三角構造同士の対応づけの両方でかなり人間に近い対応づけが行えている。また、慣習性が低い比喩である「あくびは満月のようにだ」では「笑顔は花のようにだ」には及ばないものの、対象同士の対応づけ、三角構造同士の対応づけの両方で人間に近い対応づけが行えている対象もあった。しかし、慣習性が中程度の比喩である「記憶は倉庫のようにだ」では対象同士の対応づけ、三角構造同士の対応づけ共に人間とは異なる対応づけを行っていた。

7. 対象同士の対応づけと三角構造同士の対応づけの比較

対象同士の対応づけと人間の相関係数、三角構造同士の対応づけと人間の相関係数の比較を行う。対象同士の対応づけと人間の対応づけの相関係数、三角構造同士の対応づけと人間の対応づけの相関係数において、三角構造同士の対応づけと人間との相関係数が、対象同士の対応づけと人間の相関係数を上回っていれば、構造を考慮することで人間に近い判断ができていくと解釈できる。そこで、三角構造同士の対応づけと人間の相関係数が、三角構造をなすどちらの対象においても、対象同士の対応づけと人間の相関係数を上回っているもの、下回っているものをそれぞれ調べた。その結果、「あくびは満月のようにだ」では上回った三角構造が6個、下回った三角構造が29個、「記憶は倉庫のようにだ」では上回った三角構造が0個、下回った三角構造が35個、「笑顔は花のようにだ」では上回った三角構造が0個、下回った三角構造が47個であった。この結果から、3つの比喩全てにおいて対象同士の対応づけと人間の相関を下回る三角構造の数が多いことがわかり、今回の比喩では対象同士の対応づけの方が人間に近い判断ができていくことを示している。

表2: TINT 対象同士の対応づけと人間の対応づけの 表3: TINT 対象同士の対応づけと人間の対応づけの 表4: TINT 対象同士の対応づけと人間の対応づけの
 相関係数:あくびは満月のようにだ 相関係数:記憶は倉庫のようにだ 相関係数:笑顔は花のようにだ

| イメージ | 相関係数 | p 値 | イメージ | 相関係数 | p 値 | イメージ | 相関係数 | p 値 |
|------|------|------|---------|-------|------|------|------|--------|
| 月見 | 0.73 | 0.02 | 港 | 0.57 | 0.11 | 花言葉 | 0.98 | 4.2e-6 |
| 十五夜 | 0.72 | 0.03 | 保管 | 0.47 | 0.21 | バラ | 0.96 | 3.2e-5 |
| 夜 | 0.71 | 0.03 | フォークリフト | 0.4 | 0.29 | 香り | 0.9 | 0.001 |
| 丸い | 0.63 | 0.07 | 暗い | 0.32 | 0.41 | 桜 | 0.89 | 0.001 |
| うさぎ | 0.6 | 0.09 | 物置き | 0.14 | 0.72 | 美しい | 0.83 | 0.01 |
| 団子 | 0.51 | 0.16 | 広い | -0.15 | 0.7 | 贈り物 | 0.8 | 0.01 |
| 狼 | 0.46 | 0.21 | 荷物 | -0.15 | 0.7 | 綺麗 | 0.74 | 0.02 |
| 明るい | 0.33 | 0.39 | トラック | -0.31 | 0.42 | 春 | 0.61 | 0.08 |

表5: TINT 三角構造の対応づけと人間の対応づけの相関係数 (相関係数の合計の降順):あくびは満月のようにだ

| 三角構造 | | 相関係数 | | p 値 | |
|------|-------|------|------|-------|-------|
| dom | cod | dom | cod | dom | cod |
| 十五夜 | → 月見 | 0.72 | 0.75 | 0.03 | 0.02 |
| 月見 | → うさぎ | 0.8 | 0.76 | 0.01 | 0.016 |
| 月見 | → 丸い | 0.77 | 0.68 | 0.016 | 0.045 |
| 丸い | → 団子 | 0.68 | 0.59 | 0.044 | 0.093 |
| 丸い | → 十五夜 | 0.74 | 0.6 | 0.024 | 0.088 |

表6: TINT 三角構造の対応づけと人間の対応づけの相関係数 (相関係数の合計の降順):笑顔は花のようにだ

| 三角構造 | | 相関係数 | | p 値 | |
|------|-------|------|------|-------|-------|
| dom | cod | dom | cod | dom | cod |
| バラ | → 美しい | 0.75 | 0.66 | 0.02 | 0.053 |
| バラ | → 香り | 0.82 | 0.91 | 0.007 | 0.001 |
| バラ | → 綺麗 | 0.73 | 0.73 | 0.025 | 0.026 |
| 花言葉 | → 美しい | 0.7 | 0.67 | 0.035 | 0.049 |
| 美しい | → バラ | 0.73 | 0.73 | 0.026 | 0.025 |
| 美しい | → 桜 | 0.74 | 0.68 | 0.023 | 0.044 |
| 美しい | → 綺麗 | 0.63 | 0.72 | 0.07 | 0.03 |
| 春 | → 桜 | 0.66 | 0.75 | 0.051 | 0.019 |
| 香り | → バラ | 0.93 | 0.73 | 0.0 | 0.025 |
| 桜 | → 美しい | 0.66 | 0.65 | 0.053 | 0.06 |
| 桜 | → 春 | 0.66 | 0.74 | 0.053 | 0.024 |
| 桜 | → 綺麗 | 0.68 | 0.69 | 0.046 | 0.041 |
| 綺麗 | → バラ | 0.63 | 0.73 | 0.07 | 0.025 |
| 綺麗 | → 美しい | 0.7 | 0.69 | 0.037 | 0.038 |
| 綺麗 | → 桜 | 0.81 | 0.64 | 0.008 | 0.066 |

8. 考察

以前に行われたシミュレーション (池田・布山・西郷・高橋, 2021) では, 三角構造同士の対応づけの方が, 対象同士の対応づけよりも人間に近い判断が行えているという結果であった. しかし, 今回のシミュレーションでは, 7. 節の結果から, 対象同士の対応づけの方が人間に近い判断が行えているとの結果が出た. この結果の違いはどこにあるのかを考察する.

以前と今回では行なったシミュレーションに違いはない. したがって, 対象にした比喻や用いたデータに影響されたと考えられる. 対象とした比喻の違いとしては, 以前は慣習性が高い「蝶は踊り子のようだ」という比喻を対象とし, 今回は慣習性が異なる比喻であ

る「あくびは満月のようにだ」, 「記憶は倉庫のようにだ」, 「笑顔は花のようにだ」の3つを対象とした. 共に慣習性の高い比喻である「蝶は踊り子のようだ」と「笑顔は花のようにだ」の慣習性はそれぞれ, 8.42と8.33と大きな違いはない. しかし, 今回は慣習性の高い, 中程度, 低いごとに1つの比喻でしか検証を行っていない. そのため, 慣習性による影響ではなく, その比喻表現固有の影響である可能性も考えられる. したがって, 慣習性の違いによる影響についてはより多くの比喻を用いた分析が必要であると考えられる.

もう一つは用いたデータの違いである. 以前に用いたデータのうち, 喩辞・被喩辞から連想する初期イメージは著者らが定めていた. しかし, 今回は実験を行い, 取得したデータから初期イメージを定めている. この実験の際には, 参加者にはカバーストーリーとして連想ゲームであると伝えられ, 比喻の文脈であるとは伝えられなかった. さらに, ある比喻について喩辞から連想する単語と被喩辞から連想する単語は, それぞれ別の参加者により回答されていた. この初期イメージの定め方が原因であると考えられる. 連想の際に比喻という文脈を与えられなかったことで, 比喻理解を行う際の連想は異なる, 連想を行なった可能性があった. さらに, 喩辞から連想する単語と被喩辞から連想する単語を別の実験参加者が回答したことによって, 喩辞・被喩辞のどちらかの構造を考慮してから, もう一方の構造を考慮ということも行なっていなかった. これらのことにより, 構造を考えた上で対応づけを行う三角構造同士の対応づけよりも, 連想をそれぞれ独立で対応づける対象同士の対応づけの方が, 今回は人間に近い判断ができたと考えられる.

9. おわりに

本研究では, 不定自然変換理論に基づく比喻理解モデルが慣習性の異なる比喻についても, どの程度人間に近い判断ができるかを検証するために行なった. 直喩刺激-解釈セット (岡・大島・楠見, 2019) から慣習性が高い・中程度・低い3つの比喻を用いて, TINT の

対象同士の対応づけ、三角構造同士の対応づけの2種類のシミュレーションを行なった。シミュレーションに必要なデータとシミュレーションと人間の比較を行うためのデータを収集するために、最初に連想イメージ取得実験を行い、得たデータを用いて、喩辞・被喩辞の意味の構造を定めた。次に、連想強度取得実験を行い、自然変換の探索の際に必要な連想確率を取得した。さらに、人間の比喩解釈のデータを実験により取得し、シミュレーション結果が人間に近い判断が行えているかを検証した。その結果、慣習性の高い「笑顔は花のようだ」については対象同士の対応づけも、三角構造同士の対応づけも人間に近い対応づけが行えていた。また、慣習性の低い「あくびは満月のようだ」については「笑顔は花のようだ」に比べると劣るが、対象同士の対応づけも三角構造同士対応づけもいくつかの対象についてはある程度人間に近い判断ができていた。しかし、慣習性が中程度の「記憶は倉庫のようだ」については対象同士の対応づけ、三角構造同士の対応づけの両者ともに人間の判断から遠い対応づけを行っていた。

今後の展望を述べる。今回は、慣習性が高い、中程度、低い比喩からそれぞれ1つを対象にシミュレーションを行なった。今後は慣習性ごとに1つではなく、複数の比喩を対象にシミュレーションを行い、慣習性の違いについてより検証していきたい。また、意味の初期状態（コスライス圏）を取得する実験を行う際に、比喩の文脈であることを意識させ、また喩辞から連想するイメージと被喩辞から連想するイメージを同じ実験参加者に回答させるたデータを用いることで、シミュレーション結果が変わってくるのかどうかを検証したい。さらに、初期イメージを8個など固定させるのではなく、シミュレーションの中に意味の構造を発展させる過程を設けたい。これを行うことで、対応づけが行われなかった場合には、別のイメージへと連想を発展させ、再度対応づけを行うことができ、より柔軟な対応づけを行うことができると考えられる。

References

- 布山 美慕 西郷 甲矢人, (2018). 不定自然変換理論の構築：圏論を用いた動的な比喩理解の記述, 知識共創, 8, III, 5, 1-11.
- Miho Fuyama, Hayato Saigo, Tatsuji Takahashi (2020). A category theoretic approach to metaphor comprehension: Theory of indeterminate natural transformation, *BioSystems*, 104213.
- 池田 駿介 布山 美慕 西郷 甲矢人 高橋 達二 (2021). 不

定自然変換理論に基づく比喩理解モデルの計算論的実装の試み, 認知科学, 28, 1, 39-56.

- 平 知宏 楠見 孝 (2011). 比喩研究の動向と展望, 心理学研究, 82, 3, 283-299.
- 岡 隆之介 大島 裕明 楠見 孝 (2019), 比喩研究のための直喩刺激-解釈セット作成および妥当性の検討, 心理学研究, 90, 1, 53-62
- Holyoak, K. J. & Stamenković, D. (2018). Metaphorcomprehension: A critical review of theories and evidence, *Psychological bulletin*, 144, 641-671.
- Genter, D. (1983), Structure-mapping: A theoretical framework for analogy, *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- Falkenhainer, B., Forbus, K. D., & Gentner, D. (1989). The Structure-Mapping Engine: Algorithm and Examples, *Artificial Intelligence*, 41, 1-63.
- Chalmers, D. J., French, R. M., & Hofstadter, D. R. (1992). High-level perception, representation, and analogy: A critique of artificial intelligence methodology, *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 4, 185-211

合流のための行動調整に他車の印象が与える影響の検討 Empirical discussion on effect of impressions of other vehicles on behavioral adjustments for merging

下條 朝也[†], 三輪 和久[†], 二宮 由樹[‡], 寺井 仁[‡]
Asaya Shimojo, Kazuhisa Miwa, Yuki Ninomiya, Hitoshi Terai

[†]名古屋大学, [‡]近畿大学
Nagoya University, Kindai University
shimojo@cog.human.nagoya-u.ac.jp

Abstract

In this study, we examined how impressions of another vehicle affect decision makings in merging scene. Participants drove in the merging lane and the main lane respectively, and merged while taking into account the other vehicle driving in the adjacent lane. In doing so, we manipulated impressions of the other vehicle to make them seem Aggressive or Cautious. As the result, only when participants drove in the merging lane and had the impression that the other vehicle was aggressive, the impression influenced to decide whether to merge in front of or behind the other vehicle.

Keywords — driving behavior, lane changing, impression

1. Introduction

合流は、合流車線から本車線への合流を試みる車と、本車線を走行する車、それぞれに対して協調的な運転が求められる。また、合流場面では、一定距離内での車線変更が強制するため、2車は「スムーズかつ安全に合流を遂行する」という意図を持つことが考えられる [1]。もし合流場面で非協調的な運転を行った場合、交通状況を悪化させたり、事故による怪我の重症化させたりする [2]。特定の運転場面において、安全な協調を実現するためには、その運転場面における人間の意思決定を理解すること必要であると考えられている [3]。したがって、ドライバーがどのような情報に基づいて合流の意思決定を行っているのかを明らかにすることは重要だと言える。

合流に関する先行研究では、ドライバーは、車間距離などの客観情報に基づいて合流の意思決定を実現していると主張されており [4]、主観的な情報については検討されてこなかった。しかし、インタラクションを伴う運転場面において、客観情報以外にも、協調相手の印象に基づいて、相手がどのように行動するかを予測し、自身の運転行動を変容する可能性が示唆されている [5]。そのため、本研究では、他車に対する印象が、合流場面における意思決定にどのように影響するのかを検討する。

2. Method

Participants 自動車運転免許を持つ24名 ($M_{age} \approx 44$)。

Task 本実験は、ドライビングシミュレータを用いて実施した。本実験では、本車線と合流車線の2車線から成る道路を、参加者が運転する車 (以降「Self vehicle」と、自車の隣車線を自動走行する車 (以降「Other vehicle」) の2台が走行する状況下で、参加者は次の2つの合流場面に取り組んだ。ひとつは、合流車線で自車を運転し、本車線を走行する他車を考慮しつつ、本車線に合流させるという場面だった。もうひとつは、本車線で自車を運転し、合流車線から合流してくる他車を合流させるという場面だった。ただし、0mから360m地点までは、壁が2車線を隔てており、参加者は他車を見たり、合流を開始したりすることができなかった。その間、参加者は自車を80km/hで走行するよう求められた。また、いずれの場面においても、他車の走行速度は一定して80km/hに設定された。

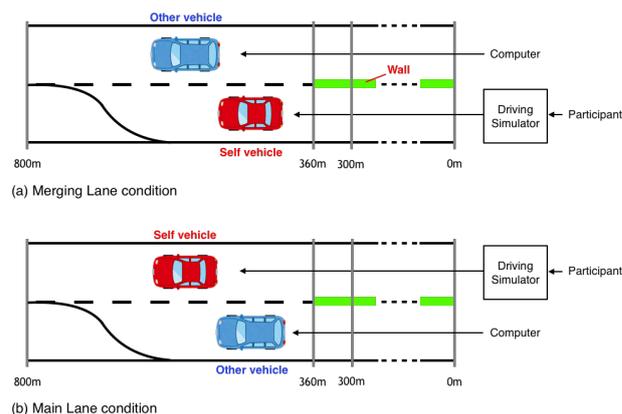


Fig. 1 The task situation

Procedure 参加者は、2回の実験に参加した (1回目の実験を「Day 1 実験」、2回目の実験を「Day 2 実験」と呼ぶ)。Day 1 実験では、参加者は、他車に対して印象を操作されない状態で課題に取り組んだ。そして、参加者は Day 1 実験に参加した2ヶ月後に、Day 2 実験に参加

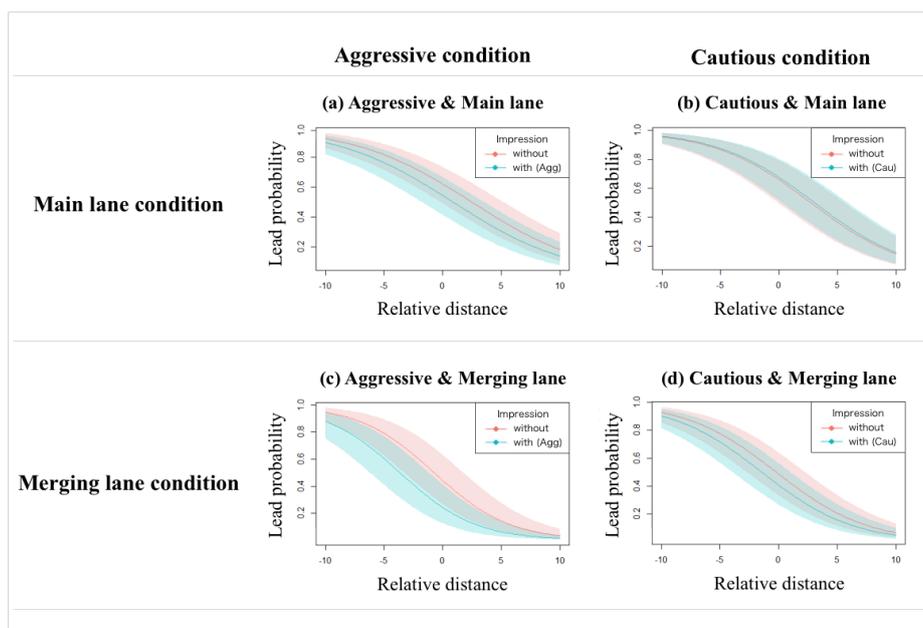


Fig. 2 Logistic regression models to predict Lead Probability with relative distance in each impression and each lane

した。Day 2 実験では、参加者の他車に対する印象が操作され、Day 1 実験と同様の課題に取り組んだ。

Day 1 実験では、参加者は、合流車線を走行し、最終的に本車線に自車を合流させる試行と、本車線を走行し、合流車線から合流してくる他車を合流させる試行の両方に取り組んだ。参加者は、上述の 2 条件で、それぞれ練習試行で 5 回、本番試行で 25 回走行した。自車が 300m 地点に到達したとき、他車の位置が 5 水準で操作された (自車から見て、他車が 10m 後ろ、5m 後ろ、0m 前、5m 前、10m 前)。本番試行において、合流完了時に、自車が他車の前で合流したか、後ろで合流したかをデータとして取得し、各車線で他車の前で合流した割合 (以降「Lead 確率」) を導出した。

Day 2 実験では、他車の印象を操作するため、参加者を無作為に Aggressive 条件か Cautious 条件に振り分け、以下のように教示と試行を追加した。Aggressive (Cautious) 条件では、実験実施前に、「これからあなたが運転するのは、飛ばし屋 (のんびり屋) が多く利用する道路です」など、道路利用者に関する情報を教示した。さらに、他車が 360 m 地点から 500 m 地点を走行している間、他車は 80km/h からおよそ 20 km/h 加速 (減速) する試行を追加した。速度に関する操作は、練習走行 5 試行のうち 3 試行で、本番走行 30 試行のうち 5 試行で行われた。

3. Result

他車に対する印象が、Lead 確率に影響するかどうか

を検討するために、2 (印象: Aggressive 条件, Cautious 条件) × 2 (走行車線: 本車線, 合流車線) の 4 条件に分けて、それぞれ分析を行った。具体的には、印象を操作されていない Day 1 実験の Lead 確率をベースラインとして、そのデータと比べて、印象を操作された Day 2 実験の Lead 確率が有意に変化するかどうかを検討した。なお、他車の印象を操作するために他車の速度を変更した 5 試行は分析から除いた。

上記の検討を行うために、印象操作の有無 (Day 1 実験, Day 2 実験) と相対距離 (-10m, -5m, +0m, +5m, +10m) を固定変数とし、個人差を変量変数、Lead 確率を従属変数とし、Binomial GLMM を適合させた。ただし、2 要因の主効果を検討することが主な目的であるため、相対距離と印象の固定効果を含むモデルを設けた。

その結果、他車の印象が Lead 確率に与える影響は、ほとんどの条件下で見られなかった ($p_{all} > .050$)。ただし、Aggressive 条件下で、かつ合流車線を走行する時のみ、印象の影響が見られた ($\chi^2 = 5.165, z \text{ value} = 2.273, p = .023$; Fig. 2-(c))。具体的には、印象項の係数の推定値が正の値 ($Estimate = 0.736$) だった。したがって、参加者は、印象を操作しなかった実験 1 と同環境下で運転したにも関わらず、合流車線走行時、他車に対して Aggressive な印象を抱いた場合のみ、他車の後ろで合流する傾向があった。

4. Discussion

本研究では、高速道路における合流場面で、他車

に対する印象が、他車の前に合流するか、後ろに合流するか意思決定に対して、どのように影響するかを検討した。

その結果、参加者が本車線で運転する場合、他車に対して抱いた印象が **Aggressive** であるか、**Cautious** であるかに関わらず、他車に対する印象は、自車の **Lead** 確率に影響しなかった。これは、合流車線から本車線への合流を試みるドライバーは、本車線を走行する車の進行を妨害してはいけないという日本の交通ルール（道路交通法第七五条の六）を遵守して運転したために見られた結果だと考えられる。

一方、参加者が合流車線で運転する場合、特定の状況に限り、他車に対する印象が自車の **Lead** 確率に影響した。具体的には、他車に対して **Cautious** な印象を抱いた場合、その印象は、自車の **Lead** 確率に影響しなかった。しかし、他車に対して **Aggressive** な印象を抱いた場合、その印象を考慮して合流の意思決定を行うことが明らかとなった。具体的には、他車に対して **Aggressive** な印象を抱いたとき、他車の印象を操作されなかったときと比べて、自車の **Lead** 確率が有意に低かった。

この結果は、参加者が、自身が走行している合流車線は規範的に非優先であるため、他車の挙動に従属的に運転する必要があると判断したことを示唆している。その際、合流を行うにあたって、参加者は、以下の2点をもとに、他車を **Lead** するか **Follow** するか判断した可能性がある。1点目は、他車の印象が **Aggressive** である場合、一般的に、その車は、加速して、自身の前で合流する傾向にあるという点である [6]。2点目は、自身の行動によって、他車の意図した行動が妨害された場合、他車のドライバーに怒り感情が生じ [7]、報復行為を行うなど、ドライバー間のコミュニケーションに負の影響を与えるという点である [8]。これらを踏まえて考えると、**Aggressive** なドライバーを **Lead** して合流を試みた場合、そのドライバーの行動を阻害してしまうため、怒り感情を誘発させる可能性が高くなると推測される。特に、本車線を走行している、つまり「自身には、走行の優先権がある」と考えているドライバーに対しては、より大きな怒り感情を誘発させるだろう。したがって、参加者は、合流後も含めて、全体を通してスムーズな運転を実現するために、他車を **Follow** して合流したのだと考えられる。

References

- [1] Li, G. (2018). Application of finite mixture of logistic regression for heterogeneous merging behavior analysis. *Journal of Advanced Transportation*, 1–9.
- [2] Tang, J., Liu, F., Zhang, W., Ke, R., & Zou, Y. (2018). Lane-changes prediction based on adaptive fuzzy neural network. *Expert Systems with Applications*, 91, 452–463.
- [3] Eboli, L., Mazzulla, G., & Pungillo, G. (2017). How drivers' characteristics can affect driving style. *Transportation Research Procedia*, 27, 945–952.
- [4] Yan, F., Weber, L., & Luedtke, A. (2015). Classifying Driver's Uncertainty about the Distance Gap at Lane Changing for Developing Trustworthy Assistance Systems. In *Proceedings of the 2015 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*. 1276–1281.
- [5] Levin, I. P., Mosell, M. K., Lamka, C. M., Savage, B. E., & Gray, M. J. (1977). Measurement of psychological factors and their role in travel behavior. *Transportation Research Record*, 649, 1–7.
- [6] Eboli, L., Mazzulla, G., & Pungillo, G. (2016). Combining speed and acceleration to define car users' safe or unsafe driving behaviour. *Transportation research part C: emerging technologies*, 68, 113–125.
- [7] Miall, H., Ramsbotham, O., & Woodhouse, T. (2011). *Contemporary conflict resolution: The prevention, management and transformation of deadly conflicts*. Cambridge, UK: Polity.
- [8] Baron, R. A. & Richardson, D. R. (1994). Aggression and Intention. *Human Aggression*, Plenum Press, pp. 8–9.

単語の意味空間を心的操作する = 射影

Projection matrices can explain mental operations for semantic space

浅川 伸一[†] and 近藤 公久[‡]

Shin Asakawa and Tadahisa Kondo

東京女子大学[†] and 工学院大学[‡]

Tokyo Women's Christian University[†] and Kogakuin University[‡]

asakawa@ieee.org[†] and tkondo@cc.kogakuin.ac.jp[‡]

概要

文脈効果を心的操作として捉えるモデルを提案した。我々は、意味空間のうち部分空間を文脈とし、部分空間への射影変換によって文脈効果を扱うことができると考えた。このような射影変換を用いることの利点は、階層構造で表現された意味概念では、詳細な記述、操作、検索過程などと直接関連させることが困難な心的操作を表現可能なことである。射影変換が文脈効果を表す心的操作の一部と見なすことで推論や検索過程が記述可能と考えられる。そこで本発表においては、日本語 wikipedia を用いて訓練した単語のベクトル表現集合を意味空間とし、これらに対して射影変換によって文脈効果が得られるかを検討した結果を報告する。本手法は、深層学習との親和性も高く、今後発展が期待できる。

キーワード：word2vec, 単語埋め込み表現, 意味空間, 音韻表現

1. はじめに

文脈効果を心的操作として捉えるモデルを提案する。文脈効果とは、言語理解における事前情報の影響によって解釈が異なることに代表されるが、単語命名課題におけるプライミング効果や、文章の多義性・曖昧性の解消、さらには、視覚における恒常性、錯視、だまし絵、視覚探索における制約など、認知的処理における時間的前後に限らない、状況などを文脈ととらえることが可能である。

自然言語処理においては、単語埋め込みモデル、または、ベクトル空間モデルと総称されるモデル (word2vec:[8]; GloVe:[9]; ELMo:[10]; BERT:[1]) が存在する。すでに、翻訳、分類、要約などの種々の言語課題 (GLUE:[12]) で性能向上が認められている。これは、単語や文を多次元ベクトルとして意味空間を表現していると捉えることができる。我々は、意味空間のうち部分空間を文脈とし、部分空間への射影変換によって文脈効果を扱うことができると考えた。

語彙を構成するベクトルからなる行列を \mathbf{X} で表す。 \mathbf{X} が張る空間 $P(\mathbf{X})$ に各単語を射影し、射影された部分空間内で各語間の距離を測れば所与の目的が近似的に達成される。このような射影変換を用いることの利点は、階層構造で表現された意味概念では、詳細な記述、操作、検索過程などと直接関連させることが困難な心的操作を表現可能なことである。

例えば、階層構造による動物概念モデルでは、トラがネコ科であって哺乳類の下位概念であることは明示的に表現できる一方で、生息地が主としてアジアの密林地帯であるという地理的情報は付加的情報として取り扱わざるを得ない。一方、ベクトル空間モデルでは、多次元ベクトル空間内に、生息地の情報も埋め込まれて表現されている。このため、適切な演算を定義すれば文脈の影響を加味した結果を明示的に得ることが可能となる。

このような演算は、意味情報と音韻情報とを併せ持つオノマトペのような単語表象を扱う際にも有効であると考えられる。この射影変換が文脈効果を表す心的操作の一部と見なすことで推論や検索過程が記述可能と考えられる。

オノマトペを構成する単語群を持ちいたオノマトペ空間に単語を射影することで、単語に近いオノマトペを選択可能であろう。オノマトペ自動生成器についての従来手法では、印象評定に基づく手法が提案されている [14]。意味空間を操作する射影に基づくオノマトペ生成は、心理実験によって得られた印象評定に基づく結果と異なるものとなる可能性がある。

そこで本発表においては、日本語 wikipedia を用いて訓練した単語のベクトル表現集合を意味空間とし、これらに対して射影変換によって文脈効果が得られるかを検討した結果を報告する。本手法は、深層学習との親和性も高く、今後発展が期待できる。

本稿では、上述の単語埋め込みモデルを用いて、課題へ適用可能性を検討した。機械学習の分野では、一般に高次元空間を仮定した空間表象モデルでは、ハブ

(hubness) が存在し解釈が困難になることが知られている [11] ハブネスとは、ある点がデータセット内の他の点の k 個の最近傍に出現する回数の分布に影響を与えることを言う。一般的に用いられるデータでは、このハブの分布は次元の増加に伴って歪んだものとなる。このことから、ベクトル空間モデルの解釈には困難が伴うことが知られている。ハブの存在を解消する手法が提案されてきたが、上記 Mikolov らのベクトルの加減算を用いた推論は、ハブを回避する最も単純な提案の一つであるとみなすことができるだろう。

1.1 単語埋め込みモデル

Mikolov らのベクトル空間モデルは、'king' - 'men' + 'women' = 'queen' のようにベクトルの加減算として類推、推論課題を定義した [8]。単語埋め込みモデルでは、意味のみならず、統語についての推論も可能である。図 1 左では、意味が、同図右では統語情報、この場合複単語の単数-複数-の関係を表している [8]。加えて、図 2 では、各国の国名と対応する首都名との関係を主成分分析して布置したものである。同図では、横軸左に国名、右に首都名が対応する首都名が布置されている。興味深いことに縦軸は、上から下にはほぼユーラシア大陸を東から西に並んでいる。主成分分析は、各項目に対応するベクトルを集めた行列を X とすれば、主成分分析の目的関数は以下で与えられる: $\max_w \{w^T X^T X w - \lambda (w^T w - 1)\}$ 。ここで λ は Lagrange 乗数である。主成分分析は w によって張られる空間への射影行列を求めることに相当する。従って、適切な射影行列を定義できれば、国名と首都との関係と、各国の地理的關係をも表象されていると考えることが可能である。

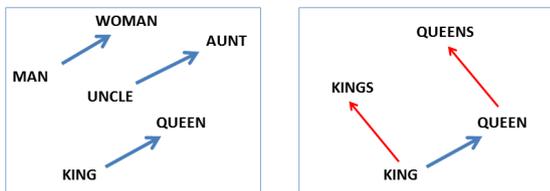


図 1: Word2vec による推論の例: 左は意味。右は文法情報とみなすことができる。 [8] Fig. 2 より

ベクトルの演算を拡張することにより、その他の推論も可能になるように思われる。具体的には、'woman' と - 'men' との両ベクトルが張る部分空間へ、'king' ベクトルを射影した場合、最近傍ベクトルが 'queen' と解釈できる。

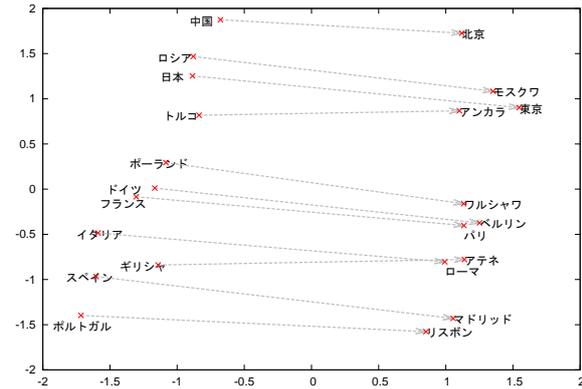


図 2: [7] Fig. 2 を改変。横軸は国とその首都。縦軸はユーラシア大陸を西から東へ大まかな地理情報に対応する

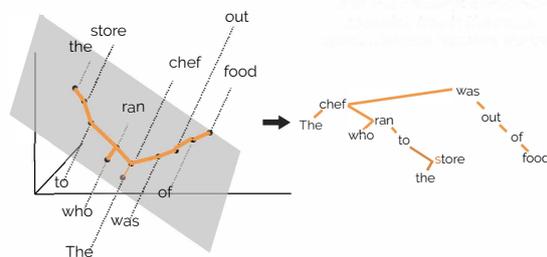


図 3: [3] より。構文解析木のルートからのノード数に対応した距離への変換例。

1.2 線形射影空間

実数ベクトル $X \in \mathbb{R}^{n,m}$ が張る空間への射影行列は次式で定義される:

$$P(X) = X (X^T X)^{-1} X^T \quad (1)$$

本稿では、単語埋め込みモデルで得られる単語ベクトルを用いて意味空間を用いて心的操作を説明することを試みた。

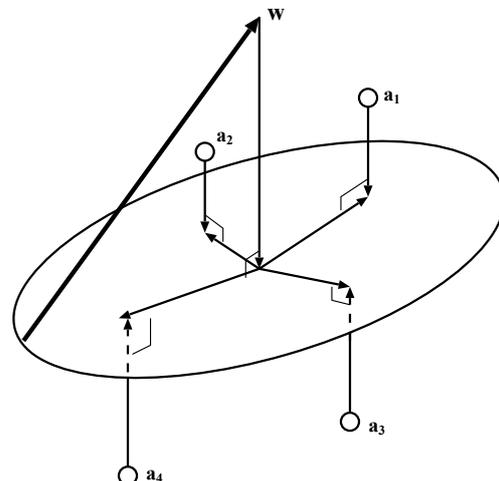


図 4: 射影の概念図

X と Y との類似度を $\text{Sim}(X, Y)$ とする。ベクトル空間内の線形変換 $A = B^T B$ とすれば、射影行列 $B \in \mathbb{R}^{k \times n}$ を用いることにおいて、次式のような距離行列の変換を定義できる:

$$\text{Sim}(X, Y)_B = (B(X - Y))^T (B(X - Y)), \quad (2)$$

変換行列 $\mathbb{R}^{k \times n}$ を学習するには、最小自乗誤差基準を用いるのであれば、次式で求めることができる:

$$\min_B \sum_{\ell} \frac{1}{\mathcal{M}} \sum \left(P(X, Y) - \|B(X - Y)\|^2 \right). \quad (3)$$

自然言語分野では、類似度を、ユークリッド距離ではなく、コサイン類似度 $((x \cdot y) / (|x||y|))$ で定められることが仮定される場合がある。単語 (あるいは項目) x が与えられた場合に単語 y の想起確率を次式で定義する:

$$P(y|x) = \frac{e^{\text{Sim}(y,x)/\beta}}{\sum_{z \in \mathcal{Z}_{t-\tau:t}} e^{\text{Sim}(z,x)/\beta}} \quad (4)$$

ここで β は温度パラメータである。 $\beta \rightarrow 0$ であれば決定論的に振る舞うことになる。上式 (4) 分母の総和範囲 $[t - \tau : t]$ における τ は短期記憶の範囲を表すものと解される。健常者であれば、自由想起系列中に一旦表出した語は表出することがない。だが、健忘症例では場合によって考慮が必要な場合があると思われる。

このとき、人間の行う想起確率と P_h と単語埋め込みモデルから算出される想起確率 P_m との間の KL ダイバージェンスを目的関数とする学習が定義できる [5]。

$$D_{\text{KL}}(P_h \| P_m) = \sum_{i,j \in \mathcal{D}} P_h \log \left(\frac{P_h}{P_m} \right) \quad (5)$$

上述の最小自乗基準、あるいは、KL 基準を用いて、単語埋め込みモデルと人間の課題遂行データを比較することが可能となる。

2. 実験

2.1 材料

■意味表現 日本語ウィキペディア全文*1を MeCab*2 を用いて分かち書きにした。得られた全単語について、word2vec[7] で訓練した結果を用いた。訓練に用いたモデルは CBOW[6] でウィンドウサイズを 20 とし、埋め込み次元数を 200 とした。従って得られた単語の意味表現は各語とも 200 次元のベクトルとなる。

*1 <http://dumps.wikimedia.org/enwiki/latest/enwiki-latest-pages-articles.xml.bz2>

*2 <https://taku910.github.io/mecab/>

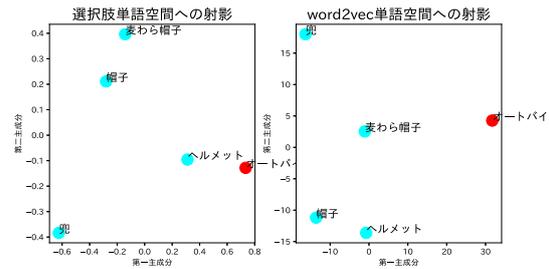


図 5: 4 肢選択課題の例。左: 選択肢で構成された部分空間への射影。右: 元の埋め込みベクトルの布置。課題: 兜, 麦わら帽子, 帽子, ヘルメット, の中から, ターゲット語: オートバイ, にもっとも近いと思われるものを選べ

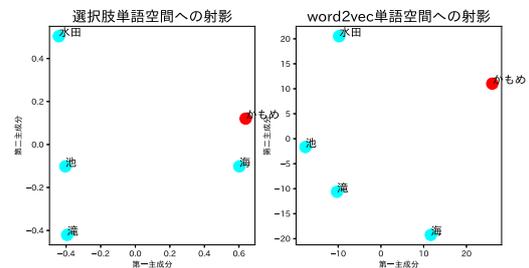


図 6: 課題: 水田, 池, 滝, 海, の中から, ターゲット語: かもめ, にもっとも近いと思われるものを選べ

2.2 4 肢選択課題への応用

手がかりを与えられ、4つの選択肢の中から最も近いものを選ぶようなピラミッドパームツリー検査 (PPTT) を考える。このとき、与えられた4つの選択肢からなる意味空間へ射影行列を定義し、この部分空間への射影したベクトル間の布置 (図 5 左) と、もとのベクトル間 (同図右) との比較を示した。

図 5 では、‘オートバイ’に対して選択肢に挙げられる4つの頭を覆う帽子類について、図右のように、通常の word2vec 空間では傾向が認められない。ところが、4つの帽子類で構成される空間へ‘オートバイ’を射影することにより、‘ヘルメット’との関係が明確となっている。

図 6 では、‘かもめ’に対する、水に関する景観‘水田’、‘池’、‘滝’、‘海’で構成される空間へと射影することにより、‘海’と‘かもめ’との関係が word2vec による空間附置よりも、射影空間の方が明確となる。図 7 では、正解であるターゲット語‘急須’と‘湯呑’との関係は word2vec 空間でも同様に近いが、射影空間ではコーヒーカップの附置が明確に分離されていることが見て取れる。図 8 でも、上 3 例と同様で、4つの建物選択肢空間へ射影した場合、‘黒板’と‘学校’とが明確に近づいている。

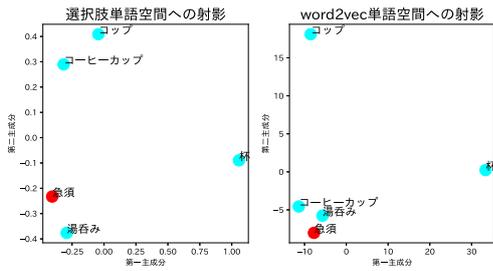


図7: 課題: コップ, コーヒーカップ, 湯呑み, 杯, の中から, ターゲット語: 急須, にもっとも近いと思われるものを選べ

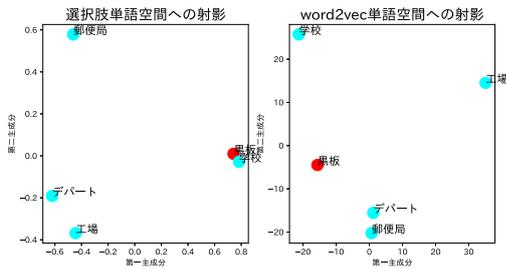


図8: 課題: 学校, 工場, デパート, 郵便局, の中から, ターゲット語: 黒板, にもっとも近いと思われるものを選べ

2.3 単語連想課題 1

たとえば, 神経心理学検査の一つに, 動物や野菜の自由想起, および「か」で始まる単語を思いつく限り表出する課題がある。この語連想課題を, 射影行列を用いた提案手法により模倣することを試みた。式(4)式に従って, 自由連想を行った例を以下に示す:

手がかり語: イヌ → ['カワウソ', 'ワニ', 'ザリガニ', 'ザリガニ', 'ウミヘビ', 'カワウソ', 'ニホンアナグマ']

オリジナル word2vec による イヌ の最近隣語 → ['イヌ', 'ネコ', 'オオカミ', 'ブタ', 'ウサギ', 'ウシ', '犬', 'アライグマ', 'ニワトリ', 'ハツカネズミ']

手がかり語: サンショウウオ → ['ザリガニ', 'アリクイ', 'ワニ', 'ヘビ', '猛禽類', 'アカギツネ', 'ザリガニ']

オリジナル word2vec による サンショウウオ の最近隣語 → ['サンショウウオ', 'タイコウチ', 'カナヘビ', 'アオガエル', 'は虫類', 'イモリ', 'アカハライモリ', 'オオサンショウウオ', 'アマガエル', 'ゲンゴロウ']

手がかり語: アニメ → ['ネコ', 'ザリガニ', 'ワニ', 'ヘビ', '猛禽類', 'アカギツネ', 'ザリガニ']

オリジナル word2vec による アニメ の最近隣語 → ['アニメ', 'テレビアニメ', 'アニメ版', '実写',

'OVA', '本編', '漫画', 'キャラクター', 'アニメーション', 'アニメ化']

上記想起語は, 式(4)に従って, 項目間類似度を確率密度に変換し, サンプリングした結果である。与式中のパラメータ β を操作することにより, 決定論的な単語生成系列を得るか, もしくは, 多様な単語生成系列となるかを制御可能である。上記, 自由連想課題における単語産出例では, 既出の単語を抑制する処理を行っていない。この影響から, 同一単語が繰り返しサンプリングされることが起こっている。「ザリガニ」と連続して表出している。健常者であれば, このような想起語の連続は起こり得ないと予想される。種々の記憶障害, 痴呆症, あるいは保続と言った神経心理学的症状を想定した場合には, 既述の産出例のような想起系列が考えられると思われる。

2.4 単語連想課題 2

水野らは健常者に対して日本語 300 語を用いて対応する連想語を調べた [13]。彼女らのデータを説明することを試みた。水野らの用いた刺激語 300 語のうち 2.1 節で用いた word2vec に存在する 296 語の単語を用いた。‘あたま’, ‘しにせ’, ‘だんご’, ‘はんこ’, の 4 語は word2vec に登録が無いので除外した。これらの 4 単語は, 水野らが, ひらがな表記語刺激として用いた単語である。水野らのデータには, ターゲット語に対して想起された単語の総頻度で除した連想強度が記されている。水野らの連想強度と word2vec の最近接語との関係を次表に示す:

表 1

| 条件 | 単語数 | 割合 |
|-----------------------|-----|-------|
| top1 が同じ | 10 | 0.034 |
| top10 以内に水野 top1 が存在 | 17 | 0.057 |
| top100 以内に水野 top1 が存在 | 50 | 0.169 |
| 100 以外に水野水野 top1 が存在 | 142 | 0.480 |
| 上記以外の順位 | 77 | 0.260 |

2.5 オノマトペ

[15] から, 索引項目 2761 語のうち, 日本語ウィキペディアによる word2vec に登録項目のある 1761 語を用いて, オノマトペ空間を作成した。

■基本語彙 日本語を読むための語彙データベース *3 から, 使用範囲狭小語彙データベース *4 に記載されている 18406 語を用いた。

基本単語からオノマトペ空間での隣接語の検索例を

*3 <http://www17408ui.sakura.ne.jp/tatsum/database.html>

*4 http://www17408ui.sakura.ne.jp/tatsum/database/VDRJ_Ver1_1_Research

以下に示す (カッコ内はコサイン類似度):

1. 球茎 : (びっしり:0.332) (ぬめり:0.317) (でこぼこ:0.281) (ギシギシ:0.276) (ざらざら:0.259) (ひらひら:0.246) (キチン:0.244) (ピン:0.232)
2. 吐露 : (うんざり:0.551) (やきもき:0.480) (がっかり:0.457) (ヤキモキ:0.445) (ウンザリ:0.425) (あっけらかん:0.423) (ギクシャク:0.413) (きっぱり:0.409)
3. サイエントロジー : (ザック:0.249) (トロン:0.235) (ペロン:0.212) (ドロン:0.197) (クラッ:0.186) (うんざり:0.183) (バシリ:0.174) (ごたごた:0.172)

反対に、オノマトペから基本単語の検索結果を以下に示す。

1. ネットネット : eye(0.286) エンタメ (0.279) momo(0.277) スターデジオ (0.273) honey(0.266) remission(0.254) 多謝 (0.253) 漢薬 (0.251)
2. ケロケロ : パピ (0.478) ニャロメ (0.461) ポーポ (0.457) ロベ (0.453) イガグリ (0.442) アラモード (0.441) ロリポップ (0.439) バーバビカリ (0.438)
3. さっぱり : タレ目 (0.461) 朴念仁 (0.412) 下手 (0.399) 染め直し (0.390) ナヨナヨ (0.385) カッコイイ (0.369) 日持ち (0.368) 飲み手 (0.365)

2.6 オノマトペ生成

上記、オノマトペ 1761 をリカレントニューラルネットワーク [2, 4] を用いて単語表現を学習した。学習に用いたパラメータを用いてオノマトペ生成器を作成した。以下に算出例を示す。

ビククラ, パンパリ, チョッ, チャヘキ, オイオイ, サクサク, フクフコ, ガクラク, フクフコクン, コンタン, コッコリ, ガッキン, キッキリ, キッ, キッキリ, ウヤヘヤ, オンオン, キンムン, ポーン, ポコボソ, ポンベリ, マヨ, ヨヤガク, ヨチャクシャクシャ, キックリ, ギリッ, キワッ, ギリガグ, イクイク, クラッ, クタクン, ガッチリ, ガッコン, キッキリ, キワムワ, ムキムム, ポヤポタ, ポヨポヨ, ポリポリ, ポロポロ, ポロリ, ムン, コンボン, キー, キロウロ, ソロリ, ギリギリ, ゲッソリ, モッキャン, キー, コロコロ, ワチョロ, ウロウネ, ウゴウハ, ウロウネチョロ, ワンサン, キンキラ, ポキン, ワッ, ムッ, ムンポリ, キワッ

3. 考察

適切な射影空間を定義することで、4 肢選択課題、単語想起課題、オノマトペ生成課題で示したような結果を得た。今後は、心理空間への変換を式 (3) あるいは式 (??) を用いることで変換することで、心理モ

デルとしての妥当性を検証する必要がある。その他にも、(1) ELMo[10] や BERT[1] などより性能の高い単語埋め込みモデルを用いる。(2) 訓練データセットの拡大を図る。今回用いた日本語 wikipedia 全文のデータと英語版 wikipedia のデータサイズを比較すれば、およそ 10 倍の違いがある。(3) 射影空間を適切に設定する。オノマトペの意味情報から、カタカナ語の部分情報を部分射影空間として削除し、音韻情報との共有空間へと射影するなど、の改善策が考えられる。これらの方向性は、自然な拡張のように思われる。

文献

- [1] Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, and Kristina Toutanova. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv preprint*, 2018.
- [2] Jeffrey L. Elman. Finding structure in time. *Cognitive Science*, 14:179–211, 1990.
- [3] John Hewitt and Christopher D. Manning. A structural probe for finding syntax in word representations. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)*, pages 4129–4138, Minneapolis, Minnesota, June 2019. Association for Computational Linguistics.
- [4] Michael Irving Jordan. Serial order: A parallel distributed processing approach. Technical report, University of California, San Diego, San Diego, CA, May 1986.
- [5] Solomon Kullback and R. A. Leibler. On information and sufficiency. *The Annals of Mathematical Statistics*, 22(1):79–86, March 1951.
- [6] Tomas Mikolov, Quoc V. Le, and Ilya Sutskever. Exploiting similarities among languages for machine translation. *arXiv:1369.4168*, September 2013.
- [7] Tomas Mikolov, Ilya Sutskever, Kai Chen, Greg S. Corrado, and Jeff Dean. Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In C. J. C. Burges, L. Bottou, M. Welling, Zoubin Ghahramani, and K.Q. Weinberger, editors, *Advances in Neural Information Processing Systems 26*, pages 3111–3119. Curran Associates, Inc., 2013.

- [8]Tomas Mikolov, Wen-tau Yih, and Geoffrey Zweig. Linguistic regularities in continuous space word representations. In *Proceedings of the 2013 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies NAACL*, Atlanta, WA, USA, June 2013.
- [9]Jeffrey Pennington, Richard Socher, and Christopher D. Manning. GloVe: Global vectors for word representation. In *Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*, pages 1532–1543, Doha, Qatar, Oct. 2014.
- [10]Matthew E. Peters, Mark Neumann, Mohit Iyyery, Matt Gardner, Christopher Clark, Kenton Lee, and Luke Zettlemoyer. Deep contextualized word representations. *arXiv preprint*, 2018.
- [11]Miloš Radovanović, Alexandros Nanopoulos, Marienburger Platz, and Mirjana Ivanović. Hubs in space: Popular nearest neighbors in high-dimensional data. *Journal of Machine Learning Research*, 11:2487–2531, 2010.
- [12]Alex Wang, Amanpreet Singh, Julian Michael, Felix Hill, Omer Levy, and Samuel R. Bowman. GLUE: A multi-task benchmark and analysis platform for natural language understanding. In *7th International Conference on Learning Representations, ICLR 2019, New Orleans, LA, USA, May 6-9, 2019*,. OpenReview.net, 2019.
- [13]水野 りか, 清河 幸子, 川上 正浩, and 柳谷 啓子. **連想語頻度表 3 モーラの漢字・ひらがな・カタカナ表記語**. ナカニシヤ出版, 東京, 2011.
- [14]坂本 真樹. **感性情報学 -オノマトペから人工知能まで-**. コロナ社, 東京, 2018.
- [15]小野 正弘, editor. **日本語オノマトペ辞典**. 小学館, 東京, 第一版 edition, 2007.

歩車混在空間における協調的行動 Cooperative Behavior in the Shared Space

松林 翔太[†], 三輪 和久[†], 寺井 仁[‡], 下條 朝也[†], 二宮 由樹[†]

Shota Matsubayashi, Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai, Asaya Shimojo, Yuki Ninomiya

[†] 名古屋大学, [‡] 近畿大学

Nagoya University, Kindai University,

shota.matsubayashi@nagoya-u.jp

概要

歩行者とモビリティが同一空間を共有する歩車混在空間が実際の都市などに適用されている。本研究では歩車混在空間を模した実験室課題を開発し、どのような行動がより協調的であると捉えられるかについて検証を行なった。その結果、他者を妨げないようにし、自身の目的地への到着が遅れる行動に対して、より協調的であると知覚された。また評定者自身の過去の妨害経験が協調評定に影響することもまた示唆された。

キーワード：協調 (cooperation), 歩車混在空間 (shared space)

1. 導入

自動運転技術の発展や自動車の個人化により、近年モビリティの形態がますます多様化している。そのような交通状況の中で、歩行者と小型モビリティが同一の空間を共有する Shared space が提案され実現されている [1]。歩行者は歩道、モビリティは車道と明確に区分される従来の歩車分離空間に比べ、それらの区分が取り払われた歩車混在空間は一見危険に感じるが、実際には安全性が向上するという報告もある [3]。

歩車分離空間と歩車混在空間では、交通参加者の取りうる行動に大きな違いがある。例えば高速道路のような歩車分離空間では、各交通参加者が移動可能な範囲や方向に強い制約が設けられており、各々の移動行動は交通規則により決定される。一方、ショッピングセンターや病院などの歩車混在空間ではそのような規則はなく、各交通参加者は自由に移動できる。このような状況では、どのように自身の行動を決めているのだろうか。

本研究では、交通規則による制約の小さい歩車混在空間において行動を決定する上では、各個人の協調が重要な役目を果たすのではないかと想定している。実際、交通領域では、合流時における加減速などの協調的行動が数多く扱われてきた [2]。このような行動が円滑な交通流と安全性の向上に寄与していることは間

違いない。

協調的行動を扱った先行研究の多くは歩車分離空間、特に高速道路などの移動に関する制約が極めて大きい状況を主に扱ってきた。しかしながら、制約の小さい歩車混在空間における協調的行動に関してはほぼ扱われてきていない。そこで本研究では、歩車混在空間における協調的行動を検証する第一段階として、どのような行動がより協調的であると知覚されるかを実験で検証した。その際、評定者自身の特性や経験が及ぼす影響も検討した。

2. 方法

2.1 事前実験

後の評定対象となる動画刺激を作成するための事前実験を行なった。大学生 29 名が参加した。参加者は図 1 の操作課題を提示され、コントローラを用いて自エージェントを操作して、四角で示されたゴールに向かうように求められた。画面上には自エージェント以外に 20 名の他者エージェントが表示された。他者エージェントそれぞれは進行方向や速度をランダムに変えながら画面内を進行した。他者エージェントは別のエージェントとの距離が 100 ピクセル未満になると速度を半分に落とし、50 ピクセル未満になると一旦停止した。全エージェントは大きさが 30 ピクセルであった。

コントローラの操作練習の後、本課題 4 セットが行われた。目的地に到着するまでを 1 試行とし、8 試行を連続して行いこれを 1 セットとした。1 セット目では、参加者は「ショッピングセンターなどの場所を想像しながら、自分の目的地に向かってください」と教示された。そして、2・3・4 セット目ではそれぞれ別の教示が行われた。すなわち、思いやり教示では「周囲の人たちを最大限思いやってください」、余裕なし教示では「あなたがとある事情で余裕がないところを想像してください」、余裕あり教示では「あなたは特に用事もなくゆっくりできるところを想像してくださ

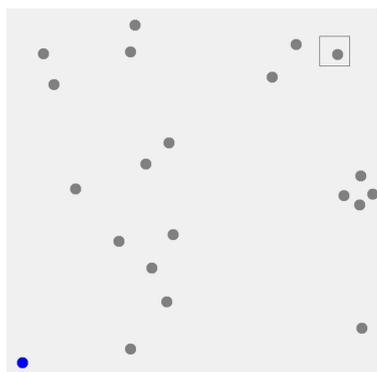


図1 操作課題

い」とそれぞれ教示された。3条件の順序は参加者間でカウンターバランスを取った。

その結果、参加者1名につき24本の動画、のべ696件の移動データを動画で取得した。

2.2 評価実験

事前実験で得た696件の動画を見て、別の参加者48名がその協調程度を評価した。24本の動画をランダムに並び替え、それを1本ずつ参加者に提示し、「全く思いやりにない」の-5から「非常に思いやりがある」の+5までの11段階で評価を行わせた。参加者は1名につき3名分の動画、のべ72本の動画を評価した。動画割り当てはカウンターバランスを取った。

なお、適切に評価を行うため、参加者は評価前には事前実験と同じ操作を2セット行なった。また、評価課題本番の前には参加者全員が共通の動画を見て評価を行なった。

3. 結果

データ欠損により3名を除外し、45名による評価のべ3240件を分析対象とした。同一参加者による繰り返しの評価値が含まれることから、階層線形モデリングを用いて、協調評価値を説明する変数が以下のいずれであるかを探索的に検討した。すなわち、提示動画起因の変数として、目的地に到達するまでの完了時間、他エージェントの進行を妨害した頻度を示す妨害時間割合、進行方向・速度変化の頻繁さを示す絶対加速度の3つを用いた。また、評価者が評価前に行なった操作課題の完了時間、妨害割合、加速度も同様に説明変数に加えた。さらに、共通動画の評価平均値をその評価者の基礎評価として、説明変数に加えた。

階層線形モデリングの結果を表1に示す。まず提示動画起因の変数として、完了時間と妨害割合が有意で

あった。これは他者を妨げないようにするほど、また、自エージェントの目的地への到着が遅れる動画であるほど、より協調的と知覚されたことを示している。また評価者の基礎評価が有意であり、評価に個人差があったことが分かる。さらに、評価者が事前に行なった操作課題時の妨害割合も有意であった。つまり、操作課題時に他者を多く妨害していた人ほど、別の人に対する協調度を高く評価したことを表している。

表1 階層線形モデリングの結果

| 説明変数 | 係数 | SE | t | p |
|----------|-------|------|--------|-------|
| 切片 | -4.03 | 2.68 | -1.50 | .14 |
| 動画 完了時間 | 0.00 | 0.00 | 8.83 | .00 * |
| 動画 妨害割合 | -4.54 | 0.43 | -10.47 | .00 * |
| 動画 加速度 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | .97 |
| 評価者 基礎評価 | 0.61 | 0.23 | 2.64 | .01 * |
| 評価者 完了時間 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | .76 |
| 評価者 妨害割合 | 8.45 | 3.62 | 2.33 | .02 * |
| 評価者 加速度 | 0.00 | 0.08 | 0.01 | .98 |

4. 考察と結論

本研究では、歩車混在空間においてどのような行動がより協調的であると知覚されるかを実験で検証した。その結果、他者を妨げないようにし、それに伴い自身の目的地への到着が遅れる行動に対して、より協調的であると知覚された。また意外な結果として、評価者自身が評価前に行なった妨害の頻度が高いほど、別の人に対して協調度を高く評価することが示された。歩車混在空間において相手が協調的であるかどうかを考える際に、自分自身の過去の経験がなぜ影響するのかについては、さらなる検証が必要ではある。

謝辞

本研究は、トヨタ自動車株式会社および科学研究費補助金18H05320の支援によって行われた。なお、本研究は著者ら独自の意見及び結論を反映したものである。

文献

- [1] Moody, S., & Melia, S. (2014). "Shared space - research, policy and problems", Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport, Vol. 167, No. 6, pp. 384-392.
- [2] Kauffmann, N., Winkler, F., Naujoks, F., & Vollrath, M. (2018). "What Makes a Cooperative Driver?" Identifying parameters of implicit and explicit forms

of communication in a lane change scenario”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 58, pp. 1031-1042.

- [3] Kaparias, I., Bell, M. G. H., Miri, A., Chan, C., & Mount, B. (2012). “Analysing the perceptions of pedestrians and drivers to shared space”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 15, No. 3, pp. 297-310.

2030年の統合的知的協創空間のためのプラットフォームについて

About a platform for synthetic intelligence information space in 2030

伊藤 明彦[†]

Akihiko Itoh

[†] 東海大学

TokaiUniversity

a.itoh@jtokai-u.jp

概要

2030年のライフスタイルをイメージした知的協創空間のための統合的プラットフォーム構築について構想する。ワークスタイルやライフプレイスも大きく変化し、江戸時代のエコシステム的な **mental, logical, physical** が統合された人間存在と暮らしの価値観が必要になる。

其所には、新しい社会システムを設計するためのOSを構築する必要がある。多様なAPIを我々に提供できるように進展した機械学習やIoTを社会実装するには、思想や哲学、宗教や歴史観そして文明論が、その思考の基盤となる。デザイン思考からアート思考へと展開する時が到来している。

キーワード：2030, ライフスタイル, IoT, アート思考

1. はじめに

コロナ禍により様々な業態に於ける価値観の転換が加速している。震災の復興に見るように、戻るのではなく、前に進むことが唯一の解決手段である。3年後、5年後には、事業、教育、行政の仕組みは、大きく刷新されることになる。2030年のsweethomeは、時間や空間を自己の記憶や感覚によって統合しようとする人間の傲慢な欲望の所作を、社会化したものになると考える。そこには、公共という言葉から抜け落ちてしまった“自分たち事”が介在している。“公”と“共”の間には、“私たち”というコミュニティの原点が存在している。

多死社会を迎えて、墓参や葬送なども様相を一変すると考えられる。祈りの空間や学びの空間は、暮らしの空間や時間と統合されて行く。本研究では、2030年のライフスタイルを具現化するプラットフォームとして、様々な要素技術やIoTデバイスを実装した暮らしの空案をsweethomeと名付ける。

2030年のsweet homeを構築するための実践研究を行動目標としている。2030年のsweethomeは、豊かで創造性のある知能情報空間の中で、暮らしを支援し、祈りや学びを再定義するものになる。一緒に暮らしてくれるエブリディ・ロボットは、人間との共働作業を担い、生活支援や体調管理、緊急時対応

を行い、生涯を共にするパートナーとしての存在を果たす。本研究では特に、遠隔コミュニケーションの手段としてアバターロボット (avatar-in) の活用を試みる。また、2030年のsweet homeは、空間自体が認知的機能を持ち、人間とのコミュニケーションの膜を認識して最適な関係性を導き出す環境センサー機能を持つ。センシング技術としては、Wireless AIによるジェスチャ・行動認識の技術を用いる。本研究では、生涯学や未来学、老年学などの見地から人間環境における関係性と表現との統合を新たな研究領域と位置付けている。

2. sweethome

2030年のsweethomeを構想するとともに、その社会実装のためのプラットフォームの構築を基盤として、様々な事業分野における業態開発についても具体的に提案する。機械学習+Webサービス+WIFI+GPS+エージェント+エブリディ・ロボットによる統合的な知的情報コミュニケーション空間の実現と、場所の記憶や時間の概念をインプリメントした暮らしの空間情報性を検証する。

暮らし

コロナ禍で様変わりした生活様式は戻ることなく、様々な領域での価値観の転換が急速に加速することになる。オフィスを持たない事業所や、旅するように暮らすライフスタイルが出現する。2030年の暮らしは住まいに統合される。これをsweet homeと名付けた。

祈り

時間や空間を感覚や経験によって自己と統合しようとする人間の態度は、傲慢な欲望の業かも知れない。そうした自己のアイデンティティを社会

化するために祈りが発明されたと考えられる。神が人格を持った存在である宗教では、他の神様と統合することができないので、覇権争いが出現してしまう。東洋の自然観が、相対と統合によるものであることは、ひとつの可能性を示している。祈りの空間は暮らしの中に寄り添うものになる。

学び

学びは受験のためでもなく、学校のためでもなく、人生のためにある。オンラインのソリューションによって、住まいは学びの空間となることが予想される。学ぶことは生きることであり、学びをやめたときには死が訪れるのだと考えることが出来る。生涯に渡って互いに学び合う関係性を構築すること、それを支援する知能情報環境が実現することを実証したい。

創発

部分の性質の単純な総和にとどまらない特性が、全体として現れることは、統合された住まいの知能情報空間におけるコミュニケーションの様相を表している。様々な表象が emergence する時に、自覚的で自律的な組織化と社会化が起こると考えられる。個のふるまいを凌駕する複雑な秩序が生じることにより、創発が社会の創造性の出現に統合される。

3, sweethome プラットホームの構築

本研究は実践研究として、オンラインコミュニケーションのための統合的なプラットフォームの構築を行う。顔認証技術、機械学習によるソリューション、コミュニケーションツール、デジタルファブリケーションを統合的に組み合わせて、様々な領域に渡る新しい業態を開発し事業化支援を行うことを計画している。

Sweet home のためのプラットフォームの構築

住まいに統合された、暮らし、祈り、学び、創発を支援するプラットフォームは、実空間と情報空間を機械学習によってシームレスに繋ぐものとなる。暮らしに寄り添うエージェントが対話創発しながらコミュニケーションの階層を形作る。エブリディ・ロボットの存在も考えられる。北海道大学情報科学院の認知科学者・小野哲雄氏の研究するエブリディ・ロボットを sweethome に

実装する。

一緒に暮らしてくれるエブリディ・ロボットは、人間との共働作業を担い、生活支援や体調管理、緊急時対応を行い、生涯を共にするパートナーとしての存在を果たす。本研究では特に、遠隔コミュニケーションの手段としてアバターロボット (avatar-in) の活用を試みる。プロトタイプを実際に稼働させて実証実験を行う。

また、「スマートホーム」は、空間自体が認知的機能を持ち、人間とのコミュニケーションの膜を認識して最適な関係性を導き出す環境センサー機能を持つ。

センシング技術としては、Wireless AI によるジェスチャ・行動認識の技術を用いる。「スマートホーム」では、オンライン授業やリモートワークをベースとしたスローシティの実現も目指している。自然の変化に恵まれた札幌の2030年の生活シーンをシナリオベースで設計し、行政サービスの在り方や、葬送や墓参の未来も提示する。

統合的知能情報空間プラットフォームを用いた業態開発

機械学習とデジタルファブリケーションを統合して、デジタル・ファブリケーション技術の活用による物の流通に関する概念を刷新する。都市間の交通や再生可能エネルギーの活用、フードロスの課題解決を実現する高度情報知能住宅を構築する。

本研究においては、10年後のライフスタイルやワークプレイス、教育システムや行政システムの刷新が、コロナ禍で休息に加速することを念頭に、人間と一緒に暮らしてくれるアンドロイドが、エージェントとして知能情報空間と共働する住まいを構想する。また、マイクロソフト社が、故人の SNS を元に生成されるチャットボットを実装する特許を取得した事例のように、葬送や墓参など死の在り方 (生の在り方) も、記憶や身体性を伴った個のアイデンティティやリアリティの問題と深く関連している。

本研究は、単にスマートデバイスを組み込んだスマートホームではなく、思想や哲学、あるいは宗教など、人間の存在の在りかや生き方そのものをテーマとしている。人とはどのような存在であるのか、私とは何者なのか、そうした問いに語りかける手段として、10年後のスマートホームを構想するものである。

3, IoTの基盤技術を創発する業態開発

本研究では以下のような研究プロセスを計画している。また、事業パートナーとして、深圳とシリコンバレーに技術開発拠点を持つGOLDENBERG社と連携している。

- ・10年後のライフスタイルや社会変革の予測を行う未来学による調査研究
- ・人口減少による産業構造の変化，多死社会の到来による葬送や墓参の変化の研究
- ・エブリディ・ロボットと智能情報空間の実装に関する予備実験の実施
- ・スマートホームに実装可能なデバイスの調査およびプロトタイプを試作
- ・スマートホーム実験のための物件調査
- ・建築家および住宅メーカーとの共働研究
- ・2030年のスマートホームの実装とプロトタイプングの設計
- ・スマートホームをプラットフォームにしたフィールド実験の実施
- ・東京大学高齢社会総合研究所との共同研究
- ・社会実装実験の継続的プロセスのための調査研究
- ・次世代スマートデバイスおよびエブリディ・ロボットの共働についての研究
- ・成果報告のまとめと研究論文執筆
- ・智能情報空間のためのプラットフォームを用いた業態開発

4, 統合的プラットフォームの構築

sweethomeのための基盤要素として、健康生活支援の統合的な基幹サービス・ソリューションを構想した。

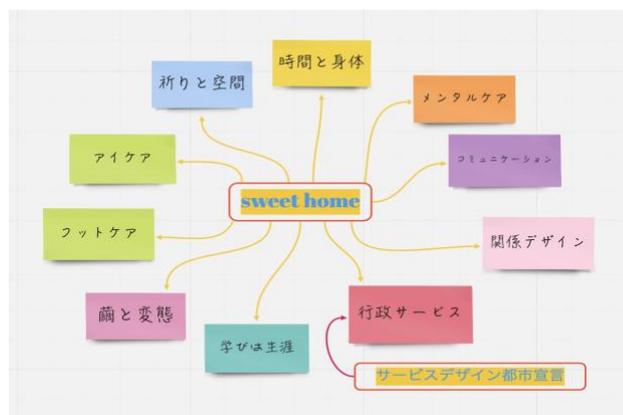


図1 統合的な健康生活支援環境の構築

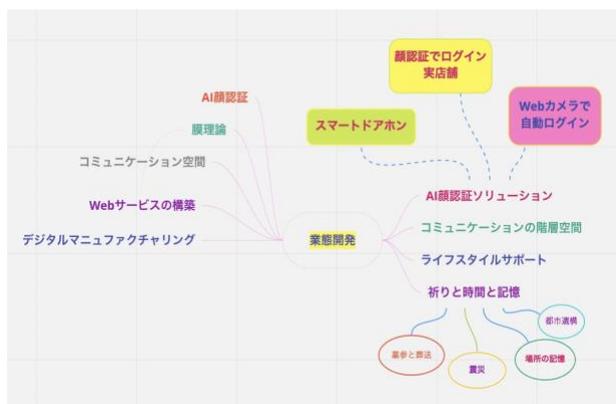


図2 知的協創空間プラットフォームによる業態開発

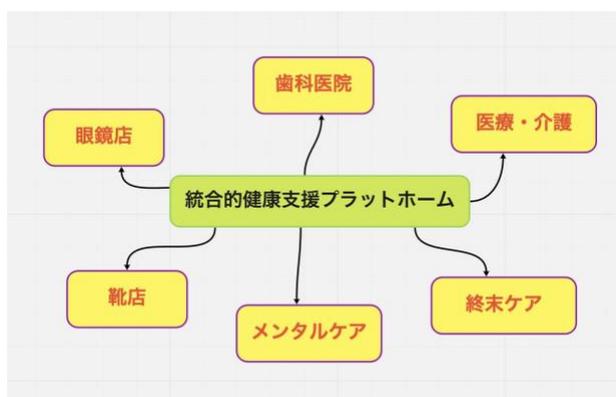


図3 統合的な健康支援サービスのためのプラットフォーム

統合的な健康支援プラットフォームでは、例として、以下のようなサービスの統合が考えられる。

- ・姿勢分析：生活動作の改善によるQOLの向上
- ・歯科医院：CTスキャン+コンサルティング→噛み合わせの矯正による全身状態の改善
- ・眼鏡店：アイウェアのコンサルティングとCTを使ったデジタルファブリケーション
- ・靴店：歩き方観察と計測によるカスタムインソール→歩行と全身状態の改善
- ・メンタルクリニック：心の健康と加齢や終末期ケア
- ・医療・介護：医療と介護との統合的なケア
- ・終末ケア：葬送や墓参との統合的なケア

5, ライフスタイルとライフプレイス

コロナ禍の中で、大学の授業も殆どがオンライン化され、結果として、居住地にとらわれない自由度の高い学びのフィールドが実現した。遠隔授業では自分の画面

に資料が提示されるので一定の集中力が発揮されるとともに、自宅に過ごす中で課題やレポートに費やす時間も平常時よりも多く充実した自宅学習が実現したために、課題やレポートの質が例年以上に優れており、学習効果が高かったことが証明された。従って、これまでの教育実践をはじめから考え直さざるを得ないという状況に陥った。

これは、他の領域でも当てはまることで、暮らしの中で丁寧に時間を掛けてリモートワークが実現したことは、ワークスタイルとワークプレイスの概念を転換させることになった。もはやオフィスを必要としない事業所が出現するだけでなく、何処の場所においても何処の国においても、オンラインのコミュニケーションツールを活用することで、より精度の高い業務が実現するとともに、コミュニケーションの視覚化によって、ミッションの共有や企業文化の醸成が、これまで以上に高い次元で可能になった。

本研究では、オンラインのコミュニケーションツールを統合した知能情報環境を構築する。機械学習は既にありふれた API となっており、様々なプラットフォーム上で実装されている。機械学習の API と AI 顔認証のソリューション、様々な顧客サービスをオンライン上で統合することで既存の業態にはない新しい価値観を示すことが可能になる。本研究では既存の応用技術やデジタルファブリケーションの手法を統合して業態開発を行う。また、それらを総合的に研究開発するための研究開発機構の設立を構想している。

6, 2030 年にむけて

GAF A に代表されるように、情報技術を用いたコミュニケーションサービスはボーダレスに巨大化と深化を遂げている。高校生が MIT やスタンフォードの大学院授業を無料で受講できる環境も数年前より整っている。コアなニーズに応えるサービスをデザインして起業することは、高校生や中学生にも可能である。これまでの高等教育が担ってきた実践的な学びは、既に民主化されて誰の手の中にもある。

そのような環境のなかで新しい業態を発明することは容易である。仕事の都合で部署が分かれた組織では、窓口をどのように利用すれば顧客が必要とするサービスを享受できるのかを学ぶ必要があった。効率の悪い業態をデジタル化することは意味がない。ユーザー視

点に立って、ライフイベントに沿ったノンストップなサービスを再定義する必要がある。例えば行政サービスがデジタル化する時、本質的な価値観の転換が必須である。

7, 創造するコミュニティ

デジタル庁の創設に見られるように、DX リテラシーが社会生活や経済活動の様相を大きく変えようとしている。筆者の居住する札幌市では、2021 年より「デジタル担当局長」というポストが新設されて、DX による行政改革に着手している。最初に、「生まれました窓口」を創設するための準備が行われているところである。

サービスを受容するためには、業務の都合で分業された窓口をどのように活用すれば良いかを学習しなければならなかった。しかし、住民のライフイベントに沿ったサービスのデザインを構築することで、コンセルジェティックなホスピタリティを実装することが可能になると同時に、ワンストップのサービスが実現可能である。

最適化したサービスのための機能設計を推進するためには、文書主義や前例主義などの組織文化を更新する必要がある。やらなければならないことしかしていない人は、“あなたである必要のない” 人員であり、アウトソーシングした方が、遥かに業務の合理化や効率向上が可能になる。

結果として余剰となる人員は、街に出て住民と一緒に汗を流す、属人性の強い本来業務に従事する形に回帰することになる。ひとがひとを支える関係性を築くには、自分で考えて自分で動くという行動原理を実践しなければならない。これは本来の行政機能ではなかったかと言える。

Society5.0 は、原点回帰であり、江戸時代のエコシステムへの邂逅であり、ひととひとの“あいだ”に構築される関係性を紡いでいく、スローイノベーションでもある。公共事業をひとが育つ場所に変えて、志のあるひとが集まる場づくりが重要な視点となる。

公共空間と私的空間とのあいだに抜け落ちている“自分たち”という共有領域を開発することが、これからの方法論となる。どのような家を建てるのかよりも、家と家の“あいだ”をどのようにデザインするのが重要である。集客人数ではなく、そこにどのようなひとが集まっているかという定性的な評価に意味がある。

ユネスコ創造都市に加盟する札幌市では、メディアアーツ部門を標榜しているが、初音ミクに見るような

CGMの実態が市民生活の中に定着している実態はない。都市がコンテンツとなるという視点もあるが、創造都市に必要なのはコンテンツメーカーではなく、市民の生活が創造的になることが創造都市の本質である。

8. ものを創りながらコミュニティをつくる

ものを作りながらコミュニティを創る、或いは、コミュニティを創りながらモノを創ることが、これからの方法論になる。VUCAとOODAという言葉があるように、予測不可能な未来を創造するには、モチベーション・サイエンスを導入して人間の創造性を高めることしか方法がない。

限られた資源を有効に活用して、省電力低騒音なマニファクチャリングを実現するには、デジタル・マニファクチャリングを実装することが方法となる。これを慶応大学SFC環境情報学部の田中浩也氏は「環デザイン」と命名した。「環」という字には、巡るという意味がある。巡ってくるのは精神（霊）であり、精神の循環が創造の核心である。そのためにはモノは必要がなく、革新は常に個人から始まるのである。

田中研究室では、学生が全員3Dプリンターを自宅に所有しており、それらを繋いで様々なプロジェクト実現している。コロナ禍で緊急に医療現場へフェイスシールドを届けるために3Dプリンタ工場を設置して、即座に大量生産に取り組んでいる。

また、聾の子供は表情を読み取ることでコミュニケーションをしているので、マスクを装着することができない。田中研究室では子供用フェイスシールドの製造プロジェクトを迅速なスピードで実践している。

食品ロス、大量生産大量消費、エネルギー問題、環境負荷のような社会基盤に関する課題に、ラピッドプロトタイピングや環デザイン実践の智賢からアプローチすることには大きな可能性が潜んでいる。

9. まん中をつくる

人間の生命を維持するには様々な環境技術が必要であるが、基本的に他の生命を摂取しなければ自分の肉体を維持できない宿命を持つ我々人間は、食べることに限らず、命との対峙の仕方を見直す必要がある。

環境負荷が過剰になると公害や環境破壊が引き起こされる。こうした「ドーナツ経済」から脱却するには、中庸というべき“まん中”を作り出さなくてはならない。

環境負荷や使用電力や騒音などにも配慮した“ヘルシー”な方法で資源活用を推進するための指針として、“環デザイン”は有効で持続可能な方法論である。

家と家の“まん中”をデザインして、創ると作らないとの中庸を目指すバランス感覚が求められる。中庸は「どちらにも片寄らないで常に変わらないこと」、「過不足なく調和がとれていること」を示すことばだが、中国戦国時代の思想書のひとつでもある「中庸章句」から、儒教の根本書として四書に数えられている。

良いと悪いのどちらにも課題がある場合に、中庸はそのどちらにも属さない第3の道を照らすための光となる。この“まん中”に課題解決の鍵が潜んでいる。白黒ははっきりしない中庸が成立する条件を整理することで、どちらにも属さずにどちらも解決することが可能になる。

10. 互いに学び合う関係の構築

互いに学び合う関係を構築することが、これからのコミュニティにとってのエンジンとなる。日本社会の教育システムは、「答えのある勉強」しかしたことのない人で社会が構成されているという恐るべき矛盾がある。卒業式では「社会に出たら・・・」という講話が毎年のように繰り返されるが、ひとは生まれながらに社会の一員であり、そこには責任も権限も行動原理も備わっていないからではない。ひとは生まれた瞬間から社会の一員なのである。

互いに学び合う関係は、コミュニティの創造性を創造する。2030年には、働く必要がなくなり、学ぶことが生きることに統合されるのではないかと考えている。学ぶことが価値を創造する手段となるのである。生涯に渡って学び続ける意欲を持ち、自らの暮らしを創造することが“創造するコミュニティ”を実現させる方法である。

学びは学校のためでも受験のためでもなく、人生のためである。小学校の時には自由に感性を成長させることができるのに、中学校では自己規制を強いる場面が創造性を駆逐している。受験科目にはない情操教育は軽んじられて後回しになる。しかし、表現は生きる力であり、表象メディアは生き方を照準することで成立している。

学ぶことが価値や意味を生み出す社会は、知的協創社会と呼ぶことができる。暮らしを育む sweet home も知能協創空間として実現することになる。学びは人生

の動機であり、人生そのものでもある。

11. 新しい体験と記憶

オンラインのインタフェースには、空間性が重要な役割を担っている。空間性が確保されることで身体性が浮かび上がる。“いまわたしがここにいる”という存在論に寄与することで、意志を持って選択したり行動するための空間性が確保できる。これは自分の心の声に従って、理に叶った思考を促進するための条件でもある。しかし、皮膚の表面が自分と自分以外との境界ではない。マクルーハンの指摘したようにメディアは意識を拡張する装置であり、メディアが新しい身体を実現させる。

職人が手先に持つ道具や刃物の先端は、すでに職人の身体の一部と見なすことができる。また、意識が拡張されていく時“あいだ”は、私の一部ともなるのである。マクルーハンが予言したグローバルビレッジとは、どのような社会であったのだろうか。

グローバルビレッジには、価値観の共有と同時にユニークな個人の出現が予言されている。共同体は幻想なのではなく、共同体は“個の共振”ではないか。ひととひと、ものとももの、ひととももの間には、知的な協創空間が成立可能である。身体性 (physical)、論理性 (logical)、感情や感覚 (mental) とは、丁度、ピラミッドの形状のように、physical→logical→mental が積み重なった三角形を当てはめることができる。

そのそれぞれのレイヤーには、様々な価値観が実装されており、それぞれのレイヤーごとに異なるインタフェースが定義可能である。これらのどのレイヤーにどのようなインタフェースを実装させるのかという観点によって、様々なサービスやソリューションが設計可能となる。

身体が持つ記憶である“経験”をデザインすることがソリューション設計の指針となる。経験デザイナーの仕事は人間の存在を扱う領域をカバーする。

一方で、時間や空間の制約から解放された身体は、新しい経験を求めて行動を開始する。経験は記憶でもある。経験が形作る“わたし”という存在の輪郭は、常に柔軟性をもち可変のまま社会システムとの関係性を存続させている。

東日本大震災が、生まれ育った風景を根刮ぎ津波が浚うというアイデンティティの危機を生み出した。記憶は“わたし”のアイデンティティを構成する中核要因

である。このアイデンティティは実空間における体験によって深化する。経験の記憶は“わたし”を構成する重要な要因である。

12. 紡ぎ人

2030年のライフスタイルのための統合的プラットフォーム構築の基盤として、ひとが重要だという見解を述べた。ひとが全てだと言することができる。Society5.0の都市デザイン。環境負荷にも対応したスロシティーとして、都市のインフラをシュリンクしてコンパクトに実装する必要がある。

意味と意味、価値と価値をつなぐことが新しい価値観を創造することを述べた。そして、場所の記憶や身体の実験が“わたし”を形作っていることを考察した。2030年のライフスタイルのための統合的プラットフォームを構築するために、以下の独自ドメインを取得した。“紡ぐ”がキーワードである。

時間と空間を紡ぎ、経験や歴史を紡ぐことが新しい体験の空間性と、そこに出現する身体性を浮かび上がらせる。“紡ぎ人”が未来を創造する。

tsumugu.cloud は、まだ構築の課程にある。ここにどのようなひとが集まり、そこにどのようなコミュニティが出現するのか。Mental と logical と physical の各レイヤーには、どのようなインタフェースが実装されて、そこではどのようなサービスがデザインできるのか。経験デザインのプロセスをサイエンスしなければならない。人間の経験が表現 (アート思考) のエンジンになる。経験デザイン、関係デザイン、表象メディアが、それらを紡ぐ手段になると考えている。

自分が、ひとりの“紡ぎ人”になることで未来を発明することができると考えている。

- tsumugu.cloud
 - └• mental.style
 - └• logical.art
 - └• physical.quest

文献

- [1] 渡辺保史, (2015) “自分たち事的设计 ~創造するコミュニティ~”
- [2] 伊藤明彦, 田辺達也 (2006) “行為に即した関係の創造”, 東海大学芸術工学部紀要
- [3] 伊藤明彦, 田辺達也, (2007) “関係の創出による表現の創造”, 東海大学芸術工学部紀要

居住空間におけるモノとの対話： かたづけの認知的特性に関するフィールド調査

Interaction with Objects at Home: A Field Research of Tidying Up

南部 美砂子[†], 工藤 華[‡]
Misako Nambu, Hana Kudo

[†]公立はこだて未来大学, [‡]株式会社森川組
Future University Hakodate, MorikawaGumi Co., Ltd.
m-nambu@fun.ac.jp

概要

本研究では、居住空間のかたづけという活動に注目し、モノを所有する・整理する・手放すという一連の行為に関わる認知的な特性について、フィールド調査（研究1）とインタビュー調査（研究2）により探索的に検討を行った。その結果、他者が関わるような経験や思い出を重視する外的統制型と、現在の自分自身を基準とする内的統制型という2つの選別方略があることが明らかになった。前者では認知的負荷が大きく、後者では素早い意志決定が行われる可能性が示された。

キーワード：かたづけ、ホーディング、意志決定、統制の所在

1. はじめに

私たちは様々なモノに囲まれて暮らしている。家事や生活の情報を扱うメディアでは、収納が常に上位にくる重要なコンテンツになっている。その一方で、大量生産・大量消費・大量廃棄の社会経済システムを問い直し、持続可能な社会を目指す動きと呼応しながら、断捨離、ミニマリスト、こんまりメソッドなど、モノの減らし方、モノとの関わり方を変えていこうとする考え方や方法が数多く提示されてきている。

モノを溜め込む行為はホーディングと呼ばれ、社会的にも大きな注目を集めている。日常生活や人間関係にまで深刻な影響を及ぼす強迫的ホーディングについては、精神疾患や認知症との関連もあることから、臨床心理学や精神医学の分野を中心に研究が進められている（池内, 2017, 2018; 中島, 2016）。

程度の差こそあれ、モノをかたづける／溜め込むというのは、誰もが日常的に実践・経験していることである。そこではどのような選択や判断、意志決定が行われているのだろうか。どのような認知の歪みが生じるのだろうか。またそれらは認知的高齢化とどのような関係にあるのだろうか。本研究では、普通の（非臨床的な）人たちの日常のかたづけに注目し、モノを所有する・整理する・手放すという一連の行為に関

わる認知的な特性について、フィールド調査（研究1）とインタビュー調査（研究2）により探索的に検討を行った。

2. 研究1 フィールド調査

大学生4名（男女2名ずつ、全員21歳）¹を対象として、それぞれの自宅における衣服などのかたづけの様子を観察・記録した（図1）。判断基準の設定による効果を検討するため、こんまりメソッドと呼ばれる「ときめき（Spark Joy）」にもとづく選別（近藤, 2010; Kondo, 2016）を、その動画を視聴したうえで実践してもらい、その後、メタ認知的なリフレクションのためのインタビューを行った。



図1 居住空間におけるかたづけ

協力者4名のうち、かたづけに関する主観的評価として、「得意」と回答した者が1名（info.1）、「不得意」が2名（info.2,3）、「どちらでもない」が1名（info.4）であった。

まず、ふだんのかたづけやモノを残す／手放す際の判断基準などについて、事前の半構造化インタビュー

¹ 研究1の協力者には謝金を支払った。また、研究1と2では、事前に調査概要について詳しく説明し、協力への同意書およびデータ利用に関する承諾書に署名をもらったうえで調査を実施した。

の回答を分析したところ、info.2のみが「モノを迷わず捨てるタイプ」であり、その基準として「いま自分がそれをどう扱うか（邪魔に感じる、散らかすなど）」を挙げていた。これに対し他の3名は、過去の使用頻度や将来の予測にもとづき、「捨てないで置く」という判断をしがちであった。また、info.3のみが「(論理的ではなく)直感的に考えるタイプ」であり、衣服の購入においてもあまり着回しなどは考えないが、そもそも購買意欲が弱いと回答していた。

次に、実際のかたづけにおける発話と動作を分析した。それぞれのアイテム数と試行時間は、info.1: 147着 33分30秒、info.2: 44着 10分23秒、info.3: 72着 16分30秒、info.4: 112着 26分30秒であった。所有アイテム数には個人差があるものの、1アイテムあたりの判断に要した時間には大きな差が見られなかった(約23~24秒)。また、各アイテムを残す/手放す/保留するの判断についても、図2の通り、大きな個人差は示されなかった。

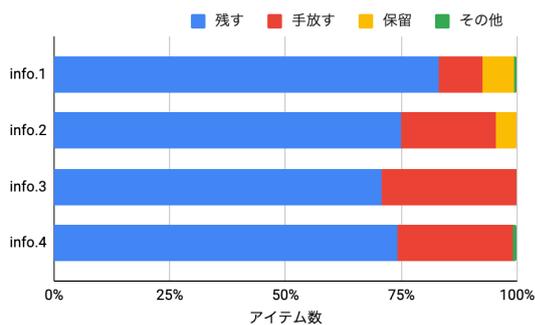


図2 判断の内訳

かたづけ作業中の発話や動作を質的に分析したところ、いくつかの興味深い特徴が見いだされた。以下では、その一部を事例とともに紹介する。

ときめきの難しさ この調査では「ときめき」にもとづいて各アイテムの選別をするように求めたが、実際には実用性や必要性によると思われる選別が多く見られた。

事例1: (info.1) これは、ときめかないけどバイト行く時とかに着ていくんだよね、普通に必要、ときめきはしないけど(笑)

事例2: (info.2) これは高校の時のウインドブレーカーでボロボロだから汚れてもいいから便利

今回の協力者は、かたづけが不得意であったとしてもそのせいで困っているという訳ではなかった。情動的反応(ときめき)という選別の判断基準は、このような場合にはあまり有効ではない可能性が示唆された。

経験や思い出による干渉 アイテム自体の機能や経済的価値、使用頻度、使用可能性などよりも、そこに付随する経験や思い出などの過去に関する情報のほうが、手放すことを妨げる大きな要因となっていた。

事例3: (info.1) あ〜出た!出た!これは私が初めてオシャレをし始めた時に三井アウトレットパークでお母さんに買ってもらった、ブリブリのスカート、もう一生着ないけどね、え〜...これは捨てたくないね

事例4: (info.3) 親から買ってもらったものだけど着ないんだよね、だからずっと取っておいてある。着ないと思うけど残しとこう。

事後インタビューにおける回答も含めて抽出された選別の基準(要因)は、アイテムの価格、機能、状態、実用性、必要性、使用目的、使用頻度(過去/将来)、他者との関わり(他者からの批判を含む)、経験や思い出、自分自身の内的状態(ときめきを含む)、趣味や志向性の変化であった。そのなかでも、「他者との関わり」が特に重視されていた。家族や友人などの親密な他者から譲り受けたり買い与えられたりした衣服は、自分で買ったものよりも選別に困っている様子が多く見られた。つまり、モノ自体ではなく、それに付随する記憶の重み(価値)が、選別の判断に大きく影響を及ぼしていたと考えられる。

さらに、所有するアイテムが最も少なかったinfo.2においては、他の協力者とは異なる独自の方略によって、認知的負荷の軽減や空間的な情報デザインが試みられていた。

事例5: (info.2) もともとクローゼットがそこにあるんだけど、で、もともとそこに服とか全部入れてたんだけど、なんかそのまんま。俺、車の関係のモノがいっぱいあって、それがずっと出てたんだよねこっち側に、それが嫌で

図1の右側の、衣服をすべて見える状態で吊しておく収納方法は、info.2のものである。info.2は、自分にとって何が重要か(趣味>衣服)を強く意識しており、その明確な内的基準にもとづき合理性や効率性を追求した結果として、衣服はしまいまずらすべて見えるところに配置するという方法を実践していた。また、個々のアイテム(例えばパーカー)やジャンル(衣服)だけでなく、居住空間全体への言及が多かった。時間と空間のコストを計算したうえで、最適と思われる収納方法を選択し、空間をデザインしていたと考えられる。

3. 研究2 インタビュー調査

研究1では、若年者を対象としてかたづけに関する判断や意志決定の一端を明らかにした。しかし、年齢を重ねるほどに、所有物だけでなくそれにまつわる記憶（経験や思い出）も増加し、かたづけはより困難になると考えられる。また、池内（2018）では、ホーディングの症状が年齢とともに増加すること、ホーディングの臨床群と非臨床群には連続性があり誰もがホーディングに陥る可能性があることなどが指摘されている。

そこで研究2では、中高年世代を対象として、かたづけに関する認識と実践についてさらに検討することとした。居住空間の大きかりなかたづけを行っていた60代女性（info.5）に協力を依頼し、インデプス・インタビューを実施した²。以下では、結果の一部を抜粋して紹介する。

info.5は、かたづけについて高い理想や憧れをもつ一方で、苦手意識を感じていた。また若年者の info.2 と同様に、「いまの自分」を基準とした選別を行っているとして述べていた。

研究1の若年者の分析結果からは、モノ（をめぐる記憶や他者との関係性）への執着がかたづけを困難にしていると考えられたが、info.5のインタビューでは逆に、執着（愛着）が乏しいために序列化できず、その結果として捨てられない可能性が指摘されていた。

事例6：むしろ大事なモノがわかっていないから捨てられない、序列化が出来ていないから。だからモノへの執着っていか愛着が、愛着を発見するっていうことが捨てることなんだっていう風に（中略）その漠然と増えてるモノとちゃんと付き合っていないって感じだね

その一方で、モノ自体とそれにまつわる過去の情報（経験や思い出）を明確に切り離し、「気持ちとして残す」という方略が示されていた。

事例7：まあむしろ思い出のほうが大事じゃないですか。だからモノにこだわるよりは自分の想いがちゃんと深ければいいかなって思ったり

つまり、物理的なモノとそこに付随する情報を分けること、そして情報の価値を判別して序列化することが、年長者（あるいは熟達者）が行っているモノとの対話の特徴であると考えられる。

4. まとめと課題

本研究では、20代大学生4名と60代女性1名を対象とした調査から、居住空間におけるモノのかたづけにおいて、他者が関わるような経験や思い出を重視する外的統制型と、現在の自分自身を基準とする内的統制型という、2つのタイプが存在することが明らかになった。外的な基準による判断は認知的負荷が大きい（かなり悩んで結局手放さない）のに対し、内的な基準の場合はモノから情報が切り離され、その結果として素早い意思決定が行われる可能性が示唆された。なお、外的統制から内的統制への移行をかたづけの熟達化（あるいは発達）として捉えることができるかどうか、また場面や状況などによって個人内で統制の方略を使い分けるといふことがありうるのかについては、さらなる検討が必要である。

ときめきにもとづく選別については、内的統制型の判断に焦点化する方法のひとつとして考えることができるかもしれない。しかし、本研究で明らかになったのは「いまの自分の生活や暮らし方、趣味や志向性」にもとづく統制であり、情動的反応による統制は、少なくとも今回のフィールド調査においてはあまり効果的ではなかった。どのような場面や状況で情動的反応が有効となるのかについても、ホーディングとのつながりのなかで、さらに詳しく検討していく必要がある。

日常生活は小さな意思決定の連続であり、居住空間におけるかたづけは、モノとの対話にもとづく意思決定の積み重ねによって実践されている。本研究は、認知的な活動としてのかたづけについて探索的に検討したものであるが、空間デザインや支援技術への展開も視野に入れて、さらにフィールドでの調査・実験を進める予定である。

引用文献

- 池内 裕美 (2017). モノをため込む心理：誰が、何を、なぜため込むのか？ 廃棄物資源循環学会誌, **28(3)**, 186-193.
- 池内 裕美 (2018). 溜め込みは何をもたらすのか：ホーディング傾向とホーディングに因る諸問題の関係性に関する検討 社会心理学研究, **34(1)**, 1-15.
- 近藤 まりえ (2010). 人生がときめく片づけの魔法 サンマーク出版
- Kondo, M. (2016). Spark Joy: An illustrated master class on the art of organizing and tidying up. Ten Speed Press.
- 中島 美鈴 (2016). ごみ屋敷と ADHD 朝日新聞デジタル (2016.12.9)

² その際、対象者の知人である40代の女性が急遽同席することになったため、後日この女性からも同意書・承諾書を得た。

カテゴリー学習における弁別困難な事例の影響

松香 敏彦[†], エキムジャン ラフィラ[†]
Toshihiko Matsuka, Yafeila Aikemujiang

[†] 千葉大学
Chiba University
matsuka@chiba-u.jp

概要

人間の記憶システムは忘却や虚偽記憶をもたらすなど、不完全であると考えられている。一方で、人間の hochi 認知において重要で基礎的な処理であるカテゴリー化に関する理論では、人間は過去に経験した様々な事例を高い精度で想起し参照することができるとされてきた。本研究では、学習における記憶の曖昧性の効果を検証した。具体的には、事例弁別の感度を定義するハイパーパラメータを操作し、参照する事例の弁別が困難な場面を再現した。計算機シミュレーションを行った結果、弁別困難なモデルでは、曖昧性を回避するために学習が促進され、むしろより強い過剰一般化を引き起こすことが示された。しかし、選択的注意に対応した学習可能なパラメータに制約を設けた場合には、過剰一般化を軽減出来ることが示された。

キーワード: categorization, memory カテゴリー化、記憶

1. はじめに

人間の記憶システムは忘却や虚偽記憶をもたらすなど、不完全であると考えられている。一方で、人間の hochi 認知において重要で基礎的な処理であるカテゴリー化に関する理論では、人間は過去に経験した様々な事例を高い精度で想起し参照することができるとされてきた。Matsuka (2019)らのおこなった記憶の精度を操作したカテゴリー学習に関する計算機シミュレーションの結果では、記憶の精度の低いモデル（想起出来る事例数が実際に経験した数より少ないモデル）は記憶の精度の高いモデルに比べ、特定の事例の影響を受けることなく、また、重要な特徴次元への選択的注意の分配はより効率的であることが示された。さらに、記憶の精度の低いモデルは過剰一般化を回避する一方で、全ての事例において正しいカテゴリーとの関連性を獲得していることも示された。これらのことから、記憶の精度の低いカテゴリー学習モデルは、記憶の精度の高いモデルに比べ知識の抽象化が促進し、より汎用性の高い知識を獲得出来ることが示された。

本研究では、Matsuka らとは異となり、記憶の精度ではなく記憶の曖昧性を再現し、学習における記憶の曖昧性の効果を検証した。具体的には、事例弁別の感度を

定義するハイパーパラメータを操作し、参照する事例の弁別が困難な場面を再現し、その影響を検討する。

2. カテゴリー化モデル

本研究では、事例モデルの1つである ALCOVE (Kruschke, 1993) を応用する。

ALCOVE では、カテゴリー化される I 次元からなる入力刺激 x と記憶されている j 番目事例 R_j の心理的距離 d_j が以下の式で計算される：

$$d_j = \sum_i a_i (R_{ij} - x_i)^2$$

ここで a_i は特徴次元 i に向けられた選択的注意で、多くの選択的注意が向けられた場合（値が高い場合）その次元の特徴は強調され、僅かな違いであっても認識することが可能であり、逆に選択的注意が向けられない場合、その次元にどのような違いがあっても認識されない。

この入力刺激と事例の心理的距離をもとに、その2つの心理的類似性 s が以下の式で決まる。

$$s_j(x) = \exp(-c \cdot d_j)$$

ここで c は刺激スペース全体の類似性勾配で実験者が定義するパラメータである。

次に心理的類似性をもとにカテゴリー O_k の活性化度が決まる。

$$O_k(x) = \sum_j w_{kj} s_j$$

ここで、 w_{kj} は事例 j とカテゴリー k の関連性の重みであり、カテゴリー k と事例 j の関連性が高いほど正の大きな値をとる。例えば、ある入力刺激が過去に見たカテゴリー Z に属する多くの事例に心理的に近い場合、つまり、その入力刺激とそれらの事例の心理的距離が短い場合、 Z の事例群と心理的類似性が高いということになり、類似性の高い事例はカテゴリー Z を集合的に活性化する。

ALCOVE においては、選択的注意の a および事例・カテゴリー間の関連重みの w が（教師あり）学習の対象となっており、勾配法によって間違ったカテゴリー化を最小化するように、重要な特徴次元に選択

的注意を向け、また事例と適切なカテゴリを紐づけるように設計されている。

本研究では、学習における記憶の曖昧性の効果を検証した。具体的には、事例弁別の感度を定義するハイパーパラメータ c を操作し、参照する事例の弁別が困難な場面を再現した (図1参照)。

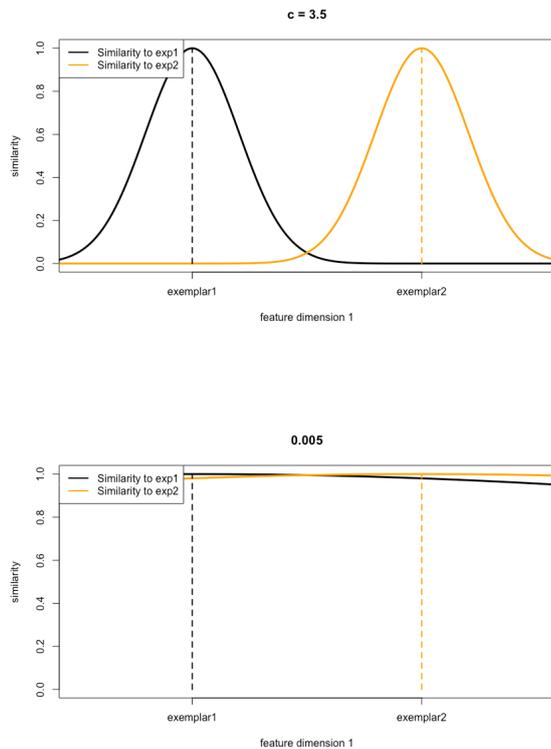


図1. 上：参照される事例の弁別が明確な場面 (moderate c)。下：参照される事例の弁別が不明確な場面 (small c)。

シミュレーション1

本研究では、まず Matsuka ら(2019)と同様の3つのカテゴリ学習課題を用いた。1つ目は事例とカテゴリの結びつきについての検証 (シミュレーション A)、2つ目は選択的注意の分配についての検証 (B)、3つ目は特殊事例への対応(C)についての検証であった。

シミュレーション1A

シミュレーション1A では図2で示された1次元からなるカテゴリの学習を検討した。

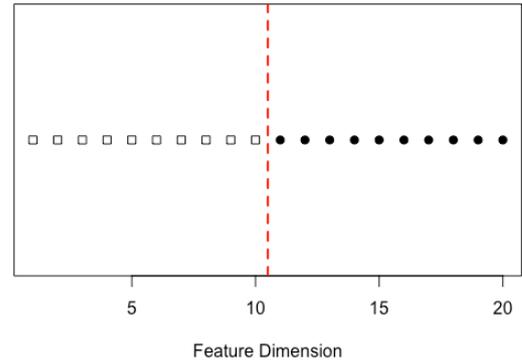


図2.シミュレーション1A で用いた刺激

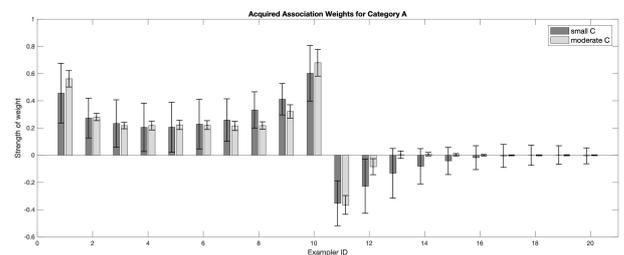


図3.シミュレーション1Aの結果

シミュレーション1Aの結果、参照する事例の弁別が困難な場面であっても、判別が容易である事例に比べカテゴリ境界にある判別困難な事例とカテゴリにより強く活性化すること (強い結びつきがあること) が示された (図3)。

シミュレーション1B

シミュレーション1B では参照する事例の弁別が困難な場面における選択的注意の分配への影響を検証した(図4)。その結果、事例の弁別が容易な場合に比べ、事例の弁別が困難な場面ではより効率的な選択注意の分配が示された。

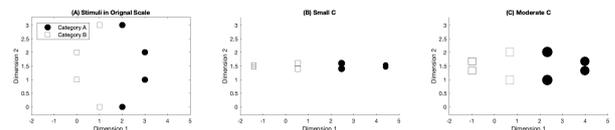


図4.シミュレーション1B

シミュレーション1C

シミュレーション1C では、参照する事例の弁別が困難な場面における特殊事例の影響を検証した。具体的には図5に示すカテゴリの学習課題を用いた。その

結果、非曖昧事例では特殊事例のみに対し過剰一般化が起こったのに対し、曖昧事例では全ての事例に対し過剰一般化が示された。

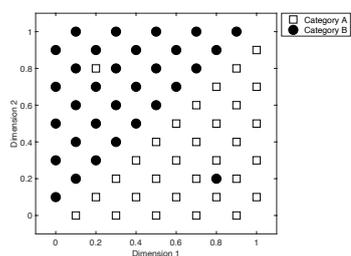


図 5. シミュレーション 1C で用いた刺激

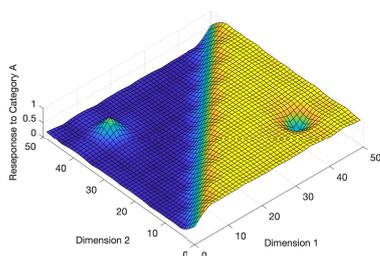


図 6. シミュレーション 1C の結果 — 非曖昧事例

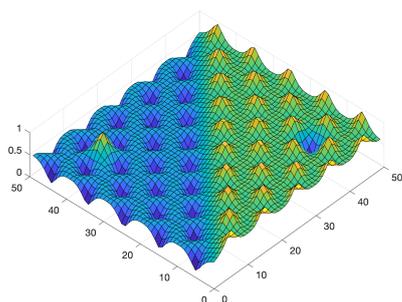


図 7. シミュレーション 1C の結果 — 曖昧事例

3. シミュレーション 2

シミュレーション 1 では、ALCOVE のハイパーパラメータ c を操作したものの、下記の式にあるように刺激スペース全体の類似性勾配を表す c と次元ごとに向けられた選択的注意は分離することが不可能である。そこでシミュレーション 2 では選択的注意に上限 ($a \leq 1.00$) を設けシミュレーション 1 と同様に 3 つのシミュレーションをおこなった。

$$\exp\left(-c \cdot \sum_i a_i (R_{ji} - x_i)^2\right) = \exp\left(-\sum_i ca_i (R_{ji} - x_i)^2\right)$$

シミュレーションの結果、事例とカテゴリーの結びつきに関してはより過剰一般化を導くと思われる学習結果となった。

選択的注意に関しても制約のないモデルに比べより効率的であった。一方で、特殊事例に対する過剰一般化は回避することが示された。

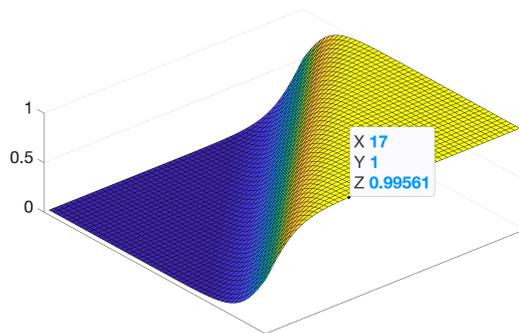
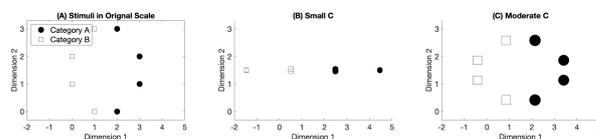
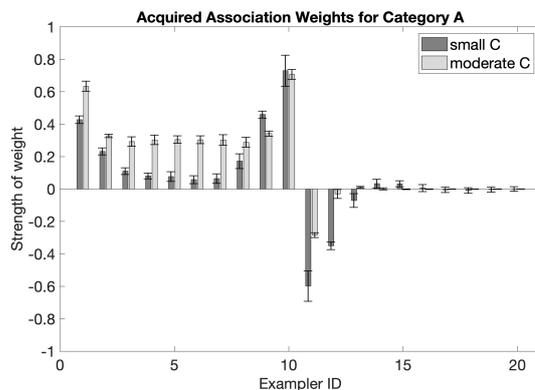


図 8. シミュレーション 2 の結果

4. まとめ

本研究では、事例弁別の感度を定義するハイパーパラメータを操作し、参照する事例の弁別が困難な場面を再現した。計算機シミュレーションの結果、弁別困難なモデルでは、曖昧性を回避するために学習が促進され、むしろより強い過剰一般化を引き起こすことが示された。しかし、選択的注意に対応した学習可能なパラメータに制約を設けた場合には、過剰一般化を軽減出来ることが示された。

いまだ、ペンはキーボードよりも強し

—ノートテイキングの学習効果—

Pen is Mightier than Keyboard yet: Effects of Notetaking.

林 美都子, 太田 鈴香
Mitsuko Hayashi, Suzuka Ohta

北海道教育大学函館校
Hokkaido University of Education HAKODATE
hayashi.mitsuko@h.hokkyodai.ac.jp

概要

本研究ではオンラインもしくは対面学習時のノートテイキング方法の相違, すなわち, 手書き, 写メ, キーボード入力, 眺めるだけによる学習効果の違いを検討するため, ノートの取り方に関する予備調査と理解度テスト作成のための予備実験の後, 大学生 64 名の協力を得て本実験を行った. 各方法で学習させた後, 大学生向け就職試験レベルの理解度テストを実施したところ, 正答得点には統計的に有意な差はなく, 誤答得点はキーボード入力条件でもっとも高かった.

キーワード: ノートテイキング, 手書き, メタ認知, 記憶の精緻化, 熟達化

1. はじめに

近年, コンピュータの普及は目覚ましく, 授業中に手書きではなくノートパソコンやタブレットを持ち込んでノートをとる学生の姿も珍しくはなくなった. Muller & Oppenheimer(2014)が『ペンはキーボードより強し』(The Pen is Mightier Than Keyboard)という刺激的なタイトルの論文を発表したことは, 記憶に真新しい. 彼らは3件の実験を行って, 手書きの方が話者の言葉を自分の表現に置き換えてメモをとる傾向にあり理解度が高いこと, 手書きであれキーボード入力であれ, メモを用いて復習を行うと両者ともに差がなく同程度に良い成績になることを明らかにした. 小林(2000)や辛島・西口(2016)も, 授業中のノートテイキング活動が, 理解や記憶を促進し, 後で復習するために役立つことを指摘している.

手書きのノートテイキングが学習効果を向上させることについては, Muller らの他にも, いくつかの先行研究がある. 岸・塚田・野嶋(2004)は, 講義直後においても2週間後においても, ノートテイキングしないよりもノートテイキングしたほうが成績は良く, ノートテイキング量が多いほどテストの得点が高くなる傾向にあることを示した. 魚崎(2014)は, 講義中に資料に書き込む量が多いほど情報の再生量が多いことを明らかにしている.

手書きによるノートテイキングの学習効果はほぼ間違いなく優れていると言えそうだが, 近年の情報機器の普及を考慮すると, ノートテイキング方法は今後さらに多様化していくことが予想される. 酒井(2019)は87.5%の大学生が講義内でスマートフォンを活用していることを調査で示した. 長塚・山川(2012)は, ノートパソコンを使用したノートテイキングを56%の学生が経験していることを明らかにしている.

このような手書き以外のノートテイキングに関する理解度等についての研究もいくつかあり, スマートフォンの写真機能で講義内容を記録した場合と手書きで記録した場合とで差がなかった(赤堀, 2015)とする研究や, 手書き, キーボード入力, タブレットペン入力を比較して, いずれも記憶量に相違は見られなかったが, 理解度は手書きの方が優れている可能性があるという指摘する研究(辛島・西口, 2016)などがある.

以上に述べた先行研究は, いずれも基本的には対面状況を想定したものであり, オンライン授業においても同様の結果となるのかについての研究は数少ない. 2019年12月ごろから世界的に始まった新型コロナウイルスによるコロナ禍により, オンライン授業を急遽取り入れた学校も多く(文部科学省 a, 2020; 文部科学省 b, 2020), オンライン授業時におけるノートテイキングに関しては, 基礎的な知見の提供が待たれる状況であると思われる.

以上を踏まえ, 本研究では, まず, 対面授業やオンライン授業で大学生が実際にどのようなノートテイキング方法を行っているか, 実態についての予備調査を行い, 上位3種類を比較することとした. また, 公務員受験用の参考書や大学受験用の参考書などを踏まえて学習用の素材とテストを作成し, 予備実験を行って正答率等を確認した上で, 本実験を行うこととした. また本研究では, ノートテイキングの効用のうち, 復習機能ではなく, 主に記憶や理解の促進機能に着目することとした.

2. 予備調査: ノートテイキングの実態

大学生がオンライン授業や対面授業で実際に行っているノートテイキング手法について明らかにし、本実験で扱うノートテイキング手法を検討することを目的として、予備調査を行った。

2.1. 方法

2.1.1. 調査参加者

大学生 28 名。性別や年齢については尋ねなかった。

2.1.2. 調査ツール

アンケートは、Google Forms を用いて作成した。令和 2 年度前期に受講した授業について、対面授業とオンライン授業のそれぞれについて、どのようなノートテイキングを行ったか、複数の選択肢を示し、行ったものをすべて選んでチェックするよう求めるものであった。

2.1.3. 手続き

心理学の概論系の授業 2 科目において、調査目的や個人情報への扱い、回答フォームの URL などを記載したチラシを対面授業もしくはオンラインリアルタイム授業にて配布し、調査協力を求めた。一部の参加者には

LINE を通じて個別に参加の呼びかけをしたが、強制だと受け取られないよう配慮し、任意での参加を求めた。

2.2. 結果と考察

Figure 1 には、令和 2 年度前期の授業における、対面授業とオンライン授業別のノートテイキング方法に関する回答人数をまとめた。オンライン授業時に多いノートテイキング方法 3 件は、「ノートや紙に書きとる」「資料に直接書き込む」「スマホで写真を撮る」であった。対面授業時に多いのは「資料に直接書き込む」「ノートや紙に書きとる」「スマホで写真を撮る」であった。オンライン授業でも対面授業でも、基本的に良く行われているノートテイキングの方法は同じであることが示された。

オンライン授業ならではの特徴的なノートテイキングとしては「画面のスクリーンショットを撮る」、対面授業ならではのとしては「スマホのメモ機能などに入力してメモを取る」が本研究では示された。また、新型コロナウイルス感染症対策として緊急事態宣言が発令された令和 2 年度前期ならではの特徴だと思われるが、対面授業に関しては「その形態での授業がなかったのわからない」との回答も多く得られた。

今回の調査では「パソコンのキーボード入力でメモを取る」はオンライン授業でも対面授業時でも 5 位となり、今のところ多数派ではないことが示された。「タ

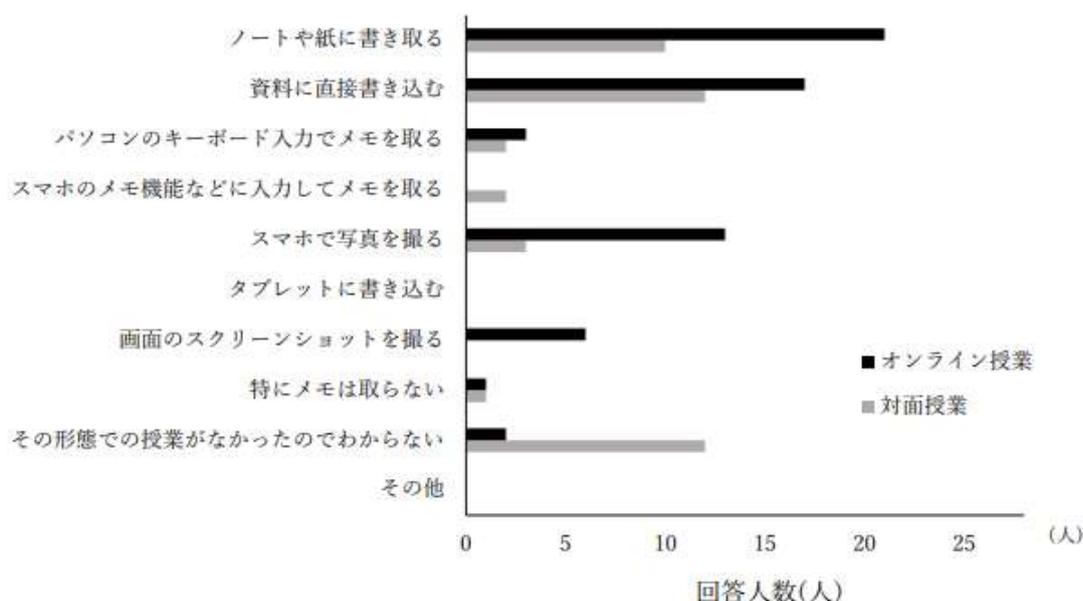


Figure 1. 令和 2 年度前期講義における対面授業やオンライン授業で行ったノートテイキング方法に関する回答人数(人) ※複数選択可能

ブレットに書き込む」を選択した回答者はいなかった。

以上の結果を踏まえ、本実験で扱うノートテイキング手法は、「手書き」「スマホで写真を撮る」「キーボード入力」とした。「ノートや紙に書きとる」と「資料に直接書き込む」は、あわせて「手書き」とみなした。「画面のスクリーンショットを撮る」というオンライン授業ならではのノートテイキング手法は興味深いが、対面学習とオンライン学習とを比較する際に扱いが難しいため、今回は取り上げなかった。

3. 予備実験: 学習課題の選定

次に、本実験で用いる、学習用スライドとテスト問題の選定を行った。公務員試験対策問題集や大学入試参考書などを参考に学習用スライドとテスト問題を作成し、学習用スライドを見せた場合と見せなかった場合における正答得点を測定した。学習用スライドによる学習効果が最初から期待できない、正答率が高すぎてノートテイキングの効果が反映される余地がないなどの事態を避けるためである。

3.1. 方法

3.1.1. 実験参加者

大学生 16 名(男性 2 名,女性 14 名),平均年齢 21.2 歳(SD=1.29)であった。12 名は対面, 4 名は ZOOM を用いたオンライン形式で実施した。

3.1.2. 学習刺激

「資格の大原 公務員講座テキスト社会」,「大学受験名人の授業シリーズ 青木の地学基礎をはじめからていねいに」,「進研ゼミ高校講座高 2 Challenge 生物 06 神経系とホルモン(2015 年 4 月 1 日発行)」,「文部科学省検定済教科書 高等学校理科用生物」を参考に,理科と社会の学習用スライドとテスト問題を作成した。理科分野の学習用テーマは,「銀河と宇宙」,「細胞と分子」,「神経系とホルモン」,「太陽と恒星」,社会分野の学習用テーマは,「現代の諸相」,「社会保障」,「日本の環境問題」,「日本の労働状況」であった。

学習用スライドは,タイトルスライド 1 枚,学習内容スライドが 6 枚,終了通知スライドが 1 枚で構成され,スライドは 1 分 10 秒ごとに切り替えて提示した。テストに関する学習内容については太字と下線であらかじめ強調した。

3.1.3. テスト問題

主に記憶を問う,一問一答形式もしくは選択形式の問題が 8 問(各 1 点配点)と実際の公務員試験で出題され,理解力も必要となる選択問題 1 問(2 点配点)の計 9 問から構成された 10 点満点のテストであった。

3.1.4. 手続き

個別に実施した。学習あり条件では,後でテストを行う旨を伝えて学習用スライドを見せた後,ディストラクター課題を実施した後,5 分間テストを実施した。学習

Table 1. 理科の各学習テーマにおける学習の有無別平均正答得点(点)(カッコ内は SD)

| テーマ名 | 銀河と宇宙 | 細胞と分子 | 神経系とホルモン | 太陽と恒星 |
|------|------------|------------|------------|------------|
| 学習あり | 4.75(1.48) | 5.00(1.58) | 5.75(0.83) | 6.75(2.49) |
| 学習なし | 0.50(0.50) | 1.75(1.30) | 3.25(0.43) | 2.25(1.30) |

10点満点中

()内はSD

Table 2. 理科の各学習テーマにおける学習の有無別平均正答得点(点)(カッコ内は SD)

| テーマ名 | 現代の諸相 | 社会保障 | 日本の環境問題 | 日本の労働状況 |
|------|------------|------------|------------|------------|
| 学習あり | 6.50(1.12) | 7.50(1.80) | 6.75(0.83) | 5.75(1.30) |
| 学習なし | 1.00(0.71) | 3.75(0.83) | 3.50(1.80) | 3.00(1.41) |

10点満点中

()内はSD

あり条件分として2テーマ分の試行を行った後、学習なし条件を実施した。学習なし条件では、学習スライドは見せずにテストのみを2テーマ分5分間ずつ実施した。実験全体の所要時間は約1時間であった。

3.2. 結果と考察

表1には理科の、表2には社会の、学習の有無別平均正答得点と標準偏差を示した。平均正答得点を参考に、本実験で用いる学習材料の選定を行った。

理科分野に関しては「細胞と分子」「神経系とホルモン」を用いることとした。「銀河と宇宙」は学習なしでの正答平均点が0.5と低く、学習した場合でも4.75であったため、難しすぎるのではないかと考え、省くこととした。「太陽と恒星」は、学習ありでの正答が6.75と高かったため、天井効果が生じる恐れがあると判断して用いないこととした。

社会分野に関しては、「現代の諸相」と「日本の労働状況」を用いることとした。「社会保障」も「日本の環境問題」も、いずれも学習なし条件でもそれなりに高い点となっており、学習するとさらに高得点となったため、天井効果が生じる可能性が高いと判断し、用いないこととした。

4. 実験

予備調査と予備実験の結果を踏まえ、手書き、キーボード入力、スマホで写真、ノートテイキングなしの4種類のノートテイキング方法の違いが、オンライン学習時と対面学習時とでどのような学習効果の違いをもたらすか検討を行う。

学習成績(正答得点)は、手書き、キーボード入力、ノートテイキングなし、スマホで写真の順で低くなると予測した。手書きの方が理解度は高くなる(Muller & Oppenheimer, 2014, 辛島・西口, 2016)ことが報告されており、手書きする場合、与えられた情報をそのままメモすると手がだるくなるため、ある程度情報を咀嚼し要点を記述するという、記憶の精緻化活動やメタ認知の使用が促進されやすいと考えられるためである。キーボード入力でも類似の効果は生じえるが、手書きと比較して話者の表現をそのままメモしていることが多かったとの指摘(Muller & Oppenheimer, 2014)があるため、手書きほどの効果は望めないと予測した。スマホで写真は、何も考えなくても機械的に行うことが出来る行為であり、後で復習することに特化したノートテイキ

ングであり、復習段階を設けない本研究では成績の向上は見込めないと予測した。美術館を見学するときに写真撮影したことにより記憶成績が低下したとの先行研究(Henkel, 2013)もあることを踏まえると、スマホで写真をとる行為に注意力を割いた結果、ノートテイキングしない条件よりも成績が悪くなる可能性もあると考えた。

4.1. 方法

4.1.1. 実験参加者

大学生66名の協力を得た。そのうち、対面学習群とオンライン学習群は半々で、各33名であった。

4.1.2. 学習課題

予備実験で選定した4テーマから2テーマずつを、カウンターバランスを考慮して組み合わせ、実験参加者1名につき用いた。手書き条件では、A4用紙2枚をメモ用紙として用いるよう与えた。キーボード入力条件やスマホで写真条件では、参加者が日頃使っているノートパソコンやスマートフォンを用いてもらった。

4.1.3. ディストラクター課題

秘書検定の問題集から、実験に用いたテーマと出来るだけ異なる2文章を選び、タイピング入力を求めた。

4.1.4. テスト課題

予備実験に基づいて、対面学習群にはテスト問題と解答欄が一体化したテスト用紙を、オンライン学習群には同内容のものをGoogle Formsで示した。

4.1.5. 手続き

実験は参加者1名もしくは参加者2名で実施した。実験の概略と個人情報の扱いについて説明し、参加の意思を確認した後、「これから〇〇に関する学習スライドを見ていただきます。重要な語句や文は太字で書かれ、下線が引かれています」と伝えた。ノートテイキングは4種類あり、まずそのうちの一種類を参加者に与えた。「手書き」条件の場合は「〇〇さんは、手書きでメモを取りながら、出来るだけ内容を覚えるように意識してスライドを見て下さい」、「写真」条件では「〇〇

さんは、スマホで写真を撮りながら、出来るだけ内容を覚えるように意識してスライドを見て下さい」、「タイピング」条件では「〇〇さんは、タイピングでメモを取りながら、出来るだけ内容を覚えるように意識してスライドを見て下さい」「ノートテイキングなし」条件では、「〇〇さんは、メモを取らずに、出来るだけ内容を覚えるように意識してスライドを見て下さい」と教示を行った。その後、「学習内容が書かれたスライドは全部で6枚あり、スライドの切り替えは一定時間ごとにこちらで行います。学習後、主にスライドに出てきた内容から出題されるミニテストを行います」と伝え、質問があるか確認した。

3分間、ディストラクター課題としてタイピングを実施した後、5分間ミニテストを行った。テストの際には、メモなどは見ないようにお願いした。ミニテスト終了後、学習テーマと難易度を変えて、2試行目を実施した。2試行目終了後、課題の難易度やノートテイキング方法の困難さ、回答時間の長さなどについて内観報告を求め、実験は約40分で終了した。

5. 結果

5.1. 平均正答得点

Figure 2には、学習状況(対面・オンライン)とノートテイキング方法別に平均正答得点を示した。2要因分散分析を行ったところ、交互作用はなく($F(3,120)=1.53, ns$)、学習状況の主効果もノートテイキングの主効果も示されなかった($F(1,120)=2.19, ns$; $F(3,120)<1$)。

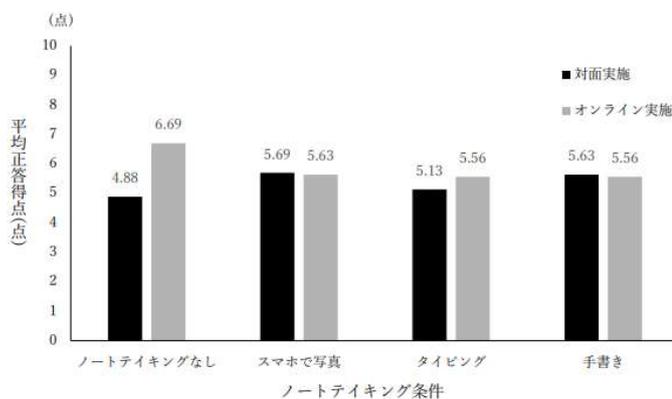


Figure 2. 対面学習とオンライン学習時における各ノートテイキング方法別の平均正答得点(点)

5.2. 平均誤答数

Figure 3には、Figure 2同様に平均誤答数を示した。2要因分散分析を行ったところ、交互作用はなく($F(3,120)=1.36, ns$)、学習状況の主効果もなかった($F(1,120)=2.27, ns$)。ノートテイキングの主効果には統計的に有意な傾向が示され($F(3,120)=2.30, p<.10$)、LSD法による多重比較の結果、タイピング条件の平均誤答数が手書き条件や写真条件よりも多かった($Msc=2.51, p<.05$)。

5.3. ノートテイキングの困難度別正答得点

Figure 4には、指定されたノートテイキング方法で学習することによってどの程度困難さを感じたか別に、平均正答得点を示した。困難さ評定は5段階で求めたが、そのままでは参加者人数に偏りが生じるため、1や2と評定した参加者を簡単群(30人)、3と答えた参加者をちょうどいい群(19人)、4もしくは5の場合は難しい群(47人)とした。一要因分散分析を行った結果、困難さ別の平均正答得点の差は統計的に有意であった($F(2,93)=4.56, p<.05$)。LSD法による下位検定の結果、簡単群とちょうどいい群の間には差が示されなかったが、いずれの群も難しい群よりも有意に得点が高かった($MSc=3.84, p<.05$)。

6. 総合考察

本研究では、ノートテイキング方法の違いによって学習効果に差が生じるというよりは、慣れたやりやすい方法でノートテイキングを行うことが大切である可

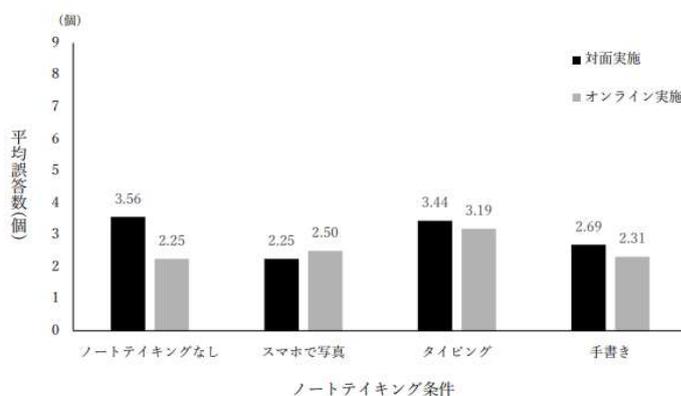


Figure 3. 対面学習とオンライン学習時における各ノートテイキング方法別の平均誤答数(個)

能性が示された。現在のところ、手書きによるノートテイキングになじみのある学生が多いため、不慣れなキーボードによるノートテイキングを行って入力ミスによる間違いを身に着けてしまうよりも、手書きしたほうがより良い成績がもたらされる可能性が高そうである。ただし、今後、手書きよりもキーボード入力に慣れた学生が増えた場合、この結果は変化するであろう。また、本研究では、学習がオンラインであるか対面であるかは学習効果の違いを生じさせていなかった。

現時点では、先行研究(Muller & Oppenheimer, 2014)同様、手書きの方がキーボード入力よりもノートテイキング手法として有利なようである。本実験の結果、正答得点には差がなかったが、キーボード入力の場合には誤答数が増えた。予備調査の結果、今のところ手書きの学生が多くキーボード入力の学生はまだあまり多くないことや、本実験の結果、ノートテイキング方法の違いというよりは、感じた困難さの違いが正答得点の差を生んでいることが示された。これらのことから、キーボード入力に不慣れなことが問題であり、慣れることによって、今後、キーボード入力によるノートテイキングが有利になっていく可能性のあることが示唆されたように思われる。

また、本研究ではオンラインであれ対面であれ、学習効果に差はなかった。このことは、コロナ禍等の事情によりオンライン授業を余儀なくされた場合であっても、対面授業と同等の学習効果をもたらすことが示されたと考えることが出来よう。ただし、本研究では、約5分程度の短い学習時間かつ、テストも直後に行っているため、45分や90分と言った長時間の学習状況でも同様の結果となるとは限らない。前向きに解釈するな

らば、オンライン授業は短時間でこまめに行う工夫をすれば対面授業と同等な学習効果をもたらすことが示唆されたと言えようが、今後、さらなる検討が望まれる。

謝辞 本研究は、第二著者の卒業研究の一部をまとめ直したものである。

主な引用文献

- [1] Henkel, L.A. (2013). Point-and-Shoot Memories: The Influence of Taking Photos on Memory for a Museum Tour. *Psychological Science*, 25, 396-402.
- [2] 辛島光彦・西口宏美(2016). 大学講義における学生のノートテイキングに関する一考察—手書きとキーボード入力、タブレットペン入力との比較— *人間工学* 52, S268-S269.
- [3] 岸俊行・塚田裕恵・野嶋栄一郎(2004). ノートテイキングの有無と事後テストの得点との関連分析 *日本教育工学会論文誌* 28, 265-258.
- [4] 文部科学省(2020). 新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえた大学等の授業の実施状況(令和2年7月1日時点) https://www.mext.go.jp/content/20200717-mxt_kouhou01-000004520_2.pdf (2021年7月1日参照)
- [5] 文部科学省(2020). 新型コロナウイルス感染症対策の現状を踏まえた学校教育活動に関する提言(令和2年5月1日) https://www.mext.go.jp/content/2020508-mext_kenshoku-000007079_1.pdf (2021年7月1日参照)
- [6] Mueller, P.M., & Oppenheimer, D.M. (2014). The Pen Is Mightier Than the Keyboard: Advantages of Longhand Over Laptop Note Taking. *Psychological Science*, 25(6), 1159-1168.
- [7] 酒井佳世(2019). 大学生のスマホの関わりが大学生活に与える影響 *久留米大学コンピュータジャーナル* 34, 26-32.
- [8] 魚崎祐子(2014). 短期大学生のノートテイキングと講義内容の再生との関係—教育心理学の一講義を対象として— *日本教育工学会論文誌* 38, 137-140.

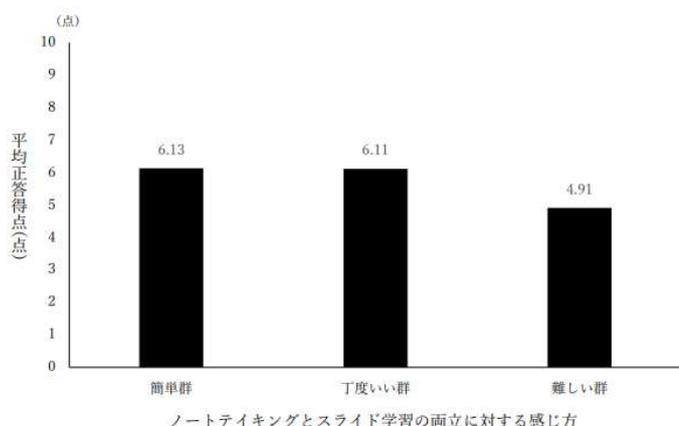


Figure 4. 指定されたノートテイキング方法の困難度別平均正答得点(点)

自律的相互学習を支える『隣の学習者』と『ざわめき』

— 相互扶助・共感・マスキング —

All Those Noises

-- support, empathy and masking in autonomous mutual learning --

原田 康也¹, 坪田 康², 鍋井 理沙³, 赤塚 祐哉⁴, 森下 美和⁵

Yasunari HARADA, Yasushi TSUBOTA, Lisa NABEI, Yuya AKATSUKA, and Miwa MORISHITA

¹⁻⁵早稲田大学情報教育研究所, ^{1,4} 早稲田大学, ²京都工芸繊維大学, ³東海大学, ⁵神戸学院大学

Waseda University, Kyoto Institute of Technology, Tokai University, Waseda University, Kobe Gakuin University
harada@waseda.jp, tsubota.yasushi@gmail.com, lisanabei@tsc.u-tokai.ac.jp, akatsuka@waseda.jp, miwa@gc.kobegakuin.ac.jp

Abstract

The authors have collected audio and video recordings of students interacting among themselves in tasks intended to help them acquire communicative skills in English. Observation and analysis of those recordings strongly suggest that existence of “other students” and interactions among themselves are crucial factors in making it possible for the learners to attain those goals in autonomous mutual learning.

One way of figuring out how communication is possible is to observe successful cases and contemplate on what made them successful. The other way is to observe failures and contemplate on what was needed to make those unsuccessful cases successful. Study on second or foreign language learning may be a typical case of the latter.

In this presentation, we will focus on the importance of classroom noises, chit-chats, murmurs and repetitions of what other students uttered, which we find in abundance in interactions among those students. Those noises are important aspects of their interactions, through which students support themselves.

Keywords —Noise, Student Well-Being, Autonomous Mutual Learning,

1. はじめに¹

多人数対話の研究も含め、コミュニケーション成立の要因を探ろうとする研究には2つの対極的なアプローチが存在し得る。1つは、うまくいっているコミュニケーションを観察し、成功の要因を探ろうとするものである。もう1つは、うまくいかなかったコミュニケーションを観察し、失敗の要因を探ろうとするものである。実際には様々な要因の複合的・相乗作用的効果が想定されるため、いずれのアプローチも簡単ではないが、外国語でのコミュニケーションの難しさやロボットとの対話の不気味さをきっかけとする考察は後者の典型例と言えるかもしれない。

¹ 本稿は全体として [1] と [2] に記載した内容が出发点となっている。特に本節は一部で [1] の 1. 自律的相互学習における『ざわめき』の意義 の記載内容を繰り返している。

著者たちは受講生のインタラクションを重視した授業を実施し、その様子を録音・録画などによって記録し、様々な観点からの観察と分析と考察を試みてきた。授業では受講生の自主性を重んじ、積極的な活動を期待して「自律的相互学習」を目指して多様な課題を提供してきたが、学習者の「自律的相互学習」を支える最大の要因が「隣の受講生の存在」にあることに2006年ごろから着目して来た。

教室における教員と学生のコミュニケーション、学生間のコミュニケーションについて、2020年度においては極めて外的な理由によって、教室でのコミュニケーションを成立させる重要な要素である『ざわめき』が阻害されることになった。そのことが逆に、教室でのコミュニケーションの成立における『ざわめき』の意義・重要性を再認識するきっかけとなった。本稿では著者たちがこのように考えるきっかけとその理由について、すでに公開済みの資料での記載内容との重複をおそれずに詳述を試みる。『ざわめき』をオンラインでいかに担保するかが今後の検討課題となろう。

2. 学生間インタラクションの重要性²

学生間のインタラクション（相互作用）を確保し、学生間の全人的な交流を担保することは、すべての授業において重要であるが、大学での生活・勉学・人間関係の構築を始めた段階にある新入生を対象とした少人数クラスの外国語の授業においては、この点が特に重要である。100人、あるいは500人といった大規模な受講者を想定した講義科目においては、学生間の対面でのインタラクションを重視した学習課題は、工夫のしかたによっては実現可能であるが、実施そのものがそれほど容易ではない。一方、外国語のクラスにおいては受講者の人数が100人を超えることはまれであ

² 本節は一部で [2] の記載内容を繰り返している。

り、授業の実効性を求めるなら 50 人を超える設定にはしないであろう。したがって、単純に人数的な観点から、大規模講義科目と比較して外国語科目が学生間の密接なインタラクションを重視した授業実施の実現可能性が高い。また、授業内容についても、大規模講義科目が知識の体系的な伝達を重視しがちであるのに対して、外国語科目に置いては一定の知識・スキルの習得が必須となる。知識・スキルの習得を通してより高次の思考能力の獲得を目指すとはいえ、具体的な技能・運用能力の練習という意味で、外国語科目においては必然的に対面的な課題を前提とすることになる。

3. 『応答練習』とプレゼンテーション

早稲田大学法学部における第 1 著者の英語の授業を例にすると、2019 年度までのコンピュータ教室における授業では学生を 3 人ずつのグループに分け、課題となる質問文を名刺サイズのカードに印刷した 10 枚組のセットを各グループに配布し、一人の学生が質問を読み、もう一人の学生が（質問を見ないで）回答し、もう一人の学生がタイムキーパーとなり、回答後に相互評価して次の質問では役割を変える、という『応答練習』³を継続してきた。これは、日本人大学生が苦手なりスニングとスピーキング、特に英語で質問を聞き取り直ちに英語で回答するという経験をするための練習であるが、その過程での副産物・副作用として、『応答練習』の質問とそれに対する応答をきっかけとして、学生同士が日常生活についてのさまざまな雑談を日本語で行い相互に交流することの意義も大きかった。

この『応答練習』に続けて、30 分ほどの時間で 400 語を目標に作文を書き授業中にファイルを提出し、翌週までに時間をかけて仕上げた作文のファイルとプリントアウト 6 部を用意し、作文を 6 名程度のグループで相互チェックしたうえで翌週に再修正版を提出するという作業も継続していた。ここで重要なのは、受講生が課題・宿題として提出する作文を読むのが担当教員ではなくクラスメートであり、その中で書いたことから受講生同士がお互いの個人的な経験や内面的な葛藤について知り合うという、英語の学習からすると副次的に思えることが、クラスの中での有効な人間関係の醸成に大きく貢献し、そのことから学生の（他の授業も含めた）出席率が維持・向上し、すみやかな単位取得と卒業へとつながっていくという効果であった。

³ 詳細については [1-3] を参照。

2020 年度の授業開始前後に早稲田大学理事会が決定した授業の「オンライン化」にあたって、一方では大学の正規・公式な LMS への集中がシステムダウンにつながる恐れがあり、一方では早稲田大学の正規・公式な LMS がその年度からの運用開始となることから教員集団の習熟度が全体として低いこともあり、第 1 著者は小テスト的な課題についておおむね web page に記載し回答は google フォームで集め、作文はメールでファイルを受領する体制を取り、作文の相互チェックについては担当教員の手作業でファイルの交換を行うこととした⁴。対面での学生間のインタラクションが難しいことから、学期開始当初は『応答練習』の実施は未定としていたが、5 月連休明け後に春学期の授業が始まった次の週に各授業で Zoom を試用してみたところ接続に大きな支障はなく、学生もすでに十分慣れている様子であったので 6 月に入ってから Zoom を本格的に使用することとし、春学期残りの 8 週間と秋学期の 15 週間は Zoom のブレイクアウトルームを活用して、受講生を 3 人ずつのグループに分ける『応答練習』と受講生を 4 人ずつのグループに分ける小グループ・プレゼンテーションの課題を中心に、教室でと同じようにオンライン授業を進めることとした。⁵

しかし、『応答練習』を Zoom のブレイクアウトルームに進めたところ、教室における対面での進行と比べて大きな違いがあることが明らかとなってきた。教室においては、『応答練習』には ice-breaker としての働きが認められる。英語の質問に対して英語で答えるという大部分の新入生が経験したことのない課題に受講生はひるみ、1 週目の授業では質問に答えられないまま押し黙っている学生も多いが、2 週目・3 週目となると学生の表情が緩み、1 月もしないうちに談笑しながらこの活動に取り組む受講生が増えてくる。誰にとっても簡単な課題でないことが次第に分かってきて安心するという部分もある。毎回の授業で座席配置を変え、これに伴ってグループの構成も変えているので、授業が進行するにつれて、クラス全体の顔と名前を少しずつ憶えて緊張がほぐれてくる。英語での質問・英語で

⁴ 英語科目受講生総数が 90 名を超え、クラスによって詳細は異なるもののほぼ隔週に作文の相互チェックを行うため、一週当たりの授業後のクリック数は受領したファイルの保存だけで 500 回を超えていた可能性がある。コンピュータ教室での作業であれば、同様の目的の作業に要するクリック数は授業コマ数の 5 倍、すなわち 30 回程度に抑えられていた。

⁵ 詳細については [2] に報告。

の回答の合間に、質問に関連する話題について日本語で雑談している受講生も多い。こうした様々な要素が重なって、クラス全体が一体化し、遅刻や欠席がほとんどない授業運営が可能となっていた。『応答練習』を進めているあいだ、教室の中はかなりのうるささで、体感で室温も上がっている。学生たちはこうした『ざわめき』にかき消されて自分たちのグループの中のやり取りもなかなか聞き取れない状態で、大きな声で質問を読み上げ、大きな声で答えようとしていた。しかし、Zoomのブレイクアウトルームにはこうした『ざわめき』がなく、受講生たちは孤立した小グループで慣れない英語でのやり取りを進めることになる。

Zoomのブレイクアウトルームで『応答練習』を進めてみると、2か月ほど経過して春学期が終わるところになっても、クラスの雰囲気は相変わらず硬いままであった。4月に入学して対面での入学式も中止され、校舎に集まることもないまま5月半ばからオンラインで授業を受けて来た受講生にとって、クラスメートといっても相変わらず他人のままである。『応答練習』で質問を読み上げるときには自分の発音のまずさに注意が集中してしまう。自分の回答がちぐはぐで流暢でないことを意識せざるを得ない。同じような現象は、対面でもクラスの人数が少なく10人以下、3グループほどしか構成できない時にこれまでも経験してきたところであるが、Zoomのブレイクアウトルームでは3人ずつのグループに分かれるので、ほかのグループによるがやがやとした音声の『ざわめき』がなく、質問と回答の音声に意識が集中しすぎてしまう。雑談を切り出すきっかけもつかみにくい。

教室では他のグループの進行状況がわかるため、『応答練習』を始めると、途中で雑談をはさみながらもある程度の時間で大部分のグループが終了に至るが、ブレイクアウトルームだと、盛り上がらないままあっという間に終わらせてしまうグループと、雑談に夢中になっていつまでたっても終わらないグループ、終わった後にまったく無関係な雑談や他の科目の試験対策の相談を延々と続けているグループとの差が激しい。教室では『応答練習』のあとにリスニングや文法練習などの一斉学習的な課題が控えているが、2020年度のオンライン授業では受講生間の習熟度の違いが大きいことから、『応答練習』以外の課題は個別のオフライン的な学習課題にして大部分を自習に任せため、復帰すべきクラス全体の活動もなく、ますますグループごとに課題を進めるペースが異なってしまう。教室におい

ては、自分のグループだけでなく、隣のグループの受講生に助けを求めたり、声をかけたりすることもあるが、そうしたグループをまたがる非公式のインタラクションもブレイクアウトルームでは不可能であった。

4. 教員からの指示・伝達の受容⁶

現在の大学生のコミュニケーションの取り方とコミュニケーションに対する態度には様々な問題がある⁷。一方では、無発言行動に見られるような、発言すべき場面、発言を求められている場面で押し黙る学生が多いことも課題である⁸。一方で、教員からの指示・伝達を聞いて理解することができない、聞こうとする気持ちのない学生がかなりの割合で存在する。これは、一つには小学校ないしそれ以前からの授業時や課外活動における教員の態度や発声や拡声器の使い方一因があるかもしれない。また、電車やバスで通学する学生を典型として、車内放送や公共の場でのアナウンスメントが騒音としか感じられず、耳をふさぐ習慣を身に付けている⁹ことも一因かもしれない。さらに、ケータイ・スマホの時代を経て、特定の発信者からの着信・連絡以外には応答しない、着信すること自体も拒否する、というような態度が一般的となっており、大学教員が前提とするコミュニケーションが全体として極めて難しくなっている。

教室におけるコミュニケーションとして典型的なのは、教員からの指示・伝達とその受容であろう。第1著者の実感として、大学の授業で受講生に対して何らかの説明や指示を行ったとして、その内容に注意を集中して傾聴し、その内容を直ちに理解して実行できる受講生は限られている。1990年代になって、第1著者はコンピュータ教室で英作文の授業を行うようになった。1996年の秋学期以降、それまでLL教室で行っていたリスニングを中心とする英語の授業をコンピュータが並んだマルチメディア教室で実施するようになった。英作文を中心としてプレゼンテーションを交えた授業をコンピュータとプロジェクタを備えたマルチメディアゼミ室などで行うことも多くなった。

コンピュータの操作を交えた実習系の授業において

⁶ 本節は [1] の記載内容と重なる部分がある。

⁷ 第1著者は他の共同研究者たちと [4] でこうした問題の根源を探り、解決策となる授業のあり方を提示しようとした。関連して岡田昭夫が [5, 6] などで現代の大学生たちの情報機器との接し方について重要な指摘をしている。

⁸ 無発言行動については岡本能理子による [7] を参照。

⁹ [8] に興味深い指摘がある。

は、受講生にかなり具体的で詳細な指示を行う必要がある。あらかじめ重要な項目をリストアップした資料を用意して、学生間モニタなどから提示しつつ授業を進めても、操作についてこれられない受講生が一定の割合で存在する。コンピュータ教室での授業の良いところは、学生の後ろから画面を全体として眺めながら指示を進めると、混乱している学生だけ画面の色や様子が明らかに異なっていてすぐにわかる場所である。

- A をしなさい、という 1 ステップの指示には大部分の受講生が追従できる。
- A をして B をしなさい、という、条件分岐のない 2 ステップの指示もそれほど問題がない。
- A をして、B なら C を、D なら E をしなさい、という条件分岐が入ると、半分以上の学生が混乱する。
- A をして B をして C をしなさい、という条件分岐のない 3 ステップの指示も追従できない学生が多い。

こうしたことは、コンピュータ教室で受講生の後ろに控えて具体的な指示をしながらか授業を進めると、ソフトウェアの画面遷移に応じて画面の色が異なるためにすぐに実感できるのだが、コンピュータ操作などが関わらない抽象的な話題について受講生のうちの何割がきちんと理解できているのか不安となる。2000 年以降はコンピュータ教室などが次第に整備され、入学者のリテラシーも向上したこともあって、ゼロベースでコンピュータの使い方や基本的なソフトウェアの使い方についてステップを踏んで説明することはなくなっているが、授業中の課題・授業時間後の宿題について学生間モニタに表示しながら指示をしている。それでも、何をすべきか十分把握できず、何をすべきかある程度理解しても具体的なところが理解できずに授業のペースに追従できず、前後左右の受講生にいちいち教えてもらう受講生¹⁰もかなりの割合で存在する。¹¹

¹⁰ こうした受講生が複数集まったブレイクアウトルームで何がおこるか、写実的なビデオクリップがある。

<https://youtu.be/8c-up99IOzM>

¹¹ 早稲田大学法学部では 2005 年度のカリキュラム改革に際して、英語の授業では *medium language* として英語を使うことに決定したが、教員からの指示を英語で行っても、それを理解できず、あるいは理解しようとせず、隣の受講生に日本語で教えてもらう受講生が大部分だとすると、伝達言語を英語にした意味が損なわれてしまう。2000 年度から 2018 年度まで *PhonePass / SET-10 / Versant English Test* を用いて行った調査で大部分の受講生のリスニング・スピーキング習熟度が *CEFR* で A1~A2 と判定されたという結果から考えると、この試みには若干無理があったかもしれない。

5. 「隣の受講生」の存在と『ざわめき』

「隣の受講生」の存在に支えられた「自律的相互学習」の実態を解明することは容易ではないが、これは授業における『ざわめき』として観察され得る。しかし、*signal vs. noise* の対立の図式からもわかる通り、授業の観察・記録において『ざわめき』は主要な興味・関心の埒外にあるとして無視・排除されがちである。受講生の中の指定された学生の発言や中心的課題である特定の受講生間のやり取りと比べて、記録が難しい。多人数同時発話を対象とした研究はその書き起こしもきわめて難しく、その分析には多くの困難を伴う。筆者たちの研究においても、これまでは日本人大学生を中心とする英語の授業における英文の読み上げ、質問に対する英語での応答、英語での発表、発表に対する質問とこれに対する回答など、英語による発話（と関連して受講生が作成し提出する発表用スライドや原稿などの文書）が中心であった。一方、授業中の『ざわめき』は、多数のグループで同時に実施する活動全体が織りなす『ざわめき』もあるが、受講生同士が自発的に行う日本語での相談・雑談・相互扶助などの総体が織りなすものである。筆者たちのこれまでの研究においても、興味・関心の中心は受講生の英語による発話にあり、それ以外の『ざわめき』については、ある意味で「偶発的」に記録されたものについて、たまたま試験的に一部の書き起こしを行ってみたいというような状況にとどまるが、そうした書き起こしからも、『ざわめき』を織りなす受講生のやり取りに豊かで多様な「自律的相互学習」の一端を垣間見ることができる。

著者たちは受講生のインタラクションを重視した授業を実施し、その様子を録音・録画などによって記録してきた¹²。観察・分析の主たる対象は受講生の英語による発話・発言・発表であったが、日本人同士が日本の大学で受ける授業であるため、音声記録には日本語による発話・発言も多く含まれている。

第 1 著者は 2004 年度に早稲田大学特定課題研究助成費の交付を受け、年度末にアレスシ製ハードディスクレコーダ 1 台・同社製 8ch フェーダ 2 台・SONY エレクトレット・コンデンサ・マイク 12 本・マイクケーブル 12 本・可動式機器保管庫によって構成される 12 チャンネル同時録音可能な音声収録装置を購入した。通例は授業の冒頭で、30 分程度で行う『応答練習』

¹² 本節の以下の部分の一部 [3] に基づいている。

を始めるように指示をして、直ちに録音をはじめ、受講生・グループごとに進行が異なるところがあるが、最後のグループの『応答練習』が終わったところで録音を停止するため、グループによっては『応答練習』を始める前または終了した後のやり取りも記録される。受講生にはマイクを手で持って質問を読み上げ、質問に答えるよう指示しているが、カラオケ世代であるため自分の発話が終わったとたんに無意識にマイクのスイッチを切ることが多く、録音の予期せぬ中断も多い。また、他グループとの物理的距離はそれほど大きくないため、他グループの活動の様子がある程度の明瞭さで収録されている場合もあり、教員によるクラス全体あるいは特定のグループに対する指示や、そのほかの学生間のやり取りが音声として残っていることもある。

2006年度に科研費が採択となり、30GB ハードディスク内蔵 SONY ハンディカム DCR-SR100 とBluetooth 接続ワイヤレスマイク HCM-1 を 14 セット購入した。受講生のインタラクションの記録と分析を目的とした科研費が 2015 年度に採択となり、360 度全天周カメラ RICOH Theta V と 3D マイクロフォン audio-technica TA-1 を 12 セット用意し、『応答練習』ならびに小グループでの発表の記録を 2018 年度秋学期の後半から収録し始めた。2019 年度の春学期と秋学期を通じて収録したところで、2020 年度の授業はオンライン実施となり、収録が中断している。ビデオカメラ・全天周カメラについては受講生が操作をするため、『応答練習』前・『応答練習』後のやり取りはどちらかという記録されないままになりがちである。

2007 年度 4 月の春学期開始から 2 週目の授業で『応答練習』が一通り終わったところでの 3 人の受講生のやり取りを確認してみると以下のような内容が含まれていたことが確認できた。¹³

- 作業の確認
 - いま行うべき課題の確認
 - 必要な操作・詳細の確認
 - 共同作業の分担・進行の相談
- 相互扶助
 - 作業・操作についての問い合わせ
 - 作業・操作についての助言
 - 作業に伴う感想の共有

- コメント
 - コメントに対する共感
- グループ外の音声
 - 教員から教室全体への指示・教材提示
 - 教員からグループへの指示
 - 他グループの音声
 - 他グループからの介入

ざわめきには、相互扶助や共感性をたかめるなど、その発話の内容から直接的に想起される効用もあるが、それ以外にも、受講生のインタラクションを重視した需要に実施の上で有効な、さまざまな副作用的効用もある。教室全体ががやがやとした『ざわめき』に含まれていると、個々の発話が聞こえにくくなるが、英語が得意でない・英語の発音に自信がない受講生にとっては、自分の音声が『ざわめき』に埋もれることが救いとなる。がやがやとした『ざわめき』に含まれていると、授業の課題と少し離れた雑談をしやすくなる。教室全体ががやがやとしていることで、いま声を出す課題の時間であるということが無意識のうちに認識できる。教室全体のざわめきが消え、静かになることで、他のグループは声を出す課題を終了して、ほかの課題に進んでいるということが無意識のうちに感じられる、というような進行の調整という b 効用もある。

6. Zoom の利便性と制約

第 1 著者は 2001 年度に早稲田大学特別研究期間の適用を受けスタンフォード大学言語情報研究センターに訪問研究員として 1 年間滞在している間に、早稲田大学メディアネットワークセンターと KDDI グループとの共同研究の一環として MP4 を利用した遠隔通信会議システムを試用して週に一度程度の定期的な打ち合わせを早稲田大学メディアネットワークセンター関係者で行っていた。その後 2010 年前後に Skype や Webex を使うことを求められたが、最初に接続に成功するまで手間がかかり、セキュリティの懸念も含めて積極的に使用する気にはならなかった。2020 年 4 月になってから、早稲田大学が全面オンライン授業という方針を示し、Moodle + collaborate を推奨したが、実質的に特定の browser でしか使用できないということで使用を見合わせた。Zoom について早稲田大学は 2020 年 3 月から 4 月の時点では極めて消極的であったのだが、実際には広く使うようになった。

Zoom が Webex などと比べて普及した理由はさま

¹³ [9] で口頭にて紹介予定。書き起こしは研究協力者の河村まゆみ（言語アナテータ）による。

ざまに取りざたされているが、会議主催者としても参加者としてもとりあえず使いやすい、特に端末機種・端末 OS・ブラウザなどあまり選ばず、web 会議に慣れていない参加者に対してはメールで送ったリンクをクリックしてもらうだけで会議に接続できる、という手軽さが普及した最大の理由であろう。¹⁴ブレイクアウトルームが簡単に設定できて使えることも、グループ活動を好む現在の大学生の雰囲気や active learning を取り入れようとする大学の方向性にマッチした側面もあるかもしれない。

しかし、Zoom のとっつきやすさとは裏腹に、細かいところでいろいろな制約や使いにくさもある。例えば、さまざまな端末機種・端末 OS・ブラウザなどに対応しているといっても、CPU の種類や処理性能に依存した制約も大きく、たとえば背景の「ぼかし」は本稿執筆時点の 2021 年 6 月 25 日では特定 CPU ではでは利用可能だが別の CPU では利用できない。録音・録画やチャットの記録を残すことができるが、ブレイクアウトルームに出たり入ったりすると、その都度録音・録画やチャットの記録が途切れる。複数端末からの多重ログインが可能であるが、別端末で Zoom にログインしないで参加しようとするとは参加できない。別端末からログインして参加すると、そのアカウントをブレイクアウトルームに参加させて、次々と巡回させることも可能となるが、大学の語学の授業では 10 前後のブレイクアウトルームを設定することも多く、それぞれの録音・録画をおこなおうとすると端末がそれだけ必要となり、機器の準備だけでなくスペース的な制約も大きくなる。第 2 著者は 2020 年度の授業で手持ちの iPad でそれぞれのブレイクアウトルームに参加し、音声出力をミキサー経由で混合して聞くことで全体の進行や介入が必要なグループの存在をチェックしていた。第 4 著者は 2021 年度の授業でタブレットを利用した試みを実施することを検討している。

オンラインの授業では教室に比べて実行可能な活動に制約が多いのはやむを得ない部分もあるかもしれない。教室での授業というのは、信頼関係が構築された、あるいは構築されるべき場で、オンラインに比してプライバシー等についてゆるい設定となるのは当然であるかもしれない。Zoom も含め、オンラインで授業を

実施するという場合には、プライバシー・個人情報の保護や著作権に対する配慮が教室での授業よりも深刻な課題となる。教室での対面の授業においても、配慮申請者からの申請内容を他の受講生にうかつに漏らさないように授業を進めるといった難しい課題もあるが、オンライン授業では外部からの侵入・介入や外部への漏えいが現実的な可能性として常に想定範囲内となる。また、悪意ある侵入や漏洩だけでなく、操作ミスや不十分な設定も問題を引き起こす可能性がある。Zoom で画面共有したときにどの画面（ウインドーまたはモニタ）が共有されているのか、勘違いしやすいため、オンライン授業に際して受講生に対して見せるべきでないものを見せてしまう事故が話題になるが、研究上・校務上・教務関係の秘密情報をうっかりと見せてしまうことが懸念としては一番大きい。第 1 著者のオンライン授業では、課題の提出に際して氏名・学籍番号の明示的な記載は求めず、クラスと出席番号だけで処理しているが、他の教員の授業での習慣からか、そうした情報を記載してしまう受講生も多い。

Zoom も含めオンライン会議システムにはブラウザの使用などと比較すると大きなセキュリティリスクが想定され、使用する端末は専用とすべきであるが、多くの大学は授業専用 PC を専任教員に配布することの検討すらしておらず、非常勤講師にとっては経済的負担がさらに大きいはずである。早稲田大学では 1990 年代から専任教員全員に教員貸与 PC・教員用共通プラットフォーム PC の名称で PC を提供していたが 2017 年度で新規貸与を停止し、2019 年 12 月で制度が打ち切りとなった。大学教員は研究予算で PC 等の機器を用意できる場合もあるが、これを教育や校務の打ち合わせに使用することは目的外使用にあたる可能性も高く、授業用の機器は別予算で手配されるべきであるのに、2020 年度にはこうした経済的な課題が等閑視されたままオンライン授業が進行していった。

7. そして 2021 年度

2020 年 3 月の学部・大学院の卒業式も 4 月の入学式も中止した早稲田大学では、感染予防措置を取りながら 2021 年 3 月の卒業式と 4 月の入学式を対面で実施し、新学年の授業は対面 7 割・オンライン 3 割を目標として開始し、東京都の新型コロナウイルスまん延防止等重点措置・政府の新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言発令に際しても対面授業を継続した。対面かオンラインかは大学理事会の方針に従いつつ各学部・研

¹⁴ Webex も実際には遜色はないのだが、第 1 著者がそうであるように、先行して開発・運用されていただけに、使い勝手の悪かった時代の印象を引きずっている潜在的ユーザが多く、普及の妨げになったのではないかと思われる

究科など授業設置個所が授業種別に従って決定しているため、学生にとっては同じ日に対面授業とオンライン授業が混在するのが一般的となり、オンライン授業をキャンパス内のラウンジや指定教室等で受講するという状態となっている。入学式もなく、入学後にクラスメートと顔を合わせることもなく授業も開始されないまま5月半ばまで過ごし、その後も主にオンライン授業にだけ参加してきた2020年度の新入生とはいろいろな条件が全く異なっている。授業も本来の予定通り4月初旬には開始となり、例年通り15回の授業回数も各学期に確保されている。第1著者の新入生向けの英語の授業も、おおむね(7割ぐらいは)2019年度までとほぼ同じような進め方で実施し、『応答練習』や少人数グループでのプレゼンテーションもZoomで実施しているが、2020年度とは受講生の反応が異なっている。授業そのものがオンラインでの実施となっても、対面で知っているクラスメートとそうでない顔ぶれとでは対人関係の在り方が大きく異なる。また、オンラインの授業とはいえ、クラスメートが同一の教室や同一の号館内にいる可能性も大きく、そこで雑談を始めることも、顔見知りになったクラスメートに助けを求めることも、高校時代の友人たちに助けを求めることも2020年度よりははるかに容易である。そうした意味で、2020年度の状況は唯一無二の経験になる可能性が高いが、その時の経験から何が得られたのか改めて省察しておく必要性和意義は高いであろう。

謝辞

本稿で紹介するこれまでの研究の実施にあたって、著者たちは以下の研究経費等の支援を受けている。

- 科研費基盤研究(C): 課題番号 20K00884 「英語プレゼンテーションとパターンプラクティスの有機的な連携による音声活動の充実化」(研究代表者: 坪田康)
- 科学研究費補助金・若手研究: 研究課題 20K13884 『英語授業で批判的思考力を育む教育方法の開発: 国際バカロレアの英語科目を切口に』(研究代表者: 赤塚祐哉)
- 科研費基盤研究(C): 課題番号 18K00846 『雇用現場で求められる実用的英語スピーキング能力とは何か?: 探索的研究』(研究代表者: 鍋井理沙)
- 科研費基盤研究(B): 課題番号 15H03226 『日本人英語学習者のインタラクション(相互行為)を通

じた自律的相互学習プロセス解明』(研究代表者: 原田康也)

- 早稲田大学特定課題研究助成費(研究基盤形成)・課題番号: 2021C-023 『相互作用を通じて帰属感・安心感を高めるオンライン英語学習のための基礎研究』(研究代表者: 原田康也)
- 早稲田大学特定課題研究(2021C-366) 『批判的思考力育成のための英語授業開発: 国際バカロレアの教育方法を参考として』
- 早稲田大学特定課題研究助成費(研究基盤形成)・課題番号: 2020C-029 『自律的相互学習: やり取りを楽しみながら談話力を高める英語学習方法の開発と検証』(研究代表者: 原田康也)
- 早稲田大学特定課題研究助成費(研究基盤形成)・課題番号: 2019C-023 『インタラクション(相互作用)を通じて談話力を高める英語学習方法の検討』(研究代表者: 原田康也)
- 早稲田大学特定課題研究助成費(基礎助成) 課題番号 2018K-024 『日本人英語学習者の自律的相互学習におけるインタラクションデータ分析手法の研究』(研究代表者: 原田康也)

文献

- [1] 原田康也・赤塚祐哉・鍋井理沙・坪田康・森下美和, 「自律的相互学習における『ざわめき』の意義」, 電子情報通信学会技術報告 TL2021-5, vol. 121, no. 87, pp. 15-19, ISSN 0913-5685 / ISSN 2432-6380, 社団法人 電子情報通信学会, 2021年6月26日.
- [2] 原田康也・赤塚祐哉・坪田康・鍋井理沙・森下美和, 「オンライン授業における学生間のインタラクション(相互作用)と全人的な交流機会の担保」, 日本認知科学会第37回大会発表論文集, pp. 278-287, 日本認知科学会, 2020年9月17-19日.
- [3] 原田康也・森下美和・鈴木正紀・横森大輔・遠藤智子・前坊香菜子・鍋井理沙・栗原奈子・山田寛章・河村まゆみ, 「自律的相互学習の記録と分析からインタラクションの楽しさへ: 外国語としての英語自動処理の難しさを超えて」, 電子情報通信学会技術報告 TL2018-53, vol. 118, No. 516, pp. 17-22, ISSN 0913-5685 / ISSN 2432-6380, 社団法人電子情報通信学会, 2019年3月11日.
- [4] 原田康也・阪井和男・栗山健, 『ポスト・エヴァンゲリオンの教理問答』の復活: 知的能力発達可視化・論理的推論能力・価値の創発, 言語学習と教育言語学: 2016年度版, pp. 37-46, 日本英語教育学会・日本教育言語学会合同編集委員会編集, 早稲田大学情報教育研究所発行, 2017年3月31日.
- [5] 岡田昭夫, 「ネットワークによる授業統合の爛熟期を迎えて: 当世風学生メディア・コミュニケーション行動の再考」, 2012 PC Conference 論文集, pp. 287-290, 2012 PC Conference 実行委員会, 2012年8月5日.

- [6] 岡田昭夫・内山綾子・黒沢彩聖・垣田和紀, 「インターネット嗜癖・スマホ依存脱却のための教育プログラム: プシケネットの挑戦」, 2015 PC Conference 論文集, pp. 203-206, 2015 PC Conference 実行委員会, 2015年8月21日.
- [7] 岡本能理子, 「第四章 ことばの力を育む」, 小宮山博仁・立田慶裕編, 『人生を変える生涯学習の力』, p. 102, 評論社, 2004年5月15日.
- [8] 小勝健一, 「車掌の口、乗客の耳: 車内放送のメディア文化史」, 北海道大学国際広報メディア・観光学院平成21年度修士論文, 北海道大学, 2010年3月25日.
- [9] 原田康也・赤塚祐哉・鍋井理沙・坪田康・森下美和, 「自律的相互学習における『ざわめき』の意義」, 電子情報通信学会思考と言語研究会, オンライン, 2021年7月3日.

時間的解釈が問題構築に与える影響

The Effects of Temporal Construal on Problem Construction

平田 瑞貴[†], 三輪 和久[‡]

Mizuki Hirata, Kazuhisa Miwa

[†]名古屋大学

Nagoya University

hirata@cog.human.nagoya-u.ac.jp

概要

問題を明確化したり新たに設定したりすることを問題構築と呼び、創造的問題解決場面において重要である。本研究では時間的解釈が問題構築に与える影響を検討する。実験では、プライミング課題によって時間的解釈を操作し、問題構築課題の成績を評価した。その結果、時間的解釈を近く誘導されると創造性スコアが高かった。また、時間的解釈の違いが、独創性スコアと品質スコアの間異なる相関関係を生み出した。抽象的な解釈がよい問題構築に繋がる可能性を示唆している。

キーワード : creativity, problem finding, problem construction, temporal construal, construal level theory

1. はじめに

日常場面・公的場面等を問わず、よりよい解決策が求められる状況は多い。例えば、大事な会議の日に寝坊しないための工夫を挙げなければならない状況や、コロナ禍における会社の経営方針を定めなくてはならない状況などである。こうした状況におけるよりよい解決策は、解決策自体を検討するよりも解決すべき問題を明確化したり新たに設定したりする(問題を構築する)ことで得られる場合がある。この問題構築は問題解決の上では表面化されにくい一方、創造的問題解決の分野で注目されてきた。特に、創造的問題解決の最初のコアプロセスとして説明され[1]、強く影響を与える[2][3][4]と考えられている。しかし、問題構築自体に影響を与える要因については、知識[5]や感情[6]など現象的な側面から限定的にしか検討されてこなかった。

そこで本研究では時間的解釈が問題構築に与える影響を検討する。時間的解釈は知覚する時間的距離感覚を表す言葉である。時間的距離は解釈レベル理論が示す心理的距離の一つであり、解釈レベル理論は対象までの知覚した心理的距離の違いと物事の捉え方の違いを解釈レベルという概念を用いて説明した理論である[7]。心理的距離には時間的距離、空間的距離、社会的距離、仮想性という4つの次元が存在し、知覚した心理的距離が遠くなるほど解釈レベルが高くなるとされる。また、解釈レベルが高い状態ではより抽象的な概念で物事を捉えることから、解釈レベルは創造性に深く関係すると言われている。具体的には、解釈レベルが高い

状態に誘導されると、低い状態に誘導された場合に比べて、高い創造性を発揮するという成果が出ている[8][9]。事前に明日の生活について想像した参加者は1年後の生活を想像した参加者に比べ、創造的問題解決課題の創造性が高く評定される回答を提出した[8]。解釈レベルと創造性の関係について、物事を抽象的に捉えることが高い創造性につながっているのではないかと推測されている。このことは創造性の活性拡散の観点から考察されている。物事を抽象的に捉えると、もとの状況から遠く離れた多様な捉え方にアクセスできる可能性が高まり、多様な捉え方が高い創造性を持つアイデアへ辿り着ける可能性を高めると考えられているのである[8]。しかし、創造的問題解決に先立つ問題構築において、この説明が成立するかは明らかでない。

解釈レベルが問題構築に与える影響を検討することは、現象的な側面からよりよい問題解決策を生み出すための手がかりになるほか、創造的問題解決に先立つ問題構築を、遠く離れた多様な捉え方へのアクセスとといった、過程に即した側面から検討する第一歩となりうる。解釈レベルを操作する心理的距離の一端として、本研究では時間的解釈を扱った実験を行った。

2. 方法

Participants 学生 60 名が WEB 上で実験に参加した。

Procedure 参加者は明日(時間的距離:近)条件と1年後(時間的距離:遠)条件の2条件へ無作為に割り当てられた。明日条件, 1年後条件, それぞれ30名ずつであった。基本調査を終えた後、プライミング課題, 問題構築課題からなる本調査に取り組んだ。プライミング課題は、未来の生活を想像させ、そこでしていたことを記述させるものである[8]。ここで、明日条件の参加者は明日, 1年後条件の参加者は1年後を想像させた。これにより参加者の時間的解釈を操作できる。問題構築課題は問題状況のシナリオを読ませ、よりよい解決をするために最も考えるべきだと思うことを「どうすれば私は…できるだろうか」という形式に当てはまるよう回答させるものである[2]。これにより、問題解決する

うえでは表面化されにくい問題構築を分析できるようになる。問題状況は先行研究より2つ用意され、一つは「あなたは大学の授業でグループ課題に取り組んでいます。しかし、あなたのグループのある学生は話し合いに出席せず、割り当てられた進捗状況も示していません。また、あなたはその学生と連絡をとるのに苦労しています。」もう一つは「あなたは国が主催する国際交流パーティに参加しています。しかし、お酒を少し飲み過ぎた知人が、他国を代表する参加者たちを困らせ始めました。」というシナリオである[2]。

3. 結果

「わからない」と回答した参加者を除いた58名のデータについて、問題構築課題の創造性スコアは、創造性をテーマとする3名の研究者が回答の独創性と品質を5段階で評定し、評価者間信頼性(級内相関係数, ICC)を確認したうえで、産出した各参加者の独創性スコアと品質スコアの積を用いて算出された[2]。なお前述の問題状況において、最も創造性スコアが高かった回答は「どうすれば私は他の学生が協力してくれるように働きかけることができるだろうか」、最も低かった回答は「どうすれば私は上手くできるだろうか」だった。

独創性スコア、品質スコア、創造性スコアの基礎統計量は以下の通りとなった(表1)。表1の上段の値は平均値、括弧内の値は標準誤差である。

表1 問題構築に関するスコアの平均値と標準誤差

| | 独創性スコア | 品質スコア | 創造性スコア |
|--------|--------|--------|--------|
| 明日条件 | 2.15 | 2.65 | 5.53 |
| (n=29) | (0.12) | (0.11) | (0.31) |
| 1年後条件 | 2.33 | 3.02 | 7.22 |
| (n=29) | (0.14) | (0.09) | (0.59) |

対応のないt検定を実施した結果、創造性スコアは、1年後条件($M = 7.22$)が明日条件($M = 5.53$)に比べて有意に高かった($t(56) = 2.55, p < .05$)。また、品質スコアについて、1年後条件($M = 3.02$)が明日条件($M = 2.65$)に比べて有意に高かった($t(56) = 2.60, p < .05$)。なお、独創性スコアについては、両条件間の有意差は見られなかった($t(56) = 1.00, p > .10$)。また、それぞれの条件ごとの解答の傾向を見るために、条件ごとに相関分析を行った。その結果、明日条件では独創性スコアと品質スコアの間には負の相関が見られ($r = -0.46, p < .05$, 図1参

照)、1年後条件では独創性スコアと品質スコアの間には正の相関が見られた($r = 0.50, p < .01$, 図2参照)。

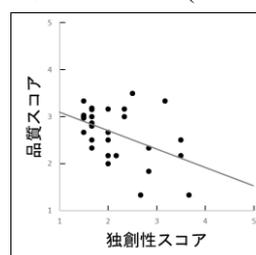


図1 明日条件

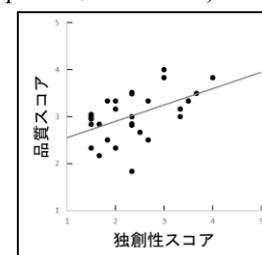


図2 1年後条件

4. 考察

本実験の結果、時間的解釈を近く誘導されると創造性スコアが高かった。これは、遠く離れた多様な捉え方へのアクセスが問題構築に影響を与えることを示唆する結果である。また、時間的解釈の違いが、独創性スコアと品質スコアの間異なる相関関係を生み出した。これは、解釈レベルの違いによって問題を構築する際の観点の違いが生じた可能性が示唆される。これらの考察のより深い検討のため、今後の課題として、時間的距離以外の心理的距離が問題構築に与える影響を検討すること、またその際に創造性に関する尺度以外の視点からも検討してみることなどが考えられる。

文献

- [1] Mumford, M.D., Mobley, M.I., Reiter-Palmon, R., Uhlman, C.E., & Doares, L.M. (1991). Process analytic models of creative capacities. *Creativity Research Journal*, 4, 91-122.
- [2] Reiter-Palmon, R., Mumford, M. D., O'Connor Boes, J., & Runco, M. A. (1997). Problem construction and creativity: The role of ability, cue consistency, and active processing. *Creativity Research Journal*, 10, 9-23.
- [3] Arreola, N. J., & Reiter-Palmon, R. (2016). The effect of problem construction creativity on solution creativity across multiple everyday problems. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 10(3), 287-295.
- [4] Getzels, J.W., & Csikszentmihalyi, M. (1976). *The creative vision: A longitudinal study of problem finding in art*. New York: Wiley.
- [5] Lee, H., & Cho, Y. (2007). Factors affecting problem finding depending on degree of structure of problem situation. *The Journal of Educational Research*, 101(2), 113-124.
- [6] Chen, B., Hu, W., & Plucker, J. A. (2016). The effect of mood on problem finding in scientific creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 50(4), 308-320.
- [7] Trope, Y., & Liberman, N. (2010). Construal-level theory of psychological distance. *Psychological Review*, 117(3), 1024.
- [8] Förster, J., Friedman, R. S., & Liberman, N. (2004). Temporal Construal Effects on Abstract and Concrete Thinking: Consequences for Insight and Creative Cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 87(2), 177-189.
- [9] Polman, E., & Emich, K. J. (2011). Decisions for others are more creative than decisions for the self. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 37(4), 492-501.

概念形成に関する「圏論的」解釈について

A Category-theoretic Interpretation of Concept Formation

美馬 義亮†

Yoshiaki MIMA

† 公立はこだて未来大学

Future University Hakodate

mima@fun.ac.jp

概要

知識概念は、「表現の対象」を表わす複数の言葉（キーワード）間の関係（概念マップ）として表現されるところと考える。記号間の関係にすぎない形式知も、学習者がそれらを解釈する活動（グラウンディング、接地）を通して、概念理解を促すことができる。本稿では「圏論」の考え方の一部を援用し、人間の概念獲得プロセスの解釈を試みる。

キーワード：学習、圏論、概念構成、記号接地

1. はじめに

数学の一分野である「圏論」の考え方を、認知科学的研究に援用するという試み [1] が始められている。本稿では、構成主義的な立場（たとえば [2]）をもとに、認知科学的な対象である理解のプロセスについて考察する。ここでは、学習とは自己の拡張に伴う変化と考える。概念とは、自己拡張を行うための様々な道具の働きそのものであり、その記述でもある。

本研究の主たる動機は、人の学習活動に関する記述である。主として「深い学び」と呼ばれるような概念形成過程を説明するために、「抽象化」や「概念獲得」に関して、関手や可換図式などの「圏論的」な考え方をを用いて、具体的な例を併記しながら説明を試みる。

この議論の延長上に、「概念構造の複雑さとは独立に、問題によって分かりやすさが異なること」に関する解釈が可能になると考える。

2. 「理解」について

2.1 概念理解への筋道

高校の数学で出会う「微分法」のように、多くの人が、最初に聞いたり、読んだりしただけでは、すんなり理解したと思うことが、難しく感じるようなものがある。このような学習の場においては、理解に至るまでの段階では、「書いてあることが何を意味するのか、不明」な気分になるのだが、もし理解できたとすれば、

「まさに教科書に書いてある通り、当然のことである」としか感じられないという経験をすることになる。

このとき、「あらたに与えられた道具が、いつのまにか手に馴染むように使えるようになり、それを使うときには意識する必要すらなくなる」ように、透明化され、身体に一体化されるという経緯をたどる。

こうした概念理解の前後においては、学習者の周辺ではいったい何が変化しているのか。学習者が、抽象的な概念に対して「わかる」と概念獲得を意識できるとき、そこにはどのような現象が起こっているのだろうか。

2.2 概念の表現

概念に関する観念的な議論になることを回避する努力の一つとして、考察の対象となる概念の具体例をあげてみる。高校数学の範囲でいえば、様々な学習单元、たとえば「三角法」、「ベクトル」、「微積分」などは重要な数学概念であろう。これらは高校数学の枠組みの中で独立性の高い「概念」として捉えることができる。

「概念」という言葉の意味について、本稿の中では、詳しく検討を行うことはできないが、「概念が言葉や図形を用いて表現できる」ことを仮説的前提として受け入れて議論をすすめたい。

実際に、高校数学に関連する概念は、数学の教科書に記述されており、高校生は教科書を読むことによりその概念を知識として身につけることができ、その概念にもとづいた解釈や、問題解決行動を行うことができるようになる。

概念の記述に必要な、知識表現の構成について振り返ってみる。数学の教科書の中に記述されている大切なものの一つは、「平均の速さ」とか「瞬間の速さ」というような新しい数学用語なる言葉であり、それらの言葉に対する解説である。用語の解説は、既存知識を

用いて説明がなされることもあれば、その場に出現した新たな用語の関係として表現される場合もある。

高校数学として学ぶ個々の概念（学習の単元に相当するもの）は、それぞれが独特の構造をもつ。これらの概念を理解するという事は、それらの概念に基づいて、その数学が記述する個々の事例に関する出来事を再現・解釈することや、より高度な数学の理解に役立るようになることである。

理解の過程では、このようにして、概念を構成する関係をなぞる状態から始まるが、場合によっては、概念や用語の存在を意識せず、事例の再現・解釈ができるようになってしまう（透明化される）こともある。

2.3 概念理解のプロセス

学習者が書籍などをおして、あるいは教員の支援を得て、知識を獲得することは、よくある学習形態のひとつである。

ここでは、手始めに書籍のような非対話的なメディアを対象として行われる知識獲得について、抽象的な概念が獲得されるまでのプロセスについて、記述を試みる。

学習の前提：学習者は、対象となる知識を得るための前提となる「前段階の知識」を持つことが想定されている。この知識とは、自分自身のなかで、その対象ならびに対象の操作、操作結果について、言語的による表現が可能な程度に整理がなされており、学習者が説明のためにそれらの言葉を自由に使える程度の状況になっていることが望ましい。

語彙の拡張：まず、学習の手がかりとなる「知識の概念」を記述するためのテキストや形式化された図式により表現されたもの（つまりは概念が表現されたものである）。これらは、日本語や英語などの自然言語や、状態を表す図などで記述されている。

未知の概念を「わかる」ためには、まず、「わからないもの」が存在するはずである。論理的構成からみると、最初に理解すべき「わからないもの」は概念の要素を表す言葉である。

獲得しようとしている概念の構成要素を表す技術用語などは、学習者にとっては、未知の語彙であり、それが意味することを説明ができない状態から学習が始まり、学習の前提となる知識で、これらの用語と対照的理解をすすめることになる。

概念を学習し、知識を形成し、説明するためには、一般に複数の用語が必要である。それらの用語に対しては、その意味を与える説明が（たとえば、テキスト

の中に）存在し、「概念の地図」となってネットワーク構造を形成する。

概念の論理的構成の理解：概念に付随して登場する対象用語を用いて、これらの用語について、言葉で表現したり、図で示すことにより、それらの関係を指し示すことがなされ、その概念に関連した用語間の抽象的な構造が与えられる。

ただし、これらの知識は、「記号先行型」とでも言えるものであって、その説明をうけたからといって必ずしも、学習者がどの概念を道具として使えるものではない。

これに、高校数学の学びを対応させると、用語の定義、定理の証明や公式の導出などが、対象を定義し、対象を扱う手順を与える段階がまず存在する。

この段階で、学習者の立場から理解を語るとおそらく、「(教科書が) 伝えようとしていることはわかったけれど、それほど実感が伴っているわけではない」とか「アタマではわかった」、という程度の理解になるだろう。

概念と具体事例の関係づけ：上記のような状態から、さらに理解をすすめるためには、学習者は多くの具体事例での体験を積む。高校数学における、ベクトルの学びを例にとれば、学習者はベクトルの意味するものの定義、ベクトルの大きさ、ベクトルの合成、ベクトルの内積、などの用語の意味を理解する。ここまでは、ベクトルの世界の言葉の意味を知り、記号としてのベクトルの扱い方について知ることがその学習内容である。

つぎに、それぞれのベクトルに設定された制約や性質を用いて、「この線分の長さは50でなければならない」というような、2次元平面上の幾何学図形の性質を導くことができるようになれば、ベクトルの概念の理解が一定程度成立したと考えることができる。

これらの概念獲得を行うのに用いられるのが、「問題集」である。抽象性の高い理論は、その背景に数多くの具体事例をもっていて、それらの具体事例から抽出された共通の性質のみを取りまとめたものなのである。

学習者は、操作の結果の体験を数多く重ねることにより、ベクトルが頭の中に、自然に思い浮かべることができるようになる。ベクトルは、そもそもは、被除湯に自由な方向をもった線分としてイメージするものなのだろうが、多くの問題を解いた後は、それらの方向つき線分を思い浮かべる方法に構造やきまりが現れるようになる。たとえば、複数のベクトルが視点を固定して、終点のある面上に置くという図などはそうい

うもの一つであろう。

操作を伴う理解：数学の学びであれば、理論をもちいて問題解決を重ねるうちに、自然に問題解決が必要になったとき特定の手法を思い出すというように、道具としての数学が自己の活動を拡張するような状態がたちあらわれる。このような状態に至ることが、当初の学習の目的であった。

高校生の学習スタイルの中には、操作に慣れることに関する学習のみがたち現れる場合もある。この場合には、問題は解けるのだが操作の意味が説明できないといった状況に陥っているケースもなくはない。

学習された概念は、一般に自分の拡張となるため、場合によっては意識されることもなくなることも起こりうるが、逆に、自己の拡張を実現した道具の意識化も起こりうる。

概念の意識化：新規に概念を理解する場では、これまでのべてきたように、言語や図形による記述としてあたえられたあと、具体的事例に基づき操作を始めることになる。このとき、概念の記述を参照しながら、道具使用の結果（効果）に対する関係を、注視するということが行われている。

操作の直感と概念がこのように強く結びつき、言語表現が可能なレベルで、意識化された解釈がなされる場合には、概念学習の過程が説明可能になる。

理解の失敗：「勘違い」という言葉は、概念再構成の失敗を示すものである。与えられた、概念を再現することは、その構造が一定の複雑さを持っているならば、それほど簡単なことではないことは多くの人が経験的に知っている。

概念を理解しようとしたとき、学習者の中には、既存の知識のネットワークで支えられた、新たなネットワークノードが構築され、それらのネットワークノード間に張り渡されたノード間に一定の関係を構築する。

「勘違い」のケースでは、いったん理解したと考えた概念に関するネットワークは、部分的には安定性をもったネットワークであると考えられていても、同時に存続すべき、ネットワーク同士が、それぞれ共存できない場合と考えられる。

従って、本当の意味の理解とは、矛盾のない概念ネットワークを再現することである。さらに、人の理解を確認するためには、その概念ネットワークが、文字や図によって表現され、他者に（再）伝達されうるものでなければならない。

概念表現と知識（再）伝達：矛盾なく表現された概念の表現は、学習を完了した者から、他者にはたらきか

け、概念の再構築をもたらし、結果として概念の移転を果たす。

このようにして、個人の中で確立された概念は、表現され、さらに、他者と伝達されていくわけだが、とはいえ、他者に伝達できるだけの概念獲得ができていくかは別問題である。一人前に概念の利用ができると感じて、他者に教えようとしたとき、疑問がいろいろ湧いてくるというのは少なくない。

3. 圏論の枠組みと思考概念

3.1 本研究の中での圏論の位置づけ

本稿では、圏論の考え方について言及するが、ここでの議論は、数学という分野の中で圏論を用いてなされている議論とは独立な部分が多い。圏論の概念を用いて、議論を進めようとはするが、むしろ、現段階では、「圏論」という分野で作られた定理などの、議論のほとんどを無視して論をすすめているわけで、研究としても萌芽的な段階でしかない。

3.2 本研究から見た圏論の骨格

現状では圏論分野で明らかにされている性質（定理）のほとんどを有効に利用しないにもかかわらず、圏論という数学の一分野の枠組みを援用していると主張する理由について説明を行う。数学的概念としての厳密な定義は専門書に譲るべきではあるが、ここでは、圏論から援用できると考える基本的な考え方について紹介する。

援用の一番の理由は圏論の枠組みの基礎にある「対象」というものが、人間が思考するときの「思考の対象」として（紙の上に）表現できることである。また、「思考の対象」間の関係の表現に利用しうる「射」という概念がある。射は、対象同士の関係や対象への作用を表す一方向の矢印として（やはり、紙の上に）表現することができる。

さらに、圏論においては、対象と射のあつまりとして表された関係や遷移の表現をまとめて「圏」と呼ぶ。圏は、ひとつの「(数学的)世界」に対する表象である。

圏論にはさらに、ひとつの圏からもう一つの圏へ対象と射の関係を表現することができる「関手」という概念がある。ことなる圏にあるものであっても、関手が存在するとできる場合には、二つの圏のなかのにある二組の対象同士の関係がある種の可換図式を満たす。可換図式というのは、大ざっぱな例えをすれば、実体と影のようなもので、一方の世界での関係が、他

方の世界に変形されながらも対応した映像として映し出せるようなものである。

3.3 具体物の抽象化, 同一性

圏論自体の記述対象は数学の世界のなかのものに限ると想定されているかもしれないが, その考え方を, 数学の対象とは考えにく様々な現象や事物にあてはめていわゆる哲学的な解釈を深めていくことは可能であろう。

圏論に関連した, 同一性 (アイデンティティ) にも関わる哲学的な考察 [5] にあるように, 圏論の枠組みは, 抽象化や知識構造の等価性の議論においては有効だと思われる。

4. 身体知と形式知間の対応について

一般に社会に共有される概念は, 紙や電子媒体のような伝達媒体上で記号化・言語化された形で存在する。前節までで紹介した, 概念と圏論的思考スタイルに関する考察をもとに, 以下のような仮説を立てた。

「記号化・言語化された形式知を理解するプロセスとは, 操作対象の概念的操作などの身体知をもとに, 形式知の記述を『なぞる』ことによって, 身体知が形式知と同じ型をした構造であることを確認しようとする行為」だと考える。

身体的体験で捉えられた対象や体験が言葉で語られるという事実は, 記号が対象や体験に結び付けられる仕組みがどこかに存在することを意味する。逆に, 両者を結びつける具体的な方法が存在しなければならない [3]。

学習者の中では, 「このような感覚」とか「このような操作」に結びつく身体知とそれに対応する形式知であるラベルは (多くは意識的に) 対応づけがなされ, 形式知として与えられた, 記号化・言語化された情報と比較される。

このような, 形式知の学習で起こっていることを, 内観的に観察してみると, 学習者は, 身体知的表現 ⇄ 形式知的表現での注視のやり取りを繰り返し, 思考過程において, その思考の表現が, 身体知的表現, 形式的表現のどちらを, どのように経由しても, 矛盾がおこらないように感じる状態にある。この対応が確認できたときに, 学習者は「腑に落ちた」「合点する」と感じ, 「理解」が成立する。

5. 理解の容易さ・困難さについて

形式知の理解が身体知への対応の構築に基づくものである考えると, Wason の選択問題 [4] のように, 形

式知の理解において分かり難さが大きく異なる問題があることの原因を説明できることがわかる。

対応する「身体知としてのパターンが経験されている形式知に対しては, 身体知⇄形式知の対応の確認を行えば良いだけなので, 理解までの手順は比較的短くて済む。しかし, 与えられた形式知に対応する身体知のパターンが, それまで経験で蓄積されていない場合には, その形式知を接地しうる身体知がなく, 理解に達することができなくなっていると解釈できる。

与えられた説明を納得するために, 連装して結びつく身体知が存在すれば, そこで納得, 差もなければ, 身体知を構築するわけにはいかず, 「アタマではわかる, 形式知」で納得するという結末を迎えるのかもしれないし, このような理解のための, 形式知をもたない場合には, 身体知を構築するための体験を求めることになるのかもしれない。

数学の時間に, 学習者が練習問題をたくさん解くことを勧められるのは, この身体 (経験) 知を築くためだと解釈できる。

6. 形式知を身体知に接地することの意味

こうした, 身体知と形式知の結びつけることによって少なくとも2点のメリットがあげられる。

一つ目のメリットは, 身体知の記号表象が行われることは, 個人的思考の中で「身体知の固定化」可能になることである。個別の認識者が世界の中で認識した, 存在感覚, 構造, 手続きなどは, 暗黙的な経験や知を記号化することにより, 自身の記憶を用いた, 保存と再生を可能にすることができる。

二つ目のメリットは, 「記号化された知」は外部化し, 主体である学習者から独立し, 一人歩きをすることが可能となることである。これは, 個人の作業のなかでは, 計算式を示すと数値的な計算がなされるといった, 記号に対する機械的処理が可能になるようなことであり, 未解決問題として発表した問題が, 他者によって解決されるような社会的な関係を含む活動を起こすことを可能にしている。

これらの事実は既知のものであろうが, 身体知と形式知の関連の重要性をここに確認しておきたい。

7. 考察と展望

本稿で, 圏論を援用したのは, 射や関手などのものつ作用が多く可換図式を内包しているためである。様々な作用をもつ道具の組み合わせを行うとき, それらの組み合わせで得られる操作の合成結果が, 可換図式を成立させると導かれた場合には, 道具がもたらす

対象への最終的な作用が同等なものになると解釈できる。

身体感覚を（記号により）表現できるようになった人間は、その次には、身体感覚の表現を新たな道具として使うということをはじめたのかもしれない。果たして、人間が「わかった」の来歴を知ることによって、圏論は有効な道具となるのだろうか。

謝辞

この研究の一部は JSPS 課題番号 JP18K11576 の助成を受けて実施しているものです。研究支援に感謝いたします。

文献

- [1] 高橋達二・布山美慕・寺井あすか（編），（2021）特集：圏論は認知科学に貢献できるか 認知科学, Vol. 28, No. 1, pp. 5-83.
- [2] エルンスト・フォン・グレーザーズフェルド，（2010）ラディカル構成主義，pp. 131-207, NTT 出版
- [3] フェルディナン・ド・ソシュール，（2016）新訳ソシュール一般言語学講義, p. 27, 研究社
- [4] Manktelow, K. I. (1999). Reasoning and Thinking. p. 8, Psychology Press.
- [5] 西郷 甲矢人 (2019). <現実>とは何か. 筑摩選書

「感情が伝わりやすいタッチ」の演繹的検証

Do the same emotion concepts have the same *tactile* behaviors?

大屋 里佳^{†‡}, 田中 章浩[†]

Rika Oya, Akihiro Tanaka

[†]東京女子大学, [‡]日本学術振興会

Tokyo Woman's Christian University, Japan Society for the Promotion of Science

oriktwcu@gmail.com

概要

触覚による感情表出には個人間で共通する部分（共通性）と個人間で表現が異なる部分（個別性）の両方が存在するとの仮定のもと、共通性を満たすと感情が伝わりやすいのか検討した。触覚感情表出は表出者や解読者の部位、動作、動作の継続時間といったパラメータから構成されるが、本研究では動作に着目した。実験の結果、意図感情を最も知覚しやすい動作（典型動作）で接触して伝えると、意図感情の表出として最も適さない動作（非典型動作）を用いて伝えたときよりも感情が伝わりやすいことが示された。

キーワード：触覚、感情、表出

1. 問題と目的

感情のコミュニケーションでは、表情や音声と並んで、身体接触（タッチ）も欠かせない。身体接触からの感情の読み取りに関しては、表出者（触る役）が解読者（触られる役）の手に、任意の部位、動作、持続時間で触れて感情を表出すると、怒りや愛、感謝といった複数の感情が偶然以上の確率で伝わる事が明らかになっている[1, 2]。それでは、相手に触れて感情を表現すること、すなわち感情表出に着目したとき、相手にどのように触れたら感情が伝わりやすいと言えるだろうか。

たとえば顔については、ある感情に対応する表情があり（“the same emotion concepts with the same facial behaviors”）、その表情は普遍的である可能性が示されている[3]。触覚でも表情のように、ある感情に対応したタッチ（“the same emotion concepts with the same *tactile* behaviors”）を見出すことができれば、「相手の意図感情を的確に表現したタッチ」を実現できると思われる。

ある感情に対応したタッチとはどのようなものだろうか。Oya & Tanaka (2021a) では、表出者に（相手がけがをしない限り）どのように触れてもよいと教示したうえで、解読者の手に触れて感情を表出させた[2]。このときの表出は参加者間で共通であるかと思われたが、一見すると参加者間の個別性が大きい。そこで大屋・

田中 (2021) は、「参加者間の共通性があるか」ではなく、「触覚感情表出のどこが参加者間で共通で、どこが個別か」という問いを立てた。そして、Oya & Tanaka (2021a) において収録した触覚感情表出で使用された部位、動作、動作の継続時間を解析し、感情別に共通性と個別性（可変要因）を記述することで、「感情が伝わりやすいタッチ」を見出した[4]。たとえば怒りは、表出者や解読者の部位によらず（可変要因）、相手の手を 0 から 1.5 秒程度叩く（共通性）と伝わりやすい、というように、「感情が伝わりやすいタッチ」を 4 つの指標を用いて記述することを試みた（表 1：集計・分析方法の変更により、大屋・田中 (2021) を改変）。

本研究では、大屋・田中 (2021) が提案した触覚感情表出には共通性と個別性の両方が存在するとの仮説と、共通性と個別性に関する記述の妥当性を演繹的に検証する。具体的には、検証の最初段階として、記述における共通性を満たすことで当該感情が伝わりやすくなるのか検討する。大屋・田中 (2021) で記述に用いた 4 指標のうち、部位や継続時間は、感情によって参加者間の共通性が見出された場合もあれば個別性が大きい場合もあったが、動作については、いずれの感情においても、共通性、すなわち参加者間で共通して当該感情を知覚する動作が見出された。そこで本研究では、4 指標のうち特に動作に着目し、参加者間共通性がある動作である感情を伝えると、当該感情が伝わりやすくなるか検討する。具体的な例として、「怒りは、表出者や解読者の部位によらず（可変要因）、相手の手を 0 から 1.5 秒程度叩く（共通性）と伝わりやすい」という記述のうち、「怒りは叩くと伝わりやすい」かを検討する。

大屋・田中 (2021) は、感情によらず動作には参加者間共通性があると仮定したが、これは、表出者が参加者間で共通して当該感情を知覚する動作（e.g. 怒りでは「叩く」）を用いて感情を表出すると、解読者が表出者の意図感情を知覚しやすいということを意味する。言い換えれば、参加者間で共通して当該感情を知覚する動作を用いることで初めて感情が伝わりやすいので

表1 Oya & Tanaka (2021a) における触覚感情表出の共通性と個別性

| | 怒り | 恐怖 | 喜び | 悲しみ | 嫌悪 | 驚き | 困惑 | 嫉妬 | 誇り | 愛 | 感謝 | 共感 |
|-------------|------------|------------|----------|----------|------------|------------|------------|---------|---------|----------|----------|----------|
| 表出者 部位 | × | ▲ 指先 | ▲ 手ひら | ○ 指先 | ○ 指先 | ○ 指先 | ○ 指先 | × | × | ▲ 手ひら | ○ 手ひら | ▲ 手ひら |
| 解読者 部位 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | ▲ 親指 | ▲ 手ひら | ▲ 手ひら |
| 動作 | ○ 叩く | ○ 握る | ○ 振・揺 | ○ つねる | ○ 押・向 | ○ 叩く | ○ くす | ○ つね | ▲ 包む | ○ 包む | ○ 振・揺 | ▲ 添え |
| 継続時間 (秒) | ○ 0~1.5 | ○ 4.5~6 | × | × | ○ 0~1.5 | ○ 0~1.5 | ▲ 4.5~6 | × | × | ▲ 6~ | × | × |

注) ○: 共通性要因 (残差分析で1%有意), ▲: 共通性要因 (残差分析で5%有意), ×: 可変要因 (個別性).

表出者部位: 表出者が接触に用いた部位, 解読者部位: 解読者が接触された部位. 振・揺: 振る・揺らす, 押・向: 押しのける・向こうにやる, くす: くすぐる, つね: つねる, 添え: 添える.

あつて、共通性がない動作を用いても感情は伝わりにくいことが予想される。そこで、感情によらず、共通性のある動作で触れると感情が伝わりやすい、つまり共通性あり条件は共通性なし条件に比べて解読者が表出者の意図感情を正しく読みとる割合が高くなると予測する。

は典型動作と呼ぶ。対して、残差が最小の動作、すなわち解読者にとって意図感情を表出されたと知覚しにくく、意図感情の表出として適さない動作を共通性がない動作と見なし、本研究では非典型動作と呼ぶ(表2)。各表出者は各感情を、典型動作ないし非典型動作で表出した。

2. 方法

実験計画 1 要因 2 水準参加者内計画とした。独立変数は、表出者の動作が共通性を満たすか(以降、共通性有無とする; あり・なし)、従属変数は解読者が表出者の意図感情を正しく回答した割合(以降、正答率とする)とした。

実験参加者 女子大学生 28 名(平均年齢 20.14 歳, $SD = 0.95$) が参加した。

刺激 実験者 2 名(ともに女性)が表出者を担当した。表出者は、感情 9 種類(怒り、恐怖、喜び、悲しみ、嫌悪、驚き、愛、感謝、共感)を解読者の手に接触することで表出した。各条件の動作を決定するにあたって、Oya & Tanaka (2021a) のデータに基づいて観測度数(e.g., 「怒り」と回答された表出のうち、「叩く」動作が用いられた度数)と期待度数(e.g., 「怒り」の総回答数と「叩く」の総出現数の乗算)との差分である残差を算出した。各感情で残差が最大の動作は、解読者が典型的に当該感情を知覚する動作であり、意図感情の表出として最も適していると言える。そこで、残差が最大の動作を共通性がある動作と見なし、本研究で

表2 9感情の典型動作と非典型動作

| | 典型動作 | 非典型動作 |
|-----|------------------|------------------|
| 怒り | 叩く | 振る・揺らす |
| 恐怖 | 握る | 包む |
| 喜び | 振る・揺らす | 添える |
| 悲しみ | つねる | 振る・揺らす |
| 嫌悪 | 押しのける・ 向こうにやる | 包む |
| 驚き | 叩く | 包む |
| 愛 | 包む | 叩く |
| 感謝 | 振る・揺らす | 叩く |
| 共感 | 添える | 押しのける・ 向こうにやる |

なお、表出者はデータ取得開始前に表出のトレーニングを実施した。トレーニングでは、表出者は解読者役の手に接触し、その様子を収録した。接触の際、表2に従って、指定の感情を指定の動作で伝えること、また表出者がどの部位を用いて、解読者役の手のどの部位に接触するか、どれくらいの時間接触するかは自

由であることを教示した。その後、収録した動画を第三者がコーディングし、表出者の意図した動作と解析者の判定した動作との一致率を算出した。誤判定された動作については、フィードバックしたうえで再度トレーニングした。最終的な一致率は、表出者1で94.4%、表出者2で83.3%だった。

装置 表出者と解読者は机に向かい合って着座した。両者の間はカーテンによって仕切り、解読者はカーテンの下から表出者側に手を差し出した。したがって、表出者と解読者は互いの顔が見えず、さらに解読者は自らの手が接触される様子を見ることができなかった。

手続き 実験は全4ブロックから構成された。うち2ブロックは表出者1が、残りの2ブロックは表出者2が担当した。表出者の割り当て順はカウンターバランスをとった。各ブロックにおいて、表出者は9感情を典型動作と非典型動作それぞれで1回ずつ接触した。1ブロック18試行からなり、実験全体で72試行を実施した。試行では、まず表出者が、感情を典型動作、ないし非典型動作で解読者の手に接触した(図1)。感情の呈示順はランダムだった。そして解読者は、表出者が伝えようとした感情として最もふさわしい感情を、怒り、恐怖、喜び、悲しみ、嫌悪、驚き、愛、感謝、共感の9感情の中から1つを選んで回答した。

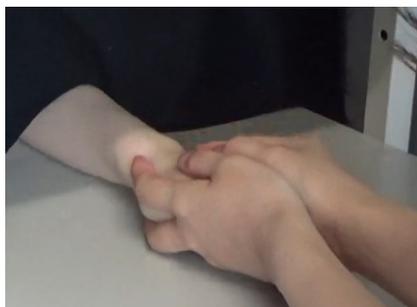


図1 表出者が解読者の手に触れる様子

3. 結果

感情によらず、意図感情の典型動作で触れると感情が伝わりやすいとの仮説を検討するため、参加者ごとに共通性あり条件、共通性なし条件それぞれの平均正答率を算出した。その後、各条件で全参加者の平均正答率を算出した。

結果を図2に示す。表出感情によらず、共通性あり条件 ($M = 54.96\%$, $SD = 9.63$) は共通性なし条件 ($M = 10.32\%$, $SD = 5.79$) よりも有意に正答率が高かった

($t(27) = 18.78, p < .001$)。したがって、仮説は支持された。

また、感情ごとに各条件の平均正答率を算出したところ、9感情すべてで共通性なし条件を共通性あり条件の正答率が上回った ($ps < .01$)。

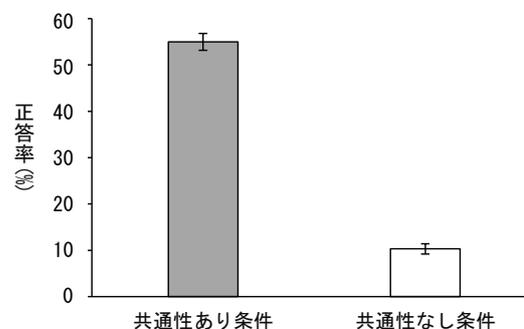


図2 共通性あり条件、共通性なし条件の9感情平均正答率

(エラーバーは標準誤差を示す)

各条件の混同行列を表3に示す。混同行列からは、正答以外の回答の傾向を確認することができる。たとえば、表出感情と知覚感情がともに怒りのセルは、表出感情と知覚感情が怒りで一致した割合を示しており、すなわち正答率を意味する(表中では正答率を下線で示す)。また、表出感情が怒り、知覚感情が嫌悪のセルは、表出者が怒りを表出したものの、解読者は表出者が伝えようとした感情として嫌悪と回答した割合を示す。このように、混同行列では、ある感情を表出した際に、どの程度表出感情と知覚感情が一致したかのみならず、どのように誤答されたか確認することができる。その結果、共通性あり条件では、感謝が喜びや愛と混同されたように、同一感情価内の混同が確認できる一方、共通性なし条件では、怒りを喜び、共感を嫌悪と知覚するといった感情価間の混同が示された。

4. 考察

本研究では、触覚による感情表出には個人間で共通する部分(共通性)と個人間で表現が異なる部分(個別性)の両方が存在するとの仮定のもと、共通性を満たすと感情が伝わりやすいのか検討した。検討にあたり、本研究が対象とする9感情はすべて動作に個人間共通性が見出されたことから、動作に着目した。そして、意図感情を最も知覚しやすい動作(典型動作)で相手に接触して伝えると、その感情の表出として知覚

表3 (A) 共通性あり条件の混同行列, (B) 共通性なし条件の混同行列

| (A) 共通性あり | | 知覚感情 | | | | | | | | | |
|------------------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|
| | | 怒り | 恐怖 | 喜び | 悲しみ | 嫌悪 | 驚き | 愛 | 感謝 | 共感 | 計 |
| 表 出 感 情 | 怒り | <u>71.4</u> | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 13.4 | 12.5 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 100 |
| | 恐怖 | 24.1 | <u>34.8</u> | 3.6 | 8.9 | 11.6 | 1.8 | 7.1 | 4.5 | 3.6 | 100 |
| | 喜び | 0.9 | 0.9 | <u>94.6</u> | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 1.8 | 100 |
| | 悲しみ | 10.7 | 17.9 | 0.0 | <u>31.3</u> | 19.6 | 0.0 | 17.0 | 0.9 | 2.7 | 100 |
| | 嫌悪 | 39.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | <u>58.0</u> | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.9 | 100 |
| | 驚き | 24.1 | 1.8 | 9.8 | 1.8 | 16.1 | <u>36.6</u> | 1.8 | 2.7 | 5.4 | 100 |
| | 愛 | 0.9 | 0.9 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | <u>68.8</u> | 10.7 | 13.4 | 100 |
| | 感謝 | 0.0 | 0.0 | 14.3 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 5.4 | <u>63.4</u> | 16.1 | 100 |
| | 共感 | 4.5 | 4.5 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 42.0 | 8.0 | <u>35.7</u> | 100 |

| (B) 共通性なし | | 知覚感情 | | | | | | | | | |
|------------------|-----|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-----|
| | | 怒り | 恐怖 | 喜び | 悲しみ | 嫌悪 | 驚き | 愛 | 感謝 | 共感 | 計 |
| 表 出 感 情 | 怒り | <u>29.5</u> | 8.0 | 38.4 | 2.7 | 7.1 | 7.1 | 0.0 | 2.7 | 4.5 | 100 |
| | 恐怖 | 6.3 | <u>17.9</u> | 1.8 | 10.7 | 1.8 | 0.9 | 32.1 | 16.1 | 12.5 | 100 |
| | 喜び | 4.5 | 3.6 | <u>5.4</u> | 15.2 | 7.1 | 0.0 | 22.3 | 9.8 | 32.1 | 100 |
| | 悲しみ | 0.9 | 0.0 | 28.6 | <u>11.6</u> | 2.7 | 0.9 | 17.9 | 16.1 | 21.4 | 100 |
| | 嫌悪 | 1.8 | 10.7 | 3.6 | 17.0 | <u>1.8</u> | 0.0 | 25.0 | 18.8 | 21.4 | 100 |
| | 驚き | 1.8 | 22.3 | 13.4 | 2.7 | 0.9 | <u>13.4</u> | 11.6 | 14.3 | 19.6 | 100 |
| | 愛 | 8.9 | 0.9 | 10.7 | 3.6 | 12.5 | 30.4 | <u>6.3</u> | 7.1 | 19.6 | 100 |
| | 感謝 | 9.8 | 1.8 | 9.8 | 4.5 | 16.1 | 33.9 | 2.7 | <u>6.3</u> | 15.2 | 100 |
| | 共感 | 9.8 | 1.8 | 0.0 | 7.1 | 77.7 | 2.7 | 0.0 | 0.0 | <u>0.9</u> | 100 |

注) 下線は正答率, 色つきのセルは表出感情と一致する感情価をもつ感情の回答を示す. 単位は%.

されにくい動作(非典型動作)を使って伝えたときよりも感情が伝わりやすいとの仮説を検討した. その結果, 意図感情によらず, 典型動作で意図感情を表出すると非典型動作を用いたときよりも正答率が高くなることが示され, 仮説は支持された.

大屋・田中(2021)は, 触覚感情表出には個人間の共通性と個別性の両方があり, 個別性パラメータの様相によらず, 共通性が満たされた際に感情が伝わりやすい可能性を提案した[4]. 本研究は個別性については直接検討していないものの, 共通性を満たすと満たさない場合よりも意図感情が伝わりやすいことを明らかにしており, 先の仮定と整合する.

また, 共通性あり条件となし条件の混同行列のそれぞれから, 興味深い傾向が示された.

共通性あり条件の混同行列(表3A)では, 表出感情

と知覚感情の一致率, すなわち正答率が高いだけでなく, 表出感情と一致する感情価の回答率も高いことが読みとれる. たとえば恐怖はネガティブな感情価をもつが, 恐怖を表出したときには同じくネガティブな感情価をもつ怒りや悲しみ, 嫌悪と頻りに混同されたことが読みとれる. ポジティブとネガティブの両感情価を持ちうる驚きを除いた8感情のうち, 喜び, 愛, 感謝, 共感をポジティブ感情, 怒り, 恐怖, 悲しみ, 嫌悪をネガティブ感情と分類したとき, 表出感情と知覚感情の感情価一致率はポジティブ感情で93.75%, ネガティブ感情で85.49%にもなる. 対して共通性なし条件ではポジティブ感情で37.05%, ネガティブ感情で32.59%であることから, これは典型動作を用いることに特有の傾向と言えるだろう. 典型動作を用いて相手に接触することで, ポジティブかネガティブかといっ

た感情価が高い確率で意図通りに伝達される可能性が示された。

共通性なし条件の混同行列（表 3B）からは、誤答に特徴的な傾向があることが確認できる。各表出感情で最も回答率が高い感情は、驚きを除いて、その動作が典型動作として見出された感情カテゴリである。たとえば、怒りの非典型動作は「振る・揺らす」だが、この動作で怒りを伝えた際の最多回答は喜びだった。喜びの典型動作は「振る・揺らす」であり、喜びと「振る・揺らす」の連合が頑健であるためにこのような混同が生じたと考えられる。すなわち、共通性なし条件の混同行列からは、各感情カテゴリと典型動作の連合が頑健である可能性が示唆された。

以上のように、共通性あり条件、なし条件それぞれの混同行列から、今回検討した感情については、典型動作を用いることで意図感情ないしその感情価が正しく伝わりやすくなる可能性を示唆している。

さらに、本研究の結果は、触覚感情知覚の伝達精度に関する議論にも一石を投じるものである。Oya & Tanaka (2021a) は、表出者に自由表出させた場合の触覚感情知覚について検討した[2]。その結果、12 感情の正答率のレンジは 13% から 43% と、一見すると顔や声による感情知覚の精度よりも低いことを指摘している。これは、チャンスレベルが顔や声と触覚で異なるため、補正をかけると精度はおおむね同程度であること[2]、自由表出パラダイムを用いると触覚と声で感情知覚精度に差はない[5]ことが示されてきている。しかしながら、触覚の研究では従来の顔や声による感情知覚研究のように、感情ごとに表出のプロトタイプを定めただけでは検証できていなかった。本研究は、動作以外のパラメータは自由表出としたものの、動作はあらかじめ決められたものを用いた結果、共通性あり条件の正答率は 31% から 95% のレンジをとり、すべての感情でチャンスレベルを超えた。したがって、触覚は感情伝達精度が見かけ上低いのはチャンスレベルや自由表出パラダイムの影響であり、部分的にプロトタイプを定めて表出すると、触覚もまた感情伝達精度が高いと言えるだろう。今後、動作以外のパラメータを含めてプロトタイプ化すれば、表情に倣って触覚の感情表出の典型を打ち出すことができるだろう。さらに、記述に従って感情ごとに標準刺激を定められれば、他のモダリティとの比較や相互作用を実験的に検討しやすくなるだろう。

本研究の限界は大きく 3 点ある。まず 1 点目は、触

覚感情表出は多数のパラメータから成り立っているにもかかわらず、本研究では動作の影響を検討するに留まった点である。共通性あり条件において、喜びと感謝の動作は同じく「振る・揺らす」だったが、それぞれ 95%、63% と高い精度で弁別できていた。怒りと驚きも典型動作が同じく「叩く」であるが、怒りは 71% と高い精度で弁別されるのに対して、驚きの正答率は 37% で、怒りや嫌悪、喜びとの混同が確認された。このように、同じ動作で触れたにもかかわらず、動作を共有する感情間で混同することなく弁別されたり、驚きのように、動作を共有する感情以外と混同されることがあった。これには、動作以外のパラメータが弁別や混同に寄与していた可能性が考えられる。他のパラメータについても検討することで、感情が伝わりやすいタッチの精度が高まるだろう。

2 点目は、解読者が表出者の動作をどのような動作として知覚していたか検討できなかった点である。感情と典型動作の連合が頑健である可能性を挙げたが、実際に解読者が表出者の動作をどのような動作として知覚していたか、たとえば愛の典型動作である「包む」動作を意図どおり「包む」動作として知覚されていたかは明らかではない。なぜ典型動作で触れると感情が伝わりやすいかより詳細に明らかにするためには、表出者の動作を回答させる実験を実施して、解読者の知覚動作について検討する必要があるだろう。

3 点目は、触覚による感情表出には個人間で共通する部分（共通性）と個人間で表現が異なる部分（個別性）の両方が存在するとの仮定を検証するにあたり、本研究は個別性について検討できなかった点である。今後は、共通性のみならず個別性を可変要因として操作することで、共通性と個別性の両方が存在するとの仮説を検証できるだろう。

本研究は、触覚感情表出の共通性を満たすと感情が伝わりやすいことを示した。これは、感情が伝わりやすいタッチの解明への大きな一歩となるだろう。今後は動作以外のパラメータや解読者の知覚動作も含めて検討したり、個別性についても検証することで、さらなる進展が望めるだろう。

引用文献

- [1] Hertenstein, M. J., Keltner, D., App, B., Buleit, B. A., & Jaskolka, A. R., (2006) "Touch communicates distinct emotions", *Emotion*, Vol. 6, No. 3, pp. 528–533.
- [2] Oya, R., & Tanaka, A., (2021a) "Universality and cultural specificity in the emotion perception from touch", *PsyArXiv*.

- [3] Ekman, P., & Friesen, W. V., (1971) “Constants across cultures in the face and emotion”, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 17, No. 2, pp. 124-129.
- [4] 大屋里佳・田中章浩, (2021) ”触覚感情表出の文化内共通性と参加者間個別性の検討”, 日本認知心理学会第 18 回大会発表論文集
- [5] Oya, R., & Tanaka, A., (2021b) “Touch communicates positive emotions and voice negative emotions”, PsyArXiv.

謝辞

実験にご協力いただいた東京女子大学の皆さまに感謝申し上げます。本研究は、JSPS 科研費新学術領域研究 No.17H06345 「トランスカルチャー状況下における顔身体学の構築—多文化をつなぐ顔と身体表現-」、および JSPS 特別研究員奨励費 No. 21J12278 「触覚感情表出の普遍性に迫る：文化内共通性と個別性からのアプローチ」の助成を受けたものです。

映画鑑賞による潜在的差別意識の変化についての検討 Change of Implicit Discrimination Attitudes by Watching Film

花房 柚祐[†], 小川 有希子[‡], 嶋田 総太郎[¶]
Yu Hanabusa, Yukiko Ogawa, Sotaro Shimada

[†]明治大学大学院理工学研究科, [‡]法政大学社会学部, [¶]明治大学理工学部

[†]Graduate School of Science and Technology, Meiji University,

[‡]Faculty of Social Sciences, Hosei University,

[¶]School of Science and Technology, Meiji University

ce201038@meiji.ac.jp

概要

ハンセン病に対する人々の差別的な視線や態度を常に身に受けながら生きてきた主人公を描いた日本映画『あん』を鑑賞することで、病気に対する潜在的差別意識は変化するのだろうか。この問題について潜在的連合テスト (Implicit Association Test: IAT) を用いて調べると同時に、映画鑑賞中の脳活動を近赤外分光装置 (Near-Infrared Spectroscopy: NIRS) で計測し、脳活動を被験者間相関 (Intersubject Correlation: ISC) 解析することで潜在的差別意識の変化に関与する脳神経メカニズムを検討した。その結果、病気に対する潜在的差別意識が低減した群 (低減群) は左半球の側頭頭頂接合部 (TPJ) で類似した脳活動を示し、増加した群 (増加群) の ISC 値と有意な差が見られた。また TPJ の ISC 値と潜在的差別意識の変化量に相関が見られた。

キーワード: 潜在的差別意識, 映画, 病気, 脳活動計測

1. 背景

一般的に、人は偏見や差別意識を自覚的に抱いてはいないと自己報告することが Gartner & Dovidio [1] などにおいて示唆されているが、実際には偏見や差別意識は、人の心、あるいは社会の根深いところで容易には解消できない問題として存在し続けている。人は建前としては平等主義の思想を持っているような態度をとるが、深層心理においては偏見や差別意識を完全に消し去ることはできない、ということもまた、心のどこかで自覚しているということである。その深層心理は、人によって程度の差はあれ顕在意識の中にも存在し続ける一方で、あからさまに表出してはならないという社会的・倫理的制約を受け、抑圧されて部分的には潜在意識下にも押し込められるものと考えられる。そして、偏見や差別意識の問題を解消していくには、その潜在意識を変容させることこそが重要である、と議論されている。Rudman et al. [2] は、潜在的意識の変化は感情的プロセスと関連があることを示唆しているが、変化するメカニズムそのものは未だ明らかにされていない。

そこで本研究では、ハンセン病に対する無理解がいまだに払拭されない社会の中で、幼いころからハンセ

ン病を患い施設の中で長い人生を過ごし、人々から向けられる差別的な視線や態度にやり場のない悲しみや諦観を抱えている主人公 (樹木希林) と、どら焼き屋の店主の中年男 (永瀬正敏) との心の交流を描いた日本映画『あん』 (監督: 河瀬直美, 2015) を見ることで、鑑賞者の病気に対する潜在的意識がどのように変化するか実験を行い、潜在的意識の変化に関わる脳神経メカニズムについて検討した。具体的には、鑑賞者 (被験者) が主人公に共感を抱くことで感情の変化が起き、病気に対する潜在的差別意識が低減するという仮説に基づき、他者への共感能力と関連していると考えられるミラーニューロンシステム (MNS) の活動を計測した。

2. 被験者および実験デザイン

『あん』を見たことがない、19名の健常な被験者 (男性: 10名、女性: 9名、平均年齢: 21.0±0.14歳) が実験に参加した。このうち、映画鑑賞中に眠ってしまった1名のデータを排除し、18名 (男性: 10名、女性: 8名、平均年齢: 21.1±0.13歳) のデータで比較検討を行った。

実験手続きは以下の通りである (図1参照)。まず映画鑑賞前に潜在的連合テスト (Implicit Association Test: IAT) を行い、病気に対する潜在的差別意識を計測した。IATとは、図2に示すように、PCの画面中央に呈示される単語を右ないし左のカテゴリへと分類する作業を行ってもらい、その反応時間差によって病気に対する潜在的態度を測定することが出来る。画面中央に呈示される単語を表1に示す。「健康」に関連する単語は、文谷[3]を参考にして選定した。「病気」に関連する単語は、深刻な病気や現代病の中からよく耳にする病名を使用した。「快」と「不快」に関連する単語は、寺崎ら[4]を参考にした。IATは心理学実験ソフトウェア (E-Prime 3.0, Psychology Software Tools Inc, USA) を用いて作成した。続いて、ハンセン病に対する人々の差別的な視線や態度を察知する主人公が描写されたシーンを抜粋して33分58秒に編集した『あん』を見せ、鑑賞中

の脳活動を近赤外分光装置 (Near-Infrared Spectroscopy: NIRS, OMM-3000, 島津製作所) で計測した。映像は47インチの TV 画面に呈示し、全被験者に概ね等しい画面角で見ってもらうために画面から 1.5m 地点に椅子を据え置き、座って鑑賞してもらった。続いて運動課題を行った。被験者には掌握運動と休憩を 8 回繰り返してもらい、NIRS で脳活動計測することで MNS を特定した。続いて、PC 上で2回目の IAT を行った。

実験終了後、各被験者に『あん』の実験使用映像を見て思ったこと・考えたこと、映画に対する嗜好性、および、生来の共感性を調べるための質問紙調査を行った。実験使用映像に対しては、実験者が選定した 12 個のシーンに対して思ったこと・考えたことを自由記述させるとともに、そのシーンにどの程度共感したかを 7 件法でも回答させた。共感性尺度は、Himichi ら[5]が作成した日本人版対人反応性指標(Interpersonal Reactivity Index: IRI)のうち質問を実験用に改良したものを用いた。共感性を構成する 4 因子 - (1)共感的配慮 (不幸な他者を心配したり思いやりの気持ちを抱いたりしやすい傾向)、(2)視点取得 (他者の視点に立って他者の気持ちを慮る程度)、(3)個人的苦悩 (他者を観察することで自身に生起する不安や恐怖に左右されやすい傾向)、(4)空想 (物語の登場人物等に自己を投影し想像する傾向)、を測定するための設問に 5 件法で回答させた。

映画鑑賞中と運動課題時の脳活動について、NIRS を用いて計測した。計測領域は、運動野 (10/20 法における C3, C4) を中心に、左右それぞれ 24 チャンネルずつの計 48 チャンネルとした。



図1 実験手続き



図2 IAT 実施中のコンピュータ画面

- A: 「病気」または「不快」 - 「健康」または「快」
- B: 「病気」または「快」 - 「健康」または「不快」

表1 IAT で使用した単語

| カテゴリー | 項目 |
|-------|-------------------------------|
| 病気 | がん、糖尿病、認知症、ハンセン病、うつ病、エイズ |
| 健康 | 体力、運動、丈夫、健全、長寿、若者 |
| 快 | 愛らしい、陽気な、好きな、心地よい、自由な、のどかな |
| 不快 | 憎たらしい、気味の悪い、非道徳的な、恐ろしい、嫌いな、辛い |

3. 解析方法

3.1 IAT 得点 (D-Score)

本実験では、Greenwald ら[6]が提案した、IAT で得られた反応時間を得点に換算する計算手法として D-score を用いた。得られたスコアが高いほど、病気に対する潜在的差別意識が高いことを示している。映画鑑賞前と鑑賞後のスコアを比較し、スコアが下がった被験者は映画鑑賞によって潜在的差別意識が低減したことを示す。

3.2 一般線形モデル (GLM) 解析

本実験で得られた運動課題時の脳活動データに GLM (General Linear Model) 解析を施した。GLM 解析とは、観測された脳活動データをデザインマトリクスと呼ばれるモデルでどれだけフィッティングできるかを統計的に調べる解析方法であり、レスト時にベースラインにあった NIRS 信号が、タスクの開始とともに上昇しタスクの終了とともにベースラインへ戻る時間的变化を示していたかどうかを評価する手法である。本研究では、運動課題時の脳活動データに対して 1 Hz のローパスフィルタで前処理を行った後、Yamada ら[7]の血流動態分離法を用いて脳機能性血流変動成分を取り出したデータを解析に用いた。

3.3 被験者間相関 (ISC) 解析

本実験で得られた映画鑑賞中の脳活動データに ISC (Intersubject Correlation) 解析を施して、被験者間の脳活動の類似性を調べた。ISC 解析の計算方法は、モデルとした 1 人の被験者の脳活動と他の被験者の脳活動とのカーブフィッティングを一般線形モデル (GLM) を用いて求めた[8][9]。本研究では、映画鑑賞中の脳活動データに対して 1 Hz のローパスフィルタで前処理を行った後、血流動態分離法を用いて脳機能性血流変動成分を取り出したデータを解析に用いた。

本研究では、映画鑑賞によって病気に対する潜在的差別意識が低減したグループと増加したグループに分けて、それぞれ ISC 解析を行った。

4. 実験結果

4.1 映画鑑賞前と鑑賞後の IAT 得点 (D-Score) の変化

映画鑑賞によって病気に対する潜在的差別意識が低減した被験者は8名(低減群)、増加した被験者は10名(増加群)であった(図3)。

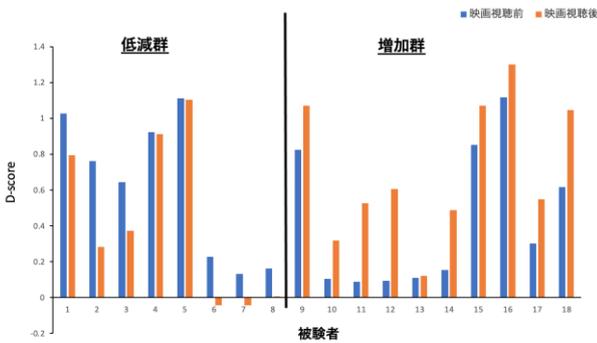


図3 各被験者の映画鑑賞前と鑑賞後の IAT スコアの比較

4.2 映画鑑賞中の低減群と増加群の脳活動

映画鑑賞中の脳活動データに対して ISC 解析を施し、得られた ISC 値を 0 との t 検定にかけた。その結果、低減群では左半球の側頭頭頂接合部 (TPJ) (ch20, $t(7)=3.15, p<0.05$)で有意な正の ISC 値を示した(図4)。増加群では左半球の運動野 (ch12, $t(9)=2.47, p<0.05$)、右半球の一次体性感覚野 (ch37, $t(9)=2.28, p<0.05$)、縁上回 (ch43, $t(9)=2.00, p<0.05$)、上側頭回 (ch46, $t(9)=3.77, p<0.05$)で有意な正の ISC 値を示した(図5)。

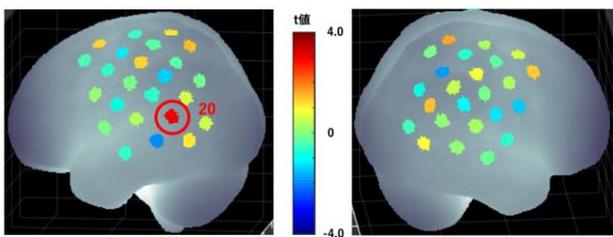


図4 映画鑑賞時の低減群の脳活動

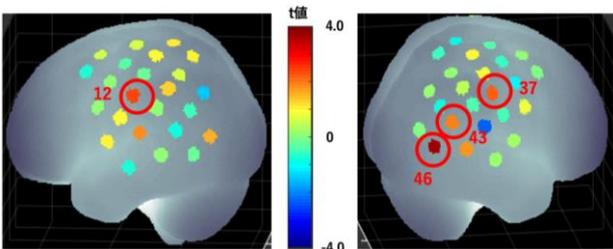


図5 映画鑑賞時の増加群の脳活動

特に左半球の側頭頭頂接合部では、低減群の ISC 値は増加群よりも有意に大きかった (ch20, $t(16)=2.74, p<0.05$)。一方で右半球の上側頭回では、増加群の ISC 値は低減群よりも有意に大きかった (ch46, $t(16)=-2.25, p<0.05$) (図6)。

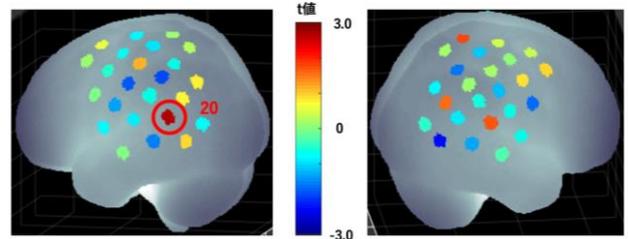


図6 脳活動の ISC 値のグループ間の差

2 群間で有意な ISC 値の差を示した ch20 と ch46 で ISC 値と D-score の差の相関解析を行った結果、ch20 では強い負の相関が見られた ($r=-0.63, p<0.05$) (図7) が、ch46 では相関が見られなかった ($r=0.29, p>0.05$)。

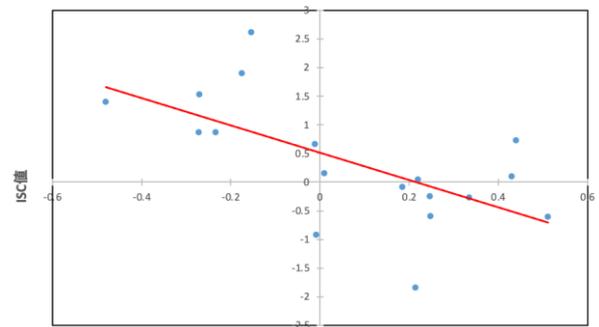


図7 D-score の差と ISC 値の相関

4.3 運動課題時の脳活動

運動課題時の脳活動データに対して GLM 解析を施し、得られた値を 0 との t 検定にかけた後、多重比較検定 (ボンフェローニ) を行った。その結果、有意な正の値を示した脳領域を MNS と同定した ($p<0.05$) (図8)。

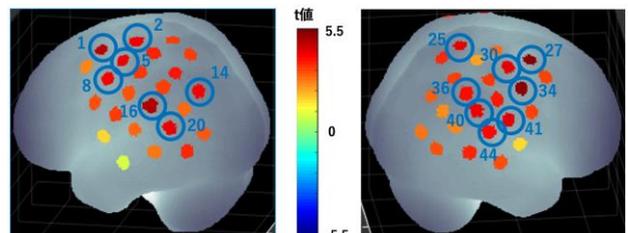


図8 運動課題による MNS

4.4 質問紙調査の結果

共感性を測定した質問紙から得られた共感的配慮・

視点取得・個人的苦悩・空間の4因子それぞれのスコアを、低減群と増加群とでt検定にかけたが、全ての因子で有意な差は見られなかった ($t(16)=0.19, p>0.05$) ($t(16)=0.17, p>0.05$) ($t(16)=-1.62, p>0.05$) ($t(16)=-1.45, p>0.05$)。

実験者が選定した12個のシーンに対する共感の度合い(7件法で得たスコア)を、シーンごとに低減群と増加群でt検定にかけた結果、全てのシーンで有意な差は見られなかった。12個のシーンに対するスコアの合計を各被験者の実験使用映像全体への共感スコアと仮定し、低減群と増加群でt検定にかけた結果、有意な差は見られなかった ($t(16)=-0.39, p>0.05$)。

5. 考察

本研究の結果から言えることはまだ限定的ではあるが、映画鑑賞によって病気に対する潜在的差別意識が低減することがあり、その際にはMNSの一部である左半球の側頭頭頂接合部(TPJ)の活動が関与しているようであることが示された。そして、左半球のTPJのISC値とD-scoreの差に強い相関が見られたという結果は、TPJの活動と病気に対する潜在的差別意識の変化が密接に関わっていることを示唆している。

MNSの活動は他者の脳の内部状態を自己の脳の内部状態としてシミュレートする役割を担い、それが他者に対して共感する能力に発展していくと考えられている[10]。ハンセン病患者である主人公が、人々から向けられる差別的な視線や態度にやり場のない悲しみや諦観を抱えながらも懸命に生き、周りの人たちとの間に絆を築いていく姿を描いた映画を鑑賞している際、鑑賞者のTPJが有意に活動して主人公に対して共感的な感情を抱き、結果として病気の人に対する気持ちに変化が生じ、映画鑑賞前よりも病気に対する潜在的差別意識が低減した、という本研究が示唆した脳活動のフローには、引き続き検討するに値する一定の妥当性がある、と考えて良いだろう。

しかしISC値はあくまでも被験者間の脳活動の類似性を示すものであり、映画鑑賞中にTPJが有意に活動していたことを示すものではない。この種の問題に対してTPJがどのような役割を果たすのか明らかにすることは、今後の課題となる。

共感性を測定した質問紙の結果から、生来の共感性は潜在的差別意識の変化には関係しないことが示唆された。また、12個のシーンに対する主観的報告による共感の度合いについては2群間で有意な差が見られなかったのに対して、MNSの活動から検出される共感に

ついては2群間で有意な差が見られたことから、主観的報告による共感と神経レベルにおける共感はずしも一致しないことが示唆された。潜在的差別意識の変化に関わる共感を中心とした感情的プロセスは、主観的報告から把握するのは困難であることがわかり、本研究の問題に対する今後における神経科学的なアプローチの必然性と有用性が裏付けられる結果となった。本研究から浮き彫りになった新たな課題に取り組みつつ、引き続き当初の問題を追究していく必要がある。

参考文献

- [1] Gaertner, S. L., & Dovidio, J. F. (1986). The aversive form of racism. J. F. Dovidio & S. Gaertner (Eds.), *Prejudice, discrimination, and racism* (pp. 61-89). Orlando, FL: Academic Press.
- [2] Rudman, L., Ashmore, R., & Gary, M. (2001). 'Unlearning' automatic biases: The malleability of implicit prejudice and stereotypes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 81, 856-868.
- [3] 文谷知明 (2014). 大学生が「健康」から思い浮かべる色彩と言葉. 『川崎医療福祉学会誌』, 24, 95-101.
- [4] 寺崎正治・岸本陽一・古賀愛人 (1992). 多面的感情状態尺度の作成. *The Japanese Journal of Psychology*, 62, 350-356.
- [5] 日道俊之・小山内秀和・後藤崇志・藤田弥世・河村悠太・Davis, Mark H.・野村理朗 (2017). 日本語版対人反応性指標の作成. 『心理学研究』, 88, 61-71.
- [6] Greenwald, A. G., Nosek, B. A., & Banaji, M. R. (2003). Understanding and Using the Implicit Association Test: I. An Improved Scoring Algorithm. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(2), 197-216
- [7] Yamada, T., Umeyama, S., Matsuda, K. (2012). Separation of fNIRS signals into functional and systemic components based on differences in hemodynamic modalities. *PLoS one*, 7, e50271
- [8] Simony, E., Honey, C. J., Chen, J., Lositsky, O., Yeshurun, Y., Wiesel, A., & Hasson, U. (2016) "Dynamic reconfiguration of the default mode network during narrative comprehension.", *Nature communications*, 7, 12141.
- [9] Hasson, U., Nir, Y., Levy, I., Fuhrmann, G., & Malach, R. (2004). Intersubject synchronization of cortical activity during natural vision., *Science*, 303(5664), 1634-1640.
- [10] Gallese, V., & Goldman, A. (1998). Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in cognitive sciences*, 2(12), 493-501.

符号化効率性によるネッカーキューブの立体知覚の計算論的説明

An Computational Account for Three-dimensional Perception of the Necker Cube Based On Encoding Efficiency

日高 昇平[†], 高橋 康介[‡]
Shohei Hidaka, Kohske Takahashi

[†]北陸先端科学技術大学院大学, [‡]立命館大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Ritsumeikan University

概要

ネッカーキューブ(NC)に代表される曖昧図形の知覚は、知覚心理学の古典的な研究題材でありながら、しかし、その知覚の機序は多くが未解明のまま残されている。本研究は NC とそれに類する曖昧図形を対比することで、従来の視覚の計算論的モデルではこれらの知覚を説明困難であることを論ずる。これに対し、知覚を符号化とし、その効率性の高い符号として知覚像をとらえる日高・高橋(2021)のモデルで NC 等の立体知覚の性質を説明できることを示す。

キーワード：曖昧図形 (ambiguous figure), ネッカーキューブ (necker cube), 対称性 (symmetricity), 群 (group), 圏 (category)

1. 曖昧図形の曖昧さ

いわゆる曖昧図形と呼ばれるものの代表的な一つとしてネッカーキューブ(Necker cube)[1]と呼ばれる平面図形 (図 1a)がある。ネッカーキューブは一義的には平面図形であるが、それに対して我々は典型的には立方体のような立体図形を知覚する。以下、平面図形としての視覚データと呼ぶときに「ネッカー平面図」とよび、それに対し我々が典型的に知覚する立体的図形を「ネッカー立体図」と呼ぶ。

ネッカーキューブは以下の少なくとも3つの異なる意味で曖昧である。

1. ネッカー平面図をある平面への射影として持つ立体図形は無限に存在し、どれが“正しい”立体図形か曖昧である。(原像推定の曖昧さ)
2. 知覚されるネッカー立体図形には、互いに奥行き方向の鏡映変換によって得られる2種類があり、ある瞬間にそのどちらが知覚されるかは曖昧である。(知覚像の曖昧さ)
3. ネッカー平面図は、平面図形そのものとしての知覚像も可能である。2次元以上(3, 4, 5, ...次元)の図形としての知覚が可能である点で曖昧である。(図形を構成する次元の曖昧さ)

こうした少なくとも3種類の原理的な曖昧さを持つネ

ッカー平面図に対し、実際には我々は、3次元空間上(次元の曖昧さの解消)にある、特定の立方体を知覚する(原像推定の曖昧さと知覚像の曖昧さの解消)。

しかし、コッファーマンキューブ(図 1b; Kophfermann cube)と呼ばれる[2]、ネッカー平面図に類似したもう一つの平面図形と比べることで、こうした立体的な知覚像の生起が必ずしも自明ではないことがわかる。コッファーマンキューブに対して、我々は典型的には1種類の平面図形(六角形)を知覚する。

わずかに線分のパターンが異なるだけの2つの図形に対し、我々の知覚系は全く異なる応答をする。この一対の知覚現象は明確に以下のことを指し示すように思われる。

1. “正しい原像”は必ずしもない。
2. 場合によって知覚可能な像の数は増減する。
3. 場合によって知覚される図形の次元も変わる。

このような知見を考慮すれば、一見して“場合によって”知覚される像が変わることを示唆しており、曖昧図形の知覚は場当たりの現象のようにも思われる。

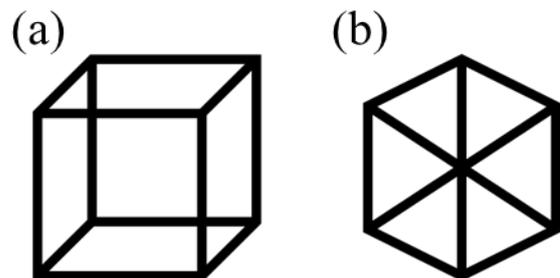


図 1: (a) ネッカーキューブ、(b) コッファーマンキューブ

2. 従来の知覚に関する理論の限界

一見場当たりの見える曖昧図形の知覚を系統的に説明することは可能だろうか。まず、従来の計算論的神経科学の枠組みを振り返り、その枠組みでの曖昧図形の知覚の説明は困難であることを指摘する。

Marr [3]以来、もともと外界にあると想定される3次元構造の反射光が特定の網膜像を作る物理的な過程を「順光学」と呼び、その逆に対応する推定の過程を「逆光学」と呼ぶ。この思想の根底には、「原像は(特定の制約を満たす)3次元構造物であり、外界では順光学が適切な物理過程として作用する」という“事前知識”を知覚系がもつという考え方がある。

一般に、ネッカーキューブの原像推定の曖昧さ(1.)で述べた通り、ある与えられた網膜像に対応する3次元構造は無限に存在し、この意味で不良設定問題である。したがって、逆光学過程では、真の逆は存在せず、疑似逆像の一つを構成することになる。このとき、前述の知覚系のもつ事前知識を利用し、その事前知識の下で最も尤もらしい3次元像(疑似逆像)を、原像であると推定する。

しかし、こうした計算論的神経科学の枠組みには根本的な問題もある。それは、我々は生まれて此の方、一度も“網膜の外を見たことがない”にもかかわらず、どのようにその外の世界の“事前知識”を獲得するのか、という問題である。また、第二に、コッファーマンキューブのように、平面的な知覚が優位な現象を、ネッカーキューブを説明するのと同じ“3次元構造を前提とする”数理モデルによって説明が可能か、という問題がある。

3. 符号化効率性による説明

こうした従来の数理的モデルの枠組みの問題点を踏まえ、日高・高橋[4]は、新たな曖昧図形の知覚の数理的な説明を与えた。この説明では、従来の視覚の計算論的神経科学で主流の考え方であった、知覚を「逆光学」とする考え方を捨て、知覚を「ある種の効率性の高い符号化」とみなす。この枠組みでは、「原像に関する事前知識」は要求されず、知覚としての符号化の効率性のみが推定原理として用いられる。以下、この説明枠組みを、符号化効率性による説明とよぶ。

符号化効率性による説明では、図形の対称性が高いほど、同じデータを再現(復号)するのに、記憶するデータが少なく済むことから、図形の対称性を一つの効率性の指標と捉える。ある平面図形の対称性は、それを不変にする変換が構成する群(単位元、逆元、結合律をもつ演算をもつ数学的構造)のサイズ(位数)によって特徴づけることができる。また、そもそも群の基礎となる「図形」の種別も、ある種の符号の効率化によ

って定まると考える。こうした符号化の効率化の過程は、ベクトル空間に埋め込まれた点、線、グラフ、およびそれらのなす群を、圏論的モデルによって統合的に記述する。圏論的には、符号化の効率性を定めることは、適切に定義された圏に対して随伴関手を定めることに対応する。

4. 符号化効率性による予測

符号化効率性による説明は、ネッカーキューブが立方体として知覚されることが最も効率的であり、かつその平面像がそれより非効率的であること予測する。さらに、コッファーマンキューブに対しては、平面像が十分に効率的であり、立体像まで拡張する必要がないことを予測する。

序論で述べたこうした基本的な立体性知覚の生起に加えて、ネッカーキューブの立体像がちょうど2つで、コッファーマンキューブの平面像がちょうど1つあることもモデルから予測される。

5. 変換群構造と符号化効率性

本研究で提案するネッカーキューブの立体性知覚の計算論的モデルは、符号化の効率性の指標として群のサイズに着目している。これに類する考え方は、今井・天野[5]のパタン認知の先駆的な研究でも提案されている。彼らの一連の研究では、なぜ変換群の構造がパタン認知に本質的であるか十分な正当化はなされていない。これに対し、本研究の仮説では、変換群の構造が、視覚のデータの符号化というより大きな枠組みの一つの最適化の過程として現れると位置づける。

今後の主な課題として、ネッカーキューブに限らない一般の線画に関して最大の対称性をもつ知覚像の予測を与える計算モデルを構築することが挙げられる。

謝辞

本研究は科研費 JP 20H04994 および JST さきがけ JPMJPR20C9 の補助を受けて行われた。

文献

- [1] Necker, L.A. (1832). LXI. Observations on some remarkable optical phenomena seen in Switzerland; and on an optical phenomenon which occurs on viewing a figure of a crystal or geometrical solid. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 1, 329-337. doi: 10.1080/14786443208647909.

- [2] Hoffman, D. (2003). *Visual intelligence: How we create what we see*. New York: W. W. Norton & Company. (ホフマン, D. 原 淳子・望月 弘子 (訳) (2003). *視覚の文法：脳が物を見る法則* 紀伊國屋書店)
- [3] Marr, D. (1982). "Vision". W. H. Freeman & Co Ltd.
- [4] 日高昇平 & 高橋康介 (2021). "なぜネッカーキューブはあの立体に見えるのか?". *認知科学*, 28(1), 25-38.
- [5] 今井 四郎・天野 要 (1998). 変換と写像の概念に基づくパターン認知論 *応用数理*, 8, 30-45. doi: 10.11540/bjsiam.8.1_30

道徳的意思決定における速度分極化仮説

Speed-polarization Hypothesis in Moral decision-making

馬 春宇[†], 宋 閻徳嘉[†], ローレンス ヨハン[†]
Chunyu Ma, Yandejia Song, Johan Lauwereyns

[†]九州大学

Kyushu University

ma.chunyu.791@s.kyushu-u.ac.jp

概要

緊急性と精度低下の因果関係を体系化した「速度・精度トレードオフ」理論は確立された以来、人々に良く知られている。しかし、緊急性が視覚画像の価値ベース処理にどのように影響するかについてはあまり知られていない。この問題を研究するために、社会道徳画像データベースに「非常に道徳的」から「非常に不道徳的」までの範囲の刺激セット画像を作成して、参加者に評価してもらった。データによる結論として、速度は二極化と関連している。また、緊急性は参加者がより極端な評価をする原因ではないことを明確に示している。

キーワード：速度・精度トレードオフ、道徳的意思決定

1. 導入

速度・精度トレードオフは、世界で発見された数少ない遍在的行動効果の1つである^[1]。人間だけでなく動物にも出現した典型的な行動パターンとして、初歩的な精神組織に存在することを示している^{[2][3]}。その行動現象は、決定精度が決定速度と共変動する傾向があることを明らかになった^[4]。研究者たちは早い段階から、応答速度と精度の間に相関関係があることに気づき、意思決定プロセスの兆候と見なされていた。速度・精度トレードオフは何十年にもわたる研究を経て、実験的なモデルから数学的モデルまで検証された。順次サンプリングモデルが直感的なフレームワークを提供し、応答が速くなると蓄積した知識の喚起が少なくなり、意思決定のための情報が少なくなることが明らかになった。それは、合理的かつ最適な客観的価値に基づく意思決定において、選択行動の避けられない普遍的特性だと思われる。

ただし、道徳的意思決定は上記のような意思決定とは異なる。それは行動科学において関心のある現象として、別のタイプの価値に基づく意思決定である。道徳的意思決定の基盤は、正しい、公正、高潔、倫理的なものなど、比較的一貫した分類規則に

よって操作されている。よって、このような意思決定は、より複雑で、主観的であり、最適解が持たない。人々の意思決定は、知覚入力の本質、環境的制約、内在的目標、およびバイアスなどに基づいている。なお、意思決定の基盤として、対応速度が意思決定の特定の結果を引き起こしたり、それを影響したりする可能性がある。つまり、特定の状況において、速度が速いほど意思決定のための思考情報処理が少なり、よりラジカルな結果が現れると考えられる。

そのゆえに、この研究では、応答が速いほど道徳的意思決定の評価が極端になるかどうかについて調査した。道徳的意思決定の決定基準をより直感的かつ明確にするために、この仮想的な動作現象を速度分極仮説と名付けた。迅速な応答が道徳的受容の閾値を変更する、言い換えると人々が評価対象の属性について、より道徳的または不道徳的な判断を行うことは、応答時間と道徳的決定の極値との関係として説明できる。

この速度分極仮説を検証するため、実験環境で道徳的モデルを用いて、人々に道徳的思考判断を行わせることが必要である。ゆえに、道徳的画像の評価プロセスを使用した。参加者たちに複数の道徳的な画像についてそれぞれの道徳的な許容程度を点数付けさせる。ここでは、実験的制御の下で意思決定の思考の過程に介入せずどのように決定速度を制御するかを考慮しなければならない。私たちの先行研究では、先験情報効果が食品嗜好の絶対評価への役割を確立した^[5]。先験情報は、人々が決定する以前にバイアスを作る可能性がある^[6]。このことにより、先験情報が意思決定に費やす時間的要因に限定した場合、応答時間をコントロールして比較的速いまたは遅い意思決定を行うことができることになる。先験情報としての手がかりに緊急性があることを示せたら、より速く応答するように人々に促すことができる。以上のことから、本研究において手がかり

は速い応答させるか或いは遅い応答させるかで、二つパラダイムに分ける。

2. 方法

2.1. 参加者

九州大学で学部生および大学院生を対象に募集し、32名が参加した。うち男性16名、女性16名、平均年齢は 22.65 ± 4.35 歳であった。2人の参加者は左利きであったが、実験中にジョイスティックを操作するために右手を使うように求められた。これらの参加者全員は、この実験または内容が似ている実験の参加経験がなかった。視覚疾患、不健康な状態、過去または現在の精神障害を報告した参加者はいなかった。本研究では、九州大学の人間倫理委員会の承認を得たうえで、九州大学の倫理原則に従って実施された。実験の前には参加者へ実験の概要や利益損害やデータの利用廃棄について説明し、全員からノーリスクステートメント、権利保護などが含まれたインフォームドコンセントに署名をもらった。各参加者に署名したインフォームドコンセントのコピーを配布した。各参加者には、約1時間の実験に参加したことに対する謝金として1000円が与えられた。実験中には、万一参加者の体調不良などの状況があれば、いつでも中止できることを知らせた。参加者たちに実験のタスクと操作法を充分理解させた上、実験を行った。

2.2. 実験のデザイン

(1) 刺激の作成

この実験で刺激の提示に使った画像は、社会道徳画像データベースから選択した。社会道徳画像データベースの素材は、ライフイベントやキャラクターストーリー、建築風景などの実際のシーンで撮影されているものである^[7]。各画像には、道徳レベルなどの8つの指標が設定されている。実験では160枚の画像が用いられた。画像の道徳的スコアに基づいて、「道徳的な画像」と「不道徳的な画像」の種類に分けた。各道徳レベルの刺激の数は同じである。参加者はすべての刺激を評価させた。刺激の順番はランダムである。

(2) 応答速度について

この実験では「自由時間」と「制限時間」2つのパラダイムを採用した。「自由時間」パラダイムは、時間無制限のため、参加者は自由ペースで評価する。参加者がゆっくり意思決定をすることが要求される。一方、

「制限時間」パラダイムでは、参加者が刺激に対し、迅速に反応するように要求される。緊急性が高いと示した手がかりの提示後、参加者は2秒の制限時間内に画像を評価することを必要がある。

刺激画像を提示する前に、図1の二つ手がかり（左側は「自由時間」、右側は「制限時間」を示す）を用いて上述の二つパラダイムをそれぞれ表示した。手がかりは道徳的画像の評価する前に提示され、参加者の応答速度をコントロールことが目的としている。



図1 「自由時間」と「制限時間」の手がかり

2.3. 実験のプロセス

実験のプロセスは計160回の試行を含む。一回の試行として、「注視点」^[8]、「手がかり」、「画像評価」と「ITI」(inter-trial interval)の順番に、4つのフレームが設定されている。本番の実験前に、実験の操作に慣らせるため、本番と同じ流れの15~20試行の練習セッションが用意された。

各試の際に、まず、参加者の視線を集中させるため、1秒間十字の注視点が表示される。次に、十字が消えた直後に同じ位置に二つ手がかりの一つがランダムに1.5秒間に表示される。その後、同じフレームでランダムに選ばれた道徳的画像とその画像について道徳的な評価をする数値スケールが表示される。参加者に、画像を-10点（「非常に不道徳的」）から+10点（「非常に道徳的」）までの連続的な尺度で評価してもらい、記録された点数は小数点以下三桁で表示される。評価完了後に1.6秒から2秒のランダム間隔のITIが入っている。その後、次の試行が開始する。参加者がすべての試行を経験した後、実験は自動的に終了フレームに変わる。実験終了後、「制限時間」試行の評価状況を調査するため、変更したい評価があるかどうか、間に合わなかった試行の数、緊急性が感じられるかどうかなどについてアンケート調査を行う。

「自由時間」手がかりの場合、参加者はよく考慮して道徳的な判断を下すように求められる。一方、「時間制限」手がかりの場合、参加者にはその試行で2秒以内に迅速な評価を行うように促される。参加者が2秒以内に応答しなかった場合、タイムアウトのフィードバックが出る。そのフィードバックは鋭い長いピープ

音で表示され、該当する評価試行を強制的に終了する。ITIを提示した後、次の試行に進む。

3. 分析および結果

(1) 画像の適合の検査

社会道徳画像データベースから、選んだ画像には元から道徳レベルを示す道徳的スコアがついている。その点数により、本実験に使用した画像の道徳的な属性が固定された。そのゆえ、本研究の結果が有意である前提条件は、参加者たちの道徳評価とそのデフォルトの属性と一致であることだ。

二元配置分散分析によって、分析された評価点数のデータ ($F(1, 29) = 232.410$, $MSE = 13.039$, $p < 0.001$) は、道徳的カテゴリーと不道徳的カテゴリーの間に有意差を示した。一方、応答時間について ($F(1, 29) = 3.206$, $MSE = 0.122$, $p = 0.084$)、道徳レベルは応答時間に有意な影響を与えなかった。ように、各画像の評価点数がデフォルトの道徳的な属性と概ね一致していることを示した。したがって、各画像の道徳的な属性は道徳的であるかどうかの判断に影響するが、道徳的意思決定の速度には影響しない。

(2) パラダイムの有効性の検証

手がかりが参加者たちの応答速度に影響するかどうかはこの実験の肝要である。そのため、二つパラダイムにおける応答速度の差を分析することが必要である。

統計分析について、二元配置分散分析の結果は、 $F(1, 29) = 62.065$, $MSE = 1.168$, $p < 0.001$ および $F(1, 29) = 9.238$ であり、パラダイムの種類が応答時間と評価点数に有意な影響を与えることを示した。 $MSE = 0.321$, $p < 0.05$ 。これは、2つのパラダイムの応答時間の違いが有意であることを示し、手がかりがうまく機能したことを意味する道徳的意思決定と応答速度の関係の分析。

(3) 道徳的意思決定と応答速度の関係の分析

この実験は2つの道徳画像種類（道徳と不道徳）かける2つパラダイム（「自由時間」と「制限時間」）で4つの条件がある。まず、その4つの条件での応答時間とそれらの相互作用を分析した。完全に参加者内の統計分析では、一対比較によると、不道徳的評価にも道徳的評価にも、パラダイムの有意差がある ($p <$

0.001)。「自由時間」パラダイムの平均応答時間は「制限時間」パラダイムの平均応答時間より大幅に長いことが示された。一方、同じパラダイムで異なる道徳的次元の間の比較の結果は、どちらでも有意差がなかった ($p = 0.752$ での「自由時間」、 $p = 0.068$ での「制限時間」)。

次に、4つの条件の平均点数において、パラダイムが評価点数に有意な効果をもたらしたことを示した ($F(1, 29) = 9.238$, $MSE = 0.321$, $p < 0.01$)。一対比較は、道徳的画像 ($p < 0.05$) において、2つのパラダイムの間に有意性を反映し、不道徳的画像 ($p = 0.116$) の間に有意差がない。同じパラダイムの道徳的評価と不道徳的評価の間に極端な評価スコアの有意差が存在するかどうかを検証するために、異なる道徳的次元の評価規定からの正負値の影響を排除することが重要である。そこで、不道徳なスコアの値を反転させ、二元配置反復測定分散分析を実行した。結果は、道徳的次元とパラダイムが有意な相互作用を持っていることを示した ($F(1, 29) = 9.277$, $MSE = 0.321$, $p < 0.01$)。しかし、それは同じパラダイムの2つの道徳的次元の間で有意差がないことを示した ($p = 0.068$ の「自由時間」パラダイム、 $p = 0.752$ での「制限時間」パラダイム)。

以上の結果をみると、緊急性が高い条件下、速い応答速度は極端的な道徳的評価の誘因ではないことを示した。片や「自由評価」パラダイムにおいて、参加者たちの応答速度はすべて遅いものではないことがデータから示された。したがって、パラダイム内の応答速度の違いによって高速グループと低速グループを分け、2つのグループの道徳的評価点数の激しさ比較する必要があると考えられる。

図2は2つパラダイムでの平均応答時間の中央値によって高速グループ (F) と低速グループ (S) に分けられた。不道徳な画像と道徳的な画像を評価するとき、それぞれのパラダイムでの平均応答時間を示した。エラーバーは、各条件でのスタンドエラーを反映している。同じパラダイムの高速グループと低速グループの決定時間は有意差があることを明らかにした。さらに、道徳的評価と不道徳的評価の決定時間を比較すると、「自由時間」の高速グループでだけ不道徳的評価は道徳的評価より有意に応答時間がかかることが分かった。

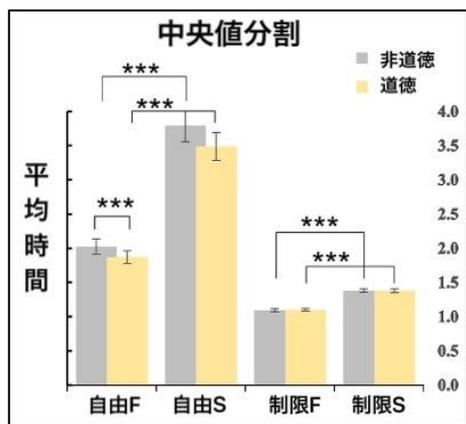


図2 各条件における意思決定の時間

応答時間の中央値によって各条件下で速いグループと遅いグループに分かれたことは分散分析された応答時間の結果と一致する。各グループの平均評価点数を計算した。3因子反復測定分散分析により、道徳的次元と各速度のグループの間で有意な影響を示し ($F(1, 59) = 47.398$, $MSE = 1.892$, $p < 0.001$)、道徳的次元、パラダイム、およびグループの3つの因子間でも有意な相互作用を示した ($F(1, 59) = 14.374$, $MSE = 1.139$, $p < 0.001$)。一対比較では、パラダイム間においても道徳的次元間においても、速いグループと遅いグループの間に有意差があることを示した (すべて $p < 0.001$)。さらに、両パラダイムの比較分析結果によると、図3のように人々の不道徳的な評価プロセスで遅いグループが有意に穏やかな評価を与え ($p < 0.05$)、道徳的な評価プロセスでの速いグループがより極端な点数をつけた ($p < 0.001$) (図4)。つまり、不道徳の評価をする時に、両パラダイムの速いグループの評価は概ねに一致すると認められ、評価された画像の自体の性質は点数により大きな影響を及ぼす。それに対して、制限時間パラダイムにおいて、参加者は応答時間が相対的に遅いながらもより極端な点数をつける。一方、道徳的評価を対応する時に、相対的に遅い評価の点数は有意差がなく、評価対象自体は結果により大きな影響を及ぼし、相対的に速い評価は制限時間下で極端な点数付けされないことを表した。

以上結果より、迅速な反応がより極端な (道徳的または不道徳的) 評価をもたらすように、「自由時間」パラダイムと「制限時間」パラダイムでは、速度と評価の間に有意な関連があった。「自由時間」パラダイムと比較して、「制限時間」パラダイムにおける応答は全体的に非常に速く、応答時間のコントロールが成功したことを示した。しかし、道徳的評価においては、「自由時間」パラダイムと「制限時間」パラダイムに有意差

は認められなかった。つまり、これらは緊急性による因果関係はなく、速度と極端化の相関は処理の容易さを反映している可能性が高い。明らかに道徳的または不道徳的な画像は、道徳的解釈が曖昧な画像よりも早く認識され、極端な評価が与えられる。

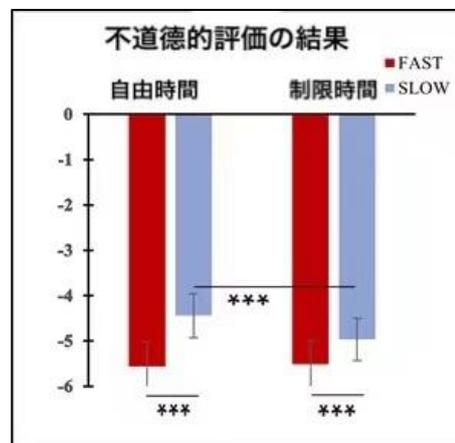


図3 不道徳的評価の結果

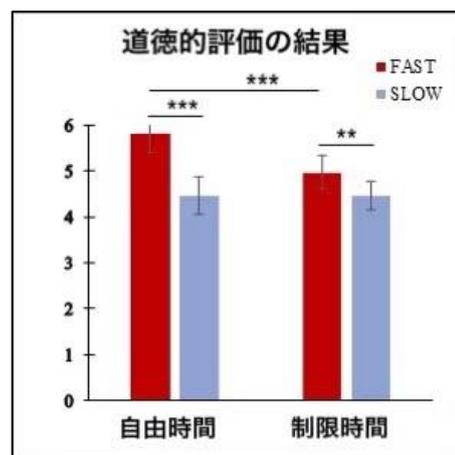


図4 道徳的評価の結果

4. 考察および展望

道徳的意思決定は、文化的背景、社会的環境、経済レベル、政治的發展、および法的原則に関連する価値に基づく意思決定である^{[9][10]}。道徳的意思決定に関するほとんどの研究は、主に社会学、社会心理学、ジェンダーおよび哲学に集中している^{[11][12][13][14]}。それらの研究者は、文化および社会的背景の類似性または相違性から人々の道徳的決定を説明する。道徳的意思決定は一種の意思決定として、決定者の主観に依存するため、人によって異なるにもかかわらず、特定の行動特性を示すことができ、内在の思考メカニズムを解明

する潜在的な機能を持つ可能性がある^[15]。人々は通常、感情制御システム^[16]、意識的な推論や直感^[17]に影響されて道徳的決定を行う。このような道徳的決定は、何が最適であるかはそれほど明白ではないが、恣意的な決定でもない。人間の行動への理解が深まるにつれ、行動分析によって道徳的意思決定の効果と原理を明らかにすることができる。本研究では、認知神経科学的アプローチから、道徳的意思決定の行動的特徴を、行動実験及び参加者の行動を観察することによって調べた。

行動の性質を研究する際に、要因の1つは時間である。決定を下す時間が少ないとき、人の脳内はより少ない神経経路を動員する。もう1つの要因は、意思決定時の情報の量及びその種類である。これは時間の従属変数でもある。例えば、短時間での決定プロセスにおいて、決定者がどのような情報を収集するか、またその中により刺激のある情報に集中するかは普通の意味決定過程と異なる。さらに、短時間で下した決定は、情報の収集量が不完全なため、唯一の刺激によると不本意な決定につながる可能性が高い。また、完全な情報を取得できる場面では、納得のできる決定をする可能性が高い^[19]。3番目の要因は、個人的な経験の記憶である^[20]。視点は人それぞれ異なるため、人々は自分の経験に基づいて迅速かつ自信を持って対応する。これは彼らを興奮させて極端な結果を与えさせる可能性が高い。例えば、へびに噛まれた人は、ロープや似たような影でもへびだと認識させる可能性が高くなる。突然な刺激は合理的な考慮^{[21][22]}よりも人々の感情^[23]を動機付ける可能性が高く、人々が新しい刺激にさらされると、個人の経験に基づく決定と比較してより少ない時間を使用し、二極化する傾向がある。したがって、この実験中の画像を評価する時、同じ速い反応をしても、パラダイムが違えば認知のプロセスも違ってくるが、道徳的評価は大幅な差がない。つまり、緊急性は評価に影響を及ぼすが、道徳的次元は評価される本体に決める。

本研究では反応時間の影響を着眼して、道徳的意思決定の極端程度との関係を検討した。なお、画像の自体と覚醒の属性から評価へ与える影響はまだ十分に検討していない。

また、同じく緊迫感を感じる状況でも、制限時間の長さが違えば、評価の極端さがどう変化するかは明らかになっていない。また、今後は画像の道徳レベルを更に細分化する。道徳と不道徳の2つ分類を「非常に

道徳的な画像」「一般的な道徳的画像」、「一般的な不道徳的な画像」、「非常に非道徳的な画像」の4つの道徳的レベルに細分化し、複数要因の影響からどちらが主要な作用をすることの解明が期待できる。また、行動研究の分析と共に、眼球運動の装置も連携させ、時間が制限された場合、人々が意思決定の際にどのような情報を注目したことを分析できる。要するに、道徳的評価の極端性と評価時点の生理特徴を総合的に検討することができる。

5. 参考文献

- [1] Wickelgren, W. A. (1977). Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics. *Acta Psychol.* 41, 67–85.
- [2] Heitz, R., and Schall, J. D. (2012). Neural mechanisms of speed-accuracy tradeoff. *Neuron* 76, 616–628.
- [3] Heitz, R., and Schall, J. D. (2013). Neural chronometry and coherency across speed-accuracy demands reveal lack of homomorphism between computational and neural mechanisms of evidence accumulation. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 368, 20130071.
- [4] Heitz, R. P. (2014). The speed-accuracy tradeoff: History, physiology, methodology, and behavior. *Frontiers in Neuroscience*, 8(8 JUN), 1–19.
- [5] Ounjai, K., Kobayashi, S., Takahashi, M., Matsuda, T., & Lauwereyns, J. (2018). Active Confirmation Bias in the Evaluative Processing of Food Images. *Scientific Reports*, 8(1), 1–13
- [6] Bubic, A., Yves von Cramon, D. & Schubotz, R. I. Prediction, cognition and the brain. *Front. Hum. Neurosci.* 4, (2010)
- [7] Crone, D. L., Bode, S., Murawski, C., & Laham, S. M. (2018). The Socio-Moral Image Database (SMID): A novel stimulus set for the study of social, moral and affective processes. In *PLoS ONE*, Vol. 13, Issue 1.
- [8] Krajbich, I., Armel, C. & Rangel, A. Visual fixations and the computation and comparison of value in simple choice. *Nat Neurosci* 13, 1292–1298 (2010)
- [9] 亀田達也, (2017) “モラルの起源-実験社会科学からの問い”, 岩波新書
- [10] Han, H., Glover, G. H., & Jeong, C. (2014). Cultural influences on the neural correlate of moral decision making processes. *Behavioural brain research*, 259, 215-228.
- [11] Fumagalli, M., Ferrucci, R., Mamei, F., Marceglia, S., Mrakic-Sposta, S., Zago, S., ... & Priori, A. (2010). Gender-related differences in moral judgments. *Cognitive processing*, 11(3), 219-226.
- [12] Fumagalli, M., Vergari, M., Pasqualetti, P., Marceglia, S., Mamei, F., Ferrucci, R., ... & Priori, A. (2010). Brain switches utilitarian behavior: does gender make the difference?. *PLoS one*, 5(1), e8865.
- [13] Greene, J. D. & Haidt, J. How (and where) does moral. *TRENDS Cogn. Sci.* 6, 517–523 (2002).
- [14] Rubin, K. H., Bukowski, W., & Laursen, B. (Eds.) (2011). *Handbook of peer interactions, relationships, and groups*. New York, NY: Guilford Press.
- [15] Garrigan, B., Adlam, A. L., & Langdon, P. E. (2016). The neural correlates of moral decision-making: A systematic

- review and meta-analysis of moral evaluations and response decision judgements. *Brain and cognition*, 108, 88-97.
- [16] Churchland, P. S. (2006). Moral decision-making and the brain. *Neuroethics: Defining the issues in theory, practice, and policy*, 3-16.
- [17] Koven, Nancy S. (2011). Specificity of meta-emotion effects on moral decision-making. *Emotion*, 11(5), 1255.
- [18] Cushman, F., Young, L., & Hauser, M. (2006). The role of conscious reasoning and intuition in moral judgment: Testing three principles of harm. *Psychological science*, 17(12), 1082-1089.
- [19] Wainryb, C., & Turiel, E. (1993). Conceptual and informational features in moral decision making. *Educational Psychologist*, 28(3), 205-218.
- [20] Cara Biasucci, Robert Prentice. (2020). Behavioral Ethics in Practice Why We Sometimes Make the Wrong Decisions.
- [21] Farrer and Frith, C. Farrer, C.D. Frith (2002). Experiencing oneself vs another person as being the cause of an action: the neural correlates of the experience of agency. *NeuroImage*, 15 (3), 596-603.
- [22] Malti, T., & Buchmann, M. (2010). Socialization and individual antecedents of adolescents' and young adults' moral motivation. *Journal of Youth and Adolescence*, 39,138-149.
- [23] Malti, T., & Latzko, B. (2012). Moral emotions. In V. Ramachandran (Ed.), *Encyclopedia of human behavior*. Oxford, UK: Elsevier. 2nded., pp. 644-649.

価値が導く論理的思考の計算モデル化にむけて

Toward the computational modeling of value guided logical inference

大森 隆司^{†, ‡}, 宮田 真宏[‡]
Takashi Omori, Masahiro Miyata

[†] 日本大学, [‡] 玉川大学
[†] Nihon University, [‡] Tamagawa University
omori@lab.tamagawa.ac.jp, 38tam.mail@gmail.com

概要

人の知的能力の一つの特徴が論理的推論である。これは他の動物にはなかなか見られない能力であり、そこにヒト脳の特異性が表れている。一方で、人の脳は進化的な連続性に基づき他の動物の脳と大きくは変わらない。ヒト脳の何が他の動物と異なって論理的な思考を可能としているのか？その解明は認知科学に限らず科学の大きな問いであると同時に、社会的にもインパクトが大きいであろう。しかしこの問いに対する仮説はいまだ少ない。そこで本稿では、この現象に対する一つの仮説を提示して、その仮説の可能性と検証の方法について議論する。

キーワード: 論理推論, 連想記憶, 認知アーキテクチャ

1. はじめに

1.1. ヒト脳における論理的推論の特異性

認知科学会の大会にはこれまで、大局的な認知モデルを論じてくださる名物会員がおられたが、残念ながら最近お見受けしない。目の前の課題に堅実に取り組む会員に大局的な視点や大胆な仮説を提示してくれる、未完成のあやしい理論もまた学会には必要と考える。そこで本発表では、著者が概念レベルで思い描く脳神経系で可能と思える論理的推論の認知アーキテクチャについて紹介し、脳認知過程の大局的なシステムデザインについての議論の材料を提供したい。なお、本稿は本年9月に発行予定の認知科学の論文特集「戸田正直『心理学の将来』から半世紀」に投稿した論文[1]の補遺的な位置付けである。本稿の前半は論文を整理しつつトレースして、後半は追加での説明をする。

論理的推論はヒト特有の知的能力とも言われており、論理学をはじめとする推論に関する学問はその典型的な頭れであろう。それに伴い、20世紀半ばからのAI研究もまた論理的推論から始まった。しかし記号計算主義による知能観はニューラルネットの登場により大きく変わり、階層ネットワークによる入出力関係の近似が現代の知能観を形成している。

一方で、認知科学分野では1970年頃にPaivioにより二重符号化仮説が提唱され、それが現在までの認知ア

ーキテクチャ研究に引き継がれてきている[2]。その仮説とは、ヒトの脳には論理的推論と直感的推論という2つの推論過程が存在し、我々はその2つの過程を動的に組み合わせて思考している、というものである。そのメカニズムの理解はヒトという種が他の動物と異なる能力を持つ理由の理解につながると考えられる。

1.2. 論理的推論の脳メカニズムの仮説

人工知能(AI)の理論では、推論による意思決定の基本は予測と価値評価の組み合わせであるとされている。すなわち、現時点での状態に、可能な操作を加えた結果についての価値評価を行い、価値が最も高くなる操作を採用して実行するという方式である。論理的推論の場合については多くの研究があり、反復や相手の参加がある場合には複雑な計算処理となる[3]。

これを大量のデータによる入出力関係の学習で行うのがニューラルネットであり、予測と評価の反復をしない直観的推論による意思決定を実現している。AIでの論理的推論と直感的推論は計算原理が大きく異なるものであり、人の脳のように二つの過程を動的に組み合わせることは困難である。

一方で行動経済学では、人の意思決定はAIの論理的推論に似て価値の評価に基づくとされている。したがって、意思決定において強力な推論は可能な選択肢の効果を予測・評価するという意味で重要な過程である。ところが同時に、感情に駆動された意思決定は多くの場合に適切であることも指摘されている[4]。とするならば、意思決定における推論と価値と感情はどのような関係にあるのだろうか。

この問題に対して本研究は、意思決定に関わる脳プロセスについて以下の仮説を置き、そこから生まれる一見して論理的に見える記憶想起の系列からなる、推論過程のモデルを説明する。

- 感情とは価値計算システムの表出系である。
- 動物の進化において情動過程は基本的に同一であり、そこには生存に関わる必要性があるはずであ、本研

究ではそれは価値評価であると想定する[5].

- 脳を大規模な連想記憶系とみなし、推論とはそこに記録された記憶の間の連想的想起の連鎖と考える[6][7]. その想起のモードにより、直観的推論と論理的推論の二つの振る舞いが切り替えられる。直観的推論は、入力からの並列的想起で実現され、論理的推論は、想起された記憶の収束の連鎖である。
- 感情は、想起された記憶の価値評価を行ない、その想起収束過程にバイアスを与えて、記憶を探索する想起の連鎖を価値の高い方向に誘導する
- 意識状態とは、一つの記憶が脳内全体に広がった状態として(Global Workspace Theory, GWT)[8], 本モデルの連想記憶の想起が収束した状態に対応する。本モデルの特徴は2つある。一つは連想記憶の動作モードによる推論過程の切り替え、もう一つは想起した記憶の価値評価による想起過程への介入である。

2. 意思決定と推論の関係

2.1. 脳内知識の二重符号化モデル

認知アーキテクチャとはヒトの脳の認知処理過程をモデル化しようという研究であり、1970年代からAI研究と並行して始まり、現在も続いている[9][10][11]. ここでの知識表現の基本戦略は二重符号化である。脳内には、連続的・分散的なパターンの情報と離散的なシンボリック情報の組み合わせられた知識表現があり、推論はそれらの間を動的に切り替えながら行われるという考え方である[2][12]. その表れが、論理的推論と直観的推論であり(表1), 多くの研究がなされてきている[13].

表1 直観的推論と論理的推論の二重符号化

| 直観的推論 | 論理的推論 |
|---------------|-------------------|
| 作業記憶は使わず | 作業記憶が必要 |
| 無意識的, 自律的 | 意識的, メンタルシミュレーション |
| 速い | 遅い |
| バイアスに影響されやすい | 規範的, 公平 |
| 文脈依存 | 抽象的 |
| 確率的, 分散的 | 論理的, シンボリック |
| 暗黙知(経験的確率)を利用 | 明示的な知識を利用 |
| 推論が浅い | 深い推論が可能 |
| 進化的に古い | 進化的に新しい |

この2つの推論の脳過程について、直観的推論はニューラルネットによる実現が可能が高いように感じられる。これまでの多くの脳神経系の研究は脳の階層

的認識機構のメカニズムを明らかにしてきており、その特性は行動研究とも矛盾が少ない[13].

しかし論理的推論の脳過程については不明な部分が多く、前頭葉が深く関わることは間違いがないが、それ以上の詳細は明らかとは言えない。脳研究において論理的推論を行うのはヒトのみであり、ヒトに対する研究の方法は限られている。ここからは、脳科学の知見に幅広い分野からの知見を加えて、ありうるモデルを作っていくかねばならない。

ここでの課題は意識である。例えば脳神経回路による視覚認識は麻酔下でもある程度は働くことから、直観的推論には意識は不要と考えられるが、論理的推論には表1に挙げたように意識が伴う。脳の神経回路がマクロな現象として論理的推論を生み出すメカニズムには、何らかの形で意識のような現象が伴う意思決定の過程についての説明が求められる。

2.2. 連想記憶の相互想起と自己想起

神経回路による連想記憶は1972年に中野により提案され[6][7], 1990年前後に活発に研究された記憶モデルで、記憶したパターンの一部からのパターン全体の想起(自己想起)や、一つの記憶Aから別の記憶Bへの一撃での連想(相互想起)などの機能を持つ。

連想記憶モデルで我々が注目するのが、自己想起の過程で神経回路の状態に対応して定義されるエネルギーである。自己想起型の連想の反復計算過程では、神経細胞群の状態はエネルギー最小化の過程として変化して、記憶の安定想起状態へゆっくりと収束する。その際、複数の記憶が重なった初期状態からでもそのうち一つの記憶が選択・想起される。詳細は参考文献[14][15]をご覧ください。

結果として、相互想起の連想記憶は複数の記憶への分岐も含めて短時間で入力から関連する記憶を想起する、すなわち素早い推論と記憶探索の機能を実現し、自己想起は複数の記憶が混在した状態から時間をかけて特定の記憶を選択的に想起する機能を実現する。

ここで、自己想起型の連想記憶と相互想起型の連想記憶を組み合わせると動的にスイッチするならば、表1に挙げた速い直観的推論と遅い論理的推論と類似の動作の動的組み合わせが可能となる。

2.3. 価値と感情と意思決定

通常の連想記憶では想起される記憶項目は事前に決

まっており、複数の記憶の競合場面でも分岐の方向を変えることはできない。そこで我々は、記憶項目の価値評価による記憶想起の分岐の制御を行った。その価値評価のメカニズムとして我々は感情を想定する[5]。

行動経済学では意思決定においてそれぞれの選択肢の効用、すなわち自己にとっての価値を評価し、その最大の選択肢を選ぶとする。そこに合理性が不足することが人の価値評価の特徴であるのであるが、ともかく選択肢の価値評価が意思決定を支配するというのが現在の認識である[4]。では、この評価のシステムとは何であろうか。それがここでの論点である。

これに対して本研究では「感情」を価値計算システムの顕れと想定する。意思決定の場合には可能な選択肢を実施した場合の結果の予測に対してであろうが、その予測に対しての価値評価が感情¹として表出されると想定する[16]。価値評価の計算自体は我々の脳内にて大部分は無意識のうちに行われていると考えられ、その主要なものが感情として表出・認識されると考えると、感情に駆動された意思決定の多くが説明できるように思われる。

従来、感情は理性と反するものとされてきたが、人類がまだ狩猟生活をしていた時代には感情こそが生存に適していたものが、文明の発達とともに状況に適応できなくなって非合理的な判断が目立つようになったものと考えられる。しかし多くの場面ではいまだに感情の判断は適切であると主張されている[4]。また、動物の進化の過程で爬虫類以降の情動システムは基本的に不変であるように思われる。とすると、情動システムが動物の生存に必要なという理由があるはずである。それが価値評価である、というのがここでの仮説である。

3. 論理的推論の脳モデルと意識

3.1. 連想記憶と価値認識による推論モデル

感情は価値評価システムの表出とすることは受け入れられるとして、価値評価を連想記憶による推論に導入して想起の過程を修飾するメカニズムが必要である。

この問題に対して宮田は、自己想起型と相互想起型を組み合わせた連想記憶に価値評価のシステムを付加した推論モデルを提案した(図1)[17]。直観的推論で

は、現在の感覚入力から可能な連想を次々と行う。その際、一般に連想は一对多であり、Tree 探索的な分岐が発生するが、本モデルでは条件付確率を連想過程に取り入れて、並列的な記憶想起とその価値評価による高速な記憶探索を実現した。また自己想起による論理的推論では複数の記憶パターンが混合した状態から価値の大きい記憶を選択的に想起する価値駆動の記憶選択の機能を実現した。この詳細はやや専門的なので、参考文献[18][19]を参照されたい。

ここでの鍵は想起した記憶の素早い価値評価と連想過程への介入である。これが実現する論理的推論により、従来の AI 的な Tree 探索で起きていた無駄な探索を大幅に削減して価値のある方向のみ推論する、深さ優先探索が実現できている(図2)。

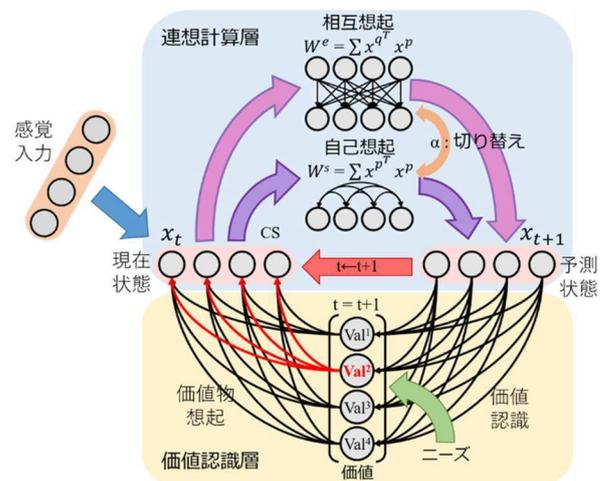


図1. 直観的推論と論理的推論を実現する連想記憶モデル ([17]より引用)

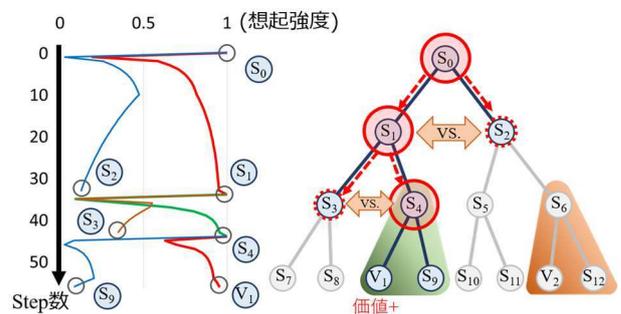


図2. 自己想起型の連想による Tree 探索的な記憶の探索過程 ([17]より引用)

¹ 本稿では感情という言葉を用いるが、心理学などでは情動という言葉が使われることが多い。情動は動物一般の価値評価システムと考えたときに、ヒト

の場合にはその価値評価に至るまでに予測などの知的処理が加わっているように感じる。そこで本稿ではヒトの価値評価にはそれを含めて感情と呼ぶ。

3.2. Global Workspace Theory と意識

先に述べた通り、現象としての論理的推論には意識が伴う。ここで言う意識は一般に言われる自己意識のような深い意味ではなく、意識のあるときにのみ論理的な推論が行われるという現象を言う。それにしても、連想記憶の自己想起過程を論理的推論と言うなら、それが意識様の現象を伴う理由の説明が必要である。

Baars により提案された Global Workspace Theory (GWT)は[8]、脳を大きな神経回路とみなし、外部からの刺激に対する応答から、脳の無意識状態と意識状態の違いを説明した。その説明によると、外部刺激が弱いときには脳はそれを認識せず、適度に弱いときにははかすかに反応するがその反応は局所的で脳に広く広がることはなく無意識的な反応となる。そして刺激がある程度強くなると、その刺激は認識されて反応が脳全体に広がる。この刺激に対する反応が脳全体に広がった状態を GWT では意識に登った状態としている(図3)。さらに GWT は、神経科学の立場からもサポートがある。意識に関わる脳過程は 2000 年代に研究が多くなされ、Dehaene は神経科学の実験と理論の立場から研究を進めてきている[20][21]。

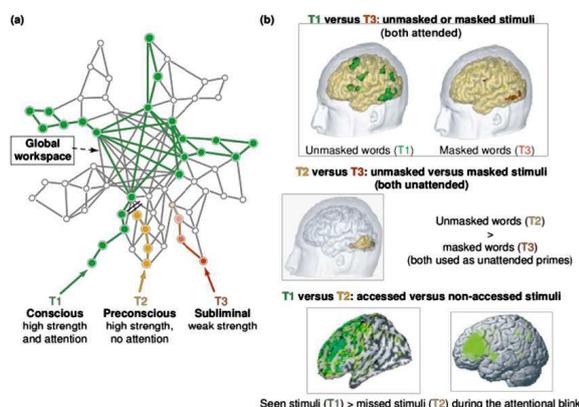


図3 Dehaene による GWT の説明 ([20]より引用)

この入力刺激が意識に登った状態とは、脳を一つの連想記憶とみなした場合には、特定の記憶が安定して想起できた、すなわち先述の推論モデルでいうところの論理的推論の安定想起と同等の状態と考えることができる。それに対して直観的推論は感覚入力からのすばやい連想であり、脳全体への認識の伝搬は不要な無意識的推論と言える。このように、宮田による推論モデルは GWT とのマッチングがよく、また表1に挙げた人の推論過程の現象との対応も比較的良好、すくなく

とも本稿で検討している粒度においては、人の推論過程のモデルであると考えることが可能と考える。

4. 論理的推論モデルから導かれる仮説

4.1. 意識状態の効用としての論理推論

ここまで、(1)推論の二重符号化モデル、(2)連想記憶モデルによる相互想起と自己想起の性質、(3)感情による価値判断と意思決定の関係、(4)宮田モデルによる価値に駆動される直観的推論と論理的推論、および(5)意識の理論としての GWT についてそれぞれ述べてきた。そしてこれらの組み合わせとして、ヒト脳が論理的推論を実現するメカニズムについて提案されたのが本推論モデル[17]である。

さて、このモデルから何がいえるだろうか？ヒト以外にもあると推測される直観的推論の特徴は、入力からの反射的な予測と評価によるすばやい意思決定である。その予測は広く・速く・浅く・自動的である。このような推論は生存をかけて瞬間的な意思決定を求められる厳しい環境での生存には必須であろう。

しかし浅い推論は遠い未来の予測には不向きである。我々が感じる知的能力の一つの指標に推論の深さがあるだろう。すなわち、ただちには価値評価が困難な場面で、深い予測により遠い未来の状態の価値を評価できることは、意思決定の精度を向上させることでその個体の生存確率を向上させると期待できる。そして、本モデルの論理的推論が可能としたものこそ、予測が分岐して複数の記憶が混合した場面でより確からしい分岐の一方の記憶を選んで選択想起して次の推論を始めるという、深い推論の過程である。

さらに、直観的推論と論理的推論の違いは、相互想起と自己想起という連想記憶の同じ計算メカニズムの利用法の違いでしかなく、両者の協調的相互作用は極めて自然に実現される[18][22]。直観的推論から論理的推論の創発は必然的な進化と言えよう。ただ、その脳神経的なメカニズムとしてヒト脳が他の動物の脳とどのように違うのかは不明である。

そしてその先に、意識様の脳状態としての GWT がある。GWT がいう意識状態とは、本モデルの論理的推論の記憶想起が収束した状態に相当する。この状態は論理的推論が深い推論を可能とする混合記憶からの選択想起の結果として得られるものである。先述のとおりこの状態が脳内に表れることは個体の生存に有利に

働くと考えられることから、これが意識のような機能が持つ進化的な効用となった、というのは言い過ぎであろうか。しかしこの考え方は、我々が感じるハードプロブレムとしての意識を説明するものではない。

4.2. 記憶想起の安定は作業記憶を可能に

論理的推論のもう一つの効果として作業記憶の実現の可能性がある[23]。作業記憶とは脳内の記憶想起状態の一時的な保持と考えられるが、直観的推論は記憶想起の過渡期の状態であり、脳波などの多くの揺らぎ要因がある脳内での保持は困難であろうと推測される。それに対して論理的推論は記憶想起の離散的かつ安定した収束状態が記憶の表現であり、それならば脳内で進行している他の処理とは別に一時的に保持できる可能性があるであろう。現在、作業記憶の脳部位としては前頭葉・頭頂葉・前帯状皮質・大脳基底核や海馬など複数の部位が挙げられて議論が続いているが[24]、その保持の安定性もまた検討されるべき項目であろう。

作業記憶の実現は、複数の推論の同時遂行を可能とする。いま進行中の推論を停めて一時的に保存し、別の仮説に基づく推論を行って保存したものと比較するという処理は、脳の過程としても妥当である[25]。結果、作業記憶の利用は脳での複雑な推論、ひいては複雑な問題に対する意思決定を可能とするであろう。

4.3. 他者の価値を含む意思決定＝社会性

現生人類であるサピエンスが獲得したとされる特徴的な能力に社会性がある。社会性とは、インタラクション場面において自己の価値だけでなく他者の価値も含めて評価して自己の意思を決定することと言えよう。これは自己と他者の双方の予測と価値評価が必要な複雑な意思決定である。

我々がインタラクションを求めるのは、それに何らかの価値があるからであろう。質問をする行為は自己が知識を得るという価値がある。一方で他者に何かを教える行為は、自己の価値よりは他者の価値につながる。会話で相手を喜ばすことは、自己の行動決定の段階で他者の感じる価値を評価しているであろう。

そのような行為を可能とするには、自己の意思決定が他者の価値評価に及ぼす影響までも含む推定が必要である。社会的存在としてのヒトは、それを可能とする他者についての知識、すなわち他者モデルを持って意思決定に用いることで、友達や仲間などのグループを

作り維持することができているのであろう。同じ原理は敵対的な社会的関係にも適用できる。他者の嫌がること、他者の価値評価が低下する意思決定を行うことは、対戦ゲームなどで我々は日常的に行っている。

このような他者の価値評価を自己の価値評価に含んで意思決定を行う脳過程については、理化学研究所の中原裕之氏のチームの研究がある[26]。それによると、脳内で他者価値を意思決定に結びつける過程は3段階あり、第一段階は他者の価値を、第二段階はその価値の選択肢に対する影響を、そして最後は最終的な意思決定の価値をそれぞれ異なる脳部位で符号化している。またその符号化の強度は被験者の向社会性と関係している。社会性という一見複雑な意思決定もこのように脳過程として、さらに計算過程として表現可能であることが示されつつある。

4.4. 偽記憶による想像力の実現

もう一つ、連想記憶による推論モデルからの展開として、想像力を実現できる可能性がある。想像とは、これまで経験したことのない事物のイメージを作ることであるが、その事物の個々のパーツは過去に経験したことのあるものであることが多い。すなわち、過去に経験した事物群のパーツを集めて一つの事物イメージを作るとは、想像という行為になると考える。このような特性は連想記憶ではスプリアス記憶、あるいは偽記憶として知られており[14]、記憶の想起という面では間違いであるが、過去に経験した事物から新しい記憶イメージを作るという意味では想像、あるいは創造と呼ぶことができよう。人間の創造においても、まったく未経験の事物をゼロからイメージすることは難しく、その人物の知識の範囲内での創造がまず出発点であろう。記憶した知識の内容を制御できる連想記憶を用いたスプリアス記憶による想像機能の検証もまた、人の想像力のモデル的理解の一つの方法かもしれない。

4.5. 他の脳理論との関係

4.5.1. 統合情報理論 (IIT)

脳における意識に関する理論はそれほど多くは無い。その中で近年注目されたのが Tononi による IIT[27][28]である。この理論では、脳を大規模な相互結合型、すなわち本稿でいう自己想起型の神経回路の集合と考え、そこに含まれる情報量をもって意識の質とみなす。神

経回路を分割すればそのそれぞれに情報量が存在して意識があるとする。

この理論は、本モデルと極めて近い構造と考え方を持っている。連想記憶の機能は相互結合された神経回路に生まれ、回路が分断されたらそのそれぞれがまた連想記憶として機能してする。その個々の回路に含まれる記憶の量を IIT でいう情報量と考えるなら、神経回路の細胞数に比例する連想記憶の記憶容量は統合情報量と極めて近い関係にある。ただ、IIT は意識の質、すなわち複雑さを定量化する理論であるが、なぜこれが意識であるかという説明としては不足感がある。

実際の脳では、タスクに応じて脳回路が選択的に活性化されて個々の瞬間に異なる神経回路を構成しており、その活性化された領域の組み合わせに応じて幅広い記憶想起状態が生まれている。そのような場合に選ばれて組み合わせられた神経回路が入力に対して推論する記憶想起過程は GWT でいう意識という解釈もありうるし、IIT でいう意識という解釈もありうる。ここは、関係者が集まっての議論が必要かと思われる。

4.5.2. 自由エネルギー原理

フリストンは自由エネルギー原理による脳の活動の理論を提案している[29]。その基本的な考え方は能動的推論であり、知覚において感覚入力とその解釈から生成される予測とが一致するように解釈を積極的に変えることが認識であるとしている。またその理論を運動や意思決定にも拡張し、脳の幅広い活動が共通の原理によって説明できるとしている。

自由エネルギー原理は極めて魅力的な理論であり、脳の病的状態も含めて極めて高い説明力がある。一方で、推論については直感的推論はみごとに説明しているが論理的な推論についてはいまだ不明確な部分もある。連想記憶の想起過程のエネルギー最小化の原理と自由エネルギー原理は抽象度が異なるようにも見えるが、現時点では両者の対応についての検討が不十分であり、今後の検討課題としたい。

5. 構成的による検証可能性

ここまで、連想記憶の想起過程に基づく推論モデルとそれに関連しそうな心の機能についての仮説を述べてきた。では、この仮説は検証できるであろうか。

一つの方法は構成的研究、すなわち作って動作を確認することでの評価である。連想記憶による論理的推

論は計算機シミュレーションで検証できている。しかしその課題は単純なトイタスクであり、より現実的で複雑な課題での検証が必要である。特に作業記憶や社会性の評価につながる課題の設定は重要であり、そこで GWT に関わるあたかも意識があるように見える動作生成の試みが必要であろう。

結果として、これは現実的な仮想世界で活動する行動主体を制御する認知アーキテクチャの構成的研究になろう。このような知的行動主体の研究はこれまでも多くあるが[30][31]、図4はそのような世界の一例である。この世界に生きるエージェントには、環境を認識して移動、事物を認識して目標設定、仲間や敵を認識して接近や回避、さらに他者への働きかけによるコミュニケーションや共同作業など、多くの選択可能なタスクが存在する。この世界での生存には、個々のタスクの達成による獲得価値を評価して、いま実施すべきタスクを選択し、さらにそれを実行する行動計画のための推論と遂行など、認知アーキテクチャとして推論を超えた幅広い機能が要求される[32]。

GWT を実装した認知アーキテクチャに LIDA があるが、LIDA は GWT の意識の機能は人手に組み込んだプログラムで実行することを想定しており、脳的な計算メカニズムでの GWT の実装はまたもう一つの課題である[33]。認知アーキテクチャの現状を考えるとチャレンジングな内容であるが、意識様のふるまいを伴う論理的推論を実行できる知的処理というのは、十分に挑戦しがいのある課題である。



図4 論理的推論の認知アーキテクチャに想定される現実に近い仮想環境の一例。食料・水などの生存に必要な材料だけでなく、仲間や敵などの社会性に関わる事物も含まれていることが望ましい。

6. まとめ

価値評価と連想にもとづく直感的推論と論理的推論の脳過程についての仮説的モデルについて述べた。計算論的にはありうるのだが、これが認知過程として人の中にあるのか、という点についてはヒトの行動レベルで多くの検証が必要である。

また、本稿では社会性の鍵となる他者の価値を含む価値計算メカニズムについても検討した。社会性は次世代 AI においても求められる重要な機能であり、認知科学の世界でもインタラクション研究として注目されている。そこでの鍵は他者モデルであるが、本モデルからは他者モデルには他者の行動予測だけでなく他者の価値認識を含む必要があることが示唆される。

以上、神経回路による連想記憶という古典的なモデルから出発して、直観的推論と論理的推論のメカニズムの提案、感情の価値評価システムとしての可能性、さらにそこから派生する思考における意識様の状態の効用、作業記憶、社会性の計算的理解、想像力などについて述べてきた。いずれも次世代 AI にて実現できればと夢見るものである。AI の進歩の背景には脳科学からの多くのヒントがあるが、同様に認知科学からも多くのヒントがあったと考えるべきであろう。それらが集約された認知アーキテクチャの開発に認知科学が力を発揮することを祈っている。

文献

- [1] 大森隆司 (2021), 人の心の過程を計算で表現する, 特集 戸田正直『心理学の将来』から半世紀, 認知科学 第28巻 第3号, 招待論文
- [2] Paivio, A (1986). Mental representations: a dual coding approach. Oxford University Press.
- [3] ラッセル: エージェントアプローチ人工知能第2版, 共立出版, 2008
- [4] ヴィンター・エヤル (2017), 愛と怒りの行動経済学—賢い人は感情で決める—, 早川書房
- [5] 信原 幸弘(2017), 情動の哲学入門: 価値・道徳・生きる意味 勁草書房
- [6] Nakano K.(1972), Associatron-A Model of Associative Memory, IEEE SMC,2, 380-388
- [7] 中野 馨(1979). アソシアトロン—連想記憶のモデルと知的情報処理, 昭晃堂
- [8] Baars, B. (1988). A Cognitive Theory of Consciousness. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- [9] Anderson, J. R., Bothell, D., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C., & Qin, Y. (2004). An integrated theory of the mind. Psychological Review, 1036–1060
- [10] Sun R.(2016), Anatomy of the Mind: Exploring Psychological Mechanisms and Processes with the Clarion Cognitive Architecture. Oxford University Press
- [11] O'Reilly, R.C., Hazy, T.E. & Herd, S.A. (2016). The Leabra Cognitive Architecture: How to Play 20 Principles with Nature and Win!. S. Chipman (Ed) Oxford Handbook of Cognitive Science, Oxford: Oxford University Press.
- [12] Jonathan St. B. T. Evans et al. : How many dual-process theories do we need? One, two, or many?, Oxford Scholarship Online, 2009
- [13] 服部 雅史(2015). 思考と推論: 理性・判断・意思決定の心理学 北大路書房
- [14] 中野 馨(1990), ニューロコンピュータの基礎 コロナ社
- [15] Takashi Omori et al. : Emergence of symbolic behavior from brain like memory with dynamic attention, Neural Networks, Vol. 12, No. 7-8, pp. 1157-1172, 1999
- [16] 戸田 正直(1992), 感情一人を動かしている適応プログラム, 東京大学出版会
- [17] 宮田真宏・大森隆司(2019), 価値に駆動された連想記憶に基づく人の推論過程の統合モデルの提案, 知能と情報 31(3), 712-721.
- [18] 宮田, 大森(2019), 感情の価値計算システム仮説にもとづく人の推論システムの提案, 人工知能学会大会, [3G4-OS-18b-04]
- [19] 大森 隆司(2020), ヒト脳にシンボリックな思考を生み出す脳アーキテクチャについて, 人工知能学会研究会資料 SIG-AGI-014-07
- [20] Dehaene S., & Changeux J.P.(2011). Experimental and Theoretical Approaches to Conscious Processing, Neuron 70, 200-227.
- [21] ドゥアンヌ, スタニスラス(2015), 意識と脳—思考はいかにコード化されるか 紀伊国屋書店
- [22] Sompolsinsky (1986), Temporal Association in Asymmetric Neural Networks, Physical review letters, Vol. 57, No. 22, pp. 2861-2864
- [23] Baddeley, A.D. , & Hitch, G.J. (1974). Working memory. In The Psychology of Learning and Motivation (Bower, G.A., ed.), 47–89.
- [24] <https://ja.wikipedia.org/wiki/ワーキングメモリ>
- [25] Collins A, Koechlin E (2012) Reasoning, Learning, and Creativity: Frontal Lobe Function and Human Decision-Making. PLoS Biol 10(3): e1001293.
- [26] Fukuda et al.(2019), Computing Social Value Conversion in the Human Brain, The Journal of Neuroscience, 39(26):5153–5172,
- [27] トノーニ,ジュリオ・マッスィミーニ,マルチェッロ (2015) 『意識はいつ生まれるのか 一脳の謎に挑む統合情報理論—』 花本知子訳, 亜紀書房
- [28] 大泉 匡史(2018), 統合情報理論から考える人工知能の意識, 人工知能 33(4),460-467.
- [29] 乾 敏郎・阪口 豊(2020). 脳の大統一理論 自由エネルギー原理とは何か 岩波科学ライブラリー
- [30] LIS(Life In Silico): <http://wba-initiative.org/1036/>
- [31] Lawrence W. Barsalou (1999), Perceptual symbol systems, Behavioral and Brain Sciences, Vol. 22, pp. 577-660
- [32] 大森, 栢沼, 宮田 (2021), 連想による価値評価が駆動する実時間タスクスイッチング, 人工知能学会研究会 SIG-AGI-017-02
- [33] Franklin S., (2011). Global Workspace Theory, SHANAHAN and LIDA, International Journal of Machine Consciousness, 3(2)

俳句創作過程の認知科学的検討 ——言葉に対する知覚の機能に着目して—— Study of Cognitive Process of the Haiku Creation: Focusing on the Function of Auditory Perception of Words

蓬田 息吹[†], 清水 大地[†], 岡田 猛[†]
Ibuki Yomogida, Daichi Shimizu, Takeshi Okada

[†]東京大学教育学研究科

Graduate Schools of Education, The University of Tokyo

ibuki.yomogida@gmail.com, tothefuture0415@yahoo.co.jp, okadatak@p.u-tokyo.ac.jp

概要

芸術の創作において、知覚や感覚運動処理などの身体に基づく要素を利用することの重要性は、様々な先行研究により指摘されている (e.g. Yokochi & Okada, 2005[1])。本研究では、言語芸術の一領域である俳句において、その創作に関わる知覚のうち、言葉の響きに対する知覚が活性化した状態で創作を行うことの効果について検討する。具体的には、日常的な俳句創作経験を有しない大学生・大学院生を対象としたオンライン創作実験を行い、実験で作られた俳句とその創作プロセスをそれぞれ分析する。

キーワード: 芸術創作, 言語芸術, 俳句, 知覚, 身体性, 創造性, 題詠, 言葉, 芸術, 韻文, 国語科

1. はじめに

言語芸術は、多様な文化に遍在する芸術の主要領域のひとつである。言葉による表現活動に携わることで言葉と自己の発達が促されること[2][3]や、国語科等で教材として扱われることが多く (e.g. 植阪・光嶋の研究[4])、教育へ適用するための土壌が育っていることを踏まえると、言語芸術の創作過程を解明していくことには大きな意義があると考えられる。そのため、本研究は、言語芸術の創作過程を解明することを大きな目標とし、特に俳句の創作における言葉の持つ知覚的側面の機能について明らかにすることを目指す。

2. 芸術の創作と身体性

近年の芸術創作研究では、身体、情動、社会的相互作用などを考慮した上で創作過程を検討していくことの重要性が指摘されており[5]、また、身体を介したイマジネーション活動として芸術を捉える[5][6]ことも提案されつつある。Glăveanu らにより近年提案された Five A's Approach の枠組み[7][8]で芸術創作活動を捉えると、例えば、創作者が環境に存在する多様な物質と身

体を通して関わり合い、それらの物質の特徴を抽出し、以上に加工・変更を加えつつ新たな人工物や表現が生成される。そして、それらの人工物・表現が観客や他の創作者に共有され、更なる創造活動を導いていく、といった説明が可能となる。知覚や感覚運動処理などの身体に基づく要素は、この枠組みにおいて重要視されているもののひとつであり、エキスパートの実際の創作過程を扱った研究でも、創作の進行にポジティブな役割を持つということが実証されている (e.g. Yokochi & Okada の研究[1])。

Yokochi & Okada (2005) は、フィールドでの観察・実験とエキスパートへのインタビューを通して、水墨画家の描画の過程における認知活動を調査した[1]。その中で、描画中に観察された空書 (空中で筆を動かす行為) の役割について、ポジショニング (紙面上のどこに筆を置くのかを決める) やリハーサル (筆の動かし方の練習をする) に加えて、イメージ生成 (次になにを描くかを考えてイメージを生む) の役割を持つ可能性があることを考察した。デザイナーの visual thinking とイメージの生成について検討した。Goldschmidt や Suwa & Tversky の研究でも類似の現象が確認され、スケッチをすることで視覚認知が変化し、それに基づくイメージやイマジネーションが拡張されると解釈されている[9][10][11]。Shimizu, Hirashima & Okada (2019) では、芸術の創造におけるアイデア生成過程とアイデアの外化過程の相互作用の重要性に着目し、そのような相互作用がブレイクダンサーの表現の探索へ与える影響を、ケーススタディを行って検討した[12]。結果として、アイデアの生成とアイデアの動きとしての外化とを相互に繰り返した条件では、前半でダンサーが動きの多様な側面を活発に探索する様子が見られた。特に、動きを実施した際の知覚情報 (視覚情報・体性感覚情報) がアイデアの探索に強い影響をもたらした可能性が示唆さ

れた。これらの研究から、芸術創作においては、イメージやアイデアの生成とそれらを具現化する過程に加え、それらの時間を経た変化にも、身体に基づく要素が影響を及ぼしうると考えられる。

3. 俳句創作における知覚

俳句では、作者の知覚体験を基盤として作中のイメージ等の表現内容を生成する[13]という領域の特徴から、身体性、とりわけ創作と知覚の関係が話題に上りやすい。例えば、第25回俳人協会新人賞受賞者の檜山哲彦は、結社誌において以下のように記述している。

“人はつねに、身体をもって外界と交流している。感覚器官を通して、多面多様な外界を感じとりつつ、外界からの刺激に反応するというかたちで、いつも外界との対話をおこなっている。たとえば、眼にはいつてくる光を手懸りに、ものの形や色を見分けながら、ごく自然に〈あたたかな色〉〈さわやかな形〉などと感じ、感じたことを口に出しもする。視覚、光覚、色覚ばかりではない。聴覚、触覚、温覚、冷覚、痛覚、圧覚、味覚、嗅覚、臭覚など、もろもろの感覚。さらには、幻聴、幻視、幻臭などなど、幻覚にあっても、同じくしかり。あるいはまた、身体に棲みついている〈言葉〉じたいが呼び起こす感覚もここに加わってくる。俳句とは、こうした感覚と反応との、言葉による記述にほかならない。いうなれば、〈感覚反対話録〉であり、それぞれの句には、当の感覚を体幹した人間の〈その場その場〉の記憶がとどまっている。”(檜山) [14]

檜山による記述[14]では、創作中の環境に対する知覚(環境に対する知覚)と言葉が持つ文字形態や響きなどの多様な特徴に対する知覚(言葉に対する知覚)の双方が俳句の創作に関わっていることが示されている。これらの知覚はどちらも俳句の創作に欠かせないものであると考えられるが、特に言葉の響きに対する知覚については、流派や世代を越えて様々な俳人により入門書や講演会、結社誌の論考で指摘されている(e.g. 金子による講演[15])。例として、現代俳句協会名誉会長の故・金子兜太の発言を以下に記載する。

“俳句の場合、韻律を無視したらいけない、切れと韻律というのは、二大要素だと思っております。(中略) 私が思いましたのは、日本語をどう使うか、ということです。口ざわり良く使う。(中略) 口ざわりが良いというのは、発声というこ

とを含むわけで、ただ書くだけの要素じゃなくてね。(中略) だから、耳で聞き、目で見て、同時に読む。これが俳句の大事な要素になってきた。(中略) 耳で聞いて、耳ざわりの良い日本語をどう使うかという、聴覚のほうを大事にした使い方。”(金子) [15]

このことから、熟達した俳人の間では俳句の創作にとって知覚が重要であるという認識がある程度共有されており、創作中にも意識される傾向が強いと考えられる。一方で、俳句初心者には、意味的につながりのある言葉(例えば、“空”“水”“空気”と“澄む”)を並べる傾向が強く見られる[16]ことが指摘されており、言葉が持つ知覚的な要素にはあまり注意を向けることができている傾向にあると予測できる。つまり、初心者は言葉の意味に過剰に注意を払って創作を進めており、言葉の他の側面である知覚的な要素を使いこなして創作を進めることが十分にできていない可能性がある。

そのため、本研究では、初心者言葉の意味以外の知覚的側面、例えば言葉の響きに注意を向けるように促すことで、言葉のより多面的な特徴から着想を得てイメージを生成する等の、熟達者と類似の認知過程が生じて作品の質が向上するのではないかと考えた。

言語における身体性を扱ったこれまでの研究より、このような言葉の響きは修辞と創作時の認知過程の双方に影響を与えると考えられる。人間の認知は従来、知覚などのモダリティを伴う過程からは比較的独立した、表象操作の過程であると考えられていた[17]。しかし、近年、知覚や運動などの身体に基づく要素に言語活動[18]や概念操作[17][19]といった認知活動が強い影響を受けると主張する Embodied Cognition の研究が盛んに行われている。実際に、認知活動と身体との繋がりについて実証的に示した研究[20][21]やそれらを説明する理論[17][19]も蓄積されつつある。

上記の研究は主に言語の正誤判断・理解等の比較的単純な認知過程に焦点を当てているが、同様の枠組みはより複雑な言語の生成過程にも深く関わりうることは十分に予想されよう。また、このような記号的表象と感覚運動情報に基づく表象の双方が言語処理に関わる[22][23]という理解は、俳句の創作にも適用可能と考えられる。実際に、上記の俳人の発言に基づく俳句という言語産出において感覚運動処理を活性化させつつイメージの生成・修正や修辞を行っていることが推測できる。そのため、本研究では、これらを踏まえた上で知覚が俳句の創作に大きく関わるという立場を取り、表

現過程における知覚の機能を探索的に検討することとした。

4. 本研究の目的と意義

上記の議論を踏まえて、本研究では、初心者言葉の響きに注意を向けるように促すことで、熟達者と類似の認知過程(例えば、言葉の意味に加えて響きといったより多面的な特徴から着想を得てイメージを生成する、など)が生じて作品の質が向上すると考えた。そこで、注意を向ける要素(言葉の意味か響きか)の違いによる、初心者の俳句作品やその創作プロセスの変化を検討することを目的とした。

俳句のような、具体的な対象を示す言葉が多用される表現領域を題材に、語や文の産出における知覚の影響を明らかにすることで、基本的に単純な語彙判断等を中心に検討を行ってきた身体性研究に新たな知見を提供することができると考えられる。加えて、科学的な視点から創作指導や自らの創作を振り返るための知見を提供し、多くの俳人がより実りある形で試行錯誤していくことを支援することで、未来の創造的教養人[24]の育成につながると予想できる。

5. 俳句創作実験

実施期間と参加者

実験は2020年9月から10月にかけて、オンライン会議システム Zoom (以下、Zoom, Zoom Video Communications, Inc.) により実施した。東京大学の大学生・大学院生52名が実験に参加した。実験参加者の募集においては、日本語を母語とすること、日常的に俳句の創作を行っていないことも条件に加えた。

実験計画

本実験は、介入課題の種類(言葉の意味強化課題と言葉の音韻強化課題, 参加者間要因)2水準と、課題の試行時期(介入課題前のpre創作と介入課題後のpost創作, 参加者内要因)2水準の2要因混合計画であった。従属変数は、pre創作課題とpost創作課題のそれぞれでつくられた俳句についてのエキスパート評価の得点と実験中の発話を分類したカテゴリの内容と頻度である。なお、本研究における実験は、東京大学倫理審査専門委員会の承認を受けて実施した。

実験準備

意味連想条件と音韻連想条件の2つに実験参加者を26名ずつ割り当てた。(意味連想条件は、年齢 $M=21.50$, $SD=1.92$, 男性16名, 女性10名, 文系13名, 理系12名, 分類不可1名。音韻連想条件は、年齢 $M=21.85$, $SD=1.71$, 男性16名, 女性10名, 文系11名, 理系15名, 分類不可0名。)

実験に使用する俳句の説明書の作成及び季語の選定にあたって、熟達した俳人2名(俳人A:70代, 男性, 現代俳句協会所属, 俳人B:40代, 女性, 俳人協会所属)に協力を仰いだ(Ericsson, Krampe, & Tesch-Römer, 1993; Noice & Noice, 2006 [25][26]を参考にエキスパートと判断)。

実験手続き

本実験の大まかな構成を図1に示す。

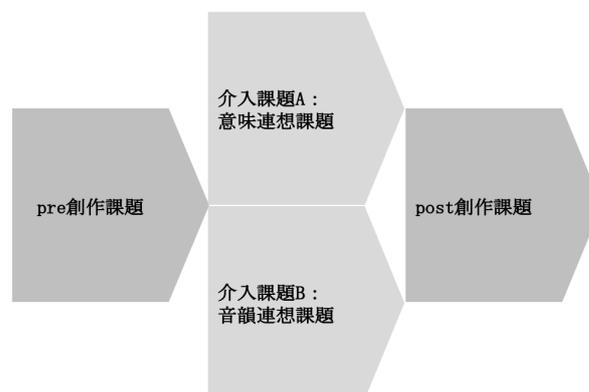


図1 実験の構成

実験中の記録 Zoom のレコーディング機能を使用して実験中の参加者の様子を記録した。

pre 創作課題 pre 創作課題では、「紅葉」「朝顔」のいずれかを季語として使用し、15分でひとつの俳句を創作することを求めた。使用する季語は課題の説明時に提示した。この時、季語を提示する際には、いくつかの子季語(本来の季語から拡張した季語の変化形、例えば、「紅葉」に対する「紅葉川」)を同時に提示し、創作する俳句の形式(一物仕立てか取り合わせか)については指示しなかった。季語の使用順は、各条件のpre創作・post創作との間でカウンターバランスをとった。課題の際には、Googleドキュメント形式のワークシートを画面共有機能で映し出して創作プロセスのリアルタイムなデータの記録を行った。また、創作中にはプロトコル発話[27]とワークシートへのメモ書きを求めた。15分以内に完成しなかった場合には、追加で2分間の作業時間を与え、その間に俳句を完成させることを求め

た。

介入課題 介入課題では、提示された刺激語「言葉（ことば）（『連想語頻度表——3 モーラの・ひらがな・カタカナ表記語——』[28]より選定）」から単語を連想して矢印で繋いで書き出していく作業を8分間継続することを求めた。参加者は、「前の単語の意味/響きから連想されるものを表す単語を次に書いて、矢印で繋いでいってください。ひとつの単語から複数の単語を連想してもかまいません。」という教示のもと、課題を遂行した。意味連想条件では言葉の意味に、音韻連想条件では言葉の響きに注目するように指示した。

post 創作課題 post 創作課題では、pre 創作課題と同様の手続きで俳句の創作を行った。創作時には、pre 創作課題で使用していないほうの季語を使用した。

6. 分析のためのプロダクト評価

プロダクトの分析で使用するため、熟達者による俳句の評価をオンラインで行った。

実施期間と評価者

実験でつくられた俳句の評価を5名の熟達した俳人（年齢： $M=52.50$, $SD=15.07$, 性別：男性2名、女性2名、俳句歴： $M=27.00$, $SD=6.68$, 所属：現代俳句協会2名、俳人協会2名、日本伝統俳句協会1名、うち1名は2つの協会に所属）に依頼した。評価者のうち1名は刺激の作成に協力した俳人と同一の人物であった。評価者の選定基準はChase & Simon や Ericsson et al., [29] [25]を参考に設定し、その上で所属協会や年齢、性別などに極端な偏りが生じないように依頼した。

評価準備

Amabile による言語課題用 Consensual Assessment Technique (以下、短詩用 CAT) [30][31]の元になった評価次元[31]と俳人Aが挙げた評価の観点参考に15の評価項目を設定した(表1)。

なお、データの等質性を考慮し、俳句の説明を修正する前の8名(意味連想条件4名、音韻連想条件4名)のデータ、制限時間を大幅に超過した1名(意味連想条件)のデータ、俳句経験者1名(音韻連想条件)のデータを評価対象から除外した。

表1 評価項目

| 項目番号 | 項目名 |
|------|-------------|
| 1 | 創造性 |
| 2 | 好み |
| 3 | 言葉の選択の新しさ |
| 4 | 描写の的確さ |
| 5 | 情景のイメージしやすさ |
| 6 | アイデアの独創性 |
| 7 | 言葉の流れの良さ |
| 8 | 表現の洗練度 |
| 9 | 俳句の形式 |
| 10 | 情緒性 |
| 11 | 俳句の文法 |
| 12 | 明瞭さ |
| 13 | 共感 |
| 14 | 驚き |
| 15 | 想像の余地 |

評価手続き

評価は Amabile (1983), Baer & McKool (2009), Hennessey (1994)に準じて行われた[31][32][33]。前提として、それぞれの評価者は、それぞれが独立して作業を行った。評価の際には、表1に示した15の観点それぞれにおいて、評価対象とする俳句の全俳句中における評価の高低を相対的に判断することを求めた。

7. プロダクト評価の結果と考察

全評価者による評価の分析

評価者間一致率 4名のエキスパートによる評価の級内相関係数 (Intraclass Correlation Coefficients, 以下 ICC) を算出した。評価者の属性や領域内の流派、領域での活動歴に偏りなく評価者を選定したため、母集団である俳人を代表するサンプルだと考え、ICC (3, k) [34]を使用した。芸術のプロダクト評価においては、級内相関係数が低くなる傾向がある (e.g. Getzels & Csikszentmihalyi や石橋・岡田, Okada & Ishibashi による研究[35][36][37]) ことを考慮すると、特に、項目5 ($ICC=.619$, $p=.000$), 項目7 ($ICC=.629$, $p=.000$), 項目9 ($ICC=.550$, $p=.000$) は、.50以上で十分な値であったといえる。一方で、項目1は.126 ($p=.215$), 項目3は.141 ($p=.187$), 項目6は.208 ($p=.088$), 項目14は.202 ($p=.095$) と十分でなく、統計的に有意な値は示されなかった。

各評価項目の平均得点と標準偏差 15の評価項目それぞれにおける意味連想条件、音韻連想条件の作品の平

均得点と得点の標準偏差を算出した(ここでは、 $ICC > .50$ 以上の3項目の結果のみ図2に示す)。平均得点の値を確認すると、意味連想条件では、pre創作課題からpost創作課題にかけての項目得点の変化の傾向は項目ごとに異なっている様子が見られた。一方、音韻連想群では、pre創作課題からpost創作課題にかけて全ての項目の得点が低下していた様子が伺われた。

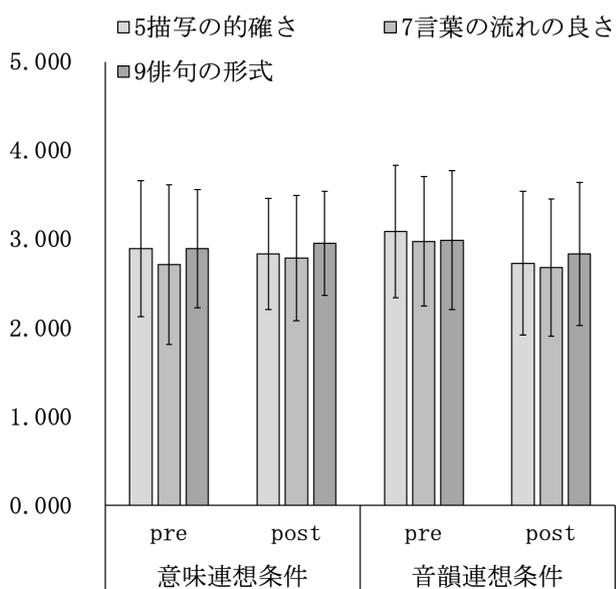


図2 ICC > .50以上の評価項目の結果

多変量分散分析 介入課題の種類(対応なし, 2水準)と創作課題の時期(対応あり, 2水準)を独立変数, $ICC(3, k)$ の値が.40以上で有意となった8項目(項目2, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12)を従属変数に, 二要因混合モデルの多変量分散分析を行った。多変量分散分析をかける場合には, 従属変数が多いと収束しないため, ある程度項目をまとめる必要がある。今回の分析においては, ①一般的に十分な一致とされる値が.70以上であること[38], ②芸術作品の評価についての級内相関は.60台から.30台と低い傾向にある(e.g. 石橋・岡田, 2010[36])ことを踏まえた上で, ある程度の項目数が検討可能であるように.40を基準として設定し, それに満たない項目を除外した。BoxのM検定の結果, 分散共分散行列の等質性が満たされたことが確認された($p > .05$)。Pillaiのトレースによる結果に基づくと, 介入課題の種類の主効果は有意でなかった($F(8, 33) = .662, p = .720$)。創作課題の時期の主効果も有意でなかった($F(8, 33) = .420, p = .901$)。また, 介入課題の種類と創作課題の時期の交互作用は見られなかった($F(8, 33) = .572, p = .793$)。上記

より, 今回の実験においては, pre創作とpost創作の俳句評価に統計的に有意な差は確認されなかった。

全評価者による評価についての考察 pre課題とpost課題の評価について, 各群において統計的に有意な差が見られた項目はなかった。このような結果を導いた可能性のひとつとして, 評価者の所属協会による作品評価に関する妥当性境界[39]の違いが影響したことが考えられる。本研究では, 現代俳句協会に所属する俳人1名の協力のもと, 評価指標を作成した。評価者の中には現代俳句協会以外の俳句協会に所属する俳人も含まれていたため, 彼らが日常的に使用している評価軸とは異なる基準を指標として用いたことで評価者間のばらつきが生じたこと, 結果として各群に対応した一貫した評価結果が示唆されなかった可能性が推測された。そのため, 次に, 現代俳句協会に所属する俳人2名の評価データに焦点を当てて分析を行った。

所属協会別の評価の分析

評価者間一致率 俳人の所属協会ごとに評価データを分け, それぞれについて $ICC(3, k)$ [34]を算出した。現代俳句協会の評価の方が, 俳人協会の評価よりも各項目の級内相関が高い傾向にあり有意となった項目数も多かったが, 一部の項目においては, 俳人協会の評価の方が, 現代俳句協会の評価よりも高い級内相関を有していた。現代俳句協会の評価では, 項目6($ICC = .534, p = .000$), 項目12($ICC = .574, p = .000$)の2項目, 俳人協会の評価では項目7($ICC = .552, p = .000$)で級内相関が.50以上となった。項目5, 8, 9については両者の傾向に大きな差は見られなかった。

各評価項目の平均得点と標準偏差 現代俳句協会に所属する俳人2名と俳人協会に所属する俳人2名の評価をそれぞれでまとめ, 作品の平均得点と得点の標準偏差を算出した。意味連想条件の評価においてpre課題からpost課題にかけての上昇/低下が協会ごとに異なる傾向を示したのに対し, 音韻連想条件の評価においては1創造性を除いて両協会の評価傾向が共通していた。全体としては, 現代俳句協会の2名と比べて俳人協会の2名が高い得点をつける傾向にあったが, 両者に大きな差は見られなかった。俳人協会の方が作品の各項目における評価得点の標準偏差が大きい傾向にあったが, こちらの差も大きなものではなかった。

多変量分散分析 俳句協会ごとの評価データそれぞれについて, 二要因混合モデルの多変量分散分析を行った。独立変数は介入課題の種類(対応なし,

2水準)と創作課題の時期(対応あり, 2水準), 従属変数は4名のデータを分析した際に使用したのと同様の8項目であった。まず, 現代俳句協会の評価データについての分析結果を記載する。BoxのM検定の結果, 分散共分散行列の等質性が満たされたことが確認された($p>.05$)。Pillaiのトレースによる結果に基づくと, 介入課題の種類の主効果は有意でなかった($F(8, 33)=.536, p=.821$)。創作課題の時期の主効果も有意でなかった($F(8, 33)=.646, p=.734$)。また, 介入課題の種類と創作課題の時期の交互作用は見られなかった($F(8, 33)=.546, p=.813$)。次に, 俳人協会の評価データについての分析結果を記載する。BoxのM検定の結果, 分散共分散行列の等質性が満たされたことが確認された($p>.05$)。Pillaiのトレースによる結果に基づくと, 介入課題の種類の主効果は有意でなかった($F(8, 33)=.743, p=.654$)。創作課題の時期の主効果も有意でなかった($F(8, 33)=.414, p=.904$)。また, 介入課題の種類と創作課題の時期の交互作用は見られなかった($F(8, 33)=.691, p=.697$)。上記より, どちらの俳句協会の評価においても, pre課題とpost課題の評価得点に統計的に有意な差は確認されなかった。

所属協会別の評価についての考察 評価者間の一致率に関しては, 全体的には現代俳句協会の方が高い級内相関を有する項目が多くあったが, 一部の項目では俳人協会の級内相関の方が高かった。各項目の有意確率を比較すると, 俳人協会の方が有意にならない項目が多いことから, 俳人協会の評価は現代俳句協会の評価よりも, 評価者間で安定していなかった様子が見られた。1つの原因として, 今回の評定は現代俳句協会に属する俳人の意見を参考に作成されたものであり, 俳人協会の俳人が日常的に使用している評価軸とは異なる観点から評価を行うことを求められた可能性が推測される。また, 俳人協会の評価者のうち1名がもうひとつの俳句協会にも所属していたことから, 同一の俳句協会に所属する評価者のみで構成されていた現代俳句協会よりも級内相関が低下した可能性も考えられる。俳句協会ごとの評価データを従属変数とした多変量分散分析においては, どちらの協会の評価についても群間で有意な差は見られなかった。全評価者の評価データについての分析でも, 俳句協会ごとの評価データについての分析でも群間差が示されなかったことから, 上記のような流派の違いが評価に大きく影響したとは考えにくい。そのため, 今回の実験で条件間差が示唆されなかった背景としては, 介入が機能しなかった可能

性, もしくは, 部分的にしか機能しなかった可能性が考えられるであろう。介入が部分的にしか機能しなかった場合, 介入の効果の表れ方に参加者間でばらつきが生じる可能性があるのではないだろうか。ここでは, 以上の推測に基づき, pre課題からpost課題にかけての評価得点の変化量の標準偏差の値を確認した。参加者間で効果のばらつきが大きい場合, pre課題からpost課題にかけての変化量の標準偏差の値が大きくなることが推測される。

評価得点の変化量の標準偏差の群間比較

全評価者による評価得点の変化量の標準偏差 上記の考察より, 次に評価項目ごとのpre課題からpost課題にかけての変化量の平均値とその標準偏差の群間比較を行った。介入の効き方の群間差をより仔細に検討するために, 評価項目ごとのpre課題からpost課題にかけての変化量の平均値とその標準偏差を比較した。全評価項目の変化量の標準偏差を条件ごとに比較すると, 意味連想条件よりも音韻連想条件の方がわずかに大きい値になっているということがわかる。特に, ICC(3, k)が.50以上であった項目(項目5, 7, 9)においては, 全ての項目で音韻連想条件の方において大きな標準偏差が示唆されていた(意味連想条件では, 項目5 $SD=1.053$, 項目7 $SD=1.016$ 項目9 $SD=1.121$, 音韻連想条件では, 項目5 $SD=1.078$, 項目7 $SD=1.350$, 項目9 $SD=1.308$)。

現代俳句協会所属俳人による評価得点の変化量の標準偏差 現代俳句協会の評価を取り上げ, 全評価項目の標準偏差を条件ごとに比較した場合も, 意味連想条件よりも音韻連想条件の方がわずかに大きい値になった。級内相関が比較的高かった5項目(項目1, 6, 10, 12, 15)では, 音韻連想条件の標準偏差が意味連想条件の値を上回っていた。

評価得点の変化量の標準偏差についての考察 全評価者の評価においても, 評価項目の一致率が高い現代俳句協会の評価を対象にした場合も, 意味連想条件よりも音韻連想条件の方がpre課題からpost課題にかけての変化量平均のばらつきが大きい傾向にあった。特に, 項目5, 7, 9の3つでは, 全ての項目において音韻連想群の方が大きなばらつきを有していた。上記より, 音韻連想課題では, 介入課題で取り組んだ内容をpostでの創作に活かせる参加者とそうでない参加者がそれぞれ多く見られた可能性が考えられた。

次に, 介入課題を経て作品の評価得点が上昇したケ

ースと変化が見られなかったケースの比較を行い、上昇した場合には創作プロセス中にながら生じていたのか、変化がなかった場合には何が不足していたのかを明らかにする。

8. 上昇ケースと変化なしケースの比較

本稿では項目5の得点変化に着目し、特にイメージ生成(e.g. Ward, 1994[40])に焦点を当てて創作プロセスの流れを記述・解釈することでその仔細を検討した。将来的には、創作プロセスを反映したカテゴリの生成・精緻化を行い、その過程の特徴を定量的に検証することを予定している。

表2 各ケースの作品例

| 評価 | 参加者 | 作品(上段がpre, 下段がpost) |
|------|------|---------------------|
| 上昇 | A019 | 朝顔や期末に臨む一限か |
| | | 秋紅葉画面の中で舞い落ちる |
| | B019 | あさがおよ黄色と青の檻に咲け |
| | | 秋風かららっと爆ぜる紅葉かな |
| 変化なし | A020 | 初恋と紅葉と散った遊園地 |
| | | 朝顔を咲かせた笑顔 姪の顔 |
| | B029 | 道と空山まで隠す紅葉かな |
| | | 秋の風夕陽にしなぶ朝顔や |

B019 (音韻連想条件において評価得点が増したケース) このケースでは、pre 創作で提示された季語は「紅葉」、post 創作で提示された季語は「朝顔」であった。B019 の特徴としては、pre 創作から post 創作にかけて、中期段階でのイメージの生成回数が大きく増加したことが挙げられる。pre 創作時には、初期にアイデア生成に関する発話が多く見られ、創作が進むにつれて修辞に関する発話が増加した。それに伴い、イメージ生成に関する発話は減少していた。一方、post 創作では、全段階を通して pre 創作よりも活発にイメージの生成が行われており、特に中期段階にてその傾向が顕著である様子が観察された。

以下に、B019 の post 創作におけるプロセスを詳細に記述する。まず、初期には紅葉に関連する様々な要素を挙げていく中で、“自分の中の綺麗な側面を出して作りたくない”という創作の方向性を見出した。その後、自分の感覚に基づいた方向付けのある連想をするようになり、その方向性に基づきながら紅葉自体の特徴を挙げていった。中期段階では、触覚の経験から紅葉の特定

の特徴(“乾いている”)に焦点を当て、“火をつけたら燃えそう”だと想像を膨らませた。そこから、“炎”と結びつけることで季語のイメージを深め、“紅葉の葉”と“薪の火の粉”という対比するイメージを生成した。さらに、新しく連想した銀杏と紅葉を結びつけて対比する中で銀杏のイメージを深め、“よく濡れている”銀杏に対応する、“からっと爆ぜる”という概念を生み出した。後期には、作中の情景を仔細に描写することに意識を向け、既に思いついたイメージに新しいイメージ(“秋風”)を加えることで新しい情景を生み出した。

B019 の pre 創作と post 創作におけるプロセスを比較すると、以下のようにまとめることができる。最も特筆すべき点としては、post 創作では、特に中期から後期にかけて、言葉の対比を通して pre 創作では意識していなかったイメージの明確化・深化をしていることがある。さらに、後期段階では中期に挙げた“からっと爆ぜる”というイメージに、“秋”から新たに連想したイメージである“秋風”を加えることで、これまでのイメージを明確化しつつ新たなイメージを生んでいる。B019 の post 創作のプロセスにて、このような現象が生じた理由としては、音韻連想課題での連想とそれに付随する認知過程である、意味的に距離のある単語同士を対比することが post 創作においても活用された可能性を考えることができる。加えて、知覚とイメージ生成の関係に着目して考察すると、pre 創作では単一場面にイメージを限定した中で知覚からイメージ生成を行っていたが、post 創作では季語に関連した様々な場面の連想で視覚や触覚といった複数の知覚からイメージを生成していたという点が特徴的であった。

A019 (意味連想条件において評価得点が増したケース) このケースで提示された季語の順は、「朝顔」の次に「紅葉」であった。A019 の創作プロセスの特徴としては、修辞に関する発話がほとんどなく、イメージの生成を軸に創作を行なっている点がある。当ケースの pre 創作初期段階では、「朝顔」という言葉から連想を進め、朝に関連する自身の経験を想起していた。中期には、朝顔の特徴を思い出すために過去の記憶を想起し、過去の朝顔を詠む方向性で創作を進めようと試みた。後期には、連想を進める中で再度自身の経験を想起して、朝顔のイメージと組み合わせていた。

A019 の post 創作の創作プロセスは以下のようにまとめることができる。初期には、「紅葉」という言葉から連想を進める中で、屋外にあるという特徴から最近の寒さを連想し、ゲームのイベントで紅葉を見ている

という出来事を思い出した。中期段階では、“ゲーム”と“現実”の関係性を“仮想と現実”という抽象化した概念に置き換え、創作のテーマを“仮想と現実の対比”に定めた。後期には、味覚的な特徴での創作が思ったように進まず、“仮想と現実の対比”という方向性を再び意識して言葉を探した。“仮想”を“画面”という具体物に置き換えた上で秋の紅葉が舞い落ちる動作と組み合わせた。

A019のpre創作とpost創作のプロセスを比較すると、以下ようになる。第一に、pre創作時には行なっていなかった、経験に根差した概念から抽象化した概念を抽出するという過程がpost創作の中期段階にて確認された。第二に、post創作の後期にて抽象概念を表す言葉を具体物として探索し、見つけ出して置き換える作業が行われていた。このような現象が生じた理由としては、意味連想課題での連想とそれに付随する認知過程である、抽象化された共通点を持つ単語の探索がpost課題における創作で活用された可能性を考察することができる。

評価得点に変化が見られなかったケースとの比較
pre創作からpost創作にかけて作品の評価得点が上昇したケースでは、表現したいイメージを明確化するために異なる概念の対比を行う過程や、これまでに生成したイメージに新しいイメージを付加する過程、イメージ生成を方向付ける抽象概念を生み出してそれを表現するための具体物を表す言葉を見つける過程が観察された。一方、pre創作からpost創作にかけての作品の評価に変化が見られなかったケース（音韻連想条件B029、意味連想条件A020）では、これらの過程のうち、概念同士の対比や概念の抽象化といったことは行われていなかった。

各ケースの介入課題中の取り組みの分析
記述的な分析の結果、変化なしケースでは向上ケースが創作課題中で行なっていた対比や抽象化といった認知過程が生じていなかったことが明らかとなった。上記のような違いが生じた理由として、介入課題で行われていた認知過程が後続の課題に引き継がれなかった可能性、もしくは、介入課題中に対比や抽象化という認知過程が生じていなかった可能性の2つが考えられる。これらの可能性を探るため、各ケースの介入課題中のワークシートの分析を行った。各ケースにおける連想単語数は、B019（音韻群・向上）で34語（4.250語/分）、A019（意味群・向上）で41語（5.125語/分）、B029（音韻群・変化なし）で51語（6.375語/分）、A020（意味

群・変化なし）で55語（6.875語/分）となっており、音韻連想条件の2ケースでは17語、意味連想条件の2ケースでは14語の差があった。このことから、上昇ケースでは連想を進めながら何らかの認知過程が生じていた一方で変化の見られなかったケースではそのような認知過程が生じることなく数多く単語を書き出すという作業をしていた可能性が推測された。

音韻連想条件の場合には、言葉の響きによる連想を行うことから、ある単語をもとに概念距離の遠い単語が連想される場合が多く見られる（例えば、B019の“えび天”→“宣戦”）。そのため、連想した単語に驚きが生じて単語の意味に注意が向き、対比のような認知過程が生じた可能性がある。実際に、同じ音韻連想課題を行ったにもかかわらず、上昇したB019は事後アンケートにて連想課題中に言葉の意味に注意を向けた程度について5段階中3、変化の見られなかったB029は5段階中1と回答している。両者とも、言葉の響きに注意を向けた程度の回答は5段階中5であったため、上記の差は両者の判断基準の違いによるものというより、課題中に言葉の意味に注意が向いた程度の差であると考えられる。加えて、意味連想条件に焦点を当てると、上昇したA019のケースでは、“国語”→“教科”といった概念の抽象化が生じた連想や、“教科”→“数学”→“トポロジー”といった抽象化した概念から具体的な概念を導出する連想が複数の箇所で見られ、取り組みの中心となっていた。変化の見られなかったA020でも、“漢検”→“資格”といった抽象化や“趣味”→“ボーリング”といった具体的な概念の導出は見られたが、例として3つほどしかなく、全体の単語数からするとかなり低い割合であったことが推察される。これらの結果より、介入課題中の認知過程が異なったことから今回のような結果が生じた可能性が高く、意味と音韻の介入を俳句創作に活用するためには抽象化や対比といった認知過程を引き起こす作業を組み込む必要があると考えられた。

9. 総合考察

本研究では、言葉が持つ多様な特徴の中で、知覚的な側面（響き）に注意を向けた状態で俳句を創作することで、初心者の作品の性質やその創作プロセスがどのように変化するのかという問いを検証した。分析の結果、俳句の創作に連想課題を活かすためには、連想される単語の概念距離を離すことや単語の知覚的な特徴（響

き)に対する敏感性を高めるだけでは不十分であると考えられた。介入課題中の取り組みの分析に基づく、言葉の知覚的な側面への注意に加えて、以下に示す概念を操作する認知過程が、俳句の創作にとって重要である可能性が示された。まず、音韻連想条件で確認された①言葉の響きに注意を向けて連想した概念距離の遠い単語同士について、それぞれの単語が意味するものの特徴を精査し、他の概念との関連性や差異を考慮して対比するという認知過程である。加えて、意味連想条件で確認された②言葉の意味に注意を向け、ある単語と特徴の一部を共通する単語を連想することで、概念の抽象化・具象化を行う認知過程である。これらの結果より、言葉の異なる知覚的側面に注意を向ける介入を今後の研究や俳句教育により効果的に活用するために、対比や抽象化といったその後の高次な認知過程も合わせて促す取り組みが必要であるという重要な示唆が得られた。

文献

- [1] Yokochi, S. & Okada, T. (2005)“Creative cognitive process of art making: A field study of a traditional Chinese ink painter”, *Creativity Research Journal*, Vol.17, No.2, pp.241-255.
- [2] Halverson, E. R., & Sheridan, K. M., (2014)“Arts education and the learning sciences”, *Cambridge Handbook of the Learning Science* (2nd ed.), Cambridge University Press, pp.626-646. (ハルバーソン, E. R., & シェリダン, K. M. (2017), “芸術教育と学習科学”, *学習科学ハンドブック* [第二版] 第3巻, pp.87-103, 北大路書房.)
- [3] 皆川 直凡, (2017)“短詩型「俳句」の創作・鑑賞と21世紀の学びとの親和性”, *鳴門教育大学情報教育ジャーナル*, Vol.14, pp.21-27.
- [4] 植阪 友理・光嶋 昭善, (2013)“俳句と鑑賞の一体化を取り入れた俳句指導—国語における新たな単元構成の提案—”, *教育心理学研究*, Vol.61, pp.398-411.
- [5] 岡田 猛・縣 拓充, (2020)“芸術表現の創造と鑑賞, およびその学びの支援”, *教育心理学年報*, Vol.59, pp.144-169.
- [6] Shimizu, D., & Okada, T., (2021)“Interaction between the action and cognition in creativity: perception and action-based imagination framework”, *Proceedings of the 43rd annual conference of the Cognitive Science Society*.
- [7] Glăveanu, V. P., (2013)“Rewriting the language of creativity: The five A's framework”, *Review of General Psychology*, Vol.17, pp.69-81.
- [8] Glăveanu, V. P., Gillespie, A., & Valsiner, J., (2015)“Rethinking creativity: contributions from social and cultural psychology”, Routledge.
- [9] Goldschmidt, G., (1991)“The dialectics of sketching”, *Creativity Research Journal*, Vol.4, No.2, pp.123-143.
- [10] Goldschmidt, G., (1994)“On visual design thinking: the cis kids of architecture”, *Design Studies*, Vol.15, No.2, pp.158-174.
- [11] Suwa, M., & Tversky V., (1997) “What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis”, *Design Studies*, Vol.18, No.4, pp.385-403.
- [12] Shimizu, D., Hirashima, M., & Okada, T., (2019)“Interaction between idea-generation and idea-externalization processes in artistic creation: Study Cognitive Science Society, pp.1041-1047.
- [13] 山本 謙吉, (2000)“俳句とは何か”, *角川ソフィア文庫*.
- [14] 檜山 哲彦, (2019)“俳句ディアローグ(百十八) 引算は人、掛算は言葉”, *りいの 第百十八号*, pp.23-27, りいの俳句会.
- [15] 金子 兜太, (2017) “俳句というもの”, *俳句無限、活性化への31章—現代俳句全国大会公演集—*, pp.116-122, 現代俳句協会.
- [16] 阿部 篤人, (1984) “俳句—四合目からの出発—”, *講談社*.
- [17] Barsalou, L. W., (1999) “Perceptual symbol systems”, *Behavioral and Brain Sciences*, Vol.22, No.4, pp.577-660.
- [18] Lakoff, G., & Johnson, M., (1980) “Metaphors We Live by”, *University of Chicago Press*. (レイコフ, G., ジョンソン, M. 渡部 昇一・楠瀬 淳三・下谷 和幸 (訳), (1986), “レトリックと人生”, 大修館書店.)
- [19] Barsalou, L. W., Santos, A., Simmons, W. K., & Wilson, C.D., (2008)“Language and simulation in conceptual processing”, *Symbols, embodiment, and meaning: debates on meaning and cognition*, pp.245-283, Oxford University Press.
- [20] Borreggine, K. L., & Kaschak, M. P., (2006)“The Action-Sentence Compatibility Effect: It's All in the Timing”, *Cognitive Science*, Vol.30, No.6, pp.1097-1112.
- [21] Glenberg, A. M., Kaschak, A. P., (2002) “Grounding language in action”, *Psychonomic Bulletin & Review*, Vol.9, No.3, pp.558-565.
- [22] Mahon, B. Z., (2015)“What is embodied about cognition? Language”, *Cognition and Neuroscience*, Vol.30, No.4, pp.420-429.
- [23] 望月 正哉, (2015)“身体化された認知は言語理解にどの程度重要なのか?”, *心理学評論*, Vol.58, No.4, pp.485-505.
- [24] 縣 拓充・岡田 猛, (2013)“創造の主体者としての市民を育む: 「創造的教養」を育成する意義とその方法”, *認知科学*, Vol.20, No.1, pp.27-45.
- [25] Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C., (1993)“The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance”, *Psychological Review*, Vol.100, No.3, pp.363-406.
- [26] Noice, H., & Noice, T., (2006) “Artistic Performance: Acting, Ballet, and Contemporary Dance”, *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*, pp. 489-503, Cambridge University Press.
- [27] Ericsson, K. A., & Simon, H. A., (1993)“Protocol analysis: Verbal reports as data (Rev.ed.)”, *The MIT Press*.
- [28] 水野 りか (編)・柳谷 啓子・清河 幸子・川上 正浩, (2011)“連想語頻度表—3 モーラの・ひらがな・カタカナ表記語—”, *ナカニシヤ出版*.
- [29] Chase, W. G., & Simon, H. A., (1973)“Perception in chess”, *Cognitive Psychology*, Vol.4, No.1, 55-81.
- [30] Amabile, T. M., (1982)“Social psychology of creativity: A consensual assessment technique”, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.43, No.5, pp.997-1013.
- [31] Amabile, T. M., (1983)“The Social Psychology of Creativity”, *Springer-Verlag*.
- [32] Baer, J & McKool, S. S., (2009) “Assessing creativity using the consensual assessment technique”, *Handbook of assessment technologies, methods, and applications in higher education*, pp. 65-77, IGI Global.
- [33] Hennessey, B. A., (1994) “The consensual assessment technique: An examination of the relationship between ratings of product and process creativity”, *Creativity Research Journal*, Vol.7, No.2, pp.193-208.
- [34] Shrout, P. E., & Fleiss, J. L., (1979)“Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability”, *Psychological Bulletin*, Vol.86, No.2, pp.420-428.

- [35] Getzels, J. W., & Csikszentmihalyi, M., (1976)“The creative vision: A longitudinal study of problem finding in art”, John Wiley & Sons.
- [36] 石橋 健太郎・岡田 猛,(2010)“他者作品の模写による描画創造の促進”, 認知科学, Vol.17, pp.196-223.
- [37] Okada, T. & Ishibashi, K., (2017)“Imitation, Inspiration, and Creation: Cognitive Process of Creative Drawing by Copying Others’ Artworks”, Cognitive Science, Vol.41, No.7, pp.1804-1837.
- [38] 対馬 栄輝,(出版年不明)“統計学資料②信頼性指標としての級内相関係数”, Retrieved from <https://personal.hs.hirosaki-u.ac.jp/pteiki/research/stat/icc.pdf> (2021年7月9日).
- [39] Fujigaki, Y., (1998)“Filling the gap between the discussion on science and scientist’s everyday’s activities: Applying the autopoiesis system theory to scientific knowledge”, Social Science Information, Vol.37, No.1, pp.5-22.
- [40] Ward, T. B., (1994)“Structured imagination: The role of category structure in exemplar generation”, Cognitive Psychology, Vol.27, No.1, pp.1-40.

この発表は著者からの申し出で、取り下げとなりました。

この発表は著者からの申し出で、取り下げとなりました。

この発表は著者からの申し出で、取り下げとなりました。

階層構造理解における認知的加齢の影響：アドホックカテゴリ分類課題を用いた検討

Influence of Cognitive Aging on Understanding for Hierarchical Structure: Study of Classification Task of Ad Hoc Categories

石井 奏有[†], 原田 悦子[‡]
Kanau Ishii, Etsuko Harada

[†]筑波大学大学院人間総合科学研究科, [‡]筑波大学人間系

{Graduate School of Comprehensive Human Sciences, Faculty of Human Sciences}, University of Tsukuba
now.dct@gmail.com

概要

認知的加齢に伴い利用が困難となる階層構造メニューシステムに関し、そこで用いられるカテゴリがアドホックカテゴリの性質を持つことに着目し、認知的加齢、および共有項目の存在、次元一貫性の欠如、項目の内容親和性という3つのカテゴリ構造特性が、カテゴリ学習課題の成績に与える影響を検討した。いずれの影響も高齢者でより顕著にみられ、若年者では課題成績維持のための追加処理が行われた可能性が示された。

キーワード：ユーザインタフェース、認知的加齢、手がかり過負荷

1. はじめに

階層構造メニューシステムは、各種機器・システムのユーザインタフェースにおいて、設定や機能選択を可能にする役割を担い、今日では家電や飲食店でのオーダーシステムなどでも広く用いられてきている。その機能性とは裏腹に、使いやすさに関してはさまざまな形で利用が難しくなる可能性が指摘されており、特に認知的加齢に伴って利用困難が生じていると報告されている(石井・原田, 2019; Ziefle & Bay, 2008)。また石井・原田(印刷中)では、市販の家電製品を実際に利用した後に、ボタン名の分類課題テストを実施したところ、高齢者のみならず若年者においても、メンタルモデルとしてのメニュー階層構造性はほぼ全く獲得されていないことを示した。そして、石井・原田(印刷中)は、こうした結果に関して、複数の上位カテゴリに重複して含まれるカテゴリ項目(共有項目)の存在、同一階層内のカテゴリが属する特徴次元が異なること(次元一貫性の欠如)、ユーザにとってなじみのないカテゴリ名(項目の内容親和性)という3つの要因について指摘した。本研究では、この3つの構造特性が、階層構造理解に与える影響について、検討を行うことを目的とする。

また、階層構造メニューのデザインを考えるとき、

これまで一貫して意味的類似性に基づくカテゴリ分類の優位性が示されてきた(McDonald et al., 1983)が、高機能化・多機能化が追求される現代において、組み込まれるべき個々の機能の関係性は複雑化しており、それらをメニューシステム上で意味のある構造(meaningful organization)として形成することは困難になっている。それらの多くは何らかの目的に依存して生成されるアドホックカテゴリ(Barsalou, 1983)の性質を持つために、多くの人に知識表象として共有されるコモンカテゴリ(「家具」や「野菜」など)とは異なり、メニュー利用を通じた学習が難しいと考えられる。

そこで本研究では、石井・原田(印刷中)における、実際の家電操作の階層構造メニューを用いた検討により、階層構造理解に影響を与えると考えられた3つの構造特性が、メニュー利用学習を阻害する可能性、およびそこでの加齢の効果を実験的に検討することを目的とした。そのために、アドホックカテゴリを刺激材料とした、カテゴリ分類課題・記憶課題を実施し、階層的メニューの使いやすさに影響を与えると考えられるカテゴリの構造特性について、検討を行った。

2. 実験方法と課題

4つの異なる特徴次元に属し、各10項目を含むカテゴリを12セット作成し、図1のようなカテゴリ分類課題を実施した。具体的には、「～にあるもの」「公民館にあるもの」「保育園にあるもの」「病院にあるもの」という3つのカテゴリセットを1つのリストとし、その他3つの特徴次元(「～の代わりになるもの」「～に持っていくもの」「～なもの」と合わせて4リストを用意した。この実験材料におけるリストの要因が、結果に影響を与える可能性も考えられるため、分析時にはランダム要因として「リ

スト」として分析にも含めた。まず、学習段階では、回答後に正誤のフィードバックが与えられ、各項目が「正しく回答されるまで」ランダムな順に提示された。次に、正誤フィードバックがなく「できるだけ速く回答するように」求めるテスト1を行った後、当該カテゴリの3カテゴリすべてを反応選択肢に含めたテスト2を実施した。その後、カテゴリ名からの自由再生課題、ならびに、呈示されたすべての項目から、当該カテゴリに属するものだけを抽出する再認課題を行った。

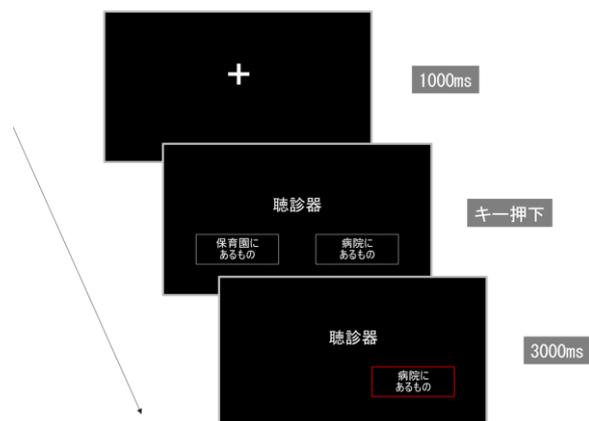


図1 カテゴリ分類課題時の画面遷移

3. 研究1

研究1の目的は、アドホックカテゴリの学習には加齢の効果があり、高齢者の課題成績は若年者よりも低くなるとの仮説の検証を行うことであった。また各カテゴリに、独立項目（当該カテゴリのみ属する8項目）とそのセッションで提示される2カテゴリに属する共有項目2項目を含めて実施した。共有項目とは、たとえば、Microsoft PowerPoint シリーズにおいて、「図形」を描くというメニュー項目が複数の第メニューカテゴリに含まれているような現象である等々、複数の上位カテゴリに重複して含まれる共有項目は、その上位カテゴリを検索する際に、手がかり過負荷 (Watkins & Watkins, 1975) を生じるために、課題成績は、統制条件である独立項目よりも低くなると考えられた。

方法

実験参加者 若年者として、大学生および大学院生12名（男女各6名、平均年齢20.83歳、 $SD=1.11$ ）が実験に参加した。高齢者として、みんなの使いやすさラボに登録している70歳以上で、MMSE (Folstein, & McHugh, 1975) が27点以上であることを条件とし、募集を行った結果、12名（男女各6名、平均年齢74.58

歳、 $SD=3.20$ ）参加した。

実験計画 年齢群（高齢/若年）×項目条件（共有/独立、参加者内要因）の2要因混合計画であった。

実験課題と手続き アドホックカテゴリ分類課題（以下、カテゴリ分類課題）、自由再生課題、再認課題の順に実施した。

結果

テスト段階反応時間 成績指標である、正反応時の刺激提示からキー押下までの反応時間について、密度プロットを図2に示す。反応時間を目的変数とし、データの階層性を考慮してカテゴリ項目と参加者を変量効果に指定した一般化線形混合モデル (GLMM) を用いて、赤池情報量規準 (AIC) に基づく変数の増減によりモデル選択を行ったところ、年齢群、項目条件を説明変数とするモデルが選択され、反応時間が若年者より高齢者の方が長く ($B = 503.64, p < .001$)、独立条件より共有条件の

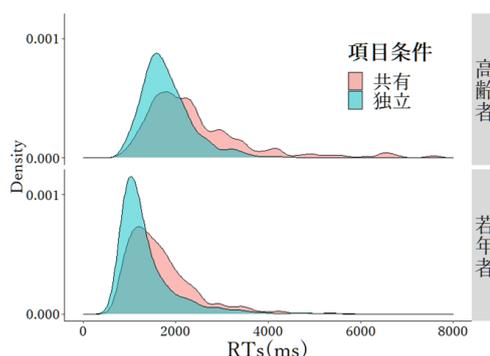


図2 テスト段階の正反応時間

方が長かった ($B = 274.88, p < .001$)。加えて年齢群間差は共有条件でより顕著であった (独立: $B = 503.64, p < .001$; 共有: $B = 740.50, p < .001$)。

自由再生課題 正再生率を図3に示す。再生率について、カテゴリ項目と参加者を変量効果に指定したGLMMを用い、モデル選択を行った結果、年齢群、項目条件、リストを説明変数とするモデルが選択され、成績は両条件で高齢者の方が若年者よりも低かった ($B = 0.36, p = .007$)。また、高齢者では共有条件の成績が低い ($B = -0.29, p = .004$)、若年者では共有条件の成績が独立条件を上回った ($B = 0.36, p = .007$)。

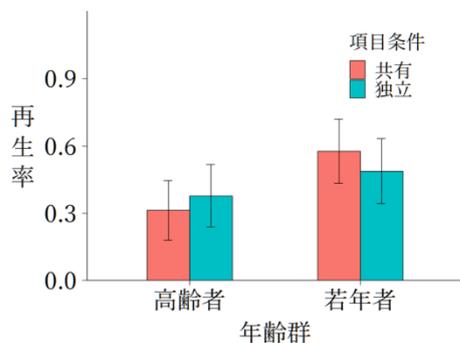


図3 自由再生課題の正再生率

再認課題 d を従属変数とする年齢群 (2) × 項目条件 (2) × リスト (4) の3要因混合計画分散分析を行った。年齢群の主効果 ($F(1, 22) = 11.48, p = .003$), 項目条件の主効果 ($F(1, 22) = 167.50, p < .001$), および年齢群 × 項目条件の交互作用が有意であり ($F(1, 22) = 14.15, p = .001$), どちらの年齢群も独立条件が共有条件を上回り, 独立条件では群間差がなかった ($F(1, 44) = 0.12, p = .73$) が, 共有条件では高齢者の成績が若年者よりも有意に低かった ($F(1, 44) = 24.87, p < .001$).

考察

カテゴリ分類課題のテスト時反応時間や, 再認課題の結果から, 仮説通り共有項目のカテゴリ判断が難しくなっていたことが示された。一方, 自由再生課題では, 年齢群により異なる結果が得られ, 若年者では, 仮説とは逆に, 共有項目の再生成績が独立項目を上回った。このことから, 若年者では, 過去の試行に関する情報を保持しながら, 共有項目が複数のカテゴリに含まれるという特徴を獲得したことで, それが検索時の手がかりとして利用されたと考えられる。

以上より, 実際の階層的メニューにおいても, カテゴリ項目が複数の上位カテゴリに重複することは, ユーザのメニュー構造理解を阻害する可能性を示した。一方で, 過去の試行に関する情報を一時的にワーキングメモリに保持できる状況下では, 共有項目による負荷を乗り越えられることも, 同時に示唆した。

4. 研究2

研究2の目的は, カテゴリの特徴次元が混在している場合のアドホックカテゴリの学習成績への影響を検

討することであった。カテゴリの特徴次元の混在とは, たとえば, Microsoft Word シリーズでの「ホーム」メニューのように, 多様な特徴次元に属する下位メニューが含まれている場合を指す。課題遂行時は, 特徴次元が一貫する場合よりも, 混在する場合に, 複雑なルールの学習を要求すると考えられるため, 成績は次元一貫時よりも低くなること, また, 認知的加齢の影響により, 高齢者の成績は若年者よりも低くなることが予想された。

方法

実験参加者 研究1と同様の条件で参加者募集を行い, 大学生および大学院生24名 (男女各12名, 平均年齢21.33歳, $SD=2.16$), 高齢者24名 (男女各12名, 平均年齢77.54歳, $SD=3.40$) が実験に参加した。各年齢群の半数ずつが次元条件2条件にランダムに割当てられた。

実験計画 年齢群 (高齢/若年) × カテゴリ特徴次元の一貫性 (一貫/混在) の2要因参加者間計画であった。次元一貫条件と混在条件で, 用いたカテゴリ項目は同一であったが, 1ブロック内で学習する3つのカテゴリの組み合わせ (ブロック内カテゴリ) が異なり, 次元一貫条件では1ブロック内カテゴリの3カテゴリが同一特徴次元に属し, 次元混在条件では3カテゴリがそれぞれ異なる特徴次元に属していた。手続きは研究1と同様であった。

結果

テスト段階反応時間 反応時間の密度プロットを図4に示す。テスト1の正反応時の反応時間に関する, 年齢群, 次元条件, 実験材料におけるリストを説明変数とする一般化線形モデル (GLM) において, 全体的に高齢者は若年者よりも反応時間が長く ($B = 416.09, p < .001$), 次元条件間に差がなかった (B

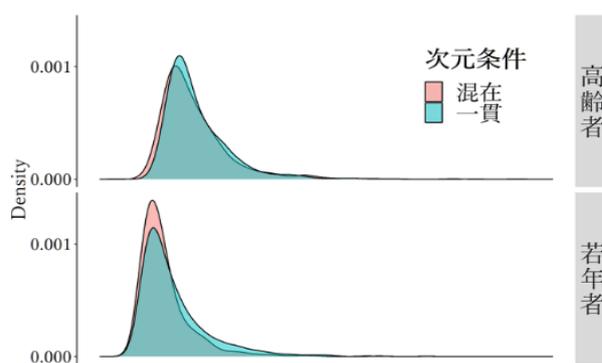


図4 テスト段階の正反応時間

$= -31.36, p = .280$). 若年者では、一貫条件よりも混在条件において反応時間が短かった ($B = -140.51, p < .001$). リストによる影響がみられ、リスト2は、他の3リストよりも反応時間が長く、リスト4は他の3リストよりも反応時間が短かった。

自由再生課題 GLMを用いた分析の結果、再生率に関しては年齢群のみを説明変数とするモデルが選択され、高齢者では若年者よりも低くなっていた

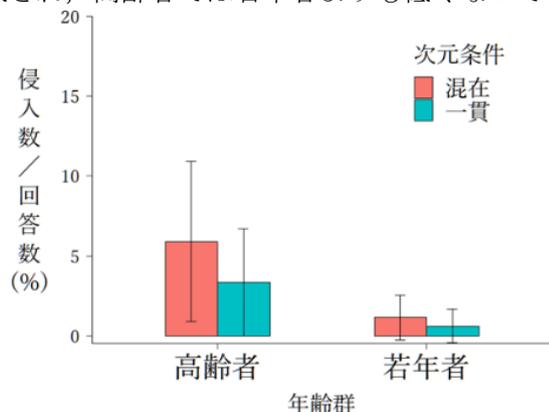


図5 自由再生課題の回答数に対する侵入反応の割合

($B = -1.38, p < .001$). 加えて、侵入反応、すなわち、あるカテゴリ項目が、学習時とは異なるカテゴリラベルの下位項目として再生された数 (図5) については、年齢群と次元条件を説明変数とするモデルが選択され、若年者よりも高齢者で多く ($B = 1.56, p < .001$), 一貫条件よりも混在条件で多かった ($B = 0.63, p = .020$).

再認課題 d に関する3要因分散分析の結果、年齢群の主効果が有意であり、高齢者の成績は若年者よりも低かった ($F(1, 44) = 12.44, p < .001$). 次元条件の主効果は有意傾向であり、一貫条件の方が混在条件よりも高い傾向が見られた ($F(1, 44) = 3.92, p = .054$). また、リストの主効果に関する多重比較の結果、リスト3が他3リストよりも高かった ($F(1, 132) = 4.77, p = .005$). 交互作用はいずれも有意ではなかった。

考察

研究2では、同一ブロック内のカテゴリの特徴次元が混在している条件では、一貫している条件よりも課題成績が低くなると仮説のもと実験を行ったが、全体として、カテゴリ分類課題では次元の一貫性の有無による課題成績への影響は見られないか、ある

いは逆の影響が生じていた。その原因として、本研究で用いた課題においては、カテゴリ判断の際に各特徴次元に選択的に注意を向ける必要がない課題構造になっていたこと、あるいは、刺激材料として用いたカテゴリ構造の階層数が2層であった (浅かった) こと等が挙げられる。したがって、実際の階層的メニューの利用時も、階層の浅いカテゴリ構造を用いたものの場合、次元の混在性に起因する操作時の迷いは小さいと考えられる。しかし、自由再生課題における侵入反応の結果が示すように、カテゴリ特徴次元が混在している階層的メニューでは、「メニューのどこかで見かけたが、それがどこであったかが思い出せない」という事象がより起きやすくなる可能性を示した。したがって、侵入反応の結果を考慮すると、階層数の多いメニューでは、誤操作に伴うユーザ側のコスト (最上位層に戻って目的項目の探索を再開する等が高まる) が想定されるため、特徴次元の混在するカテゴリ構造を用いることは避けるべきであると言えよう。

5. 研究3

階層的メニューの操作成績は、メニューの内容に関する先行知識による影響を受ける (Barnard, Morton, Long, & Ottley, 1977; 石井・原田, 2019) ことが報告されている。アドホックカテゴリ分類課題でも同様に親和性の低いカテゴリ項目ではその成績が低くなると考えられた。加えて、先行研究から、高齢者の課題成績は若年者よりも低く、また親和性の影響が高齢者で大きく表れることが予想された。

方法

実験参加者 研究1と同様の条件で参加者募集を行った結果、大学生および大学院生13名 (男性6名、女性7名、平均年齢21.00歳, $SD = 2.24$), 高齢者として12名 (男女各6名、平均年齢74.25歳, $SD = 2.49$) が参加した。テスト段階の正答率が著しく低かった若年女性1名のデータ (正答率74.17%, 若年者平均 - 2.27SD) を分析対象外とした。

実験計画 年齢群 (高齢/若年) \times カテゴリ項目親和性 (親和性高/低, 参加者内要因) の2要因混合計画であった。各カテゴリは親和性高8項目、低2項目の10項目で構成された (例: 「椅子の代わりになるもの」というカテゴリの親和性高項目は、「切り

株」, 低項目は「文机」). 学習段階で提示されたカテゴリ項目について語義が分からない場合は, 実験者に報告するよう求め, 実験者からカテゴリ項目に対応する画像が随時提示された. 全課題終了後, 実験操作の確認のため全項目についての親和性評定 (6件法) を求めた. その他の手続きは研究2と同様であった.

結果

親和性の操作チェック 親和性評定値について年齢群 (2) × 親和性 (2) × リスト (4) の3要因混合分散分析を実施した. その結果, 想定通り両年齢群で親和性低項目の方が低く評定されていたが, 年齢群の主効果が有意であり, また年齢群 × 親和性, 年齢群 × リストの交互作用が有意であった. 親和性低項目について高齢者は若年者よりも有意に親和性を高く評定し ($F(1,22) = 24.23, p < .001$), また若年者でのみリスト3が他リストより高く評定されていた ($F(3,66) = 7.43, p < .001$). 以上より, 一部で年齢群ごとに異なる結果が見られたものの, 両年齢群で親和性の単純主効果が有意であったことから, 親和性の操作はある程度成功していたと考えられる.

テスト段階反応時間 反応時間の密度プロットを図7に示す. テスト1の正反応時の反応時間について, カテゴリ項目を変量効果に指定し, 年齢群, 親和性条件, リストを説明変数とする GLMM を選択した. 結果, 反応時間は若年者よりも高齢者の方が長く ($B = 584.41, p < .001$), この傾向は親和性低条件で顕著であった (高: $B = 584.41, p < .001$; 低: $B = 832.58, p < .001$). 高齢者では親和性低条件における反応が有意に遅かったが, 若年者では条件間に差はなかった (高齢: $B = 205.21, p = .002$; 若年: $B = -42.96, p = .200$).

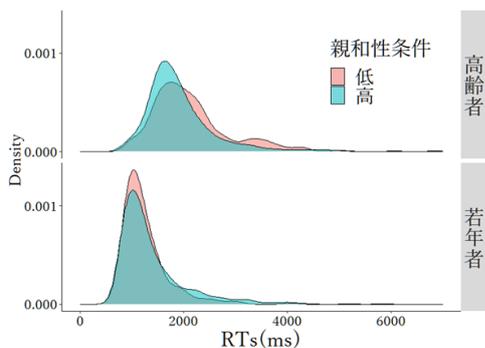


図7 テスト段階の正反応時間

自由再生課題 正再生率を図6に示す. GLMを用

いた分析の結果, 年齢群, 親和性条件, リストを説明変数とするモデルが選択され, 高齢者の再生成績は若年者よりも低く ($B = -0.47, p < .001$), この傾向は親和性低条件で顕著であった (高: $B = -0.47, p < .001$; 低: $B = -0.80, p < .001$). 高齢者の親和性低条件の成績は高条件よりも低かったが ($B = -0.35, p = .001$), 若年者では条件間に差はなかった ($B = -0.01, p = .922$). また, リスト4の成績は他の3リストよりも低かった.

再認課題 d' に関する年齢群 × 親和性 × リストの3要因分散分析の結果, いずれの主効果, 交互作用も有意ではなく, 年齢群や親和性の操作による成績への影響は見られなかった.

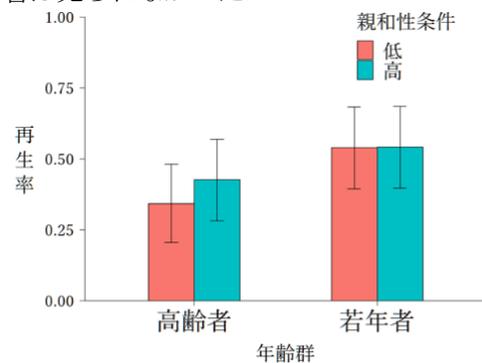


図6 再生課題の正再生率

考察

研究3では, 課題成績に認知的加齢, およびカテゴリ項目の親和性が与える影響を検討した. カテゴリ項目の親和性による影響が仮説通り見られたのは, 一貫して高齢者のみであり, 若年者では条件間差が見られなかった. 親和性の操作は両群で成功していたことから, 若年者では親和性低項目における課題成績維持のために, 何らかの追加的な認知処理が行われた可能性がある. 例えば, 今回用いた課題構造上, 親和性低項目の属性に関する知識が相対的に少ない場合, 同一カテゴリに含まれる他の項目との類似性を基に, カテゴリラベルと項目間の連合記憶を精緻化する, 関係処理 (Hunt, & Einstein, 1981) を行うことが可能であった. 具体的には, 「椅子の代わりになるもの」というカテゴリの親和性低項目である「文机」については, 他のカテゴリ項目とは「腰かけられる高さのあるもの」という属性に置いて類似していることに注目し, 単語自体に関する先行知識の乏しさを補う処理が可能であったと考えられる. 加齢に伴い, こうした項目間の関係処理は困

難になることが示されており (Naveh-Benjamin, 2000), 本研究の各課題において, 若年者では見かけ上親和性の影響が生じなかった要因となった可能性がある。

一方で, 高齢者も親和性高条件では若年者に迫る課題成績であったことから, 階層的メニューでもなじみのある言葉を使用したメニュー表示が, 高齢者にとっても有効であると言えよう。

6. 総合考察

本研究では, 階層的メニューの使いやすさに影響を与えると考えられるメニュー構造の特性, すなわち共有項目の存在, 次元一貫性の欠如, 項目の内容親和性をとりあげ, アドホックカテゴリ分類課題を用いた実験研究により検討を行った。いずれの特性においてもその影響は高齢者により大きく見られ, こうしたメニュー構造特性の問題点がカテゴリ学習の負荷を高めるが, 若年者では課題成績を維持するための何らかの追加的な認知処理がなされて, そうした学習困難性を乗り越えた可能性が示された。これは, 階層的メニューにおける「悪いデザイン」が, ユーザの年齢群に関わらず共通に操作時の負担を引き起こすことを示すとともに, その影響の表れ方には年齢群間差があること (原田, 2009) に合致しており, メニューシステムの使いやすさについて, 認知加齢研究としての検討を行うメリットを改めて示したといえる。

また, 本研究の結果は, 人が階層構造メニューの学習において乗り越えるべき対象がどこにあり, 翻って人にとってのこれらの学習メカニズムを示唆するデータとなっていると同時に, そこからさらに「より使いやすい」メニュー構造デザインのための具体的な方向性を示すものである。

まず, 研究1では, 共有項目が階層的メニュー利用時においてもユーザの負荷となっていることを示すと同時に, 本研究で用いた刺激のように階層の浅いシンプルなメニューを有する機器や, メニュー内で扱われる知識体系に対する熟知度が高いユーザを想定した機器においては, 共有項目探索時の負の影響が比較的小さく考えられる。一方で, メニュー階層が深い場合や, ユーザの熟知度が不十分な場合には, 共有項目によって階層的メニューの理解

が阻害される可能性があるため, 可能な限りカテゴリ項目の独立性を保つ必要性を示した。

研究2では, カテゴリの特徴次元の混在性は, カテゴリ判断時の迷いには影響を与えないが, カテゴリ分類課題後の自由再生課題での侵入反応数に影響を与えていた。例えば, Microsoft PowerPoint 2016のメニューバーでは「ホーム」「挿入」「表示」というタブが最上位階層に並べられる。後者2つのカテゴリは, ユーザの行為に焦点を当てた特徴次元に属する一方で, 「ホーム」はユーザの利用頻度を基に設定されたカテゴリと考えられ, このように特徴次元が混在する場合には, ユーザが望む項目を探索する際に, 誤ったタブを選択する可能性が高まると言えよう。

研究3でのメニュー項目の親和性が高い場合には高齢者も若年者に近い課題成績を示したことから, 一般に高齢者にとって利用が困難とされる階層的メニューのデザインにおいても, ユーザの先行知識にうまく関連させたカテゴリ名, 機能名を用いる等により, 利用時困難が低減される可能性を示した。

本研究の結果から得られた知見については, 階層的メニューをはじめとする実際のメニューシステムを改善するという形での応用可能性に関して, さらなる検討を行うことが求められる。例えば, 本研究で扱ったカテゴリ構造を実装した階層的メニューを用いた操作課題により, 本研究の結果の妥当性を確認することが可能である。また, 今回はいずれの研究でも2階層のカテゴリ構造を用いたが, 実利用場面では, より階層の多いメニューもみられるため, カテゴリ構造を変えた刺激材料による追試を行うことが必要であろう。

引用文献

- [1] 石井奏有・原田悦子 (2019) “課題内容の親和性が階層構造理解に及ぼす影響：高齢ー若年者比較”, 日本認知心理学会第17回大会, P1-30.
- [2] Ziefle, M., Bay, S. (2008). “Transgenerational designs in mobile technology”. *Handbook of Research on User Interface Design and Evaluation for Mobile Technology*. IGI Global, pp. 122-140.
- [3] 石井奏有・原田悦子 (印刷中). “生活の中の階層構造は理解されているか：家電のメニュー構造理解を阻む諸要因”, 筑波大学心理学研究.
- [4] McDonald, J. E., Stone, J. D., & Liebelt, L. S. (1983). “Searching for items in menus: The effects of organization and type of target”. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, Vol. 27, pp. 834-837.
- [5] Barsalou, L. W. (1983). “Ad hoc categories”. *Memory & Cognition*, Vol. 11, pp. 211-227.

- [6] Watkins, O. C., & Watkins, M. J. (1975). "Buildup of proactive inhibition as a cue overload effect". *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, Vol. 1, pp. 442-452.
- [7] Folstein M, F Folstein S, E., McHugh P, R. (1975). "Mini mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician". *Journal of Psychiatric Research*, Vol. 12, pp189-198.
- [8] Barnard, P. J., Morton, J., Long, J., & Ottley, E. A. (1977). "Planning menus for displays: some effects of their structure and content on user performance". *International Conference on Displays for Man Machine Systems*, pp. 130-133.
- [9] Hunt, R. R., & Einstein, G. O. (1981). "Relational and item specific information in memory". *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, Vol. 20, pp. 497-514.
- [10] Naveh-Benjamin, M. (2000). "Adult age differences in memory performance: Tests of an associative deficit hypothesis". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 26, pp. 1170-1187.
- [11] 原田悦子 (2009). "認知加齢研究はなぜ役に立つのか—認知工学研究と記憶研究の立場から—". *心理学評論*, Vol. 52, pp. 383-395.

ドラム演奏課題における生理的シンクロニーと 二者のパーソナルテンポの類似度の関連

The Relationship between Physiological Synchrony and Personal Tempo in Dyadic Drum Interaction

森原 佳歩[†], 正田 悠[‡]
Kaho Morihara, Haruka Shoda

[†]神戸大学大学院国際文化科学研究科, [‡]立命館大学スポーツ健康科学部

[†]Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University

[‡]Faculty of Sport and Health Science, Ritsumeikan University

201c125c@stu.kobe-u.ac.jp

概要

本研究の目的は、「対面」「非対面」「別室」の異なる場面設定における二者間の生理的シンクロニーと両者のパーソナルテンポの類似度の関連について調べることであった。同性の友人により構成された二者に生体センサを装着し、呼吸を測定しながらリズムのやりとりを行うドラム演奏課題を実施した。その結果、対面条件でシンクロニーの程度が最も高いことが示された。また、パーソナルテンポの二者間での類似は、対面ならびに別室条件における生理的シンクロニーと関連があることが示された。

キーワード: パーソナルテンポ, ドラム演奏課題, 生理的シンクロニー, 呼吸, ウェーブレット・コヒーレンス

1. 背景と目的

複数人で同一の課題に取り組むと、その人々の身体運動や生理指標が類似する現象が知られている。中村 (2009) は、スピーチにおける「間」について、朗読者と聴取者間における呼吸の同期が見られることを示した。特に対面インタラクション時には、朗読者の「間」の終点において聴取者と呼吸が同期するという結果が報告されており、「息の合う」現象を示しているといえる。また、Gordon et al. (2020) は、複数人でドラムを演奏する課題において、課題に取り組む際の心電図 RR 間隔の同調程度がベースラインと比較し有意に高まることを示した。このように、身体的な動作や生理指標のパターンが類似し、それらが同時に発生する現象をシンクロニーとよぶ (Bernieri & Rosenthal, 1991)。身体的なシンクロニーは心理的同調との関連が深く、相手との親密度や類似性と関わることから (中川他, 2017)、シンクロニーの程度が高いことが円滑なコミュニケーションの基盤となると考えられる。

シンクロニーに影響を及ぼす要因の一つとして、パーソナルテンポの存在が知られる。パーソナルテンポとは、話す、歩くといった日常の生活行動において、特

に制約のない自由な行動場面で表出される個人特有の速さのことであり (杉乃原他, 1993), Dowling & Harwood (1986) は一般的に好まれやすいテンポについて、その値が 70~100 bpm (beats per minute) の間にあることを明らかにした。個人が生まれ持った特性の一つであるこのパーソナルテンポが二者間で類似していると、会話時の二者間の同調が促される現象が報告されている (大石・尾田, 2006)。本研究では、タッピング (打叩) テンポにより得られる個人特有の時間特性をパーソナルテンポと定義し、この値とシンクロニーとの関係性を調べた。

本研究の目的は、ドラム演奏課題を行う二者間における生理的シンクロニーと二者のパーソナルテンポの関連について調べることであった。本研究における生理的シンクロニーは、実験課題中の呼吸によって得られる同調と定義した。また、本研究では課題の場面設定について「対面」、「非対面」、「別室」の3つを設け、空間共有によるシンクロニーの程度の関係についても調べた (Figure 1)。空間の共有はシンクロニーに影響を及ぼすという報告から (Ardizzi et al., 2020), 「非対面」および「別室」条件に比べ「対面」条件で生理的シンクロニーは高くなると予測される。また、パーソナルテンポの二者間での類似はシンクロニーと関連があるという先行研究から、両者の相関も「対面」条件で最も高くなると予測される。

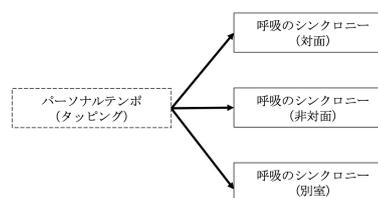


Figure 1. 本研究において扱う指標

2. 方法

実験計画

同一の実験参加者が3つの場面設定における課題を行う一要因の参加者内計画の実験を実施した。要因は「対面」, 「非対面」, 「別室」の3水準であり, この要因のことを以降では「場面要因」と呼ぶ。

実験参加者

実験参加者は, 大学生男女36名(男性20名, 女性16名)であり, 同性の友人同士で実験に参加した。また, 参加者の年齢範囲は, 19~24歳であった($M=21.58$, $SD=1.44$)。

手続き

実験参加者は事前に胸部に呼吸計測用のバンドを巻き, 生体計測装置 Biosignalsplux (Plux) によって呼吸波形を取得した。まず, 背もたれのない椅子に座った状態で波の流れるような音を約3分聴取し, ベースラインとなる安静時の呼吸波形を取得した。

次に, PsychoPy によって構築したプログラムを用いてパーソナルテンポの測定を行った。測定は, 「あなた自身にとって速すぎず, 遅すぎず, 心地よいと感じる速さでキーを叩いてください」という教示のもと, 15秒間パソコンのキーを打叩するものであった。試行は計3回行い, それらの平均値をパーソナルテンポの指標とした。

ドラム演奏課題では, 個人でそれぞれ1分間ずつドラムを叩く練習を行った後, 二人での演奏課題を実施した。二人での課題は, 相手の視覚情報をみながら同一空間で行う「対面」条件, パーティションを用い相手の視覚情報は得られないが同一空間で行う「非対面」条件, また, 空間そのものを分割し相手の視覚情報も得られない「別室」条件の3つの場面設定で, 実験参加者は5分間自由にリズムのやりとりを行った(Figure 2)。課題は「言葉でのコミュニケーションは控えること」, 「音を通して相手とコミュニケーションをとるように」という指示のもと実施した。なお, 3つの場面設定の実施順はカウンターバランスをとった。

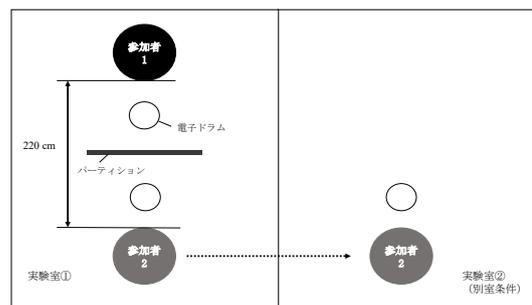


Figure 2. 実験室の配置

分析

Fujiwara & Daibo (2016) を参考に, 二者間における2つの時系列の同調の程度を表す指標としてウェーブレット・コヒーレンスを算出した (Matlab 2021a, Mathworks)。これは2つの時系列における振動の共通性を周波数ごとに推定するものであり, 本研究においては二者間の呼吸の類似性を評価するために用いた。本研究の呼吸のウェーブレット・コヒーレンスにおいて分析対象とする波の周期は4~64秒周期の区間とした(4~8秒周期, 8~16秒周期, 16~32秒周期, 32~64秒周期の各区間)。これは, 健康な成人の平均的な呼吸数が12~18回/分であり (Rexlin, Preejitha & Brundha, 2020), 1回あたりの呼吸時間は約3~5秒となることから, 4秒以下における速い周期のシンクロニーは分析対象外としたためである。また, ウェーブレット・コヒーレンスは0~1の値をとり, 正規分布に従わないため, フィッシャーのZ変換を行った値を分析に用いた。

タッピングテンポについては, まず PsychoPy を用いたタッピングテストの結果を, タッピングの間隔 (s) の値でテキストファイルとして保存した。タップ間隔を図示した際に明らかに外れている値を除外した後, タップ間隔の平均値を60から除することで bpm 値を算出した。また, タッピングテンポの分析には対数変換後の値を用いた。個人のタッピングテンポの値は, 3回の測定の平均値として算出した。

3. 結果

まず, 事前に測定したパーソナルテンポについて, 実験参加者全体のタッピングテンポの平均値は, Dowling & Harwood (1986) が報告した一般的に好まれやすいテンポである70~100 bpm と一致する結果となった ($M=93.59$, $SD=26.71$)。

次に, 呼吸のシンクロニーの程度を示すウェーブレ

ット・コヒーレンスの値について「対面」、「非対面」、「別室」のそれぞれにおける平均値および分散分析の結果を Table 1 に示した。表における時間区分は、シンクロニーの周期を示す。場面要因を独立変数とする分散分析の結果から、4—8 秒および 8—16 秒周期における呼吸のウェーブレット・コヒーレンスにおいて場面要因の主効果が認められた。多重比較検定を行ったところ、4—8 秒周期におけるシンクロニーは「対面」と「別室」($p=.01$) および「対面」と「非対面」($p=.02$) において、いずれも「対面」条件で有意に高かった。また、8—16 秒周期においては「対面」条件が「別室」条件に比べ有意にシンクロニーが高いことが示された ($p=.05$)。16—32 秒ならびに 32—64 秒周期におけるウェーブレット・コヒーレンスには、場面の主効果が認められなかった。

Table 1

各周期帯における

呼吸のウェーブレット・コヒーレンス

| | M (SD) | | | |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 4—8 s | 8—16 s | 16—32 s | 32—64 s |
| 対面 | 0.28 (0.05) | 0.30 (0.07) | 0.29 (0.10) | 0.30 (0.16) |
| 非対面 | 0.24 (0.05) | 0.26 (0.05) | 0.26 (0.09) | 0.25 (0.10) |
| 別室 | 0.24 (0.02) | 0.25 (0.05) | 0.27 (0.05) | 0.26 (0.15) |
| F(2,34) | 6.13 ** | 3.69* | 0.43 | 0.68 |
| p | .005 | .04 | .70 | .51 |

† $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$

Table 2 は二者間のパーソナルテンポの差の絶対値(離れ具合)と課題実施時の生理的シンクロニー(ウェーブレット・コヒーレンス)におけるピアソンの相関係数を示す。パーソナルテンポは二者間で類似しているほど差は小さくなることから、相関係数が負であれば「パーソナルテンポが類似しているペアでは生理的シンクロニーの関連が強い」ということを表す。結果から、タッピングテンポとウェーブレット・コヒーレンスとの相関について、「対面」条件および「別室」条件(いずれも 4—8 秒区間)でそれぞれ有意な相関がみられた。「非対面」条件ではパーソナルテンポの類似度と有意な相関はみられなかった。これは、「非対面」を除く 2 つの条件において、二者間のパーソナルテンポがもと

から類似していたペアであると、呼吸のシンクロニーの程度が高い傾向であったことを示す。8 秒以降の周期において、パーソナルテンポと呼吸のウェーブレット・コヒーレンスにおける相関は認められなかった。

Table 2

タッピングテンポと各条件における呼吸のウェーブレット・コヒーレンスの相関

| | r(p) | | | |
|-----|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | 4—8 s | 8—16 s | 16—32 s | 32—64 s |
| 対面 | -.43 [†] (.08) | .16 (.53) | .16 (.52) | -.26 (.30) |
| 非対面 | -.11 (.67) | .01 (.97) | -.31 (.21) | -.24 (.35) |
| 別室 | -.53 [*] (.02) | -.17 (.49) | .31 (.21) | .13 (.61) |

† $p < .10$, * $p < .05$

4. 考察

本研究の目的は、ドラム演奏課題において個人特性の一つであるパーソナルテンポと二者間の生理的シンクロニーとの関連を調べることであった。その結果、第一に、「対面」条件における生理的シンクロニーの程度は、「非対面」、「別室」条件と比較して有意に高いことが示された。第二に、パーソナルテンポの二者間での類似と、「対面」および「別室」条件における生理的シンクロニーにおいて相関がみられた。

まず、ウェーブレット・コヒーレンスにより得られた呼吸のシンクロニーについて、「対面」条件において最もシンクロニーの程度が高かったことは、空間共有がシンクロニーに影響を及ぼすという先行研究と同様の結果であったと考えられる (Ardizzi et al., 2020)。4—8 秒周期のシンクロニーにおいて「対面」条件のシンクロニーの程度が「非対面」、「別室」条件のいずれとの比較においても高かったことから、空間を共有するだけでなく視覚情報により相手の身体運動や視線を確認できることがシンクロニーを促すことが示された。

次に、個人特性としてのパーソナルテンポと呼吸のシンクロニーとの関係について、「対面」および「別室」の場面設定において相関関係がみられた。すなわち、「対面」と「別室」の条件において、二者のもつ本来の時間的な特性が類似していることが、両者の生理的同期を促すことが示された。パーソナルテンポの二者間

での類似はシンクロニーと関連があるという先行研究から(大石・尾田, 2006), 両者の相関は「対面」条件で最も高まると予測できるが, 相関係数の値はむしろ「別室」条件の方が極端な値を示した。「対面」条件に比べシンクロニーの程度が低かった「別室」条件においても, 個人の特性であるパーソナルテンポとの関連がみられたことは興味深い。「別室」条件においては, 相手の視覚情報が得られず, 空間の共有もないため, シンクロニーの程度は減少するが, ヘッドホンを通した音のみのインタラクションであったことから, 音に集中することでリズムに注意が向きやすく, その結果として両者が本来持つ時間的な類似性がシンクロニーにも反映されたと考えられる。また, 本研究から得られた結果から, 空間の共有がなく, 得られる情報が制限される「別室」の場面において, パーソナルテンポはその二者間のシンクロニーを維持する役割を果たす可能性がある。

本研究では, 二者間インタラクションのうち, 呼吸に注目し, 二者の呼吸が空間・時間を共有する対面場面で最も高まることを示した。今後の研究では, 今回算出した生理面でのシンクロニーが, ドラムのリズムや身体運動等の行動面のシンクロニーとどのように関わるのか, またそれらとパーソナルテンポとの関連についてさらなる探究を行うことを課題とする。

文献

- 感性情報心理学 音声研究, 13(1), 40-52.
- [8] 大石 周平・尾田 政臣 (2006). 話者間の精神テンポの差がコミュニケーションの円滑化に及ぼす影響: 交替潜時を指標として 電子情報通信学会技術研究報告, 105(536), 31-36.
- [9] Rexlin, P. E. Jai, Precjitha, V. B., Brundha, M. P. (2020). Age-related differences of heart rate and respiratory rate in the age group of 45-55 years: A regression analysis, *Drug Invention Today*, 14(2), 271-273.
- [10] 杉之原 正純・平 伸二・武藤 玲路・今若 修 (1993). 精神テンポの基礎的実験研究(2): 精神テンポの機制に関する実験的研究 広島修道大学研究叢書, 76.
- [1] Ardizzi, M., Calbi, M., Tavaglione, S., Umilta, M. A., & Gallese, V. (2020). Audience spontaneous entrainment during the collective enjoyment of live performances: Physiological and behavioral measurement. *Scientific Reports*, 10, 3813. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60832-7>
- [2] Bernieri, F. J., & Rosenthal, R. (1991). Interpersonal coordination: Behavior matching and interactional synchrony. In R. S. Feldman, & B. Rimé, (Eds.), *Fundamentals of nonverbal behavior* (pp. 401-432). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [3] Dowling, W. J., & Harwood, D. L. (1986). *Music cognition*. New York: Academic press.
- [4] Fujiwara, K., & Daibo, I. (2016). Evaluating interpersonal synchrony: Wavelet transform toward an unstructured conversation, *Frontiers in Psychology*, 7(516), 1-9.
- [5] Gordon, I., Gilboa, A., Cohen, S., Milstein, N., Haimovich, N., Pinhasi, S., & Siegman, S. (2020). Physiological and behavioral synchrony predict group cohesion and performance, *Scientific Reports*, 10, 8484. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65670-1>
- [6] 中川 友貴・楠見 茉耶・前田 佳史・服部 託夢・中田 一紀 (2017). 身体的コミュニケーションにおけるリズム同調を促進するインタラクティブ音楽演奏システム インタラクション 2017 論文集, 864-867.
- [7] 中村 敏枝 (2009). コミュニケーションにおける「間」の

なぜ人々は天井に絵を描いたのか？ —天井画の歴史的変遷に関する文献調査— The art history research on drawings on the ceiling

三浦 慎司[†], 川合 伸幸^{†‡}
Shinji Miura, Nobuyuki Kawai

[†]名古屋大学, [‡]中部大学創発学術院
Nagoya University, Chubu University Academy of Emerging Sciences
[†]miura@cog.human.nagoya-u.ac.jp, [‡]kawai@is.nagoya-u.ac.jp

概要

絵画において、教会や宮殿、あるいは洞窟における天井は、神々や動物などの姿かたちを描く場の一つであった。本稿では、天井に絵を描く、天井の絵を見る、という行為の意味について考察するために、天井画の歴史的変遷を辿る調査を行った。その結果、キリスト教絵画では、キリスト教公認以前から既に、地下墓所の天井に絵が描かれていたことや、スウェーデン島に存在する現存する人類最古の具象画が天井に描かれていたことがわかった。

キーワード：天井画 (The drawings on the ceiling), 美術史 (Art history), 具象画 (Representational painting), 洞窟壁画 (Cave painting)

1. はじめに

絵画において、教会や宮殿などの建造物における天井は、人や物の姿かたちを描く場の一つであった。ルネサンスの巨匠ミケランジェロ・ブオナローティによって描かれたシスティーナ礼拝堂天井画をはじめとし、宗教活動の拠り所となる教会堂や、王族などの権力者が居住していた宮殿など、様々な歴史的建造物には鑑賞者の頭上を彩る天井画が描かれている。天井画の歴史を辿ると、ルネサンス以前の、中世に建造された教会やカタコンベの天井にもキリスト教を題材としたモチーフが描かれているように、キリスト教が公認される以前から、天井に絵が描かれていることがわかっている。さらに、先史時代の美術にも天井に描かれたバイソンや鹿などの動物を見ることができることから、天井画の歴史は非常に長いといえる。

画家にとって、建造物や洞窟の天井に絵を描く行為は壁に描くよりも遥かに困難であることは想像に難くない。それでも、壁だけでなく天井に絵を描き続けたのは、天井画を描くことに何らかの重要な意味を見出していたと考えられる。本研究では、天井に絵を描く行為の重要性を探るために、人々が絵を描き始めてから現代に至るまでどのような内容の天井画を描いていたのか、具体的にいつ頃から描き始めていたのかにつ

いて文献調査を行った。

なお、本研究では、具象画を対象として調査を行っており、紀元後の西洋における天井画、日本における天井画、先史時代における天井画の3つの枠から天井画の歴史について文献調査を行った。具象的な対象を描いた絵のみを取り上げて議論をするため、イスラームのモスクのような模様の反復パターンや建築による天井装飾に関しては本研究では取り扱っていない。

2. 紀元後の西洋画における天井画

中世における天井画

313年のミラノ勅令によってキリスト教が公認される以前、3、4世紀のローマやその周辺地方の共同の地下墓所であるカタコンベには壁面や天井面を飾るフレスコ画が描かれていた。サン・カリストやサンタ・ペテロ・マルチェリヌス(図1-a)のカタコンベ天井画の中心には、よき羊飼いが描かれてように、カタコンベの天井に描かれているモチーフは、キリスト教美術の主題が主であったことがわかっている。

キリスト教が公認されてからは、教会建築が進むとともに、石や、陶磁器、ガラスや貝殻などの小片を寄せ集めて絵や模様を表すモザイクによる壁画や天井画が制作されるようになった。ラヴェンナには、ネオン洗礼堂(図1-b)やアリアーニ洗礼堂(図1-c)を中心に、色とりどりのモザイクでキリストの洗礼を描いた天井画が数多く作られた。モザイクは中世美術の主流の表現方法となり、13世紀にもサン・パオロ・フォーリ・ムーラ聖堂のような天井画も制作されていた(図1-e)。

また、ビザンティン美術における天井画は、トルコに数多く残されていることがわかっている。ギョレメ国立公園とカッパドキアの岩石遺跡群には天井画が描かれている教会が存在する。たとえば、トカリ宮殿では10世紀に描かれたキリストを主題とした天井画の

フレスコ画(図1-d)が見つまっている。また、イスタンブールの歴史地域にも天井画が存在しており、コーラ修道院附属救世主聖堂の天井には14世紀に描かれたフレスコ画が残されている(図1-f)。

近世における天井画

14世紀の前期ルネサンスには、モザイクによる装飾ではなく、写実性の高いフレスコ画が制作されるようになり始めた。天井画においては、ジョット・ディ・ボンドーネによる14世紀初頭に完成させたスクロヴェーニ礼拝堂天井画、アンドレア・ボナイウトによる、サンタ・マリア・ノヴェッラ聖堂スペイン人大礼拝堂天井画(1367-69)(図2-a)、14世紀後半に作成された、ジュスト・デ・メナブオイによるパトヴェ大聖堂天井画(図2-b)など、様々なフレスコ画による天井画が描かれている。

初期ルネサンスに入ると、クワドラトゥーラと呼ばれる、錯視を利用して平坦な天井を立体的に見せるような、遠近法を利用した天井画特有の技法が生まれた。アンドレア・マンテーニャが1472~74年に描いたドゥカーレ宮殿「夫婦の間」の天井のフレスコ画や(図2-c)メロツォ・ダ・フォルリが1480年頃に描いたサンティ・アポストリ教会の丸天井のフレスコ画(図2-d)はその一例である。マンテーニャの作品では、天使たちが鑑賞者を上から覗きこむような構図になっており、絵画空間と実際の建築の見分けが付かなくなるように描かれている。

盛期ルネサンスでは、ミケランジェロ・ブオナローティによって創世記の9場面を天井に描いたシステーナ礼拝堂天井画が、1508~12年にかけて制作された(図2-e)。ゴシック後期からルネサンス初期において用いられていた人体の遠近感を表す短縮法を発展させた技術がミケランジェロの人物描写に施されている。また、ルネサンスを代表する画家のひとりであるラファエロ・サンティも1508年から1524年にかけてバチカン宮殿に天井画を描いている。宮殿内の「ラファエロの間」と呼ばれる4つの部屋の壁と天井にキリスト教と古代ギリシアの精神を調和させた作品が数多く残されている(図2-f)。

また、初期ルネサンスのマンテーニャらにみられたクワドラトゥーラは、マニエリスムと呼ばれるルネサンスとバロックの中間期にさらなる追求がされている。アントニオ・アッレグリ・ダ・コレッジョによるパルマ大聖堂天井画「聖母被昇天」(1526-1530)(図2-h)

や、ジュリオ・ロマーノによるパラッツォ・デル・テ(テ宮殿)の天井画「巨人族の没落」(1532-34)(図2-g)では、遠近法を駆使して、空に浮かぶ神々を下から見上げたときに目に映る様子を天井に描いている。そのほかにも、マニエリスム期には、天井に何枚もの板絵を飾っている建築物もあり、フィレンツェのヴェッキオ宮殿の「五百人広間」や「フランチェスコ1世の書斎」の天井には、1570~73年にかけて制作されたジョルジュ・ヴァザーリやその弟子による数々の絵画が飾られている(図2-i)。

絵画空間と建築空間の見分けが付かなくする見る者の目を欺くような趣向は、バロック美術の規範の一つになった。初期バロックでは、ファルネーゼ宮殿にアンニバーレ・カラッチによる天井画が描かれており、絵の周辺に額縁を描くことで、あたかも実際に額縁に絵が飾られているように見せている(図2-j)。また、バロックには、マンテーニャやコレッジョらのクワドラトゥーラをさらに発展させた天井画が数多く制作されている。その代表的な作品として、バルベリーニ宮殿に、1633~39年の間にピエトロ・ダ・コルトーナにより描かれた「神の地の勝利」が挙げられる(図2-k)。天井に描かれた柱によって区切られた個々の区画の背後には空が広がり、各区画を超えて人物や雲を自由に往来させることで、鑑賞者の空間と画中空間を連続的に描くことを試みている。同時期に、フランスのヴェルサイユ宮殿の天井画も描かれている。また、バロック期の後の、ロココの時代では、ドイツのヴェルツェブルク司教館や、ヴィースの巡礼教会(図2-l)などの白の目立つ明るい天井画が制作されていた。

3. 日本における天井画

日本の天井画は、主に寺院の装飾のために描かれている。東福寺三門の天井には室町時代の画僧の兆殿司と寒殿司によって、仏教における想像上の生物や天女が描かれている。また、狩野派による龍図が様々な寺院の天井に残されており、1605年には狩野光信による相国寺の蟠龍図が制作され、1656年には狩野探幽による妙心寺の雲竜図(図3-a)が制作されている。また、江戸時代後期の浮世絵師である葛飾北斎は、1846年頃に長野県岩松院の天井に鳳凰図(図3-b)を描き、龍図、鳳凰図、男浪・女浪図(1844年制作)などの祭屋台の天井に配置するための絵画も描いている。いずれの天井画も日本画に特有の平面的な描き方がされている。

4. 先史時代における天井画

先史時代において、人々が絵を描く場は洞窟の壁面や天井面であった。スペインのアルタミラ洞窟では天井には赤と黒で描かれたバイソンが描かれている (図 4-a)。描かれた時期は、約 14000 年前であると推定されており、先史ヨーロッパ時代の区分で主にマドレーヌ期である。一方で、フランスのラスコー洞窟はオーリニャック期である約 20000 年前に洞窟や天井に絵が描かれていたことが発見されている。ラスコー洞窟の天井面には角の生えた野牛が描かれているのを見ることができる (図 4-b)。さらに、インドネシア中部のスラウェシ島の洞窟の天井には約 45500 年前に描かれたイノシシの絵を見ることができ (Brumm et al., 2021)、この壁画は今日までに発見された人類史上最も古い具象画 (動物) の壁画である (図 4-c)。

5. 考察

本研究では、紀元後の西洋画、日本画、先史美術の 3 つに分けて天井画の歴史的変遷についての調査を行った。まず、中世に描かれた西洋の天井画の調査をしたところ、フレスコ画による天井画は、教会や聖堂だけでなく地下墓所にも描かれており、キリスト教美術の最も初期の段階から天井画が描かれていることがわかった。また、先史時代の美術という枠組みでも、天井に絵を描くという行為は、少なくとも具象画 (動物) においては最初期から存在していたことが示唆された。これらの事実は、絵を描く場を天井とすることは、人類が絵を描く歴史が始まった頃から存在していた振る舞いであり、太古から、天井に絵を描いたり、天井を観察したりすることに対して何らかの意味を見出していたと考えられる。

学会当日の発表までにさらに文献調査を進め、特に、天井画のモチーフや地域ごとの特色に着目することで、天井に絵を描くことにどのような重要性があったのかの議論を展開する予定である。

文献

- [1] Brumm, A., Oktaviana, A. A., Burhan, B., Hakim, B., Lebe, R., Zhao, J.-X., Sulistyarto, P. H., Ririmasse, M., Adhityatama, S., Sumantri, I., & Aubert, M. (2021). Oldest cave art found in Sulawesi. *Science Advances*, 7, eabd4648. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd4648>

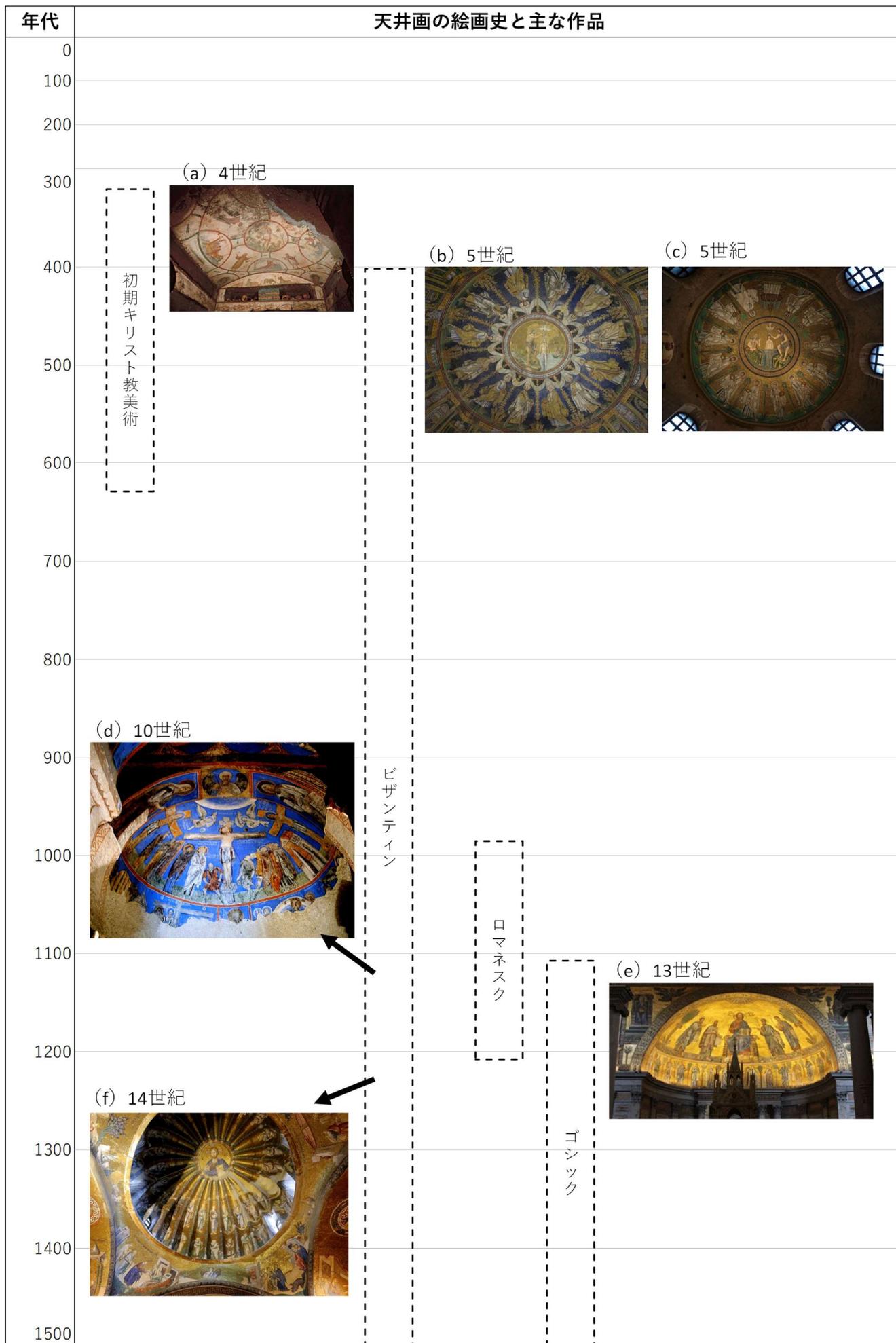


図1 中世ヨーロッパにおける天井画と作品の制作時期

ルネサンス黎明期



初期ルネサンス



盛期ルネサンス



マニエリスム

バロック



ロココ



図2 近世ヨーロッパにおける天井画と作品の制作時期

(a)



(b)



図3 日本における天井画 (a: 狩野派妙心寺雲竜図、b: 葛飾北斎岩松院鳳凰図)

(a)



(b)



(c)



図4 先史時代における天井画 (a: アルタミラ洞窟、b: ラスコー洞窟、c: スラウェシ島洞窟)

野火的活動が拡がる条件の試論的分類 — エンゲストロームの文献とエスノグラフィーを通じた考察から — An Exploratory Classification of the Conditions for the Spread of Wildfire Activities - From the Literature of Engeström and Consideration Through Ethnography -

渡辺 謙仁[†], 田邊 鉄[‡]
Takahito Watanabe, Tetsu Tanabe

[†]放送大学, [‡]北海道大学
The Open University of Japan, Hokkaido University
ken.ini38@gmail.com

概要

本稿の著者でもある渡辺と田邊[1]は、エンゲストロームが提唱した「野火的活動」[2]が一時的に燃え拡がる条件の例を示した。そこで本稿では、[1]と[2]を読み解き、他にも野火的活動が拡がる条件がないか考察し、今後の野火的活動の分析の便益のために、それらの条件の分類を試みた。野火的活動は、(1) 市場化できるかどうかも含めて様々な実験が行われている段階に活動がある場合、(2) 市場規模が小さすぎ、営利企業にとって、大規模資本を投入して様々なサービスを提供し、完全に市場化する旨味がない場合、(3) 倫理的問題や権力関係から、健全で安定した市場を作れない場合、(4) 中央集権的な活動がそもそも不可能な場合の4条件のいずれか一つ以上が成立する場合に燃え拡がるだろう。

キーワード：趣味縁 (avocational connection), 活動理論 (activity theory), 野火的活動 (wildfire activities), ハイブリッド・エスノグラフィー (hybrid ethnography)

1. はじめに

「活動理論」[3]とは、学校や職場などをフィールドとしてきた、活動の文化歴史性を重視し、社会文化的アプローチを取る、集合的認知研究の潮流の一つである。現代における代表的な活動理論家であるエンゲストロームが提唱した「野火的活動」[2]とは、野火のように拡がる活動のことである。境界の曖昧性、流動性、集散性などを特徴とする。野火的活動は、野火のように、自然発生的にあちこちで同時発生的に始まる。飛び火したり、別の場所での活動とつながって、一気に燃え拡がったりしたかと思えば、突然勢いが弱まり、活動が終わってしまったように見えることもある。しばらく時間が経ち、再び活動の勢いが増すこともある。野火的活動は、長い時間的スケールで見れば長寿命であり、なかなか野火が燃え尽きにくくすぶり続けるように、完全に途絶えることはないが、短い時間的スケ-

ールで見れば、野火が同じ勢いで燃え続けることができないように、持続的でない。



図 衛星の実物大模型の例 (2015年3月22日に、趣味的なものづくりの展示会「NT 京都 2015」で展示。第一著者撮影)

2. 先行研究とその問題点

本稿の著者でもある渡辺と田邊[1]は、趣味として、初音ミクというキャラクターを乗せて、宇宙空間でネギを振らせる超小型衛星(図)を開発する、「ソーシャルメディア衛星開発プロジェクト SOMESAT」(Social Media SATellite development project. 以下、SOMESAT)という、特に活動初期は野火的活動として捉えられた活動において、いかにして活動の境界が構成され、まだ横断されたかを、エスノグラフィックに明らかにした。活動の対象を生み出すツールや集合的活動が向かう対象の特質、身体的移動などが、活動とその境界のあり方に関わっていた。SOMESATはその時々までの歴史性に埋め込まれながら、次第にプロジェクトとして活動の境界を構成する反面、野火性を失って、ある

いは捨てていった。野火的活動はエンゲストローム[2]が指摘しているように、長い時間的スケールで見れば長寿命であり、完全に途絶えることはないが、短い時間的スケールで見れば持続的でないとと言える。渡辺と田邊[1]の成果は、野火的活動において境界が構成され、野火性が失われるメカニズムを明らかにしたものであるが、裏返せば、野火的活動が一時的に燃え広がる条件の例を示したものとと言える。しかし一例にとどまり、他にも野火的活動が広がる条件がないかは検討されていない。

3. 目的と方法

そこで本稿では、様々な活動を野火的活動として捉えやすくし、エスノグラフィーや会話分析を改良した、活動理論の方法で研究できるようにするために、エンゲストローム[2]と渡辺と田邊[1]を読み解き、他にも野火的活動が広がる条件がないか考察し、それらの条件の分類を試みる。

4. 結果

野火的活動は、以下の条件のいずれか一つ以上が成立する場合に燃え広がるだろう。なお、条件1は主に本稿の著者でもある渡辺と田邊[1]が自ら行ったエスノグラフィーを通じた考察から導き出されたものである。一方、条件2から4は、エンゲストローム[2]の文献を読み解いて導き出されたもので、条件を提示する順序には、大きな意味はない。

(1) エンゲストロームは、野火的活動は完全な市場化に抵抗すると述べているが[2]、市場化できるかどうかも含めて様々な実験が行われている段階に活動がある場合、SOMESATを生み出した「菌根」[2]であり、様々なタイプの動画が営利を目的としないユーザーによって「N次創作」[4]的に生み出されていた、かつてのニコニコ動画等の動画投稿サイトが、この場合に相当するだろう。動画投稿サイトのユーザーたちは、動画投稿サイトで一体何ができるのかを、実験的に模索していた。SOMESATの野火性が失われたことは、企業やいわゆる YouTuber 等の、営利を目的としたユーザーによる市場化のための知識蓄積とマーケティングの最適化が進み、動画投稿サイトが市場化されて、N次創作が縮小したことと関係があるかもしれない。

(2) 市場規模が小さすぎ、営利企業にとって、大規模資本を投入して様々なサービスを提供し、完全に市場

化する旨味がない場合、エンゲストロームが野火的活動の例として挙げている「バードウォッチング」[2]や、バードウォッチング同様、職業研究者とアマチュアファンの「ハイブリッドなコミュニティ」[2]によって担われている市民科学である天体観測が、この場合に相当する。バードウォッチングや天体観測では、企業によって双眼鏡や望遠鏡、カメラ等が販売されているが、鳥や天体の観測ツアーなどが大規模に展開され、一般消費者の人気観光アクティビティとして定着するような、完全な市場化には至っていない。

(3) 倫理的な問題や権力関係から、健全で安定した市場を作れない場合、企業から商品は販売されているが、住民や行政、警察などとしばしば対立する「スケートボード」[2]や、固定的なメンバーによる中央集権的な犯罪組織である暴力団と違い、固定的な集団やリーダーが存在せず、犯罪事件や犯罪に限りなく近い案件ごとに、警察や暴力団などの権力関係の隙を突く形で、メンバーが流動的に離合集散を繰り返す活動形態になっている「半グレ」が、この場合に相当する。

(4) 中央集権的な活動がそもそも不可能な場合。「災害救援」[2]などが、この場合に相当する。災害救援の現場ではしばしば、救援者は災害救援本部などの中央集権的な指揮命令系統に期待できず、自律的に情報を得て、他者とのアドホックなつながりである「ノット」[5]を流動的かつしなやかに結んだり開いたりしながら、救援活動を展開しなければならない。

5. まとめ

本稿により、野火的活動が広がる条件の試論的分类ができ、様々な活動を野火的活動として捉えやすくなったであろう。今後は、著者自身が、これらの条件の妥当性を、エスノグラフィーや会話分析を改良した、活動理論の方法で実証的に検証していきたい。本稿の読者にもまた、様々な集合的活動を対象として、検証してもらいたい。その際、野火的活動が広がる条件は、本稿で抽出できたものが全てではないことに注意されたい。社会文化は常に移ろいゆくし、そもそも野火的活動とは、固定的なうつつに収まるようなものではなく、網羅的に全ての条件を抽出・分類することなどできないだろう。

文献

[1] 渡辺謙仁・田邊鉄, (2018) “コミュニティの境界はいかに

して構成・横断されるのか：超小型衛星開発プロジェクトのエスノグラフィーを通じた活動理論的考察,” 日本認知科学会第35回大会発表論文集, pp. 817-824.

- [2] エンゲストローム, Y., (2009) “Wildfire activities: New patterns of mobility and learning,” *International Journal of Mobile and Blended Learning*, Vol. 1, No. 2, pp. 1-18.
- [3] エンゲストローム Y., (1999) “拡張による学習：活動理論からのアプローチ,” 東京: 新曜社.
- [4] 濱野智史, (2008) “アーキテクチャの生態系：情報環境はいかに設計されてきたか,” 東京: NTT 出版.
- [5] エンゲストローム Y., (2013) “ネットワークする活動理論：チームから結び目へ,” 東京: 新曜社.

投影的没入感向上のための 動きとストレス状態の随伴的表現による同調認知の誘発

Induction of entrainment cognition by accompanying representations of movement and stress state for projective immersion enhancement

中澤 悠[†], 大本 義正[‡]

Nakazawa Haruka, Omoto Yoshimasa

[†] 静岡大学

Shizuoka University

ohmoto-y@inf.shizuoka.ac.jp, nakazawa.haruka.17@shizuoka.ac.jp

概要

様々な体験の提供の場として仮想空間への注目が高まっている。本研究では、体験者と操作アバターの間で動きとストレス状態の随伴的表現とフィードバックの繰り返しによって生じる体験者の操作アバターに対する同調認知が体験理解の深化に寄与するのかを検討するため、ストーリー性をもったシミュレーション実験を行った。結果として、体験者の操作アバターに対する同調認知が体験理解に寄与していた可能性が示唆された。

キーワード：インタラクション, 仮想環境, バーチャルリアリティ

1. 背景

「経験は最良の教師だ。」という言葉があるが、人は実際に自分が得た経験でなくとも、読書などを通じて自分が享受したかのように体験することができる。このような当事者意識を伴うような体験の理解には、ただ起きた出来事を理解するような論理的な理解だけではなく、情動的な理解も必要である。近年ではコンテンツなどが持つストーリーに対する没入が個人の態度変化や対人スキルの獲得などに大きな役割を果たしていること [1][2] も指摘されており、疑似体験が体験者に与える影響に注目が集まっている。

また、近年のコンピュータの発達に従い、様々な疑似体験の提供の場として仮想空間への注目が高まっている。仮想空間での体験を深めようとする取り組みの多くは、現実世界の体験者と仮想世界の繋がりを深めようとするものであり、HMD(Head Mount Display) などを用いて 1 人称視点での体験を行えるようにするというもの [3] や高品質な映像によって高臨場感を体験者に与えることで仮想世界に対する没入感を向上させようとするものなどが挙げられるが、このような仮想世界と現実世界のギャップをなくすことで仮想世界で

の体験を深めようとする取り組みには、現実世界の体験者と、仮想世界の体験者（を表す存在）のコンテキストが一致していないような体験の向上への応用は難しいという問題点がある。しかし、従来の小説やゲームなど一般的なコンテンツには多くのフィクション設定が含まれているものがあることから分かるように、制作者が体験者に与えたい体験というのは、または体験者の経験を豊かにする体験というのは、現実世界の体験者とコンテキストが一致しているものだけではない。

そもそも漫画や映画、小説などほとんどの一般的な体験提供コンテンツにおいて現実の体験者と、コンテンツの中のコンテキストはかけ離れている。それなのにどうして受け手はこういったコンテンツから感動や悲しみ、喜びなどの感情を伴う豊かな体験を得ることができるのか。その理由の一つとして、“投射”の存在に注目が集まっている。小川らは、映画を見るという行為が、映像と音を媒介として世界作品や登場人物や事物の表象を随時構成し、その表彰をスクリーン上に映し出された作品世界や登場人物や事物に随時投射するという行為であると捉えている [4]。そして、この投射行為の難易度を上げてしまっているのが、仮想空間の持つ自由度と臨場感である可能性があるかと捉えた。

操作キャラクターと仮想世界およびそのオブジェクトなどの間にいわゆる世界観の保持やストーリー性を持たせるためにはコンテキストの一致が必要である。それが欠損すると体験者はかえって物語への疎外感を感じてしまうことに繋がるからだ。しかし、小説や映画などの体験者と主要キャラクターの間にコンテキストの一致をもたないコンテンツからでも人間は豊かな経験を得ることができる。このことから分かるように、操作キャラクターと体験者の間にはコンテキストの共有は必ずしも必要なわけではない。つまり、体験

者が自分自身を投影する対象として操作アバターは有力である。なぜなら、操作アバターが最も体験者が存在や行動に直接的に介入できる存在であるからだ。操作アバターは体験者と仮想空間を直接的に繋ぐ糸であるということである。よって、操作キャラクターと体験者の同調性が、自由度が高いという仮想空間の長所を生かしつつ、より汎用的な体験の質の向上へのポイントとなるだろう。ここで、本実験では操作アバターと体験者が相互に影響を及ぼし合うような状態を同調認知と呼ぶこととした。

このような前提から、本研究では、体験提供コンテンツが参加者のコンテキスト理解を深める必要となる要素の一つとして、人間の他者への自己投射のしくみがあると考えた。そしてこの仕組みを操作アバターへの同調認知として仮想空間内にも適用する。これは仮想空間内に人工的な現実を作り出すような形で没入感を向上させる取り組みとは違ったアプローチである。しかし、自由度の高い仮想空間というコンテンツにおいて、現実の体験者とコンテンツの持つコンテキストが離れている状況における体験の質の向上を可能にすることを目指した。その手段の端緒として操作アバターと体験者の動きとストレス状態の随伴的同期を提案した。そして、その有用性を検証するための実験を行った。

2. 関連研究

Zwaan(1999) は読者が読解過程において自身の体験に極めて近いほどに鮮明な表彰を構築することがあると指摘している [5]。このように受け手が他者体験を深く共有する仕組みについて Sanford(2008) は、読者は常にこのような詳細な表彰を構築しているわけではなく、そのような深い処理には身体化認知のメカニズムが働いていると指摘しており [6]、ここでいう身体化認知とは、知覚や運動などの内容を含む文章を理解するときに実際の知覚運動に関する処理系が関与しているとする理論である [7]。これは文章だけにとどまらず単語や文などの広範なレベルでの言語理解と密接に関連しているとされている [8]。このことから考えると知覚運動に関する処理系の関与が物語への理解や読解を促進していることが伺える。これは言い換えると、人の頭の中で行われる言語理解から生起された行動の投射が、疑似的な体験を体験者に与えているともいえる。

仮想空間内のアバターに対して体験者がその関係性を見出そうとするしくみを強化する方法として、すでに身体所有感、運動主体感の重要性が挙げられている

[9]。そして、こういった身体所有感や運動主体感の生起は、アバターに対するフルボディー身体反映によって生起できることが既に明らかになっており、自分の動きに同期していれば、身体の一部だけでなく身体全体を外界に投射することができるという可能性が示唆されている [10]。また、武田 [11] は、アバターにプレイヤーの内部状態を反映することでコンテキストに対する理解が深まることを示した。

また、人間の生理指標を活用する手法としてバイオフィードバックが知られている。バイオフィードバックは不随意筋や、自律神経系のような知覚しづらい身体の動きを知覚できるように変換して、生理指標という形で提示する手法である。バイオフィードバック本来の目的は、そういった知覚しづらい働きを客観的なデータとすることで、体内状態を意識的に調整しようとするものであるが、近年では多くの分野での応用が見られる。村井ら [12] は、授業評価の研究において SCR を集中状態の指標として用いており、笹井ら [13] は自動走行におけるストレス軽減を目的とし、研究のなかで LF/HF をストレス指標として用いた。本研究では、生理指標に基づいて参加者のストレス状態の推定を行い、アバターに反映するシステムを実験の際に使用した。また、実験の評価においても、これらの生理指標を計測し、分析することによって実験参加者の無意識化でのタスクへの集中度やストレス状態を調べている。

3. 本実験で扱う同調認知

本章では本実験で扱う同一視的認知と、それが深まったのちに至ると考えられる同調認知について説明する。まず、それらの概念に伴う仮説と目的を説明した後に、どのような形で仮想空間内の操作アバターに適応するのかについての説明を行う。

3.1 仮説と目的

多くの仮想空間での体験において操作者は操作アバターを操作することで、仮想空間に介入するため、操作アバターは仮想空間と操作者の橋渡しのような役目を持っている。この時、操作者からすると仮想空間内における自分自身である操作アバター自身が意志を持っていないように感じると、アバターから発する情報を受け入れることが困難になり、仮想空間への疎外感の発生に通じてしまうことで体験者が空間へのコンテキストを理解することをやめてしまう。結果として制作者が意図していた体験を体験者に与えることがで

きなくなる。したがって、操作者が操作アバターを見て、自分自身と同じであるという感覚を与える必要がある。これに対して、先行研究で得た知見によって、体験者の持つ自己イメージと仮想世界の体験者を意味するまたは体験者が操作できる存在が自分とは違ったとしても、同一視できるようになることによって、この二者間で互いに影響を与え合うようになるのではないかと考えた。それによって、体験者は仮想空間内の操作アバターの体験をより自分事として認知することができるのではないだろうかを期待する。

そこで、操作者の操作アバターへの同一視的認知を糸口として、操作者と操作アバターが双方向的に影響を与え合うようになるのではないかと予想して、この双方向的に影響を与え合うようになった状態を同調認知と呼ぶことにした。本実験では、同調認知を深めるための糸口としての同一視的認知の生起に対して、動きとストレス状態を操作アバターに反映するということが有効なのかについて検討した。そのために、「動きとストレス状態を同期・反映することによって、アバターと操作している人間のコンテキストが離れているシチュエーションでの体験を向上させることができるのか」という仮説を立て、検証実験を行った。よって本研究の目的は、動きとストレス状態の同期・反映によって、体験者が操作アバターを同一視するようになるのかを明らかにすることである。

体験者の操作アバターへの同一視的認知の生起によって、体験者は操作アバターを取り巻くコンテキストに即した行動をとるのではないだろうか。そして、操作アバターの行動が体験者と乖離した際のストレス値がそうでない場合と比べて低くなるのではないだろうかを予想する。そのため実験では、タスクの最後に操作アバターが操作者の動きとストレス状態に関わらず勝手な動きをするインタラクション部を作成し、その勝手な動きに対する操作者の生理指標の状態などを分析した。

3.2 操作アバターと体験者

本章で、操作アバターに体験者の動きとストレス状態をどのように反映するのかについて説明する。また、ストレス推定に使用した2つの生理指標のそれぞれの特性についても説明する。

3.2.1 動きの反映

先行研究で取り上げたように、同一視的認知の生起に関係があると思われる身体所有感や運動主体感の生起は、アバターに対するフルボディー身体反映によって生起できることが既に明らかになっており、自分の動きに同期していれば、身体の一部だけでなく身体全体を外界に投射することができるという可能性が示唆されている [10]。これを参考に、体験者の操作アバターへの同一視を生起するためには、常時リアルタイムに体験者の動きの反映を操作アバターに行うことで身体所有感を生起することが有効であると考えた。

3.2.2 生理指標の反映

武田 [11] は、アバターにプレイヤーの内部状態を反映することでコンテキストに対する理解が深まることを示しており、内部状態の反映も体験者が操作アバターを同一視するのに有効な要素であると考えた。内部状態として扱われていた生理指標は SCR と LF/HF の二つであり、LF/HF が高い時には状況に対応する準備ができていない状態である可能性が示唆されていた。

この生理指標の変化に応じた反応を体験者が知覚できるようにする。まず、エージェントとのインタラクションの直前数十秒間の間に SCR か LF/HF のどちらかが閾値を超えたかどうかによってストレス状態が反映されるかしないかが定まるようにする。そして、ストレス状態が反映される場合、操作アバターによって緊張状態に陥っているあるいは当惑しているような印象を与えるモーションやアイコンなどによってエージェントの内部状態を表現する。

3.2.3 SCR

SCR (Skin Conductance Response) は、手汗の発汗による皮膚の抵抗の減少(コンダクタンスの上昇)を検出することで精神的発汗を電氣的に計測する生理指標である。人の興奮や情動を生起したときに反応することが知られている。ストレス状態や集中度、タスク難易度や慣れ [14] などの内部状態を定量的に評価するためによく用いられる。

発汗には、手汗から発汗する精神的発汗とそれ以外の部位から発汗する温熱性発汗の2種類が存在する。しかし、温熱性発汗とは発汗部位が異なる。そのため、今回の実験タスクにおいてこれらが混合することは考慮しなくてもいいとする。

3.2.4 LF/HF

LF/HFは、心拍間隔を表すRRIを周波数解析することで得られる低周波成分LF(0.04~0.15Hz)と高周波成分HF(0.15~0.4Hz)の比率を表した生理指標である。LFは交感神経系と副交感神経系の活動を、HFは副交感神経系の活動を表しており、この比率によって自律神経系の働きを定量的に求めることができる。LF/HFはストレス指標として使われていることがあること[15]を参考に、本研究では操作アバターと参加者の内部状態の同期としてのストレス状態の推定と反映に使用した。

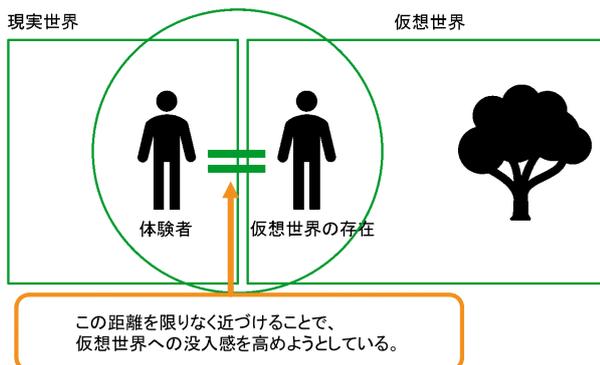


図1 従来の仮想世界での体験を深めようとする取り組みのイメージ

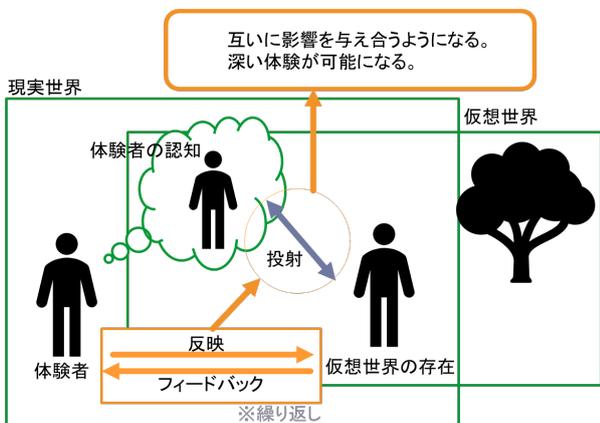


図2 同調認知によって仮想世界での体験を深めようとする取り組みのイメージ

4. 実験

ストーリー付きのシミュレーションゲームを作成して実験を行った。作成したシミュレーションゲームのコンテキストを加味し、実験で検討する具体的な仮説として「上司に指示された雑務をこなす一般的なアルバイトに参加するというコンテキストに沿った反応を

体験者が見せるのかどうか」「体験者が操作アバターと同一化したような反応を見せるのかどうか」という2つの仮説を設定し、これらについて検証した。

本実験では、操作アバターに対して参加者の動きとストレス状態が随伴的に反映される場合（以下：反映条件）とそれらが反映されない場合（以下：非反映条件）の2つの条件を用意し、測定した生理指標と行動指標、質問紙によるアンケートからタスクに対する参加者の同調認知への影響を測定することを試みた。

4.1 タスク

タスク内では基本的に上司エージェントによる指示によってストーリーが進行した。

タスク内において参加者が操作するキャラクターを操作アバター、参加者とその同僚に対して作業の段取りなどを教える存在を上司エージェント、参加者とともに上司エージェントからの指示を受けて働くエージェントを同僚エージェントとし、インタラクション部ではこの3人における会話が行われた。操作アバターは反映条件においては基本的に常に参加者の動きを反映し、さらに文脈に沿って体験者の内部状態を反映した。

タスクはどちらも結婚式場の披露宴会場を模した仮想環境で行われた。1回目のタスクにおける操作アバター（と同僚）は結婚式でのアルバイトに参加しているという設定のもと、椅子やテーブルの設置などを作業として行った。2回目のタスクにおける操作アバター（と同僚）は片付け業者のアルバイトに参加しているという設定のもと、椅子やテーブルの片づけなどを作業として行った。一つのストーリー（タスク）の長さは全体で15分程度であり、5つのインタラクション部と4つの作業部を繰り返して構成した。最後のインタラクション部では、エージェントから操作アバター（参加者）に対して仕事が楽しかったかどうかなどについての問いかけがあり、それに対する現実の参加者の返答・生理指標・身体の動きがどうであろうと操作アバターは決められたモーションを行った。これは、実験開始から十分に時間がたった状態で、操作アバターと参加者との間にズレが生じた際の生理指標や行動指標を取得するためである。全てのインタラクション場面のエージェントのセリフにおいて、名前を直接的に呼ぶなど参加者に対して強く返答を促す部分と、文脈的に参加者が返答をしてもしなくてもおかしくない部分を作成した。これは、参加者の自発的な発言を行った回数などの行動指標を取得するため

ある。

4.2 環境

ゲームタスクは、大型のディスプレイを参加者の前に配置した形で行った。タスク中参加者は、反映条件か非反映条件かによって立つか椅子に座るかのいずれかの状態で、反映条件ならば身体をコントローラーとしてアバターの操作を行い、非反映条件ならば基本的に右手に Joy-Stick コントローラーを持ちアバターの操作を行った。返答までの速度や返答の有無による誤作動を防ぐため、エージェントのセリフを切り替える部分は手動で行った。また、エージェントの動きや行動においても、毎実験ほぼ同じ動きとなるよう留意し、手動で行った。

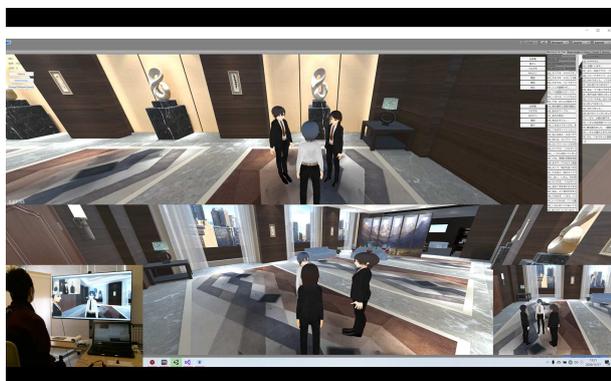


図3 インタクション部での実験者の操作画面(※画面左下は実験の様子と参加者の画面)(※画面右下は参加者の作業部の画面(実験者の操作画面では常に表示))

4.3 実験手順

実験内で参加者は、質問紙への回答とタスクへの取り組みを繰り返した。実験用タスクのためのストーリー付きシミュレーションゲームはゲームエンジン Unity を用いて作成した。このゲームは特徴として、仮想空間内のエージェントと会話などのインタクションを行う部分と、仮想空間内で作業を行う部分から構成されている。この2部構成によって、体験者に反映条件間の操作性の違いを感じてもらえることができると共に、表出した反応の違いが、操作性の影響だけによるものなのかそうでないのかについて検証することができる。

実験タスク内では、体験者の操作アバターに対する動きの反映を行った。Perception Neuron Pro のセン

サーからの身体部位ごとの位置情報などをリアルタイムで Unity で受信した。それを Unity 内のキャラクターに随時反映することで体験者の操作アバターに対する動きの反映を実現した。また、この Perception Neuron Pro による身体の反映には身体部位 17 か所にベルトとセンサーを付ける必要がある。これを全身に付けている場合と付けていない場合で実験参加者の精神状態などに与える影響を考慮して、Perception Neuron Pro による動きの反映を行わない反映条件下での実験を行う際にも、反映を行う条件下での実験を行う場合と同様に、実験参加者にはベルトとセンサーを装着してもらった。

また、生理指標の反映も行った。そのためにまず、タスク中、エージェントからの問いかけ(名前は何ですか?)などが行われた際の手前 20 秒間の中で SCR か LF/HF のどちらかが閾値を超えたかどうかによってストレス状態が反映されるかしないかが定まるようにした。そして、ストレス状態が反映される場合、操作アバターによって緊張状態に陥っているあるいは当惑しているような印象を与えるモーションと汗アイコンが表現された。また、SCR の計測では抵抗を計測しているため、SCR を計測するコードの揺れによってノイズが生じてしまう可能性が高い。したがって今回の実験では体験者の動きを反映するために装着してもらった Perception Neuron のベルトを利用し、コードを身体に固定して動かないようにしたうえで実験タスクを行った。

また、操作アバターによる体験者の動きの反映は常に行われていたが、生理指標を用いたストレス状態の反映は常に行われるのではなく、タスク中の文脈に沿った場面で行われるようにした。理由は、作業中等も常に反映されてしまう場合、操作性の邪魔になってしまうことで操作アバターに対する親和性が低下してしまうことと、文脈的に沿わない部分で反映された場合にストーリーに対する親和性が損なわれてしまうのを避けるためである。

4.4 参加者

実験は静岡大学に通う 10~20 代の学生 21 名を対象にした。そのうち男性は 15 名であり、女性は 6 名であった。(年齢平均: 21.18, 標準偏差: 1.56) 全ての参加者が反映条件と非反映条件のそれぞれで実験を行ったが、サンプルとして 5 名の参加者の反映条件をストレス状態は反映せず身体のみでの反映で行った(以下: 身体条件)。順序効果を考慮し、反映条件を先に行う参

加者と、非反映条件を先に行う参加者を男女のバランスを考慮しつつ7名と8名で割り当てた。身体条件は全て先に行われた。

4.5 評価指標

本章では、分析に用いた3つの評価指標について説明する。まず、客観指標として行動指標と生理指標を取得した。そして、主観指標として主観的作業負荷を取得した。

4.5.1 行動指標

ビデオ分析を行い、行動的な指標として、参加者が仮想空間内のエージェントに対して行ったお辞儀や頷きといった文脈的に操作アバターが行ってもおかしくない向社会的行動としてのインタラクション行動を自発的に行った回数と、名前を呼ばれた上で問いかけを行われるなどの明らかな問いかけでない部分への発言で、かつ文脈的に独り言ではないと判断した発言数を自発的発言とし、その回数を記録した。そして、この行動数と自発的発言数によって、エージェントに対するインタラクションへの積極性を測定した。このような行動指標を測定した理由は二つある。一つは参加者がタスクを通して仮想空間内の存在をよりリアリティを持った存在として認識するようになることで、インタラクション行動が増加するのではないかということを確認するため。そしてもう一つは、アルバイトをする(チームで行動をする)というタスク内の文脈の理解が深まることで、向社会的行動が増加するのではないかということを確認するためである。

4.5.2 生理指標

心拍反応(LF/HF)と皮膚コンダクタンス反応(SCR)の2つの生理指標を測定した。これは参加者のストレス状態や集中度が条件間でどのような違いを見せるかを確認するためである。また、もしも参加者が操作アバターに対する同一視的認知を生起されていた場合、操作アバターの見えるストレス反応によってフィードバック的にストレス反応を見せる可能性がある。そのため、実験では二つの生理指標を内部状態の反映の手がかりとすると共に、評価指標としても用いた。

4.5.3 主観的作業負荷(メンタルワークロード)

参加者がタスクの遂行によって感じた主観的な作業負荷(メンタルワークロード)を測定した。測定は芳賀らの提案した日本語版NASA-TLXを用いた[16]。これは参加者がタスクを通して操作アバターを同一視することで、今回のタスク内の文脈(働くという設定)に沿って、操作アバターが受けるだろう作業負荷をより強く感じるようになるのではないかということを確認するためである。

4.6 結果

4.6.1 行動指標の分析結果

図4に参加者から仮想空間内のエージェントに対する自発的な発言数の群ごとの平均推移を、図5にお辞儀などのインタラクション行動の群ごとの平均数の推移を示した。条件間に有意な差は見られなかったものの、1回目から2回目にかけての順序効果の存在が示唆され、特にお辞儀や頷きなどのインタラクション行動の各参加者の1回目の数から2回目の数を引いた差を群間で対応なしのt検定を行ったところ $p < 0.01$ の有意差が見られた($p = 0.00025$)。また、自発的な発言数についても同様の検定を行ったところ $p < 0.05$ の有意差が見られた($p = 0.037$)。

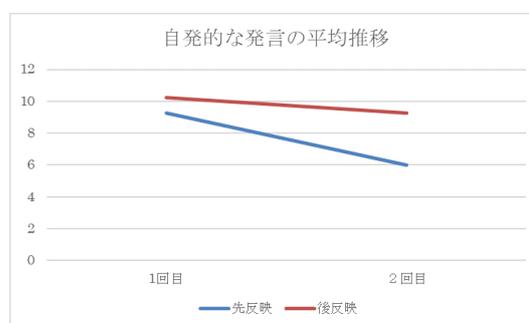


図4 自発的な発言数の群ごとの平均推移

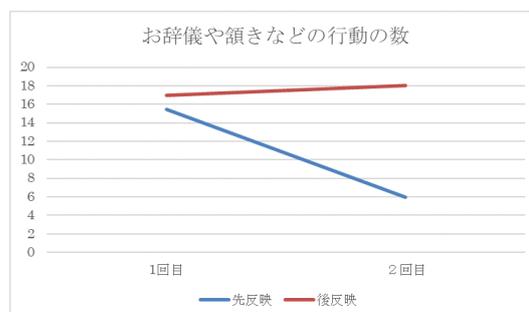


図5 インタラクション行動の群ごとの平均推移

4.6.2 生理指標の分析結果

各実験参加者のゲーム中の SCR, LF/HF に対して、分析を行った。分析にあたって、SCR は閾値 (15.75) を超えた秒数を、LF/HF は閾値 (6) を超えた回数を計算し使用した。SCR はゆっくりと値が変化するため、面積を計算するのが妥当であるが、ノイズの影響を抑えるためと、簡易的に計算するために秒数を用いた。LFHF は SCR に比べて、スパイク的な反応を出すため、ピークの数を、閾値を超えた回数で近似した。

またその際、測定したデータが破損してしまっていたものがあつたため、この分析は先反映群・後反映群共にサンプル数は5で検定を行った。

表1にLF/FHの各群と各条件の平均値を示す。右下がりの斜めが反映条件に対応し、左下がりのななめが非反映条件に対応する。反映条件の方が非反映条件よりも高い値を示した。また、表2にタスクを前半・後半・最後(のインタラクション部分)に分け、条件間でpaired-t検定を行った結果を示した。操作アバターが参加者と同期している前半と後半では、反映条件と非反映条件に $p < 0.01$ の有意差が見られたが、操作アバターが参加者の動き・ストレス状態に関わらないモーションを行う最後のインタラクション部では、条件間に有意差は見られなかった。また、操作方法の差によって有意差が見られた可能性を考慮し、タスクをエージェントとの会話が主なインタラクション部と操作アバターを操作し活動を行うことが主な作業部に分け、この2つに対して対応ありの検定を行ったところ有意差は見られなかった。 $(p \text{ 値} = 0.24)$

表1 LF/HFの各群・各条件の平均値(秒数)

| | 1回目 | 2回目 |
|-----|------|------|
| 先反映 | 87.8 | 2.6 |
| 後反映 | 29.8 | 47.6 |

表2 タスクを時間で分割したLF/HF(秒数)のpaired-t検定結果

| | 反映条件 平均 (標準偏差) | 非反映条件 平均 (標準偏差) | 秒数差 | p 値 |
|----|----------------------|-----------------------|-----|------------|
| 前半 | 14.7(5.158) | 7.1(4.061) | 7.6 | <0.001 *** |
| 後半 | 10.7(4.734) | 4.5(2.729) | 6.2 | <0.001 *** |
| 最後 | 1.9(1.136) | 1.6(1.685) | 0.3 | 0.54 |

4.6.3 主観的作業負荷の分析結果

主観的作業負荷の項目ごとの測定結果を図表3に示した。対応のあるt検定の結果、全ての項目で $p < 0.01$ の有意差が認められた。参加者は非反映条件よりも、反映条件でのタスクの遂行時において高い負荷を感じていたことが示された。

表3 NASA-TLXの各条件間の平均得点とPaired-t検定による検定結果

| | 反映条件 | 非反映条件 | p 値 |
|---------------|------|-------|------------|
| 知的・知覚的 要求 | 5.55 | 3.81 | <0.001 *** |
| 身体的 要求 | 9.55 | 4.07 | <0.001 *** |
| タイム プレッシャー | 2.22 | 2.18 | <0.001 *** |
| 作業成績 | 5.79 | 4 | 0.0014 *** |
| 努力 | 8.13 | 3.21 | <0.001 *** |
| フラスト レーション | 9.29 | 3.63 | <0.001 *** |
| 全体的な 負荷 | 7.62 | 3.55 | <0.001 *** |

5. 議論

体験者の自発的な発言や頷きなどのインタラクション行動指標を用いた分析によって、反映条件の影響によって仮想空間内のエージェントに対する体験者の自発的インタラクションが増加する可能性が示唆された。これを体験者がタスクを通して仮想空間内の存在をよりリアリティを持った存在として認識するようになった、あるいは、アルバイトをする(チームで行動をする)というタスク内の文脈への理解が深まったことによるものであるとすると、体験者が仮想空間での体験を非反映条件よりも反映条件においてより深く体験することができたといえるだろう。

生理指標を用いた分析によって体験者は反映条件の場合において非反映条件よりも、場面がインタラクション部であるかタスク部であるかに依存せず外界刺激に対して敏感であった、あるいは、状況に対応する準備ができている状態である可能性が示唆されていた。これは反映条件下の体験者の方がより仮想空間内において向社会的な心理状態であったことを示唆し、アルバイトに参加しているという背景設定に対して親和性のある反応だったといえる。また、操作アバターと体験者の行動が乖離する最後のインタラクション部

においては反映条件・非反映条件の間で有意なストレス状態の差が見られなかったことから、同一視的認知状態の体験者は操作アバターが行う勝手な行動に対してのストレスをあまり感じない（仮想空間内への疎外感をあまり感じない）状態で、タスク内のコンテンツ理解を深められていた可能性が示唆された。これは体験者や体験提供者の意図しない、または文脈に沿わない形での表出が起こる可能性を孕む、操作アバターを自由に操作できる自由度の高い仮想空間という条件において、今回の反映条件要素を持つ操作アバターが体験者と仮想空間のコンテキストを繋ぐ糸口として有効であることを示唆した。

また、NASA-TLX による質問紙を用いた主観的作業負荷の分析においても反映条件群の負荷が高かったことは、アバターの背景設定に対して沿う結果であったといえ、体験者の仮想空間内での体験をより深くすることに反映条件が寄与したと考えられる。

以上の考察により、仮説で示したように仮想空間内の操作アバターと体験者の動きとストレス状態の随伴的な同期・反映が、操作アバターと操作している人間のコンテキストが離れているシチュエーションでの体験の向上に寄与する可能性があるといえる。

今回の実験では、同一視的認知の生起とその確認を目的としたが、この同一視的認知の繰り返しによって、操作アバターと体験者が双方向的に影響を与え合うような同調認知が誘発されるのではないかと考える。同調認知に至るためには、アバター自身の自律的な行動や意思の表出を増やし、それを体験者が意識的であるかに関わらず知覚できるようにすることが必要だと考える。

6. まとめ

本研究では、体験提供の場として仮想空間への注目が高まっていることを背景に、体験者とコンテキストが一致しない体験理解の端緒をつかむことを目的として実験を行った。そのための方法として、一般的なコンテンツを理解する際に生起されている投射に着目した。この投射のような仕組みが深まることで、体験者と操作アバターの間で誘発される相互影響が生じる状態を同調認知と呼ぶこととした。そしてその糸口となるであろう操作アバターに対する同一視的認知を動きとストレス状態の随伴的表現とフィードバックの繰り返しによって生じさせられるかどうかを実験にて検討した。結果として、3つの評価指標により体験者は操作アバターと仮想空間のコンテンツに対して理解が深まっていた可能性が示唆された。そして、体験者の操

作アバターに対する同一視的認知が体験理解に寄与していた可能性が示唆された。

今回のタスクに用いたシチュエーションは身体を動かすことが必要とされるものだったため、それによって主観的負荷などの結果が文脈に沿う形になったという可能性も考えられる。そのため、今後の実験では、あまり身体を動かすことのないシチュエーションにおいても同様の結果が出るかについてなども追及していきたい。また、今回の実験では自然な文脈で表出しやすく測定・推定が行いやすかったことから、内部状態をストレス状態に限定して反映を行ったが、今後の実験などでは、ポジティブな感情表現などバリエーションのある内部状態の推定や反映を行うことで、体験者のコンテキスト理解や操作アバターへの同一視的認知に対する効果を高める可能性についても検討していきたい。

参考文献

- [1] Melanie C Green. Transportation into narrative worlds: The role of prior knowledge and perceived realism. *Discourse processes*, Vol. 38, No. 2, pp. 247–266, 2004.
- [2] Melanie C Green and Timothy C Brock. The role of transportation in the persuasiveness of public narratives. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 79, No. 5, p. 701, 2000.
- [3] Chongsan Kwon. Verification of the possibility and effectiveness of experiential learning using hmd-based immersive vr technologies. *Virtual Reality*, Vol. 23, No. 1, pp. 101–118, 2019.
- [4] 小川有希子, 嶋田総太郎. 映画とプロジェクション. *認知科学*, Vol. 26, No. 1, pp. 121–139, 2019.
- [5] Rolf A Zwaan and Gabriel A Radvansky. Situation models in language comprehension and memory. *Psychological bulletin*, Vol. 123, No. 2, p. 162, 1998.
- [6] Manuel De Vega, Arthur Glenberg, and Arthur Graesser. *Symbols and embodiment: Debates on meaning and cognition*. Oxford University Press, 2012.
- [7] 小山内秀和, 楠見孝. 物語世界への没入体験—読解過程における位置づけとその機能—. *心理学評論*, Vol. 56, No. 4, pp. 457–473, 2013.
- [8] Martin H Fischer and Rolf A Zwaan. Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension. *Quarterly journal of experimental psychology*, Vol. 61, No. 6, pp. 825–850, 2008.
- [9] Konstantina Kilteni, Raphaëla Groten, and Mel Slater. The sense of embodiment in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 21, No. 4, pp. 373–387, 2012.
- [10] 湯本淳史, 大竹英治, 嶋田総太郎. フルボディー錯覚における自己身体のプロジェクション. *人工知能学会全国大会論文集 第32回全国大会 (2018)*, pp. 3D10S7a01–3D10S7a01. 一般社団法人 人工知能学会, 2018.
- [11] 武田星児, 西田豊明, 大本義正. 複数の生理指標を用いた運動ゲームにおける集中度推定法. *人工知能学会全国大会論文集 第29回全国大会 (2015)*, pp. 3D34–3D34. 一般社団法人 人工知能学会, 2015.

- [12] 村井護晏. 皮膚抵抗反応による授業評価の可能性について. 日本教科教育学会誌, Vol. 14, No. 3, pp. 145-151, 1990.
- [13] 笹井翔太, 亀田能成, 大田友一, 神原誠之, 萩田紀博, 北原格. 自動走行車両搭乗者のストレス軽減を目的とした死角領域と車両制御情報の可視化. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 22, No. 2, pp. 189-198, 2017.
- [14] 棟方渚, 志水雅俊, 松原仁ほか. 皮膚電気活動を用いた数独問題の難易度評価. 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol. 2012, No. 6, pp. 1-4, 2012.
- [15] Aurélien P Pichon, Claire de Bisschop, MANUEL Roulaud, André Denjean, and Yves Papelier. Spectral analysis of heart rate variability during exercise in trained subjects. *Medicine and science in sports and exercise*, Vol. 36, pp. 1702-1708, 2004.
- [16] 芳賀繁, 水上直樹. 日本語版 nasa-tlx によるメンタルワークロード測定各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度. 人間工学, Vol. 32, No. 2, pp. 71-79, 1996.

疑似科学の信奉に科学的態度および科学的判断が及ぼす影響

Influence of Scientific Attitudes and Scientific Judgement on Belief in Pseudoscience

任田 成良[†], 寺井 仁[†]
Seira Toda, Hitoshi Terai

[†]近畿大学
Kinki University
2033950011m@ed.fuk.kindai.ac.jp

概要

疑似科学は、科学的事実の欠如や論理の飛躍を含んでいる。このような疑似科学に対する「信奉」は、科学的判断のもとで行われているのだろうか。本研究では、疑似科学に対する「信奉」に「科学的判断」及び「科学的態度」が与える影響について、構造方程式モデリングを用いたパス解析により検討を行った。その結果、疑似科学の中でも、複雑な現象を含む言説において、(1) 科学に対する全般的な興味・関心が高いほど、科学的であると判断し、信奉が高まること、一方、(2) 理科学習に対する動機付けが高いほどその信奉に抑制がかかることが示唆された。

キーワード：疑似科学, 科学的判断, 科学的態度, 構造方程式モデリング, OECD

1. はじめに

疑似科学とは、科学的な装いをしつつも、科学的事実の欠如や論理の飛躍を含む言説であり、「デトックスの効果」、「マイナスイオンの効果」、そして近年社会的に大きな広がりを見た「水素水の効果」など枚挙に暇がない。このような、疑似科学は、雑誌、テレビ、そしてインターネットの広告などを介して、社会に容易に広がり、また、それを悪用した詐欺などにもつながり、社会的な影響も大きい。そのため、近年、疑似科学の信奉に影響を及ぼす要因について、調査・研究が進められている。

疑似科学には、様々なタイプの言説が含まれる。池内(2008)は、疑似科学を“世界の理解の欲求につけ込み、科学的根拠のない言説によって人に暗示を与えるもの”を「第1種疑似科学」(例：幽霊、パワースポット)、“科学を乱用、援用、誤用、悪用したもので、科学的装いをしながらその実態がないもの”を「第2種疑似科学」(例：水素水の効果、デトックスの効果)、“複雑系であるが故に科学的に証明しづらい問題について、真の所在を曖昧にする言説でグレーゾーンに属するもの”を「第3種疑似科学」(例：温泉の効能、気象予報の確実性)の3タイプに分類している[1]。

先行研究では、疑似科学の信奉に影響を及ぼす要因と

して、直観/熟考に関する思考スタイル (e.g., 唐沢・月元, 菊池, 2018; 2010; 眞嶋, 2017; Orenstein, 2012; Wolfradt, 1999), Big Five などの個人特性 (e.g., 小城ら, 2008), そして科学的リテラシーの観点から議論がなされている[2-7]。

科学的リテラシーに着目した Aarnio & Lindeman (2005) による先行研究では、大学生は専門学校生よりも第1種疑似科学に含まれる超常現象を信奉しない傾向にあることを明らかにした[8]。また、Banziger(1983)は、超常現象の歴史や論理の欠如など、超常現象に関しての批判的思考を促す授業実践において、超常現象の信奉が受講前より低減することを示した[9]。さらに、Gray and Mill (1990) は、大学の専攻間において、超常現象の信奉に差があることを明らかにした。具体的には、芸術や文学を専攻する学生にくらべて、自然科学、社会科学、心理学、医学を専攻する学生は、批判的思考をより求められることから、超常現象を信奉する程度が低いことを明らかにした[10]。

一方、このような疑似科学への信奉には、科学的か否かの判断が伴うのであろうか。また、タイプの異なる疑似科学においてその傾向に違いは認められるのだろうか。これを明らかにするため、本研究では、疑似科学に対して科学的か否かの判断を問う「科学的判断」と「信奉」との関連性について議論する。さらに、「科学的判断」に深く関係するだろうと考えられる個人特性として、「科学的態度」を測る。

2. 目的

本研究では、タイプの異なる疑似科学を対象に、疑似科学の「科学的判断」と「信奉」との関連性、および「科学的態度」が「科学的判断」や「信奉」に及ぼす影響について、構造方程式モデリングを用いたパス解析により検討する。

3. 方法

3.1. 科学的態度

「科学的態度」は、経済協力開発機構（OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development）が推進する学力到達度調査である PISA 調査（Programme for International Student Assessment）2006 に含まれる生徒質問紙を参考とした [11, 12]. 具体的には、学力得点と関連が深い、「科学の楽しさ」、「科学に関する全般的価値」、「科学に関する個人的価値」、「科学に対する将来的動機付け」、「理科学習に対する道具的動機付け」、「科学に関する全般的な興味・関心」の6項目を「科学的態度」として測定した[13].

3.2. モデル

本研究では、「科学的態度」と対象となる疑似科学に対する「科学的判断」が、疑似科学への「信奉」に与える影響を検討するため、構造方程式モデリングを用いて飽和モデルを仮定し、パス解析を行った（図1に仮定したパスモデルを示す）。

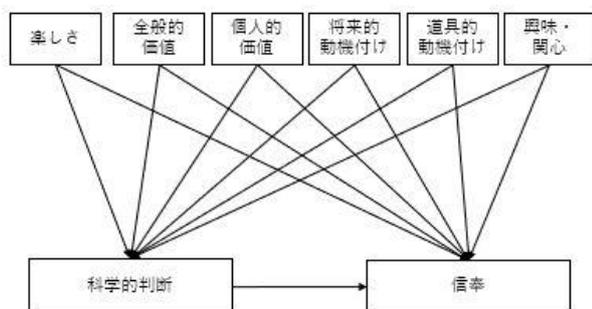


図1 仮定したパスモデル

3.3. 手続き

調査対象である疑似科学のテーマは、池内（2008）及び明治大学科学コミュニケーション研究所が公開している情報を参考に、「幽霊」や「パワースポット」を含む第1種疑似科学10テーマ、「マイナスイオンの効果」、「水素水の効果」を含む第2種疑似科学10テーマ、「温泉の効能」、「気象予報の確実性」を含む第3種疑似科学10テーマを選定した（計30テーマ）[1, 14]. これら疑似科学30テーマに対して、「科学的判断」、および「信奉」、そして、「科学的態度」について4件法で回答

を求めた（e.g. 「科学的判断」について、1：科学的ではない～4：科学的である、の4段階で回答を求めた）。

調査対象者は、学部生50名である（男性：31名、女性：19名）。調査は、Webを介して行われ、初めに30テーマに対する「科学的判断」と「信奉」に回答し、続いて「科学的態度」に回答した。なお、「科学的判断」と「信奉」に関する問いは、カウンターバランスが取られ、30テーマの提示順序はランダム化された。

4. 結果

調査によって得られた「科学的態度」、第1種科学、第2種疑似科学、第3種疑似科学それぞれに対する「科学的判断」と「信奉」の基本統計量を示す（表1）。

表1 調査結果の概要

| 項目 | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | |
|-------|----------|----------|-----------|------|
| 科学的態度 | 楽しさ | 50 | 2.77 | 0.73 |
| | 全般的価値 | 50 | 3.58 | 0.47 |
| | 個人的価値 | 50 | 2.93 | 0.63 |
| | 将来的動機付け | 50 | 2.44 | 0.85 |
| | 道具的動機付け | 50 | 2.68 | 0.76 |
| | 興味・関心 | 50 | 2.63 | 0.57 |
| 科学的判断 | 第1種疑似科学 | 50 | 1.63 | 0.47 |
| | 第2種疑似科学 | 50 | 2.65 | 0.44 |
| | 第3種疑似科学 | 50 | 2.80 | 0.51 |
| 信奉 | 第1種疑似科学 | 50 | 2.2 | 0.68 |
| | 第2種疑似科学 | 50 | 2.57 | 0.46 |
| | 第3種疑似科学 | 50 | 2.90 | 0.50 |

疑似科学の「信奉」に対する「科学的態度」と「科学的判断」の関係について、図1で示したモデルを基に第1種疑似科学、第2種疑似科学、第3種疑似科学それぞれに対し、パス解析を行った（Rのlavaanパッケージを使用）。

第1種疑似科学では、単回帰の関係性が見られた（図2）。「科学的態度」から引かれるパスの標準化推定値は有意でなく、「科学的態度」が、「科学的判断」や「信奉」に影響を及ぼすことは確認されなかった。一方で、「科学的判断」と「信奉」との関係性は有意であり、正の影響を及ぼすことが示された（標準化推定値 = 0.37, $p = .00$ ）。第2種疑似科学では、重回帰の関係性が見られた（図3）。「科学的態度」の内、「科学に関する全般的な興味・関心」が「信奉」に正の影響を及ぼすことが示された。（標準化推定値 = 0.34, p

=.02). また、「科学的判断」についても「信奉」に正の影響を及ぼすことが示された (標準化推定値 = 0.43, $p = .00$). 第3種疑似科学では、媒介の関係性と重回帰の関係性が見られた (図4)。「科学的態度」の内、「科学に関する全般的な興味・関心」が、「科学的判断」を介して「信奉」に影響する関係性が示された. (「興味・関心」→「科学的判断」: 標準化推定値 = 0.37, $p = .02$, 「科学的判断」→「信奉」: 標準化推定値 = 0.53, $p = .00$). なお、「科学に関する全般的な興味・関心」が、「信奉」に直接的な影響を及ぼすことが有意傾向であったことから、部分媒介を示している (標準化推定値 = .26, $p = .07$). 一方、「科学的態度」の内、「理科学習に対する道具的動機づけ」は、疑似科学への「信奉」に負の影響を及ぼすことが示された (標準化推定値 = -0.36, $p = .03$).

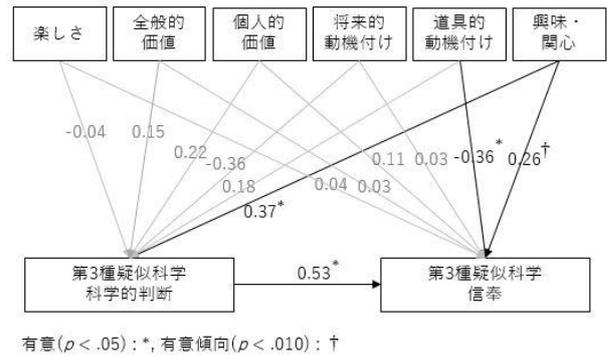


図4 第3種疑似科学のパスモデル

5. 考察とまとめ

本研究では、疑似科学に対する「科学的判断」及び「科学的態度」に着目し、これらが「信奉」に与える影響について、検討を行った. その結果、いずれのタイプの疑似科学においても、「科学的判断」と「信奉」との間に関連があることが明らかとなった. このことは、疑似科学の信奉に、その言説に対する科学的判断が伴っていることが示唆される. なお、「科学的態度」の影響は、第1種疑似科学においては認められなかった. 第1種疑似科学は、池内 (2008) が指摘するように「幽霊」のような“科学的根拠のない言説によって人に暗示を与えるもの”であり、「科学的態度」による影響が出なかったと考えられる. 一方、第2種および第3種疑似科学においては、「科学に関する全般的な興味・関心」が「信奉」に影響を与えていることが明らかとなった. これは、科学に対する関心が高いほど、第2種や第3種の言説を受け入れやすいことを示唆している. 加えて、第3種疑似科学においては、このような態度が「科学的判断」を媒介して「信奉」に影響を与えていた. 池内 (2008) が指摘するように、第3種疑似科学は、“複雑系であるが故に科学的に証明しづらい問題について、真の所在を曖昧にする言説でグレーゾーンに属するもの”である. 科学的な興味・関心が強いほど、そのような言説を科学的であると受け止める傾向が高まり、それが、信奉を高める結果につながったと考えられる. 一方、「科学的態度」の内、「理科学習に対する道具的動機づけ」が、「信奉」に対して負の影響を及ぼすことも同時に示された. このことから「科学的態度」が及ぼす正と負の影響は、科学的な事柄への興味・関心が、疑似科学を信じる方向へと作用させるため、道具的動機づけのような、より深く科学を捉える態度を持つことで、複雑な現象を極度に単純化する言説に対して批判的にな

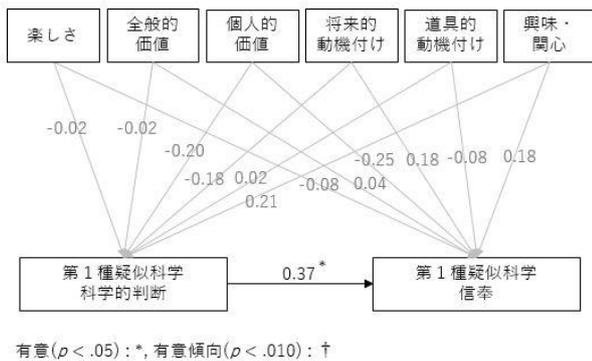


図2 第1種疑似科学のパスモデル

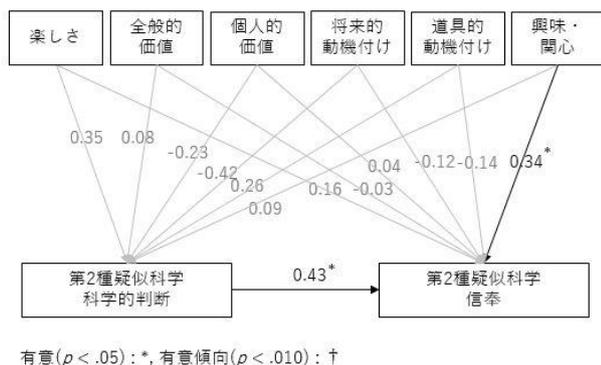


図3 第2種疑似科学のパスモデル

る可能性を示唆している。

なお、今回の分析では、疑似科学に対する信奉に科学的判断が影響をお世ボスとの仮定のもとで分析を進めたが、科学的だと判断するから信じるのか、信じた結果、科学的だと判断するのかについては、さらなる検討が必要である。

文献

- [1] 池内了, (2008) “疑似科学入門”, 岩波新書.
- [2] 唐沢かおり & 月元敬, (2010) “情報処理スタイルが不思議現象の信じやすさに及ぼす影響”, 人間環境学研究, 第8巻1号
- [3] 菊池聡, (2018) “疑似科学信奉に関連する直観的思考とその抑制”, 日本心理学会第82回大会, 3, 176.
- [4] 眞嶋良全, (2017) “実証根拠を欠く信念の規定因としての直観的認知スタイル”, 日本認知心理学会第15回大会, 07-01.
- [5] Orenstein, A., “Religion and paranormal belief”, *Journal for the Scientific Study of Religion*, 41, 301-311.
- [6] Wolfradt, U., Oubaid, V., Strube, E. R., Bischoff, N., & Mischo, J., “Thinking styles, schizotypal traits and anomalous experiences”, *Personality and Individual Differences*, 27, 821-830.
- [7] 小城英子, 坂田浩之 & 川上正浩 (2008) “不思議現象に対する態度：態度構造の分析および類型化”, *社会心理学研究*, 第23巻第3号, 246-258.
- [8] Aarnio, K. & Lindeman, M., (2005) “Paranormal beliefs, education, and thinking styles”, *Personality and Individual Differences*, 39, 1227-1236.
- [9] Banziger, G., (1983) “Normalizing the paranormal: Short-term and long-term change in belief in the paranormal among older learners during a short course”, *Teaching of Psychology*, 10, 212-214.
- [10] Gray, T. & Mill, D., (1990) “Critical abilities, graduate education (biology vs. English), and belief in unsubstantiated phenomena”, *Canadian Journal of Behavioural Science*, 22, 162-172.
- [11] 文部科学省, “学習指導要領「生きる力」 OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA2006) の結果についてのお知らせ”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/information/071205.htm (参照：2021-04-23).
- [12] 国立教育政策研究所, “OECD 生徒の学力到達度調査 (PISA) ”, <https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/index.html> (参照：2021-04-23).
- [13] 松浦拓也, 川崎弘作 & 前田圭介, (2012) “科学に対する態度と科学的リテラシーに関する構造的分析”, 広島大学大学院教育学研究科紀要, 第2部, 第61号, 17-23.
- [14] 明治大学科学コミュニケーション研究所, “疑似科学を科学的に考える”, <https://gijika.com/> (参照：2021-04-23).

日本語の和語動詞文における動作主項の省略傾向： コーパスによる調査

Tendency of the ellipsis in Japanese agent argument: A corpus study

程 鸞雅¹, 木山 幸子²
Liya Cheng, Sachiko Kiyama

東北大学大学院文学研究科言語学研究室

¹cheng.liya.q5@dc.tohoku.ac.jp, ²skiyama@tohoku.ac.jp

概要

本研究は、日本語話者が現実の事態をどのように認知して文の項を省略するかを把握することを目的として、文法関係(主語/目的語)および意味役割(動作主/対象)に応じた項省略の選好性について、同意義の有対自他動詞(染まる/染める)による1項動詞文と2項動詞文の間で比較した。コーパスを用いて日本語文の項省略傾向を調査した結果、省略されやすい項は、文法関係が主語か目的語にかかわらず、意味役割上の動作主であることが示された。日本語における項省略は、文法関係よりも意味役割に依存して実現されることを示唆した。

キーワード：日本語、項省略、文法関係、意味役割、有対自他動詞

1. はじめに

話し手は、言語表現の簡潔さを求めるために、文を構成するために必要な要素、すなわち項を省略するという方略をとることがある。項(argument)とは、述語の動作・状態を完成させるために必要な名詞句を指す[1]。例えば、「花子は太郎を殴ったが、次郎は(Øヲ)殴らなかった」のように、項が省略される文がある。ここで、省略されたヲ格の項は前方で言及されている「太郎」を照応している。このように、復元可能であれば、省くことによって文の冗長度は下げられる[2]。このようなシンプルな構造は聞き手にとって理解しやすいだけでなく[3]、話し手にとっても産出しやすいものと考えられる[4]。文脈上明らかな要素を明示することはより多くの認知資源(cognitive resources)を要するので、省略したほうが経済的だからである[5]。

項省略の現象は、言語的に明示される内容よりも明示されない内容のほうが好まれる高コンテキスト文化[6]の言語においては、なおさら頻繁に起こると予想される。実際、項省略を強く好むことが知られている日

本語[7]は、高コンテキスト文化が色濃く反映する言語であると報告されている[8]。

Ueno & Polinsky [5]の日本語文の調査によれば、項省略は、動詞以外に項が1つしかない1項動詞(自動詞)文に比べ、主語と目的語の2つの項を要する2項動詞(他動詞)文においてより多く観察されている。しかしその調査対象とされた動詞は、自動詞と他動詞とで異なる語であったため、2項動詞文における項省略選好が、動詞の項の数が多いことに起因しているのか、それとも個々の動詞の持つ意味の違いによって生じたのかは不明である。

1項動詞文と2項動詞文では、文法関係と意味役割は一致しない。「太郎が着物を染める。」という2項動詞(他動詞)文においては、主語の「太郎が」は動作主の意味役割を担い、「着物を」という目的語は動作の対象の意味役割を担う。これに対して、「着物が染まる」という1項動詞文では、「着物が」という主語の意味役割は動詞の対象(patient)であり、2項動詞文でこれと同じ動作主の意味役割を担うのは主語ではなく目的語のほうである。そこで、1項動詞文と2項動詞文の比較において、上記の例のような同じ動詞の対を使いながら項省略の傾向を検証することで、項省略選好は主語か目的語かという文法関係に依存するのか、それとも動作主か対象かという意味役割に依存するかを把握することができる。本研究では、コーパスにおける和語の同意義の有対自他動詞(例:「染まる」/「染める」)を用いた文を対象として、次の2つの課題を検討した。(1)文の項の数(1項動詞文と2項動詞文)に応じた項省略の頻度の比較をし、次に(2)2項動詞文のみにおいて文法関係(主語、目的語)および意味役割(動作主、対象)に応じた項省略の頻度を比較した。

課題(1)の文中の項の数が項省略に及ぼす影響については、言語処理運用能力の負担を軽減するために、1つの節の項の数は基本的にゼロないし1つで、項が2つ以上出現することは回避されるという「単一語彙項

の制約」が提唱されている [9]。言語理解の面では、動詞によって文の他の要素をどのように解釈するかが決まる [10]。動詞以外に項が1つしかない1項動詞文では事態を迅速に理解できるのに対し、2項動詞文では、項2つ分の情報を保持しながら文の事態を理解しなければならない。処理すべき情報が多いほど処理コストがかかり、冗長な情報を省略する動機は強くなると考えられる [5]。したがって、個々の動詞の持つ意味に依らず、1項動詞文に比べ、2項動詞文のほうが項省略が起りやすいと予測する。

課題 (2) の文法関係と意味役割の関係について、生成文法の格理論 [11] によれば、主格主語は、動詞や名詞の意味とは本来無関係で動詞句に直接支配されないのに対し、対格目的語 (直接目的語、日本語では助詞「を」をともなう目的語) は動詞句に直接支配される。また、日本語の他動詞文の語順選好を調べた実験研究 [12] では、「パンにハムを挟む」のような二重目的語構文においては、助詞「に」をともなう与格目的語 (間接目的語、「パンに」) と対格目的語 («ハムを») の語順は任意であるものの、理解面でも産出面でも、対格目的語を動詞に近づける (動詞の直前に置く) ことを選好する一貫した傾向が見られている。主格主語に比べて、対格目的語の重要性が示唆されている。以上の先行研究に基づき、2項動詞文において、対格目的語 (対象) に比べ、主格主語 (動作主) のほうが項省略が好まれると予測する。

2. 研究方法

本研究では、国立国語研究所 (NINJAL) が公開する「統語解析情報付きコーパス (NINJAL Parsed Corpus of Modern Japanese: NPCMJ)」 [13] を利用した。このコーパスは、2021年3月、現代日本語の書き言葉と話し言葉を含めて約6万7000文 (6万7000ツリー) を公開している。句や節に機能タグが付けられるだけでなく、音形を持たない関係化の痕跡やゼロ代名詞の情報にも付与されているので、省略された項を持つ文の検索に用いることができる。現状では本研究課題の検証に最適なコーパスだと考えられる。

日本語の和語の有対自他動詞は、「曲がる-曲げる」のように形態的に似た形をもち、意味としても同じ事態の側面を表現することが可能である [14]。

- a. 針金が曲がる。
- b. 子供が針金を曲げる。

a と b は全く同じ意味を表すわけではないものの、同じ事態をそれぞれ別の視点から叙述していると解釈することが可能である [15]。このような特性は、文タイプや文法関係と意味役割によって項省略の選好傾向の調査で、動詞の持つ意味の要因を統制することに適している。形態に関しては、有対他動詞の語末に現れる音形は /-eru/、有対自動詞の語末に現れる音形は /-aru/ に限定した (例：曲げる、曲がる)。この基準にしたがって、動詞の意味の要因が統制できる材料として有対自他動詞を34対選択した。

本研究で対象とされている有対自他動詞に関する省略された項を持つ文の抽出方法は次の通りであった。初中級者向け検索ツール (NPCMJ Explorer) を使い、String Search (文字列検索) で、用意した34対の有対他動詞と有対自動詞を含む文を検索し、1,183文を抽出した。そのうち「複合動詞」は分析対象外とし、目視で削除した。抽出された文のうち、*pro*：定の指示に用いるゼロ代名詞；*hearer*：聞き手を指示するゼロ代名詞；*hearer + pro*：聞き手および定の個体を指示するゼロ代名詞；*speaker*：話し手を指示するゼロ代名詞；*speaker + hearer*：話し手および聞き手を指示するゼロ代名詞；*speaker + pro*：話し手および定の個体を指示するゼロ代名詞という6種類の空要素タグが付いている文を、項省略を含む文とみなすことにした。この基準にしたがい、目視で174文を選別した。

さらに、上記の方法で抽出した項省略を持つ2項動詞文において、省略された項の文法役割 (主語、目的語) と意味役割 (動作主、対象) を類別するために、ツリー構造を援用して目視で146文を抽出した (2つの項が同時に省略された文は分析対象外とした)。

このようにして得られたデータを用いて、まず課題 (1) の1項動詞文と2項動詞文の違いによる項省略の平均比率を比較した。次に課題 (2) について、2項動詞文のみにおいて、文法関係 (主語、目的語) および意味役割 (動作主、対象) の違いに応じた項省略の平均比率を比較した。R version 4.0.3 (R Development Core Team, 2008) を使い、対応のない *t* 検定で分析を行った。検定の有意水準は5%とした。

3. 結果

課題 (1) の、文の項の数 (1項動詞文か2項動詞文か) による項省略の傾向は、表1の通りである。2項動詞

表 1. 文の項の数 (1 項動詞文か 2 項動詞文か) による項省略の比率の平均

| | 1 項動詞文 | | 2 項動詞文 | | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | Cohen's <i>d</i> |
|------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|------------------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | | | | |
| 文タイプ | 0.04 | 0.09 | 0.18 | 0.21 | 44 | 3.76 | .000 | 0.91 |

表 2.2 項動詞文における文法関係/意味役割の違いに応じた項省略の比率の平均

| | 主語項/動作主項 | | 目的語項/対象項 | | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | Cohen's <i>d</i> |
|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|------------------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | | | | |
| 文法関係/意味役割 | 0.17 | 0.18 | 0.01 | 0.04 | 37 | 4.69 | .000 | 1.14 |

は、1 項動詞文より項省略が起りやすいことが示された。1 項動詞文での項省略は全文 (579 文) の 4%に過ぎないのに対して、2 項動詞文における項省略は全文 (604 文) 18%にのぼった [$t(44) = 3.76, p < .001, d = 0.91, 95\%CI: 0.40-1.42$]。

次に課題 (2) について、2 項動詞文のみにおける主語項 (動作主項) と目的語項 (対象項) のどちらがより省略されやすいかを検定したところ (表 2)、主語項 (動作主項) の省略が全文 (604 文) の 17%であるのに対し、目的語項 (対象項) の省略は 1%のみであった [$t(37) = 4.69, p < .001, d = 1.14, 95\%CI: 0.61-1.66$]。すなわち、主語項 (動作主項) のほうが目的語項 (対象項) より省略が起りやすいことが示された。

4. 考察

本研究で日本語の和語の有対自他動詞を対象とした検討の結果 1 項動詞文より 2 項動詞文の項省略が多かったということは、動詞の個別的な意味の違いに依らず、項の数が多い文ほど項省略がしやすくなる傾向を示し、Ueno & Polinsky [5] の報告を再現した。処理すべき項の数が多いほど認知資源が増え、言語処理の負荷が大きくなるため、その項が復元容易であるかぎり、項の数を最小に減ずることが有効な方略であるとする「単一語彙項の制約」が支持された。

また、2 項動詞文のみにおける文法関係と意味役割に応じた項省略の傾向については、主語項 (動作主項) の省略が目的語項 (対象項) の省略より多かった。他動詞の意味を成立させるためには、主語 (動作主) より目的語 (対象) のほうが不可欠であることを示唆している。本研究で対象とした文のような、対応する自動詞を持つ有対他動詞の動作の伝達においては、動詞句に

直接支配される対格目的語項、すなわち動作を直接受ける対象 (patient) の項が付加されることではじめて必要な情報量をみたす。例えば、「彼はカギを見つけた。」という文において、主語 (動作主) の「彼」は、有対他動詞「見つけた」の意味とは本来無関係で、動詞句に直接支配されない。それに対して、動作を直接受ける対象である「カギ」のほうが動詞句に直接支配されるので、意味的に完結した文を構成するのに必要不可欠だと考えられる。このように、有対他動詞で表された動作との意味的な関わりは、目的語となる対象のほうが主語となる動作主よりも密接に関わっていると考えられる。

ただし、このような項省略現象は、統語・意味的なレベルのみでは十分な説明が困難であり、語用論的なレベルが分離できない状態で関わっていると考えられる。話し手が文を構成する際は、会話の協調原理 [16] における「量の原則」 (必要な情報をすべて提供する; 必要以上の情報を発話に盛り込むな) にしたがって、情報に過不足のないように相手の持っていない新情報のみを加えることが望ましい。他動詞の目的語項 (対象項) と自動詞の主語項 (対象項) に比べ、他動詞の主語項 (動作主項) が省略されやすいということは、他動詞の主語項 (動作主項) はすでに述べられた旧情報を担うことが多く、語彙化されにくいのにに対して、他動詞の目的語項 (対象項) と自動詞の主語項 (対象項) は新情報を担うことが多いため、語彙化される傾向が強いからであるのではないかと考えられる。このような文脈上の新旧情報については、今後更なる検討が必要である。

以上のように、本研究では、意義的対応を持つ和語の有対自他動詞を用いた文を対象として、項省略の選好に対して文の項の数 (1 項動詞文、2 項動詞文)、文法

関係 (主語、目的語) および意味役割 (動作主、対象) がどのように影響するかを明確にした。1 項動詞文の主語 (対象) 項や2 項動詞文の目的語 (対象) 項に比べ、2 項動詞文の主語 (動作主) 項が省略されやすいことを例証した。すなわち、省略されやすい項は、文法関係が主語か目的語かにかかわらず、意味役割上の動作主であることが示された。日本語における項省略は、文法関係よりも意味役割に依存して実現されることを示唆した。

参考文献

- [1] Lyons, J. (1968). *Introduction to theoretical linguistics*. (Vol. 510). London: Cambridge university press.
- [2] 久野 暉 (1978) 『談話の文法』 大修館書店.
- [3] Haywood, Sarah L., Martin J., & Holly P. (2005). Do speakers avoid ambiguities during dialogue? *Psychological Science* 16, 362-366.
- [4] Ferreira, V. S., & Dell, G. S. (2000). The effect of ambiguity and lexical availability on syntactic and lexical production. *Cognitive Psychology*, 40, 296-340.
- [5] Ueno, M., & Polinsky, M. (2009). Does headedness affect processing? A new look at the VO-OV contrast. *Journal of Linguistics*, 675- 710.
- [6] Hall, E. T., & Hall, T. (1959). *The silent language* (Vol. 948). Anchor books.
- [7] Martin, S. E. (2003). *A reference grammar of Japanese*. Honolulu: University of Hawaii Press.
- [8] Du Bois, J. W. (1987). The discourse basis of ergativity. *Language*, 63, 805-855.
- [9] Kiyama, S., Choung, Y., & Takiura, M. (2019). Multiple Factors Act Differently in Decision Making in the East Asian Region: Assessing Methods of Self-Construal Using Classification Tree Analysis. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 50 (10), 1127-1139.
- [10] Pickering, M., & Barry, G. (1991). Sentence processing without empty categories. *Language and cognitive processes*, 6 (3), 229-259.
- [11] Chomsky, N. (1981). *Lectures on government and binding*. Dordrecht: Foris Publications.
- [12] 井出彩音・寺尾康・木山幸子 (2021). 「言い誤りの理解過程：日本語二重目的語構文の意味的整合性判断課題による検討」『言語処理学会第 27 回年次大会発表論文集』 729-733.
- [13] 国立国語研究所 (2018-2021) 『NPCMJ Explorer』 (<http://npcmj.ninjal.ac.jp/explorer/>)
- [14] 早津恵美子 (1989) 「有対他動詞と無対他動詞の違いについて：意味的な特徴を中心に」 『言語研究』 95, 231-256 (須賀・早津編, 1995 に再録)
- [15] 佐藤琢三 (2005) 『自動詞文と他動詞文の意味論』 東京: 笠間書院.
- [16] Grice, Paul H. (1975). Logic and conversation, In. P. Cole and J. J. Morgan (Eds.) *Syntax and Semantics* vol.3: *Speech Acts*, pp. 41-58, New York: Academic Press.

語りを構造化する引用：日本語日常会話における引用標識「とか」の分析

Quotations for Structurizing Tellings: Japanese Quotation Marker “toka” in Everyday Conversation

白田 泰如

Yasuyuki USUDA

国立国語研究所

National Institute for Japanese Language and Linguistics

usuda@ninja.ac.jp

概要

本研究では日本語日常会話において、物語の語りの中で生じる引用発話をマークするのに用いられる「とか」を分析する。データは『日本語日常会話コーパス』モニター公開版から会話断片を採取して使用し、会話分析 conversation analysis の手法を用いて分析する。分析の結果は以下である。「とか」は引用を新奇なものとしてマークするものであり、複数種類の引用マーカはそれぞれの引用発話をどのような位置づけで物語に配置しているかを可視化し、物語を構造的に理解可能にする装置である。

キーワード：会話, 相互行為, 引用, 会話分析 (conversation analysis), 『日本語日常会話コーパス』

1. はじめに

日本語の会話ではしばしば、「とか」という複合助詞 [1] を用いて、第三者や自分自身の過去の発話、あるいは仮想的な発話を引用するふるまいが見られる。たとえばデータ 1 のようなものである¹。

データ 1 は、親しい友人数人で食事中の会話の一部である。A が会場のレストランに着くまでに電車で遭遇した出来事について語っている。断片の直前までの部分では、幼い子供を連れた男が子供を肩車したまま電車に乗ろうとして、子供を電車のドアの梁に強打したということが話されている。断片はその語りの続きである。> を付した行では「とか」を用いて、A が遭遇した出来事の登場人物である「お父さん」および「お母さん」の発話が引用されている。

「とか」は従来、「A とか B とか」のような形で類似のものを並列する表現を作るために用いられるものとして扱われてきた [2, 3]。これに対し、並列的な構

データ 1 [会話 ID: C001_001 284.727 秒-302.412 秒]

- 1 A <うわー>つ[て泣き始め[て:。(両手を肘前から顔の高さまで上げながら、「わ」の時点で手を開く))
- 2 D [あ:..... [::。
- 3 E [そりゃそうだよね:。
- 4 B ssshhhh[hh
- 5> A [でおか [あさんがうそで] しょう?
- 6 B [お父さん。]
- 7> A とか [言っh[て h hahahahh。
- 8 D [hhhahahahahahahahaha
- 9 B [hahahahahaha
- 10 E た h[し h か h に h。
- 11> A [何やってんの:とか言って [hhh。
- 12 D [やり
- 13 s[o うでも お父さ [ん。
- 14 E [た:しかに。
- 15 E [ひ [ど:い。
- 16 B [お父 [さ:ん。
- 17> A [ね hh[うわー ごめんとか
- 18> (言って)。
(0.2)
- 19 A うわー 男自分のことしか考 [えてな:いと
- 20 E [そうだね: もう。
- 21 D [(考え) てな:い。
- 22 A 思って:。
- 23 D ほんとそうだよ [ね。
- 24 A [うーん。
(0.3)
- 25 D そうだよね。

文を作らず、類似のものが他にもある(「一部例示」)ことを示すのでもない「卓立的提示」[4] という用法は、比較的近年において主に「若者」に用いられるとされる。こうした用法のうち、特に第三者や自分自身の発話を引用するマーカとして用いる用法についてはあまり研究されておらず、とりわけ実際になされた会話に基づき、会話の中でのふるまいを経験的に分析した研究は管見の限りなされていない。本研究の目的は、「とか」というマーカを用いた引用によって、会話の中で何が達成されているのかを、個別の会話を質的に検討することにより明らかにすることである。

¹<>に挟まれた会話は比較的遅くなされていることを示す。縦に(おおむね)揃った[は会話開始の重複を示し、]が終了の重複を示す。:は母音の延伸、hは呼気音、()は不明瞭な部分を示す。(0.2)などは数字分の間隙を表す。

2. 先行研究

「とか」は従来、類似のものを並列する構文を作る文法要素として扱われてきた [2, 3]. これに対し、並列的に用いない用法にも近年は焦点が当たりつつあるといえる [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

このうち、1. で言及した [4] では、並列的用法以外で単独で使われる用法として、対人配慮的な「断定回避」の用法を従来のものとして挙げ、これと対置して近年の用法として「卓立的提示」を挙げている。[4] は2000年シドニーオリンピックにおける選手へのインタビューの中で見られた例として「銅メダルとか取っちゃって」というものを挙げ、「若者世代に拡張されている「とか」には、「ぼかしした言い方・自身のない言い方」ではなく(104)「評価の際立ったものが集合として想定され、その一部例示(105)」がなされる用法であると述べている。

また、[5] は並列の「とか」と、とりたて助詞の「も」との用法を比較している。「も」はすでに話題に出ているものごとの集合から話題のものを取り出すのに対し、「とか」は新情報であっても用いられるとする。また、類例の集合のうちの一つを取り出していることが容易に想定される場合だけでなく、類例が想定しにくいものについても用いられ、「なんか」と交換可能な場合があると述べている。加えて、「なんか」と異なり、「とか」にはとりたてられたものについての否定的評価のニュアンスはないとしているが、この点について [9] は、「一般的に話し手にとって不利である事柄(69)」が後続するという傾向があるとし、「話し手の予想や期待から外れる事柄」を導く「意外性の「とか」」として位置づけている。

一方、[9] には引用マーカーとしての「とか」に言及があるが、「引用用法」として括り出し、「意外性」や「ぼかし」といった用法とは区別しており、また主たる議論の俎上に上がっていない。そのため、引用に用いられる「とか」がどれに該当し、どれには該当しない、あるいは別の意味や効果を持つのかといったことも述べられていない。本研究の4. では、引用に用いられる場合に焦点を当て、実際の会話の中で用いられた例を分析し、これまで述べられてきた用法が会話の中で引用に用いられる場合にも当てはまるのか、異なる部分があるとしたらそれはどのような点か、について議論したい。

3. データと方法論

本研究で扱うデータは、国立国語研究所において構築が進められている『日本語日常会話コーパス

(CEJC)』モニター公開版 [11] である。CEJC は日常生活における会話の多様性をできるだけ反映し、さまざまな研究に利用可能な形で提供するため、音声および映像と文字起こしテキストを利用可能な形で提供するほか、以下のような特徴を備えるよう設計されている。

- **大規模**：200 時間分の会話データ（完成時、モニター公開版は 50 時間）
- **代表性**：年齢・性別・属性・会話の種類の均衡性を考慮
- **検索性**：形態論情報（品詞、文中の位置、発話時間など）

上記の自然会話データについて、会話分析 conversation analysis [12, 13] の方法論にもとづく分析を行う。会話分析とは、「人が日常生活の中で従事する多種多様な実践的諸活動——会話、会議、診察、面接、ゲーム、授業、接客等々——を構成する出来事や人びとの振る舞いが、いかにしてその場で常識的に合理的な理解可能性を備えるものとして成立しているか、この秩序を産出するための社会成員の「方法」 [14] を、発話をはじめとする相互行為中の振る舞いの観察を通じて明らかにする」方法論である [15]。我々はやりとりを行いながら日常のさまざまな活動を行なっている。そうした活動の中のやりとりに用いられることばや身振りなどのふるまいは、すべてがそうではないにせよ、その活動を構成するひとつひとつの行為や活動全体を成り立たせるための参加者の指し手になっているものを含んでいる。会話分析が採用する分析方針は、どのようにしてそうしたふるまいが行為を構成する指し手になっているのかを明らかにすることである。

4. 分析

1. のデータ 1 をもう一度見て欲しい。この会話断片では A が遭遇した出来事を、時系列的に順を追って話している。このような会話の状態を物語 (storytelling) [16, 17] と呼ぶ。この断片における物語において A は、子供の父親らしい人物が子供を電車のドアの上部に打ちつけるという、ある種の特異な事態を提示したのに続いて、その事態の当事者の発話を引用して提示している。「とか」による引用は 5 行目-7 行目、11 行目、17 行目-18 行目に出現しており、それぞれ出来事の登場人物（「お母さん」および「お父さん」）の発話が「とか」によって引用されている。一方、その出来事を目撃した語り手自身の所感が述べられている 19 行目-22 行目においては、引用マーカーは「と」が用いられている。

「とか」でマークされる5行目-7行目, 11行目, 17行目-18行目の引用は語られている出来事の当事者の発話であり, 出来事の主たる構成要素である。この出来事自体がAの期待や予想に反したもので, それゆえ語られる価値をもっていると考えると, 出来事における当事者のふるまいは, 先行研究 [5, 9] の指摘通り, 予想に反したことがらとして提示されているといえる。そうした要素が「とか」で提示されているのに対し, 19行目-22行目は出来事に対する語り手の所感であり, すでに提示された出来事から当然の帰結として語り手のうちに生じたものとして提示されている。それゆえこの発話は出来事の当事者のふるまいほどの卓立性をもたず, 「と」というマーカーで提示されていると考えられる。

これらのことを整理すると, 物語における新奇なことがらを構成する発話引用には「とか」が用いられると考えられる。もうひとつデータを見てみたい。データ2は親しい友人同士のふたりがレストランで食事をしながら会話をしているところの一部である。この断片の時点での話題は, Aの大学生になる息子が最近ガールフレンドと関係を解消したというものである。この断片より前の部分でも, 息子がAに, ガールフレンドとの関係に悩み, ついに関係を解消するに至ったと報告したことが語られている。またAはかねてよりBに, Aの息子のガールフレンドはAの息子に対してあまり協調的でないという話をしてきた。

データ2では, 「とか」による引用と「って」による引用がみられる。2行目は1行目に返答せず, 改めて息子がガールフレンドと関係を解消したことをどのように報告したかの説明を開始している発話である。息子がAに報告したやりとりの説明は10行目まで続いている。他方, 10行目までの説明より後の発話の引用では, 12行目, 15行目, 16行目, 17行目-18行目, 21行目-22行目, 23行目の発話で「とか」が用いられている。

データ2では, 出来事を構成する発話と出来事に対する語り手自身の見解という対比と引用マーカーの区別は一致せず, むしろ先行する時点ですでに語った内容の再説明と聞くことのできる部分で生じる引用発話は「って」でマークされ, 新たに付け加えられたことからは「とか」でマークされていると見ることができ。再説明と聞くことのできる部分のうち, 10行目は7行目から直前までの引用発話に対する, 語り手自身の仮想的な反応である。これに対する11行目により, 語られた内容についてBが理解したことに加え, Aがその出来事に対してとった態度も理解したことが

データ2 [会話 ID: C002_016 2540.761 秒-2574.958 秒]

- 1 B そっか: 自分からゆったのかな: hhn
(0.6)
- 2 A いやもうできいやあれこう続けられない
3 ねってこう (Dン) 僕が何何ゆっても
4 そうゆうふうによわれるん
5 A だっ[たらもう続けられないねって。
6 B [ふーん うん うん。
7 何話してもさ ずっと黙ってんだよ とかゆつ
8 て。((大きめの音調の高低))
(0.4)
- 9 何時間も黙ってたからって。
(0.3)
- 10 あんたもよく耐え [てたね h つh て h。
11 B [ahhahahahaha
12> A こ:の二人ね ちよ すごい粘り強い [なとか思っ
13 B [すご:い:。
14 A たんだけど。
15> なんか 何時間?
(0.6)
- 16> A 二時間ぐらいは 二時間 もっとだったかな
17> なんか (0.4) ずっと黙ってるんだよとかゆつ
18 て。
19 えっ
20 B k え::[:。
21> A [° えっ° (.) その場からあたしは絶対
22> 逃げ出したくなるけどな:とか思いながら。
(笑い顔, 肩をすくめて小刻みに左右に体を揺らす)
(.)
- 23> A すごいね 根性あるね とか思いながら。
24 B へ……………。
25 A だからもう別れてきたってゆわれて
26 B そう…。

わかる。

ただし, 再説明と聞くことのできる部分も, 断片より先行する部分の会話における語りを類似の表現で繰り返しているわけではない。同様に「とか」でマークされる発話についても, 息子がAに報告したことと, それについてA自身が抱いた所感とがあり, 内容そのものの性質や地位による違いは明確ではない。むしろ, 引用発話の連続によって語りを構築する上で, 語りのどのような部分を構成するパーツとして扱うかという, 当該引用発話に対する語り手の態度が反映されているものと考えられる。このことを例証するため, 図1および図2を見てみたい。7行目に比べて21行目は演技的な音調で発話され, 上半身全体による動作を伴っている。このことにより21行目がより強調された発話方法をとっていることがわかり, それだけこの発話において提示されているものが新奇なものとして扱われていることを示すといえる。



図1 7行目「ずっと黙ってるんだよ」



図2 21行目「絶対逃げ出したくなるけどな」

5. まとめと今後の課題

本研究では日本語日常会話において、物語の語りの中で生じる引用発話を「とか」でマークする場合について、他の引用マーカーを使用する場合との対比に基づいて分析した。「って」は語りの進行において予想可能な帰結を述べるのに対し、「とか」は新奇な事柄を提示するのに用いられる。語りの語り手はこれらのマーカーを用いて、引用発話の連続によって物語を構成する上で、それぞれの要素をどのような位置づけで配置しているのかを示し、物語を構造化している。

先行研究においては、「とか」は「なんか」「なんて」との交換可能性が指摘されているが、「なんか」は引用マーカーとしての用法は持たない一方、「なんて」は類似の用法が可能であるように思われる。しかし、「とか」と比較して、引用部分を卓立的に扱うという機能については限定的であるように思われる。このことは、「とか」の卓立的提示の機能は、複数の候補の中から一つを選ぶという根源的な機能からのみ生じるわけではないのではという推測をもたらす。

この点について、発話の引用に着目することで新たな洞察が得られると考える。発話を「とか」でマークして引用する場合、可能な候補がいくつもあるのではなく、原文の正確な引用ではないという含みを持つといえる。このように不正確さの含みがあることで、元発話の一語一句が問題なのではなく、その発話がどのようなものとして物語の中で扱われるかということにフォーカスすることに繋がるのではないか。この点について、稿を改めて考察したい。

謝辞

本研究は、国立国語研究所のプロジェクト「大規模日常会話コーパスに基づく話し言葉の多角的研究」(プロジェクトリーダー・小磯花絵)による成果に基づいて行われた。また日本学術振興会科学研究費交付金若手研究「日常会話コーパスを用いた「課題」に基づく会話の分析:定量・定性の両面から」(研究代表者:白田泰如, 課題番号 20K13019)の助成を受けて行われた。

文献

- [1] 砂川 有里子 (1987) “複合助詞について (助詞指導の問題点<特集>),” *日本語教育*, no. 62, pp. 42-55.
- [2] 寺村 秀夫 (1991) *日本語のシンタクスと意味 III*, 東京: くろしお出版.
- [3] 森山 卓郎 (1995) “並列述語構文考-「たり」「とか」「か」「なり」の意味・用法をめぐって-,” in *複文の研究*, 東京: くろしお出版, pp. 127-149.
- [4] 天野 みどり (2001) “若者ことば: 銅メダルとことば (特集 2 「少年」の現在),” *東西南北*, pp. 100-107.
- [5] 中俣 尚己 (2008) “日本語のとりたて助詞と並列助詞の接点-「も」と「とか」の用法を中心に,” *言語文化学研究*, vol. 3, pp. 153-176.
- [6] 大和 啓子 (2010) “「とか」による例示について,” *筑波応用言語学研究*, vol. 17, pp. 17-27.
- [7] 劉 曉傑 (2011) “ぼかし表現「とか」についての考察,” *相愛大学人文科学研究年報*, vol. 5, pp. 48-35.
- [8] 洞澤 伸 and 奥村 佳奈 (2015) “若者言葉「とか」の強調用法について,” *岐阜大学地域科学部研究報告 = Bulletin of the Faculty of Regional Studies, Gifu University*, vol. 37, pp. 1-17.
- [9] 住吉 紅実 (2015) “「とか」の機能的分析,” *英語学英米文学論集*, vol. 41, pp. 63-79.
- [10] 山下 悠貴乃 (2017) “配慮表現としての「とか」について,” *筑波大学地域研究*, vol. 38, pp. 127-138.
- [11] 小磯 花絵, 天谷 晴香, 居關 友里子, 白田 泰如, 柏野 和佳子, 川端 良子, 田中 弥生, 伝 康晴 and 西川 賢哉 (2020) “『日本語日常会話コーパス』モニター版の設計・評価・予備的分析,” *国立国語研究所論集*, vol. 18, pp. 17-33.
- [12] Harvey Sacks, Emanuel A. Schegloff and Gail Jefferson (1974) “A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation,” *Language*, vol. 50, no. 4, pp. 696-735.
- [13] Emanuel A. Schegloff (2007) *Sequence Organization in Interaction: A Primer in Conversation Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press.
- [14] Harold Garfinkel (1967) *Studies in Ethnomethodology*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- [15] 平本 毅 (2018) “会話分析の広がり,” in *会話分析の広がり*, eds. 平本 毅, 横森 大輔, 増田 将伸, 戸江 哲理 and 城 綾実, 東京: ひつじ書房, pp. 1-33.
- [16] Gail Jefferson (1978) “Sequential aspects of story telling in conversation,” in *Studies in the Organization of Conversational Interaction*, ed. Jim Schenkein, chap. 9, New York: Academic Press, pp. 213-248.
- [17] Jenny Mandelbaum (2012) “Storytelling in conversation,” in *The Handbook of Conversation Analysis*, eds. Jack Sidnell and Tanya Stivers, chap. 24, West Sussex: Wiley-Blackwell, pp. 492-507.

えて選択が偏るという現象で、音声とその指示内容の関係は完全に恣意的とはいえ、何らかの関係性があることが示唆されている。そこで本研究では、このブーバ・キキ効果から着想を得て、音声とその指示内容の結びつきが強いとされる語があるとすると、その語に対する事前知識がない状態で音声に対して指示内容を選択させると、多くの人がその音声と結びついている指示内容を選択する（選択に偏りが生じる）のではないかと考えた。

音声とその指示内容の結びつきが強いとされる語にオノマトペ（擬音語・擬態語）がある [4]。このことから、日本語オノマトペであれば、チャンスレベルを超えてその音声の指す内容が、日本語の知識を有さない非日本語話者にも推測でき、内容の伝達が可能であると予想した。

1.4 実験の流れ

本研究では、音声の指示内容として平面図形を使用し、日本語オノマトペ音声を聞いた日本語話者と非日本語話者が、音声の指示内容として同じ図形を選択できるかどうかを検証する。実験1では、日本語話者に日本語オノマトペ音声を聞かせ、その音声から日本語話者が連想した図形をその音声のさす正解の図形として設定した。次に、実験2として非日本語話者に日本語話者が聞いたものと同一の日本語オノマトペ音声を聞かせ、その音声指す図形を推測させた。

2. 実験用オノマトペの選定

本研究では、清水ら [5] の方法を参考に、オノマトペ様の語を機械的に作成し、日本語母語話者3名に日本語としての容認度判断をさせ、3名中2名以上が選択した語を、実験で使用する実験用オノマトペを選定した。選定のための語群は、143個の日本語音韻（アからワ、濁音半濁音、拗音付き「ャ、ユ、ヨ」、撥音「ン」、促音「ッ」、長音「ー」、外来語表記に用いる仮名 [6]）をABAB型（e.g. ドキドキ、キュンキュン）になるよう機械的に組み合わせで作成し、合計20449語とした。ABAB型としたのは、日本語オノマトペでは最も一般的な形態とされるためである [4]。

作成した語群の選定作業は、Excelシート上で行った。Excelシートは、語の入ったセルをダブルクリックすることで着色されるよう設定し、選択・解除が容易にで

きるよう配慮した。視認性の観点から20449語は10分割してExcelシート上に表示させ、1シート当たり約2000語とし、合計10シートとした。

選定に参加したのは日本人大学院生3名（男性、平均年齢22.67歳、SD=0.47）であった。選定のための教示は3種類用意し、教示1「日本語としてありそうだと思う語を選んでください」、教示2「まんがや小説に出てきそうだと思う語を選んでください」、教示3「自分がその語から思い浮かべるイメージは、その語を用いれば他の日本語話者にも伝えられそうだと思う語を選んでください」とした。各参加者には、前の指示によって選択された語の中から、次に指示された語を選択させ、参加者ごとに2段階で語の数を減らす方法で行った。特に教示1による選定では語数が多いことから、参加者には無理のないペースで作業するよう説明し、選定作業期間は最大一週間とした。

選定の結果、各教示段階において、3名中2名以上が選択した語は、教示1では249語、教示2では122語、教示3では33語となった。この結果から、教示1で選定された249語ですでに実験可能な語数であると判断し、この249語を実験用オノマトペとして採用した。これらの語の中には一般的にオノマトペとは思われない語も含まれたが、日本語オノマトペの典型的な形態をもつことから、これらの語もオノマトペとなりうる可能性も考え、実験に使用することにした。

3. 実験1: 日本語話者による正解の設定

実験1では、選定した実験用日本語オノマトペの音声とその音声指していると推測される内容を選択させ、その対応付けを日本語話者による正解の対応付けとすることを目的とした。

実験刺激 実験に使用する音声は、2で選定した語群を読み上げることで作成した。読み上げにおいては、プロソディによる影響を考慮し、人の声による読み上げと、合成音声による読み上げの2種類の方法で行った。合成音声による読み上げは、Google翻訳 [7] の読み上げ機能を使用し、一語ずつ読み上げさせたものを録音した。Google翻訳による読み上げ音声は女性の声質に近かったことから、人の声による読み上げは女性の日本語母語話者とし、一語ずつ読み上げさせたものを録音した。実験では249語のうち、ランダムに選択した半数の語を人の声による読み上げ、残りの半数を合成音声による読み上げとした。また、音声セットはA、B

の2種類を用意し、Aセットで人の声による読み上げ音声とした語は、Bセットでは合成音声による読み上げ音声とした。どちらのセットも、呈示順は順序効果を考慮し、それぞれランダム化した。

また、本研究では音声の指す内容を平面図形として示していることから、実験参加者に選択肢として呈示する平面図形のセットを作成した。図形セットを構成する図形には、山口 & 椎名 [8] が作成・選定した36個の図形を使用する。視認性を高めるために、これらの図形の輪郭線が元の図形よりも太くなるよう筆者が加工を施したものを本研究では使用することにした。これらの図形に付属するラベルは除去し、形状が類似すると筆者が判断した図形同士を隣接させて、3行12列となるよう配置しなおしたものを実験1の図形セットとした(図1)。この図形セットを横方向のA4用紙に5行2列となるよう10セット配置し、印刷したものを実験1の回答用紙とした。

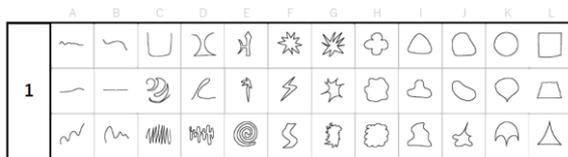


図1 実験1で使用した図形セット

実験参加者 実験1の実験参加者は、日本人大学院生12名(男性10名,女性2名,平均年齢24.17歳,SD=1.46)であった。

実験手続き 実験参加者12名には、実験用オノマトペの音声を聞き、その音声から推測される図形を回答用紙の図形セットの中から1つだけ選択して、丸で囲むよう指示した。音声はコンピュータ画面上に表示された音声プレイヤーを参加者自身が再生し、コンピュータに接続したヘッドホンを通して呈示された。参加者への教示は、「まず音声を聞き、あなたがその音声から連想するイメージに最も近い図形を、印刷された図形リストの中から一つ選んで、丸で囲んでいってください。あなたの直感に基づき、一つだけ図形を選んでください。」とした。実験終了後、手作業による集計を行った。

実験結果 本研究では、各語における図形の選択確率からエントロピーを算出し、実験参加者間において、一つの語に対してどの程度共通して図形が選択されているか表す指標として使用する。本研究の実験においては、エントロピーの値が小さいほど参加者間でより共通した図形が選択されていると考えられる。エントロピーは非負値をとり、その絶対値に本質的な意味は

ないため、以下の結果は最大のエントロピーを1、最小のエントロピーを0と正規化したエントロピーを用いた(以降「エントロピー」は正規化エントロピーを指す)。表1に実験1の結果から算出したエントロピーの値とその語に対応する図形および参加者による図形の選択割合、図2にエントロピーのグラフを示す。表1では、語をエントロピーの小さい順(形状選択の一致率の高い順)に配置し、その語に対して複数人が選択した図形の選択割合の高い上位2位までを示した。参加者間での図形の選択の一致率が高い語は、日本語話者が日常的に使用すると考えられる日本語オノマトペ(e.g., グルグル, クネクネ)である傾向がみられた。

| Rank | Word | Normalized Entropy | Shape (Rate) | |
|------|--------|--------------------|--------------|-----------|
| 1 | グルグル | 0 | ◎ (1.000) | - |
| 2 | モアモア | 0.256152145 | ⊖ (0.667) | ⊕ (0.333) |
| 3 | クネクネ | 0.290338346 | ㄥ (0.750) | ㄥ (0.167) |
| 4 | モフモフ | 0.290338346 | ⊖ (0.750) | ⊕ (0.167) |
| 5 | カチカチ | 0.331585582 | □ (0.667) | ▭ (0.250) |
| 6 | ザアザア | 0.336828837 | ㄥ (0.750) | * |
| 7 | コロコロ | 0.349133127 | ○ (0.667) | △ (0.167) |
| 8 | トゲトゲ | 0.386177402 | ✂ (0.583) | ✂ (0.250) |
| 9 | ブスブス | 0.395623618 | ㄥ (0.667) | ㄥ (0.167) |
| 10 | カクカク | 0.453509509 | □ (0.500) | ▭ (0.333) |
| 11 | ネバネバ | 0.460262115 | ㄥ (0.417) | * |
| 12 | ゴロゴロ | 0.5 | ㄥ (0.500) | ⊖ (0.167) |
| 13 | ゴアゴア | 0.528942946 | ⊖ (0.500) | ⊕ (0.250) |
| 14 | ガオガオ | 0.54319642 | ✂ (0.583) | * |
| 15 | クシャクシャ | 0.54319642 | ⊖ (0.583) | * |
| 16 | ナゾナゾ | 0.54319642 | ◎ (0.583) | * |
| 17 | ジトジト | 0.54319642 | ㄥ (0.583) | * |
| 18 | シマシマ | 0.54319642 | ㄥ (0.583) | * |
| 19 | ズキズキ | 0.544169094 | ㄥ (0.417) | ✂ (0.333) |
| 20 | ゴツゴツ | 0.546490491 | □ (0.500) | ▭ (0.167) |
| 21 | ピリピリ | 0.546490491 | ㄥ (0.500) | ✂ (0.167) |

表1 実験1でのエントロピーの値と選択された図形
エントロピーの小さい順に21位までを掲載
*は2人以上の選択がなかったことを示す

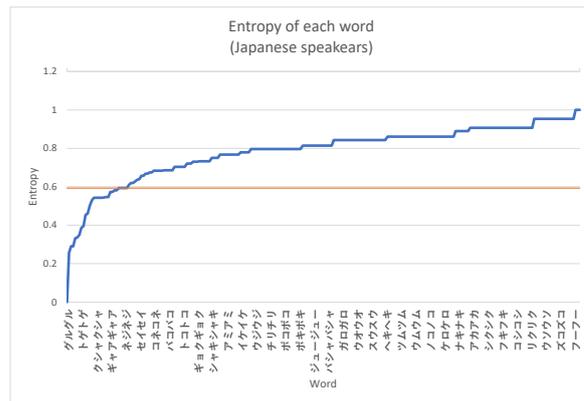


図2 実験1での各語のエントロピー

また、人の音声と合成音声による選択の違いについて、エントロピーの相関係数を求めたところ、中程度の正の相関関係 ($r = 0.422084$) が認められたことから、人の音声による図形を選択確率が高くなるにしたがって、合成音声による選択確率も高くなる傾向があるといえる。このことから、人の音声と合成音声の違いによる図形選択への影響は大きくないものと考えられる。

4. 実験2: 非日本語話者による内容推測

実験3では、実験2と同様、非日本語話者に実験用日本語オノマトペの音声聞かせ、その音声指していると推測される図形を図形セットから選択させることで、音声からどの図形が連想されているかを検証した。

実験刺激 実験に使用する音声刺激は実験1で使用したものと全く同じものを使用した。

実験2では、実験参加者が耳慣れない日本語音声聞き続けることになることから、参加者の負担を考慮し、図形セットの図形数を削減することにした。実験1の結果をもとに、エントロピーの小さい方から30位まで(正規化エントロピーの値では0.59まで)の語について、各図形を選択回数を算出し、選択回数が多かった図形の上位21位までで、すべての回答の92.22%をカバーしていることから、これらの図形を選択肢として採用することにした。選定した21個の図形には、極めて形状の近い図形が2個含まれていたことから、1つを除いて、図形は全20個とした。これら20個の図形は、実験1と同様に類似図形が隣接させて、4行5列となるよう配置し、実験2の図形セットとした(図3)。この図形セットを横方向のB4用紙に5行5列となるよ

う 25 セット配置し、印刷したものを実験 2 の回答用紙とした。

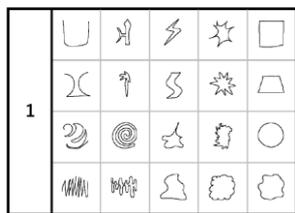


図 3 実験 2 で使用した図形セット

実験参加者 実験 2 の実験参加者は、大学院生 27 名(男性 14 名, 女性 13 名, 平均年齢 27.70 歳, SD=4.64)であり、すべて日本国外から来日している外国人留学生であった。参加者の出身国の内訳は、タイ:2 名, ミャンマー:2 名, 中国:6 名, インドネシア:1 名, バングラデシュ:3 名, ケニア:1 名, ベトナム:5 名, インド:4 名, ラオス:1 名, マレーシア:1 名であった。参加者のうち半数となる 13 名は、日本語学習歴 1 年未満であった。

実験手続き 実験参加者 27 名には、実験 1 と同様に実験用オノマトペの音声を聞き、その音声から推測される図形を回答用紙の図形セットの中から 1 つだけ選択して、丸で囲むよう指示した。音声はコンピュータ画面上に表示された音声プレイヤーを参加者自身が再生し、コンピュータに接続したヘッドホンを通して呈示された。参加者への教示は、「まず音声を聞き、あなたがその音声から連想するイメージに最も近い図形を、印刷された図形リストの中から一つ選んで、丸で囲んでください。あなたの直感に基づき、一つだけ図形を選んでください。」とした。インストラクションはすべて英語で行った。実験終了後、手作業による集計を行った。

実験結果 実験 1 と同様に、各語についてのエントロピーを算出した。表 2 に実験 1 の結果から算出したエントロピーの値とその語に対応する図形および参加者による図形の選択割合、図 4 にエントロピーのグラフを示す。表 2 では、語をエントロピーの小さい順に配置し、その語に対して選択された図形の選択割合の高い上位 2 位までを示した。実験 2 においては、参加者間での図形の選択割合は、最大で 48%程度にとどまった。

また、人の音声と合成音声による選択の違いについて、エントロピーの相関係数を求めたところ、相関係数は認められなかった($r = 0.046051$)ことから、人の音声と合成音声の違いが図形選択に影響した可能性が

示唆された。

| Rank | Word | Normalized Entropy | Shape (Rate) | |
|------|--------|--------------------|----------------|----------------|
| 1 | オウオウ | 0.618230706 | ○ (0.481) | ⬜ (0.111) |
| 2 | ミニミニ | 0.671817962 | ↑ (0.296) | ⬜ △ (0.148) |
| 3 | ジロジロ | 0.672076658 | ○ (0.370) | ⬜ △ (0.111) |
| 4 | イシイシ | 0.680217745 | ↑ (0.259) | ⬜ △ (0.222) |
| 5 | スエスエ | 0.73190651 | △ (0.296) | ⬜ △ (0.148) |
| 6 | ライライ | 0.745634835 | ○ (0.333) | ⬜ △ (0.185) |
| 7 | チリチリ | 0.748285366 | ↑ (0.222) | ⬜ △ (0.185) |
| 8 | オラオラ | 0.751936025 | ○ (0.296) | ⬜ △ (0.148) |
| 9 | ネコネコ | 0.751936025 | ⬜ △ (0.296) | ⬜ △ (0.111) |
| 10 | オレオレ | 0.754194979 | ○ (0.333) | ⬜ △ (0.111) |
| 11 | ケチケチ | 0.761754995 | △ ☆ (0.222) | ↑ ⬜ (0.111) |
| 12 | コロコロ | 0.761754995 | ○ (0.333) | ⬜ △ (0.148) |
| 13 | クセクセ | 0.767314753 | △ △ (0.185) | ⬜ △ (0.148) |
| 14 | ゴトゴト | 0.767895825 | △ (0.259) | ⬜ △ (0.111) |
| 15 | アキアキ | 0.769315011 | ⬜ △ (0.222) | △ (0.148) |
| 16 | モフモフ | 0.781784511 | ○ (0.333) | * |
| 17 | バコバコ | 0.786925212 | ⬜ △ (0.259) | △ (0.185) |
| 18 | カツカツ | 0.788344398 | △ (0.185) | △ (0.148) |
| 19 | キヤーキヤー | 0.795904414 | ↑ (0.185) | ⬜ △ (0.148) |
| 20 | イキイキ | 0.796904542 | ↑ (0.222) | ⬜ △ (0.148) |

表 2 実験 2 でのエントロピーの値と選択された図形
小さい順に 20 位までを掲載
*は 3 人以上の選択がなかったことを示す

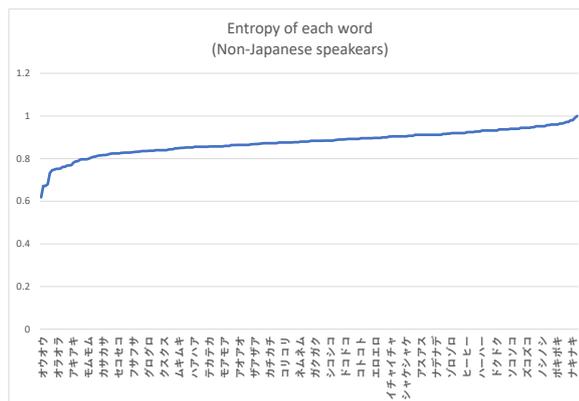


図4 実験2での各語のエントロピー

5. 日本語話者・非日本語話者の選択一致度の関係

実験1および実験2の結果から、日本語話者が高い割合で対応付けた語と図形の組の中で、非日本語話者が比較的高い割合で同じ対応付けとしたのは、「コロコロ」と「モフモフ」のみであった。

また、全249語について、日本語話者と非日本語話者の図形選択における正規化エントロピーの相関係数を求めたところ、相関関係は認められなかった($r = -0.022337$) (図5)。この結果は、必ずしも日本語話者で一致度の高いオノマトペが、非日本語話者での一致度が高いわけではないことを示唆する。

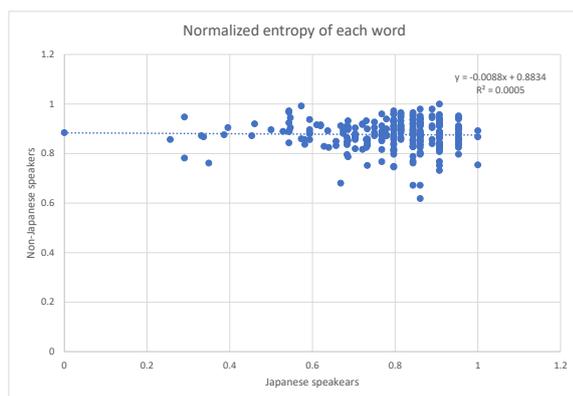


図5 日本語話者と非日本語話者の正規化エントロピーの相関

6. 結論

現時点でのデータ分析結果では、日本語話者間の一一致度から非日本語話者間の一一致度を予測するような関係性は見られなかった。大会での発表では、主に実験1

および実験2の結果を分析することで推定される情報伝達性に関連する音声・音韻的な特徴を特定し、報告する。

文献

- [1] Saussure, F. De. (1916) Course in General Linguistics.
- [2] 池上嘉彦 (1984) 記号論への招待, 岩波書店
- [3] Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2001) Synaesthesia--a window into perception, thought and language., *Journal of consciousness studies* 8(12), 3-34.
- [4] 田守育啓 & ローレンス・スコウラップ (1999) オノマトペ: 形態と意味 (Vol. 6), くろしお出版
- [5] 清水祐一郎, 土斐崎龍一, & 坂本真樹 (2014) オノマトペごとの微細な印象を推定するシステム, *人工知能学会論文誌* 29(1), 41-52.
- [6] 文化庁 外来語の表記「外来語の表記」に用いる仮名と符号の表 (2021年4月20日時点で閲覧可) https://www.bunka.go.jp/kokugo_nihongo/sisaku/joho/joho/kijun/naikaku/gairai/honbun01.html
- [7] Google 翻訳 <https://translate.google.co.jp/> (2021年4月20日時点で閲覧可)
- [8] 山口由衣 & 椎名健 (2005) 手描き図形を媒体とした感情伝達, *図書館情報メディア研究* 3(2), 15-23

中国母語話者による L2 日本語の長音分析

Analysis of Japanese Long vowels by Chinese L1 Speakers

範 雯婷

Fan Wenting

法政大学

Hosei University

wenting.fan.6n@stu.hosei.ac.jp

概要

本研究では、日本語母語話者と日本語上級学習者の長音の長さを比較するとともに、それぞれ、長音の長さの変化はどのような音環境で起こるのかを調査した。結果、3モーラ語における長音発話に関して、超級・上級L2学習者は母語話者のように話速によって長音持続時間を変えていた。また、日本語母語話者では長音の位置によって長音が短音化する現象が観察されるが、このような現象は超級・上級学習者では見られなかった。

キーワード：第二言語習得，長音習得

1. はじめに

日本語は母音の持続時間によって、意味が変化する言語である。助川・前川 (1997) によると、日本語母語話者の自然会話では、長音の短音化が頻繁に見られるという。つまり、日本語母語話者の発話では、長音であっても、その長さがスタイルや音環境によって短くなるという。母音の長短が対立的でない言語を母語とするL2学習者にとっては、長音と短音を発音し分けるのは容易ではない上、長音を発音する際にその長さが十分ではないことと予想される。杉本 (2005) は、ベトナム語を母語とする日本語学習者の日本語の長音・短音の誤用について、発音読み上げ調査と音声聞き取り調査を行った。発音読み上げ調査では、ベトナム語を母語とする日本語L2学習者7名(日本語学習歴3年)を対象として、音環境による違いを調査した結果、次のような結果が得られた。まず、日本語の音節では、5つの母音全てで長音化・短音化が起きていた。また、誤用は単語内の位置に関係なく、語頭・語中・語末のどのポジションでも起きていた。語頭の場合に比べて語末の場合では長音化する傾向が強かった。ベトナム語母語話者には短音の長音化が多く見られた。また、小熊 (2001) では、英語を母語とする日本語学習者30名を対象に、単語内での長音位置の影響を調べるために、単語を読み上げ調査を行った。その結果、英語話者にとっては、語中が最も長音の産出が難しく、その次が語末で、語頭が一番エラーが少ないことが分かった。そして、長音は語中

で短音化しやすいと結論付けた。

では、日本語母語話者にみられるような環境による長音の長さの変化は、中国語を母語とする上級学習者にもみられるのであろうか。

本研究では、長音を含む3モーラ語を対象とし、単語に含まれる長音の長さや単語の長さを計測した。4モーラ以上の単語では、長音が1語に2つ含まれる場合や、長音の他に特殊拍が含まれる場合など、さまざまな状況が含まれる上、コーパスでそれぞれの状況別に分析するにはデータ数が少ないので、本研究の対象から除外し、3モーラ語のみについて分析した。本研究では中国語を母語とする上級日本語学習者と日本語母語話者の長音の長さに差があるのか、両方の群の長音発話時間は話速によって変化するか、また、長音の持続時間は単語内での位置(語中、語末)に影響されるのかを調査した。

2. 研究方法

本研究では、I-JAS (多言語母語の日本語学習者横断コーパス) と日本語学習者会話データベースを使用し、日本語母語話者と、中国語を母語とする上級日本語学習者による長音を含む語の発話を抽出した。両方の群の発話は共に30分程度の対話形式であり、話題は「日本語学習の動機」、「誕生日の祝い方」、「好きだった先生」、「将来の夢」についてなどであった。

調査では、中国語を母語とする日本語L2学習者話者(CN)10名、日本語母語話者(JN)10名による発話を抽出し、音声データをPraatで読み込み、長音を含む語を切り分け、単語持続時間と長音持続時間を計測した、合計20個の発話データの中から3モーラ語をCN計68個、JN計67個を抽出し音声分析を行った。また、CNはすべて日本語上級レベルの学習者(標準マンダリン中国語話者)であり、JNはすべて関東方言話者であった。

3. 結果

CNとJNの長音の長さに差があるのかを調査するため、CNとJNの長音持続時間を比較した。表1はCNとJNの長音持続時間をまとめたものである。図1はCNとJNの長音持続時間を箱ひげ図に表したものである。

表1. CNとJNの長音持続時間

| | long vowel' time(s) | |
|--------|---------------------|------|
| | C | J |
| Mean | 0.27 | 0.26 |
| Median | 0.25 | 0.24 |
| S. D | 0.10 | 0.09 |

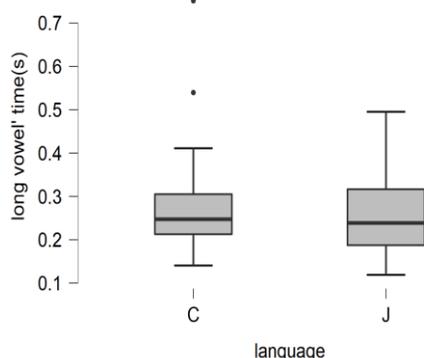


図1. CNとJNの長音持続時間を比較した箱ひげ図

CNとJNの長音発話時間に差があるのかを調べるために t 検定を行ったところ、有意な差は認められなかった ($t = 1.108$, $df = 133$, $p = 0.270$)。検定の結果、JNとCNの3モーラ語長音持続時間に差があるという結果は得られなかった。

また、CNとJNの長音発話時間は話速によって変化するのかを調査するため、CNとJNの単語持続時間と長音持続時間に相関分析を行った。以下の図2と図3は、それぞれJNとCNによる発話の単語の長さと言音部分の長さの関係を散布図に表したものである。

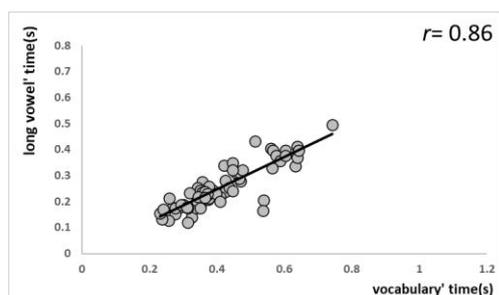


図2. JN単語持続時間と長音持続時間の散布図

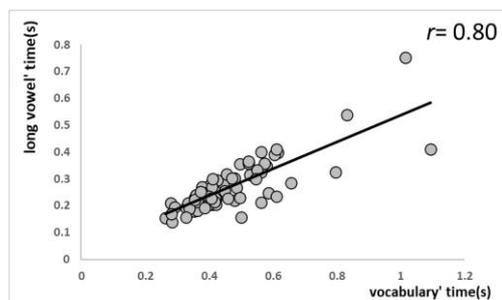


図3. CN単語持続時間と長音持続時間の散布図

JN, CNどちらの発話でも単語持続時間と長音持続時間の間に強い正の相関関係が認められた。

(JN: $r = 0.86$, $p < 0.01$, CN: $r = 0.80$, $p < 0.01$).

JN, CNともに単語持続時間が長くなると長音持続時間も長くなることが分かった。

さらに、CNとJNの長音の長さは長音の単語内での位置に影響されるのかを調査するため、CNとJNの長音持続時間を長音の単語内での位置ごとに比較し、以下の表2、表3はそれぞれJN, CNの位置ごとの長音の長さをまとめたものである。また、図4、図5はそれぞれJN, CNの位置ごとの長音の長さを箱ひげ図に表したものである。例えば、単語「空気(くうき)」の場合、長音の単語内での位置は語中(MID)である。これに対して、単語「理由(りゆう)」の場合、長音の単語内での位置は語末(FIN)である。

表2. JN位置ごとの長音持続時間

| | long vowel' time(s) | |
|--------|---------------------|------|
| | MID | FIN |
| Mean | 0.23 | 0.28 |
| Median | 0.22 | 0.25 |
| S. D. | 0.07 | 0.09 |

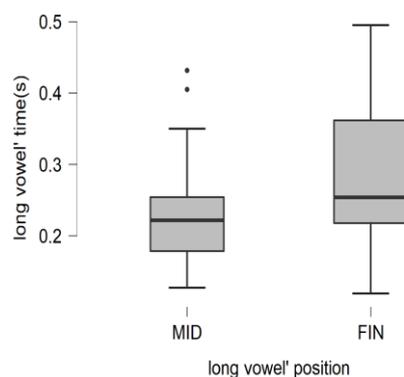


図4. JN位置ごとの長音持続時間を比較した箱ひげ図

表3. CN 位置ごとの長音持続時間

| | long vowel' time(s) | |
|--------|---------------------|------|
| | MID | FIN |
| Mean | 0.26 | 0.29 |
| Median | 0.25 | 0.23 |
| S. D. | 0.06 | 0.13 |

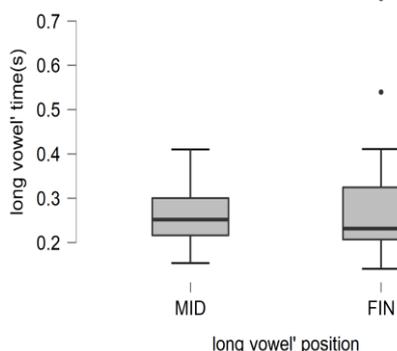


図5. CN 位置ごとの長音持続時間を比較した箱ひげ図

JN の語中と語末の長音の長さに差があるのかを調べるために t 検定を実施したところ, 有意な差は認められた ($t = 2.617, df = 30, p = 0.014$). すなわち, JN の語中と語末の長音発話に差があるという結果が得られた, 語末ある長音の長さは有意に長かったことが分かった. JN では語中で長音の短音化が見られた. CN の語中と語末の長音発話に差があるのかを調べるために t 検定を実施したところ, 有意な差は認められなかった ($t = 0.424, df = 25, p = 0.675$).

4. まとめ

本研究では, 3モーラ語の長音音声分析により, CN と JN の長音発話を比較した. その結果, 3モーラ日本語の長音発話においては, CN と JN の長音発話の長さに差があるとは言えなかった.

また, CN と JN それぞれの単語持続時間と長音持続時間に対するの相関分析の結果より, JN と CN ともに話速が遅くなると長音持続時間が長くなっていたという結果が得られた.

そして, 長音持続時間を長音の位置ごとに比較した. 結果, JN の発話では, 語中の長音はより語末の長音より有意に長かった. 一方, CN の発話では, 語中と語末の長音の長さに差は認められなかった.

5. 参考文献

- 小熊利江, (2001) “日本語学習者の長音の産出に関する習得研究—長音位置の要因による難易度と習得順序—”, 日本語教育 Vol.109, pp. 110-117.
- 小熊利江, (2002) “学習者の自然発話に見られる日本語リズムの特徴”, 言語文化と日本語教育 Vol.24, pp. 1-12, お茶の水女子大学日本語文化学会.
- 小熊利江, (2006) “自然発話に見られる日本語学習者の長音と短音の習得過程”, Sophia Linguistica Vol.54, pp. 193-205, 上智大学.
- ナヨアン・フランキー・R, 横山紀子, 磯村一弘, 宇佐見洋, 久保田美子, (2012) “インドネシア語話者による日本語の長短母音の習得に関する調査—聞き取り・読み上げ発話・自然発話のデータから—”, 音声研究 Vol.16, No.2, pp. 28-39, 日本音声学会.
- “日本語学習者会話データベース” (<https://mmsrv.ninjal.ac.jp/kaiwa/>), 2021年5月30日参照.
- 迫田久美子・小西円・佐々木藍子・須賀和香子・細井陽子, (2016) “多言語母語の日本語学習者横断コーパス International Corpus of Japanese as a Second Language”, 国語研プロジェクトレビュー Vol.6, No.3, pp. 93-110.
- 杉本妙子, (2005) “ベトナム語圏日本語学習者の発音に関わる誤用について II: 音声聞き取り調査と発音調査における長音化・短音化の誤用の比較と考察”, 茨城大学人文学部紀要. コミュニケーション学科論集 Vol.17, pp. 73-93.
- 助川泰彦・前川喜久雄, (1997) “日本語長音の短音化現象—語中位置および発話のスタイルとの関係—”, 音声言語情報処理 Vol.19, No.2, pp. 9-14, 情報処理学会.
- “多言語母語の日本語学習者横断コーパス:I-JAS”, 2021年5月30日参照.
- 尹帥・安原凜, (2020) “ベトナム人日本語学習者の日本語の産出における長音化現象”, 環太平洋大学研究紀要 Vol.15, pp. 43-49, 環太平洋大学.

日本語地図課題対話における名詞の引用

川端 良子[†]

Yoshiko Kawabata

[†] 国立国語研究所

National Institute for Japanese Language and Linguistics

kawabata@ninjal.ac.jp

概要

会話の参加者にとって非共有知識の対象を、会話の中で参照する場合には、名詞の後に「って」や「という」のような引用形式が用いられるという従来の説を日本語地図課題対話コーパスを用いて検証する。

キーワード：参照表現, 共有知識, 引用, 文脈

1. はじめに

日本語では、話し手が聞き手のどちらかが名詞の意味や指示対象を知らない場合、名詞を裸のままでは使用できず「って」や「という」などの引用形式を用いなければならないと言われている [1, 3]。この規則の会話内での制約について、田窪 [1] は次のやりとりを挙げて説明している。

- (1) 1 A 僕の友人に田中という奴がいます。まじめだし、英語がよくできるので適任だと思いますが。
 2 B その人は独身ですか。じゃ、その田中という人に頼んでください。
 3 A じゃ、田中君に頼みます。

(田窪 [1], p.219)

裸の固有名は共有の知識であることを示す。そのため、A が友人の田中氏を、田中氏のことを知らない B との会話に導入するときには、上記 (1) の 1 行目のように「という」等を用いて言語の意味や指示対象ではなく、記号自体を指す必要がある(「メタ用法」)。B は、相手が「田中」と呼ぶ人物が存在することは分かるが、その要素を特定できないためメタ用法が維持される(2行目)。ただし、A は田中氏を同定できるのに対して、B は同定することができない。この違いにより要素を会話に導入した後、A は「田中」で対象を指すことができるのに対し(3行目)、B は「田中さん」とは呼べないとしている。この差は、会話が終了するか、会話中になんらかの意味で直接経験するまで継続するとしている。田窪の議論は直感的には妥当に感じられるが、実際のデータによる理論の検証は管見の限り行われていない。そこで本研究は、『日本語地図課題対話コーパス』[4]を用いて、対話参加者の知識とメタ用法の使用について分析する。

2. 方法

日本語地図課題対話コーパス(マップタスク)[4]は、二人の実験参加者のうち、経路が描かれた地図を渡された参加者(Giver)が、経路が描かれたいない地図を渡されたもう一方の参加者(Follower)に経路の指示を行い、Giverの地図に描かれた経路をFollowerの地図上に再現する課題の遂行中に行なわれた言語活動が収録されている。両者に渡される地図には複数のランドマークが配置され、経路を説明する際に参照されるように設計されている。ランドマークは、GiverとFollowerの地図の配置パターンにより4つの条件がある。(1) GiverとFollowerの両者の地図に共通に存在する「共有条件」、(2) 一方の地図にのみ存在する「有無条件」、(3) Giverには2つあり、Followerには1つしかない「2to1条件」、(4) 同じ位置に同じ図があるものの名称が異なっている「名称変更条件」である。各条件は、対話参加者の対象への知識に差を生じさせている。本稿は、引用形式がどのような状況において使用されるかを(1)共有条件と(2)有無条件の2条件で比較し、使用傾向を検討する。

2.1 データ

分析は、日本語地図課題対話128対話中の32対話を用いた(表1)。

表1 分析データ

| | |
|---------|--|
| データ数 | 32対話 |
| 親近性 | あり:16対話, なし:16対話 |
| コード No. | j1n[1-8], j2n[1-8], j3n[1-8], j3n[1-8] |
| 視認条件 | 視認不可能条件 |

2.2 アノテーション

会話中からランドマークを参照している箇所をすべて抽出し、それぞれについて引用形式の有無の判定を行った。引用形式とはランドマークの名前の後に「(っ)

て「とは」「と(か)いう」が後続するものとする。ただし、ランドマークの文字を参照する場合(「死火山って書いてある所」など)はその他に分類をした(表2)。

表2 分類の種類

| 分類 | 説明(例) |
|-----|--|
| 引用有 | ランドマークに引用形式が後続するもの(石の砂漠って、砂漠というの、その石の砂漠って) |
| 引用無 | ランドマークの後に引用形式が後続しないもの(石の砂漠、砂漠) |
| その他 | 上記以外(それ、その図、それって、砂漠って字) |

3. 結果

表3は共有条件、表4は有無条件の結果を示している。有無条件の「話者」列は、自分の地図にランドマークがあり相手の地図にない場合を「KU」、自分の地図にランドマークがなく相手の地図にある場合を「UK」で示している。

表3に示されているように、共有条件では、対象を2回以上参照する場合は、引用無の形式が使用されており、田窪の説と一致する。

一方、表4の有無条件では、2回以上参照する場合、KUの話者の方が引用形式を用いており、田窪の説から予想される結果と異なっていた。

表3 共有条件(Known-Known)の頻度(%)

| 回数 | 引用有 | 引用無 | その他 |
|----|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 67 (27.0) | 180 (72.6) | 1 (0.4) |
| 2~ | 38 (2.3) | 1533 (91.1) | 112 (6.7) |

表4 非共有条件(Known-UnKnown)の頻度(%)

| 話者 | 回数 | 引用有 | 引用無 | その他 |
|----|----|-----------|------------|-----------|
| KU | 1 | 47 (29.6) | 110 (69.2) | 2 (1.3) |
| | 2~ | 32 (14.2) | 169 (74.4) | 25 (11.0) |
| UK | 1 | 0 (0.0) | 2 (100.0) | 0 (0.0) |
| | 2~ | 16 (7.1) | 175 (78.1) | 33 (14.7) |

4. 考察

メタ用法が使用された発話を調べると、ランドマークを知っている話者の場合は「ある」「いる」などの存在動詞が使用される場合が多く(表5)、ランドマークを知らない話者の場合は述語が否定「ない」であるかランドマークの説明を求める発話が多い(表6)。

メタ用法¹について丹羽[3]は、2つの方向で用いられるとしてしており、その一つが「述部で意味・指示

¹丹羽は正確には「メタ言語機能的用法」と呼んでいる。

表5 対象を知っている話者(KU)のメタ用法の例

- | | |
|-----|---|
| (1) | 大体十五センチ位んところに <u>二艘のカヌー</u> てゆう図があるのね。 |
| (2) | その岩場でゆう絵の端っからまた大体三センチ位右側に行くと酒場でゆう絵があんのね。 |
| (3) | 墓地てゆうのがあって。 |
| (4) | <u>要するにあのここ</u> ねちょっと何かあるんだよストーンサークルてゆうのあるんだよね。 |
| (5) | えとねぶなの林の下に <u>礼拝堂</u> てあるんですね。 |

表6 対象を知らない話者(UK)のメタ用法の例

- | | |
|-----|----------------------------------|
| (1) | <u>山てのが載ってない</u> んですけど。 |
| (2) | <u>その牧場</u> てゆうのは無いから。 |
| (3) | 今度 <u>二艘のカヌー</u> てのがこっちに無いんですけど。 |
| (4) | 牧場とはどこら辺にあるんでしょうか。 |
| (5) | <u>丸い岩とゆうのは</u> どこら辺に。 |
| (6) | その鉄橋て言うのはその川を渡ってるんだよね?。 |

対象を問い・与えるという方向である。」(p.81)と述べている。表5の用例は、指示対象を与えており、表6の用例は、指示対象を問うているといえるので、丹羽が述べる用法の一つと言えそうである。ただし、ランドマークを知らない話者が対象の存在を否定する場合については、これまでの理論で説明できるのか検討する必要がある。また、丹羽の用法でメタ用法の使用が説明できる場合もあるが、述部で意味・指示対象を問い・与えているにもかかわらずメタ用法が使用されていない場合もある。この違いは何によって生じるのか検討する必要がある。また、今回はその傾向は見られなかったが、田窪[1]が述べるように、対象を直接知っているか否かでメタ用法の使用に違いが生じる場合があるのであれば、それはどのような状況なのかについて、他の会話データを用いた分析が必要である。

文献

- [1] 田窪 行則,(1989)“名詞句のモダリティ”,日本語のモダリティ,仁田・益岡編,pp.211-233.
- [2] 田窪 行則,(2002)“談話における名詞の使用”,複文と談話,4章,岩波書店,pp.191-216.
- [3] 丹羽 哲也,(1994)“主題提示の「って」と引用”,人文研究 大阪市立大学文学部紀要,Vol.46, No.2, pp.79-109.
- [4] 堀内 靖雄,中野 有紀子,小磯 花絵,石崎 雅人,鈴木 浩之,岡田 美智男,仲 真紀子,土屋 俊,市川 薫,(1999)“日本語地図課題対話コーパスの設計と特徴”,人工知能学会誌,Vol.14, No.2, pp.261-272.
- [5] 川端 良子,(2019)“地図課題対話における参照導入方法の特徴”,言語資源活用ワークショップ発表論文集,vol.4, pp.139-148.

音声持続時間からみた日本語拗音の性質

The temporal feature of Japanese Palatalized Consonants

松井 理直
Michinao F. Matsui

大阪保健医療大学
Osaka Health Science University
michinao.matsui@ohsu.ac.jp

Abstract

This study examines whether the yoo-on (拗音) in Japanese is the palatalized singleton [C^j], the consonant-glide sequence [Cj] or the diphthong [CiV] from the view point of the lip shapes and the articulatory movements of the tongue. The results show that the yoo-on has the [C^jV] structure.

Keywords — Japanese, Palatalized Consonants, Duration

1. 研究の目的

日本語の子音は、接近音であるヤ行・ワ行を除き、直音と拗音の対立を持つ。ここでいう拗音はいわゆる硬口蓋性を伴う開拗音のことで、合拗音は取り扱わない。こうした拗音の存在は、日本語の音節構造やモーラの構造を考える上で重要である。まず、もし拗音が硬口蓋化要素を持つ単独の子音であるとするならば、日本語の頭子音に子音連鎖は存在しないと言ってよい。これに対し、拗音が子音+介音という構造を持っているのであれば、介音の位置づけが問題となる。もし介音が頭子音の一部であるなら、限定的であるとはいえ、日本語は頭子音の子音連続として [C+j] という形を許す。一方、介音が音節構造のピークに位置づけられるのであれば、介音は母音として位置づけられるものであるため、日本語に /iä/, /iu/, /io/ といった上昇二重母音を認めなければならない。これは、拗音が1音節であるにせよ、1モーラとは限らない可能性を導く。

本稿では、日本語拗音のうち、カ行／キャ行、タ行／チャ行における時間特性について、「単独子音 ([C^jV])・子音連続 ([CjV] ほか)・上昇二重母音 ([CiV])」という可能性の中で「音声的」にどの構造が最も妥当なのか、コーパスおよび生理学的指標を用いた検討を行う。結論として、いくつかの先行研究と同じく拗音は音声的にも [C^jV] という子音連続の構造を持つと考えるのが妥当であることを述べる。

2. 本研究に関わる先行研究

2.1 日本語のモーラタイミングについて

日本語音声は、少なくとも心理的にモーラに関する等時性を持つ。また、音響的な物理時間としてのモーラタイミングも、厳密なものではないものの、ある程度の等時性は観察可能である。こうした日本語の物理的なモーラタイミングの中で、最も重要な特性として考えなければならない点は、頭子音と後続母音間にある程度の補償作用が生じることであろう。この点について、筆者が個人的に収集している音声データの物理的な持続時間を図1に示しておく。

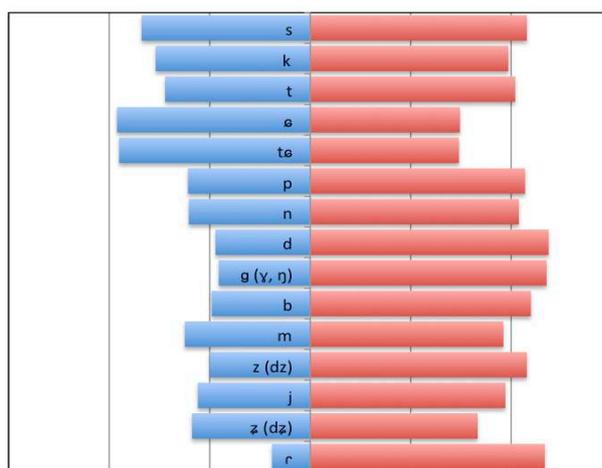


図1 日本語音声におけるモーラタイミングと補償作用の一例

図1からも見て取れるように、物理的なモーラ等時性は絶対的なものではない。しかし、無声破裂音／有声阻害音／共鳴音といった子音のグループ間では、物理的な持続時間という点でもかなり精度のよいモーラ等時性が成立していることが分かるであろう。さらに、頭子音が長ければ後続母音が短めで、頭子音が短ければ後続母音が長めになるという、頭子音と後続母音の間に生じる補償効果も、傾向として成立していることが分かる。ただし、サ行モーラだけはこの傾向から統計的に明確な違いを持つ。すなわちサ行モーラだけは、頭子音の持続時間が長く、かつ後続母音の持続時

間も長い。これは日本語の無声摩擦音の時間特性を考える上で注意しなければならない点である。

2.2 拗音の音韻表示に関する先行研究

次に、日本語の拗音についての先行研究を概観しておこう。McCawley (1968), Vance (2008), 窪園 (1998), 益子 (2009) を始めとした多くの研究が、日本語拗音の音素構造として /子音+ヤ行子音/ の構造を考えている。すなわち、カ行の音素 /k/ に対してキャ行は /kj/, ナ行の音素 /n/ に対しニャ音は /njä/ という音素表示を持つと見なす。ただしチャ行・シャ行・ジャ行に関しては、窪園 (1998) が「拗音」という体系を重視した /tj/, /sj/, /zj/ という構造を考えているのに対し、Vance (2008) は /tɕ/, /ç/, /z/ という /j/ を介入させない音素表示を提案した。これは、他の拗音がエ段をほぼ許していないのに対し、借用語という語種に限るとは言え、「チェック」「シェイク」「ジェット」のようにチャ行・シャ行・ジャ行がエ段の生起を許するという理由に依る。また斎藤 (2006) などでは、拗音の性質として Cj という子音連鎖の構造と Cj という硬口蓋化した単子音が併記されており、どちらの性質が妥当であるかは明確にされていない。

これに対し服部 (1954) は、直音と拗音の対立を母音の違いに帰着させた。例えば、/ka/ というカ音の音素表示に対し、キャ音は /kä/ という前舌化した母音の音素表示を持つ。事実、国立国語研究所 (1990) による日本語調音の X 線動態を見てみると、キャ音やキュ音における母音の調音位置は直音に後続する母音の調音位置よりも若干前方に偏っていることが見て取れる。

2.3 拗音の音声的性質に関する先行研究

拗音の音声的性質については、Nogita (2016) による日本語とロシア語の比較対照研究が非常に重要であろう。彼の研究は、直音／拗音の最小対を持つ検査語を実際に発音させ、その子音部の持続時間を計測したものである。その結果、日本語については、拗音を含むモーラの持続時間が直音を持つモーラの持続時間に対して統計学的に有意に長いことが確認された。これに対し、ロシア語については、硬口蓋化した子音を含む音節の持続時間は非硬口蓋化子音を持つ音節の持続時間に対し有意差がないことが多いという。また Nogita は無声子音に挟まれた狭母音ウ音の無声化率についても検討を行い、拗音に後続するウ音の無声化率が直音に後続するウ音の無声化率に対し有意に低いことを示した。こうした傾向は、Hirayama (2018) の研究の中でも再確認されている。

これらの研究結果は、ロシア語の硬口蓋化した

子音が /Cj/ という singleton であるのに対し、日本語の拗音が単一子音ではなく、/Cj/ という複合的な子音であると仮定すると矛盾なく説明が付く。すなわち、拗音は /j/ 要素を持つ分だけ直音よりも子音部の持続時間が長くなる傾向を示す。また、拗音は /j/ 要素の無声化過程が余分に加わるが故に、「無声子音に挟まれた」狭母音の無声化率が低下すると考えられる。ただしこうした解釈は、拗音が複合要素であることを支持するものの、その複合要素が子音連鎖 [CjV] なのか、あるいは上昇二重母音 [CiV] なのかといった点には依存していない点に注意されたい。この点を明らかにするため、まず『日本語話し言葉コーパス』を用いて、カ行／キャ行、タ行／チャ行における直音と拗音の時間特性について検証してみよう。

3. 日本語話し言葉コーパスを用いた検証

3.1 日本語話し言葉コーパス

国立国語研究所 (2006) による『日本語話し言葉コーパス (Corpus of Spontaneous Japanese; CSJ)』は、国立国語研究所・情報通信研究機構 (旧通信総合研究所)・東京工業大学によって共同開発された日本語音声に関する大規模音声コーパスである。学会発表などにおける 3302 講演分の音声データ (モノログと対話) が収録されており、質・量ともに世界最高水準の音声データベースであろう。データ情報は、wav ファイル形式の音声データと共に、転記テキスト・形態論情報・係り受け構造・分節音ラベル・イントネーションラベルといった詳細な言語情報が提供されている。本研究では、こうした情報のうち、分節音ラベルとその時間情報を分析対象に用いた。

3.2 分析対象

本稿では直音／拗音の対立のうち、「句頭」以外におけるカ行／キャ行、タ行／チャ行に分析対象を絞り込む。このように調査対象を限定した理由は、カ行／キャ行、タ行／チャ行以外の日本語分節音において、統計分析の際に様々な要因が複雑に絡んでしまうことが挙げられる。例えば、パ行／ピャ行はもともと生起頻度が低い上に、撥音・促音に後続する環境といった音韻的な生起環境や語種の影響を強く受けてしまう。したがって、カ行／キャ行、タ行／チャ行などを用いた研究で拗音の音声条件を絞り込めてから、パ行／ピャ行の分析を行うことが望ましい。またサ行子音については、前述したように、日本語におけるモーラタイミングという観点において、特異な性質を持っていると考えられるため、これも今回の分析対象からは外しておく。一方、有声阻害音については

時間の間にも若干の補償効果による弁別力が認められるが、閉鎖区間と帯気区間との間に生じる補償効果よりもはるかに弱い。なお、「閉鎖区間 v.s. 母音区間」「閉鎖区間+帯気音区間 v.s. 母音区間」「閉鎖区間 v.s. 帯気音区間+母音区間」の間に生じる時間的な関係は、「カ」と「キャ」の弁別にほとんど貢献していないことも確認できた。

この結果は、『日本語話し言葉コーパス』のデータ解釈において以下のような知見をもたらす。すなわち、少なくとも無声破裂音についていえば、“k”, “ky” といったタグの振られた帯気音区間は子音の一部である可能性が高い。そしてこの性質は、拗音である「キャ」を [kiä] という上昇二重母音として捉えるのは不適切であることを示す。すなわちキャ音は、硬口蓋化した単一の頭子音である [k̟ä] か、あるいは頭子音における子音連鎖 [kjä] や [kçä] を持つと見なすのが妥当である。さらにこのうち、キャ音の子音を硬口蓋化した単一の頭子音を持つ [k̟ä] と捉えると、直音 [kä] との関係において、閉鎖区間と帯気音区間が補償効果を持つこと、すなわちキャ行子音のほうが閉鎖区間が短く、帯気音区間が長い傾向を持つことを適切に説明できない。この結果、キャ音は頭子音における子音連鎖 [kjä] や [kçä] を持つと解釈するのが最も妥当である。この知見は、次に述べるク／キュ、コ／キョにおいても同様に成り立つ。

さらにこうした性質は、日本語のカ行子音・キャ行子音が「開放区間を持つ」調音動態である「破裂音」ではなく、「閉鎖音」である可能性が高いことを示す。つまり、カ行子音・キャ行子音における [k] 音は積極的な「開放」という調音的性質を持たない。カ行子音・キャ行子音の開放区間は、[k] 音に後続する閉鎖性を持たない分節音、すなわち後続母音や接近音 [j] あるいは摩擦音 [ç] によってもたらされるものと考えられる。このことは、「一家」の促音部における [k] 音が開放区間を持たないことから支持される性質であろう。

3.5 結果2：ク／キュにおける持続時間の特性

次に、直音クと拗音キュの時間的性質についても簡単に述べておく。図4に、ク／キュにおける持続時間の特性を示す。両者の比較においても、モーラ全体の持続時間や閉鎖区間の持続時間などに統計的な有意差は存在しない。そして、「ク」と「キュ」の弁別に最も有効な時間的パラメータは、やはり閉鎖区間+帯気音区間の間に生じる補償効果である。

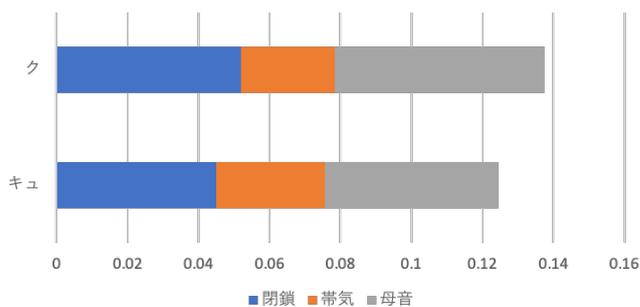


図4 直音ク／拗音キュにおける持続時間の特性

3.6 結果3：コ／キョにおける持続時間の特性

同様に、直音コと拗音キョにおける持続時間の特性の違いについても、閉鎖区間+帯気音区間の間に生じる補償効果が両者の弁別に最も有効な時間的パラメータである点に違いはない。ただ、統計的に有意ではないものの、母音の持続時間が拗音「キョ」のほうが若干長くなっており、これはカ／キャ、ク／キョの対立と異なった性質である。この要因については、定量的な調音モデルの観点から、また稿を改めて議論してみたい。

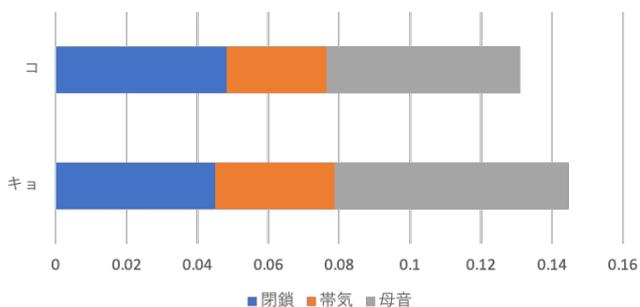


図5 直音コ／拗音キョにおける持続時間の特性

以上の結果から、キャ行については [kiV] という上昇二重母音や硬口蓋化した単一の頭子音を持つ [k̟iV] と解釈するのは妥当ではなく、頭子音における子音連鎖 [kjV] あるいは [kçV] の性質を持つと見なした方が妥当であることが確認できた。次に、タ行子音とチャ行子音を比較することによって、閉鎖音+摩擦音の子音を持つ性質について検討してみよう。

3.7 結果4：タ／チャにおける持続時間の特性

まず、タ音とチャ音の対立では前者が閉鎖子音を持つのに対し、後者が摩擦子音を持つという点が最大の特徴である。ここで図6に、両者の時間特性の違いを示す。モーラ全体の持続時間についていえば、タ音よりもチャ音のほうが有意に長い。また、閉鎖区間、摩擦・帯気区間、閉鎖+摩擦・帯

気区間についても統計的に有意差が存在する。一方、後続する母音の持続時間には有意差が観察されない。(p=0.563)

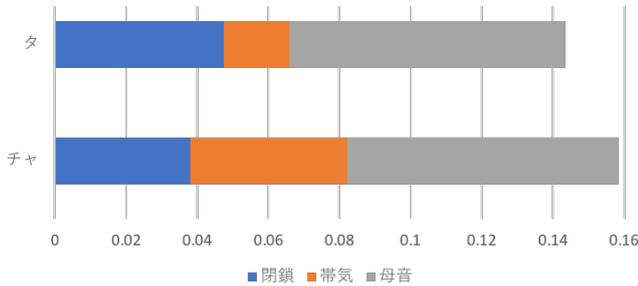


図6 直音タ／拗音チャにおける持続時間の特性

チャ音については、子音持続時間と母音持続時間、閉鎖区間と母音持続時間の間に補償効果が観察されず、無声摩擦区間と母音持続時間の間には極めて弱い補償効果が観察されるのみであった。しかしその効果は、タ音の帯気音・母音間の補償効果以上に弱く、統計に有意な交互作用ではない。このことは、日本語の破擦音における閉鎖区間と無声摩擦区間は連動しておらず、独立して制御されていることを示す。この性質は、日本語の破擦音を考える上で興味深い。

一般的な国際音声記号における調音方法の解釈では、破擦音は破裂音の変異と見なす。すなわち、破裂音が急速な開放区間を持つのに対し、破擦音は破裂音の開放区間が緩慢になった調音動態として解釈される。しかし、日本語では破擦音の閉鎖区間と無声摩擦区間が独立して制御されていると思われることから、破擦音は閉鎖音＋摩擦という分節音の連鎖である可能性が高い。

さらに、破擦音は閉鎖音＋摩擦という分節音の連鎖と考えた場合、摩擦部は高い自立性を持つ。これは、カ行／キャ行子音の開放区間には見られない性質である。このことは、逆にいえば、キャ行の頭子音における子音連鎖が [kçV] でないことを暗に示す。したがって、キャ行の頭子音における子音連鎖は [kjV] と考えるのが最も妥当ということになる。

3.8 結果5：ツ／チュにおける持続時間の特性

調音方法の違いを持つタ／チャの対立に対し、直音「ツ」と拗音「チュ」はいずれも破擦音という同一の調音方法を持つ。両者の時間特性を図7に示す。ツ／チュの対立においては、全て要因における持続時間について統計的な有意差が存在しない。特に、閉鎖部や母音部は極めて類似した時間特性を持つ。ただし、統計的に有意ではないが、破擦音の摩擦部にはかなりの違いが見られ、破擦

音 [ts] における摩擦部 [s] の持続時間はかなり長い。日本語の破擦音が閉鎖音＋摩擦という分節音の連鎖であるとするなら、2.1節で述べた日本語の [s] 音を持つ特異な性質に起因している可能性がある。この点については、稿を改めて議論してみたい。

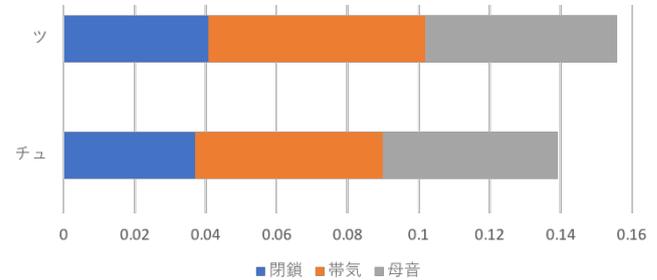


図7 直音ツ／拗音チュにおける持続時間の特性

3.9 結果6：ト／チョにおける持続時間の特性

最後に、ト音とチョ音の違いについて見ておこう。タ／チャの対立同様、ト／チョの対立でも前者が閉鎖子音であるのに対し、後者が破擦子音を持つ。そして、タ／チャにおける持続時間の性質と同じく、ト／チョの対立においても、モーラ全体の持続時間、閉鎖区間、摩擦・帯気区間の持続時間の全てにおいて統計的に有意差が観察される。図8に、両者の時間特性の違いを示す。

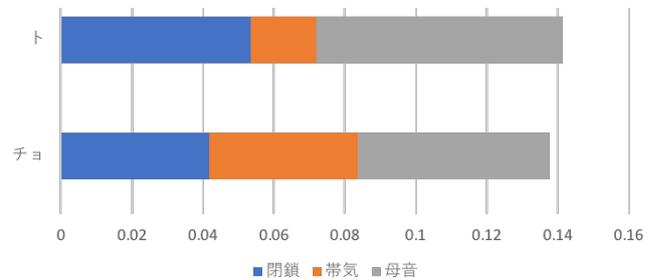


図8 直音ト／拗音チョにおける持続時間の特性

なお、タ／チャと異なり、ト／チョの対立では母音の持続時間にも有意差が存在する。コ／キョの場合と同じく、これはオ音の性質に起因する可能性が高い。この点については、定量的な調音モデルに基づく考察が必要であるため、別稿で改めて考察を行う予定である。

4. 口唇形状の観測

4.1 Vowel-to-Vowel Coarticulation

次に、直音と拗音における生理学的な特徴についても見ておこう。音声発話時に観測される調音結合は隣接する分節音間で起こることが多いが、

Öhman (1966) は、自然な発話時に隣接する音節間における母音同士が干渉して調音結合が起こることを見いだした。こうした現象を母音間調音結合 (Vowel-to-Vowel coarticulation) と呼ぶ。母音間調音結合の性質は、Fujimura (1992), Fujimura (2002), 藤村 (2007) による定量的な調音動態モデルである C/D モデルでも重要な役割を果たしている。例えば、軟口蓋音である [kä] 音を繰り返して発音した場合、後舌面は大きく動くが、口唇や下顎はほとんどア音の状態から変動しない。

母音間調音結合の重要な点は、これが音節間における調音結合と考えられる点にある。例えば接近音である [j] 音は調音動態として母音である [i] 音に比較的近い性質を持っているが、[jo] 音や [ju] 音を繰り返して発音した場合、[o] 音や [u] 音に相当する母音間調音結合が生じるのであり、そこに母音 [i] に近い効果を持つ調音結合は生じにくい。

この性質から、拗音を含む音節における母音間調音結合のパターンを調べることで、拗音における硬口蓋要素が子音に属しているものなのか、あるいは母音 [i] として存在しているのかといった問題に関する傍証が得られるはずである。すなわち、母音間調音結合が [i] に近い性質を持っているのか否かを調べればよい。

4.2 実験方法と実験結果

関西方言話者男性 10 名、女性 3 名に対し、カ行およびキャ行の調音を連続で行わせた。検査語は無意味音列で、母音についてはカ行では全ての母音を、キャ行ではア音・ウ音・オ音を全ての組み合わせさせている。口唇形状の測定は、上唇中央部と下唇中央部および左右口角部に光学センサーを取り付け、サンプリング周期 2ms で垂直方向および水平方向のデータを取得した。データの処理は、被験者によって口唇の大きさが異なるため、ア音における口唇の開きを基準にし、被験者のデータを標準化した上で、集計を行っている。なおウ音に関しては、単独発話で唇の突出が認められた被験者 4 名を別データとした。

口唇形状の測定結果を図 9、図 10 に示す。唇の突出を持つ [u] 音を除き、カ行子音部における口唇形状とキャ行子音部における口唇形状のパターンに有意差はほぼ認められない。このことは、拗音の硬口蓋要素が母音として存在しているのではなく、子音として機能していることを示唆している。すなわち Nogita (2016), Hirayama (2018) の研究と同様に、口唇形状の観点から言っても、拗音の音声情報は [CiV] ではなく、[CⁱV] か [CjV] のいずれかと見なしてよい。

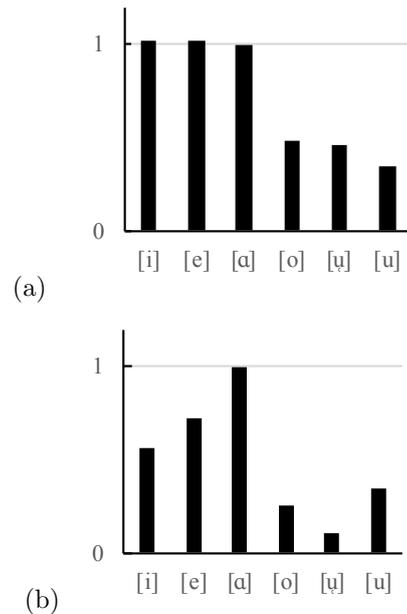


図 9 (a) カ行子音部における口唇水平方向, (b) カ行子音部における口唇水平方向

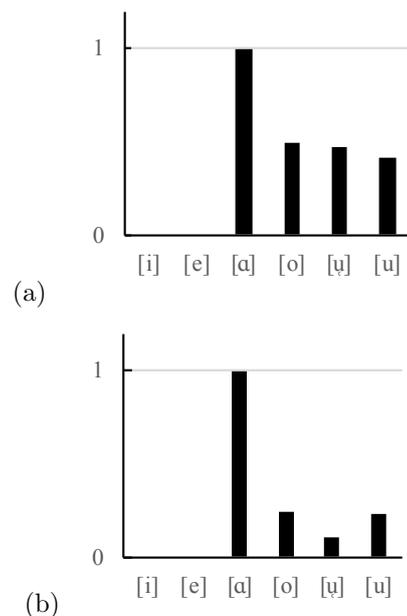


図 10 (a) キャ行子音部における口唇水平方向, (b) キャ行子音部における口唇水平方向

5. EPG を用いた口腔内舌動態の測定

次に、拗音の音声情報は直音が単に硬口蓋化した [CⁱV] なのか、あるいは子音連続 [CjV] なのかという問題について、エレクトロパラトグラフィ (EPG) を用いた口腔内の舌運動動態について測定を行った。

本研究で用いた EPG の人工口蓋床は、各個人ごとに、その口蓋の大きさに合わせて個別に作成されたもので、異なる話者の調音位置を比較検討できるよう、電極位置が標準化されている。IPA

との対照でいうと、前後方向の調音位置については、歯茎2列、後部歯茎2列、硬口蓋3列の分解精度で計測が可能である。軟口蓋に調音点を持つ子音については、EPGのみならず、口蓋や舌に測定器を取り付ける計測技法では一般に測定が難しい。ただしこの軟口蓋についても、硬口蓋との境界に近い1列については測定ができるようになっている。したがって、軟口蓋音の [k] 音についても完全な測定は困難であるにせよ、ある程度の動態測定は可能であるし、硬口蓋化した [kʲ] 音については明確な接触のパターンを確認できる。

調音位置の指標となる前後方向の EPG データに対し、口腔の横方向における接触パターンは、側面部の狭窄 (lateral constriction) も含め、子音の調音における狭窄の程度を推測する指標となる。この冠状面に関する EPG データについては、歯茎最前列を除き、8点の分解能で計測を行う。最前列については6点の分解能を持っており、歯茎から軟口蓋前部まで計62点 (片側31点ずつ) の電極が配置され、調音動態のデータを計測できる。各電極は幅 1.4mm、厚さ 0.7mm の銀製のもので、各電極に 0.1mm のエナメル線を配線し、そのエナメル線を束にして口角部から外部に引き出すことで口唇を用いる調音にも支障が生じにくいよう工夫されている。

5.1 実験方法と実験結果

実験は被験者4名 (東京方言女性1名、関西方言女性1名、関西方言男性2名) に対し、EPG と口腔用マイクを装着し、刺激語をランダムに5回ずつ発話させる形で行った。刺激語は、直音と拗音およびヤ行子音を持つもののミニマルペアとなる「格・客・気悪」「項・今日・既往・紀要」などを用いている。EPG データは、4名の被験者に対し人工口蓋床を各被験者ごとに用意し、サンプリング周期 10 ms で収集した。この人工口蓋床は山本一郎氏によって調音への負担が最小限になるように開発され、電極位置は被験者間の違いがなるべく出ないように標準化されている。なお、EPG データの収録は、Bluetooth 経由でタブレット端末を用いて行った。

測定結果の例として、軟口蓋音に母音 [o] 音が後続する「項・今日・既往・紀要」における EPG 遷移パターンを図 ?? に示す。図 ?? (a) の「項」における EPG 遷移パターンでは、硬口蓋部分に側面狭窄は全く観察されない。なお図 ?? (a) における EPG パターンの最後列部に「完全」接触パターンが観察されないのは (最後列中央部に抜けがあるのは)、母音が最も後舌となる [o] 音の効果によって、軟口蓋最前列より後方に完全な閉鎖が

起こるためである。これに対し、図 ?? (b), (c), (d) では、いずれも軟口蓋から硬口蓋までの広い範囲で EPG パターンの完全な接触が観察されており、図 ?? (a) の EPG パターンと大きく違う。すなわち、いずれも語頭の子音は硬口蓋化した軟口蓋音 [kʲ] であるといつてよい。

しかし同じ [kʲ] 音といつても、細かな時間遷移パターンを見ると、図 ?? (b), (c), (d) では異なる点も観察される。まず言うまでもなく、「紀要」では EPG の完全接触パターン後に続く硬口蓋部における側面狭窄が長く続く。これは母音 [i] に続いて接近音 [j] が存在している効果である。また、その他に気がつく違いとして [kʲ] 音の完全接触パターンを作るまでの遷移パターンを挙げることができよう。各図における左端付近の EPG 遷移パターンに注目されたい。カ行イ段の子音を語頭に持つ図 ?? (c), (d) では、EPG 遷移パターンの開始部から、硬口蓋部に接触パターンが現れ始めている。これに対しキャ行子音を語頭に持つ図 ?? (b) では、まず軟口蓋部から接触パターンが起り始め、その後に接触パターンが硬口蓋部まで広がっていく。つまり、キャ行子音の [kʲ] 音とカ行イ段における [kʲ] 音は定性的には同一のものと見なせるかもしれないが、実時間遷移という定量的性質としては違いを持ち得る。

この違いは、Fujimura (1992, 2002), 藤村 (2007) による C/D モデルなどでうまく説明が付く。C/D モデルは、母音が調音運動の大局的基底状態を作り、その上に子音が局所的な影響を与えると見なす。カ行イ段の場合なら、母音である [i] 音が大局的な基底状態を成し、その上に局所的に [kʲ] 音の性質が重畳するため、子音は結果的に硬口蓋化すると共に、硬口蓋の性質が音節当初から出現しやすい。一方、キャ行音が [kʲä] あるいは [kʲo] という構造を持っている場合、大局的基底状態は [ä] 音か [o] 音が作るようになるが、頭子音自体が硬口蓋化した性質を持っているため、やはり硬口蓋の性質が音節当初から出現することを予測する。しかし、キャ行音が [kʲä] あるいは [kʲo] という構造を持っている場合には、音節の頭子音が子音連鎖を成しており、その中で硬口蓋子音である [j] 音が先頭にあるわけではないため、音節当初から硬口蓋の性質が出現するとは限らない。その一方で、図 ?? (b) の「完全」接触パターンから舌が離れていく運動を見てみると、軟口蓋部の閉鎖から消失していき、硬口蓋における側面狭窄だけが残っていく運動を観察できる。この調音動態も [kʲä] あるいは [kʲo] という構造を考えると、C/D モデルで説明が付く。

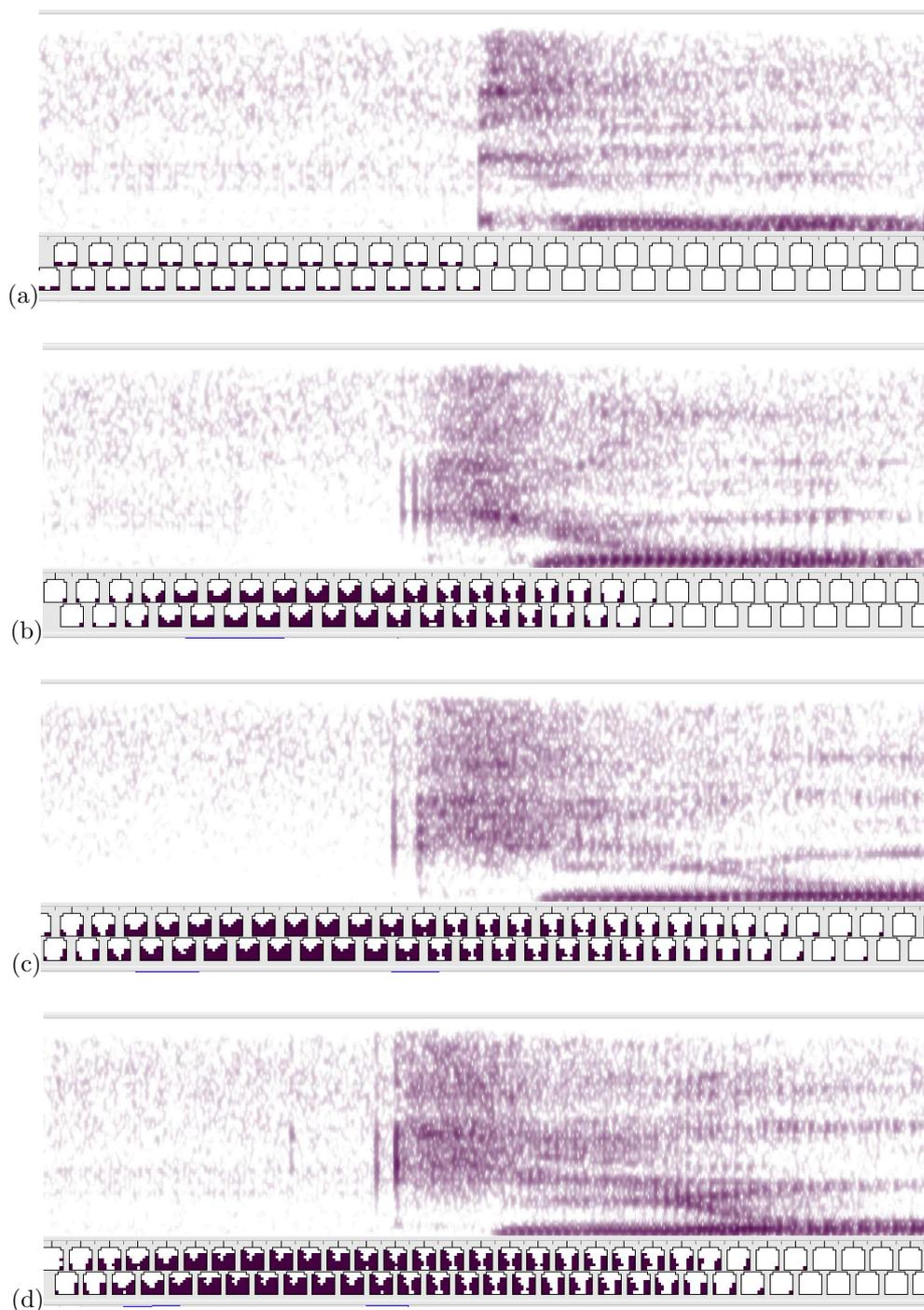


図 11 「(a) 項」「(b) 今日」「(c) 既往」「(d) 紀要」の EPG 遷移パターン

6. 本稿のまとめ

6.1 結語

本研究では、『日本語話し言葉コーパス』を用いた持続時間の研究、およびいくつかの生理学的指標から、日本語の直音と拗音の性質について簡単に検証を行った。対象としたデータが、カ行／キャ行、タ行／チャ行に限られるため、日本語全体における結論を述べることはできないが、これらの対象に限れば、日本語の拗音キャ行は子音連鎖 [kj] (より正確には [kʲ]) の性質を持つと考えるのが最も妥当である。また、日本語の破裂音は厳密には閉鎖音であり、また破擦音は破裂音の変異ではなく、閉鎖+摩擦の子音連鎖である可能性が高い。この結果は、Nogita (2016), Hirayama (2018) の実験結果とも整合性を持つ。

今後の課題としては、他の拗音でも同様の結果が得られるか調査を行う予定である。また、オ音の特異性などについて、C/Dモデルに基づく考察も必要であろう。

6.2 今後の課題

本稿では、持続時間に関しては語中の無声破裂音および無声破擦音を対象としているため、無声摩擦音や有声子音についても同様の検討を行う予定である。また口唇形状については、予備調査の段階で、句頭と語中で大きな違いがあることが分かった。具体的には、句頭の拗音については口唇の水平方向への伸張が強いのに対し、語中では前後に存在する音節の中心を担う母音の影響が強く、拗音の持つ硬口蓋性が口唇形状に与える影響が弱くなっているように観察される。これは、Öhman (1966) の言う Vowel-to-Vowel coarticulation の影響かもしれないし、あるいは句頭と語中では音節の構成が異なっているのかもしれない。この点については、C/Dモデルなどの理論的枠組みを援用しながら実験計画を立てる必要がある。また、本稿中でもいくつかの課題を挙げておいた。今後、こうした問題点を解決しながら、日本語の分節音の性質について明らかにしていく予定である。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (C) 「日本語音声の調音協調運動に関する総合的研究」(2018年度～2021年度, 研究代表者: 松井理直, 課題番号: 18K00597), 基盤研究 (B) 「自閉症を中心とした発達障害児の音韻体系の言語学・音声学的研究」(2018年度～2023年度, 研究代表者: 上田功, 課題番号: 18H00666), 基盤研究

(C) 「失語症者のコミュニケーション能力評価尺度の作成」(2018年度～2022年度, 研究代表者: 森岡悦子, 課題番号: 18K10729), および国立国語研究所プロジェクト「語のプロソディーと文のプロソディー」(プロジェクトリーダー: 窪園晴夫教授) による援助を受けました。また本研究の症例報告に関する倫理審査は、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に基づき、大阪保健医療大学研究倫理委員会での承認(承認番号: 大保大研倫1803)を得ています。

参考文献

- Browman, Catherine and Goldstein, Louise (1992) Articulatory phonology: an overview. *Phonetica*. 49 (3-4): 155-180.
- Fujimura, Osamu (1992) Phonology and phonetics — a syllable-based model of articulatory organization. *The Acoustical Society of Japan (E)* 13(1): 39-48.
- Fujimura, Osamu (2002) Temporal organization of speech utterance: A C/D model perspective. *Cadernos de Estudos Linguisticos, Instituto de Estudos da Linguagem, Campinas* 43: 9-36.
- 藤村靖 (2007) 『音声科学原論—言語の本質を考える』岩波書店, 東京.
- 服部四郎 (1954) 『音韻論と正書法』, 研究社, 東京.
- Hirayama, Manami and Vance, Timothy J. (2018) Onset Cy and High Vowel Devoicing in Japanese. *Journal of Japanese Linguistics* 34(1): 103-126.
- 窪園晴夫 (1998) 『音韻構造とアクセント』, 研究社, 東京.
- 国立国語研究所 (1990) 『日本語の母音, 子音, 音節—調音運動の実験音声学的研究—』, 秀英出版, 東京.
- 国立国語研究所 (2006) 『日本語話し言葉コーパス』
- 前川喜久雄 (2010) 「日本語有声破裂音における閉鎖調音の弱化」『音声研究』 14 (2): 1-15.
- 益子幸江 (2009) 「音声記号」今泉敏 (編) 『言語聴覚士のための音声学・言語学』: 20-36. 医学書院, 東京.
- McCawley, James (1968) *The Phonological Component of a Grammar of Japanese*, Mouton, Hague.

Nogita, Akitsugu (2016) Arguments that Japanese [Cj]s are complex onsets: durations of Japanese [Cj]s and Russian [C^j]s and blocking of Japanese vowel devoicing. *Working Papers of the Linguistics Circle of the University of Victoria* 26(1): 73–99.

Öhman, S. E. G. (1966) Coarticulation in VCV utterances: spectrographic measurements. *Journal of Acoustical Society of America*, 39, 151–168.

齋藤純男 (2006) 『日本語音声学入門』三省堂, 東京.

Vance, Timothy J. (2008) *The sound of Japanese*. New York: Cambridge University Press.

物語の展開から結末を構成する能力の発達 —日本語を母語とする子どもの場合— Development of Japanese Children's Ability to Compose Narratives

稲葉 みどり

Midori Inaba

愛知教育大学

Aichi University of Education

mdinaba@aecc.aichi-edu.ac.jp

概要

本研究では、日本語を母語とする6歳児、7歳児の物語文の構造の発達の特徴を考察した。物語文法(Thorndyke, 1977)を基軸とし、「設定」「展開(起・承・転)」「結末(結)」を考察の柱とし、テキストマイニングにより頻出語彙、共起ネットワークを解析した。その結果、6歳児には、物語の設定、展開一起、承を語る能力の発達、7歳児では、物語の展開の転から結末までを関連づけて語る能力の発達が示唆された。

キーワード：物語構造、統括性、結束性 頻出語、共起ネットワーク

1. 研究の目的と背景

本研究では、子どもの物語文の談話構造の発達について考察する。結束性を備え、主題に沿った統括性のある物語文がどの程度構成できるかは、子どもの認知・言語発達の指標の一つと考えられる。物語(narrative)には、物語文法(story grammar)と呼ばれる典型的な物語の構成要素と関連づけの規則がある。Thorndyke(1977)は、典型的な物語の構成要素とそれらの関係について、「設定(setting)」「主題(theme)」「筋立て(plot)」「解決(resolution)」を提唱した。これは、Rumelhart(1975)の物語スキーマ(story schema)の考えを基にしたものである。

物語スキーマとは、物語の構造や展開に関する知識体系が内面化されたもので、物語の予測や理解、及び、物語を構成する際の心的な道具である。子どもは、物語スキーマを獲得しながら、物語文を発達させていくと考えられる。本研究では、これらを理論的背景として、日本語を第一言語とする6歳児、7歳児の物語文の談話構造の発達過程を探る。特に、物語の展開から結末までを含めた物語全体を形成する能力の発達に着目する。

2. 先行研究

物語を構成する能力は3歳頃から発達し始め、9歳頃には高いレベルに達すると言われている(Berman & Slobin, 1994; Stein & Albro, 1997; Heilmann et al., 2010)。稲葉(2017)では、3~11歳までの子どもの物語文を、発話数、単語数、形態素数、文法発達の観点から分析し、変化の特徴を明らかにした。また、稲葉(2020)では3歳児の発達の特徴、稲葉(2021)では、4歳児、5歳児の特徴を考察した。そこで、本研究では、発達過渡期にあたる6歳児、7歳児の物語文の談話構造について、語彙とその関連性の観点から分析し、発達の特徴を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究では、物語文の構造の発達の特徴を使用語彙とその関連性に注目する。言語資料となる物語文は、文字のない絵本『Frog, Where Are you?』(Mayer, 1969)を用いて収集した作話(各年齢10名)である。考察は、KH Coder 3 (Ver. 3a16; 2019/03/04)を使用したテキストマイニング(樋口 2017)により、頻出語彙の解析、頻出語の共起ネットワークを検出して進める。物語文法(Thorndyke, 1977)の要素「設定」「主題」「筋立て」「解決」を基軸とし、物語構造を「設定」「展開(起・承・転)」「結末(結)」と再構成して考察の柱とする。

Frog Story は、主人公の少年と犬が眠っている間になくなったペットのカエルを探しに森へ出かけ、様々な出来事に遭遇しながら、最後にカエルを見つけて連れて帰るという筋書きである。文字はなく、24ページの絵で構成され、【表1】のような①~⑫の主なエピソードに分けられる。ここでは、物語構造を「設定」「展開(起・承・転)」「結末(結)」のように再構成して発達の考察の指標とした。

【表1】Frog Story の物語構成

| |
|-----------------------------|
| I. 設定(setting) : 時・場所・人物 |
| ①少年と犬が部屋で瓶の中のカエルを見ている。 |
| II. 展(evolution) : 起承転 |
| 起(onset): 発端 |
| ②少年と犬が寝ている間にカエルが瓶を出る。 |
| ③翌朝少年と犬はカエルがいないのに気づく。 |
| 承(development): 目標・計画・試み・行動 |
| ④少年と犬は家の中を探すが見つからない。 |
| ⑤犬が窓から落ちて、被っていた瓶が割れる。 |
| ⑥森へ探しに行き、蜂やフクロウ等と出会う。 |
| ⑦犬は蜂に追いかけられ、少年は木から落ちる。 |
| 転(turn): クライマックス始まり |
| ⑧少年が岩の上で枝を掴み鹿の頭に乗せられる。 |
| 転(turn): クライマックス |
| ⑨鹿が走り出し、少年と犬が崖から池に落ちる。 |
| 転(turn): クライマックス終わり |
| ⑩池の中の丸太の向こうから声が聞こえる。 |
| III. 結末: 結(conclusion) |
| 解決(resolution) |
| ⑪カエル達を見つける。 |
| 後話(response) |
| ⑫カエルを一匹連れて帰る。 |

4. 結果と考察

4.1 使用語彙の考察

使用語彙の解析の結果、6歳児の発話テキストには、段落数331、文数345が確認された。また、総抽出語数は4,789、異なり語数は386であった。この中で、分析に使用される語(助詞や助動詞等のような文章にでも現れる一般的な語が除外された数)として1,604語、異なり語数264が抽出された。

出現回数が多いのは、主人公と登場動物である。主人公の名前の他、「男の子」という言い方のテキストが2件、「子供」が1件あった。「犬」は、「わんちゃん」という語も多く使われているが、両方が混在しているテキストが10件中4件見られた。「犬君」も見られ、3語が混在する場合もあった。これらの使い分けについては、絵描写と客観的叙述の混在、感情移入の有無、幼児

語彙からの脱却等の可能性が考えられる。

カエルを表す語は、「カエル」の他、「カエル君」が登場した。「カエル君」を使っているテキストでは、両者が使い分けられているようであった。探しているカエルは、「カエル君」と言及し、最後に登場したカエルは、「カエル」としていた。この使い分けは、言語的には両方のカエルを区別するためであるが、物語の主題をある程度理解していないとできない。最後の場面(結末-後話⑫)で、少年が手にもっているのが、なくなったカエル(カエル君)なのか、別のカエルなのかは、語り手の想像に委ねられるところで、表現の選択から語り手の解釈が分かる。「子ガエル」「仲間のカエル」等でカエルを区別しているテキストも見られた。以上、6歳児のテキストには、物語の場面や展開のスキーマが次第に形成されてきていることが示唆された。

7歳児のテキストには、段落数331、文数334が確認された。総抽出語数は4,208、異なり語数は426、分析に使用される語の総語数は1,425語、異なり語数311が抽出され、6歳児と比べ、それほど変化はなかった。

【表2】は、7歳児の頻出語リストである。抽出語の出現回数が多いのは「男の子」「犬」「カエル」の主人公等を表す語彙である。テキストはより一般的な語彙で構成され、客観的な叙述の印象を受けるものとなっている。一方で、主人公に固有名を付けるなど、物語を個別のものしようとするテキストも見られ、多様な語りのスタイルの萌芽が見られた。

語彙全体を見ると、物語のメインラインを語るのに必要な動詞(「見る」「落ちる」「出る」「呼ぶ」「乗る」)、主人公の思考や心理を表す動詞「言う」「怒る」「びっくり(する)」「思う」の使用頻度が高い。出来事や状況を表す動詞「覗く」「起きる」「掴まる」「揺らす」「舐める」等は、6歳児より出現回数が減少している。「朝」「夜」等の時間的な設定を表す語彙、「上」「下」「後ろ」等の空間を表す語彙も減少している。また、出現回数5回以上には、6歳児では、62種類の語彙が見られるが、7歳児では、48種類の語彙に収束している。

以上から、7歳児のテキストは、主題やメインラインに沿って主人公等の行動や遭遇する出来事を中心に進められ、その背景となる状況の詳細や主題から少し離れた出来事等は割愛されている。結果、メインラインがより浮かび上がる印象になっている。これは、物語文法の獲得や物語スキーマの発達の兆しと捉えられる。

【表 2】7歳児の頻出語リストー上位 49 語(最小出現数が 5 回以上)

| 順位 | 抽出語 | 出現回数 | 順位 | 抽出語 | 出現回数 | 順位 | 抽出語 | 出現回数 |
|----|-------|------|----|-------|------|----|------|------|
| 1 | 男の子 | 128 | 18 | 犬君 | 11 | 35 | 吠える | 7 |
| 2 | 犬 | 105 | 19 | 呼ぶ | 10 | 36 | 崖 | 6 |
| 3 | 見る | 53 | 20 | 乗る | 10 | 37 | 角 | 6 |
| 4 | カエル | 48 | 21 | 追いかける | 10 | 38 | 捜す | 6 |
| 5 | カエル君 | 45 | 22 | 怒る | 10 | 39 | 走る | 6 |
| 6 | 言う | 30 | 23 | びっくり | 9 | 40 | 達 | 6 |
| 7 | 鹿 | 30 | 24 | 探す | 9 | 41 | 落とす | 6 |
| 8 | 瓶 | 27 | 25 | 持つ | 8 | 42 | ワンワン | 5 |
| 9 | 木 | 26 | 26 | 寝る | 8 | 43 | 割れる | 5 |
| 10 | 蜂 | 25 | 27 | 窓 | 8 | 44 | 叫ぶ | 5 |
| 11 | 落ちる | 25 | 28 | 帰る | 7 | 45 | 今度 | 5 |
| 12 | フクロウ | 21 | 29 | 行く | 7 | 46 | 子供 | 5 |
| 13 | 蜂の巣 | 20 | 30 | 思う | 7 | 47 | 襲う | 5 |
| 14 | トーベイ君 | 18 | 31 | 石 | 7 | 48 | 入る | 5 |
| 15 | 出る | 16 | 32 | 登る | 7 | 49 | 嗅ぐ | 5 |
| 16 | 穴 | 14 | 33 | 逃げる | 7 | | | |
| 17 | おーい | 11 | 34 | 頭 | 7 | | | |

4.2 共起ネットワークの分析

頻出語彙がどのように結びついているかを見ることにより、物語の構成の特徴を考察する。KH Coder を用いて出現パターンの似通った語を線で結んだネットワーク図を作成し、語と語のつながりを可視化した。

6歳児の共起ネットワークには、物語の展開の「起」「承」部分に相当する関連語の連鎖(サブグラフ)が検出された。特に、「承」にあたる部分の構成要素に多くの連鎖が見られた。よって、物語の設定、展開一起、承の部分語る力の発達が示唆された。しかし、物語のクライマックスである転の部分から結末に繋がる部分の構成には至っていなかった。

次に、7歳児の頻出語彙がどのように結びついているかを考察する。7歳児の共起ネットワーク(【図 1】)には、物語の展開の「起」「承」の部分に相当する関連語の連鎖だけでなく、「転」のクライマックスから、「結」に至る部分への連鎖が検出された。よって、7歳児には、物語の展開の転から結の部分までを関連づけて語る力の発達が示唆された。

サブグラフを【表 1】に示した①～⑫のエピソードと照らし合わせて、テキストの構成を見る。【図 1】を見ると、10語以上の大きなサブグラフがいくつか見られ、多くの場面が関連づけられていることが分かる。

まず、「男の子」「犬」を中心とした 12 語からなるサブグラフを見る。これは、大きく二つの要素から成る。

「蜂」「追いかける」「襲われる」を含む連鎖は、展開一

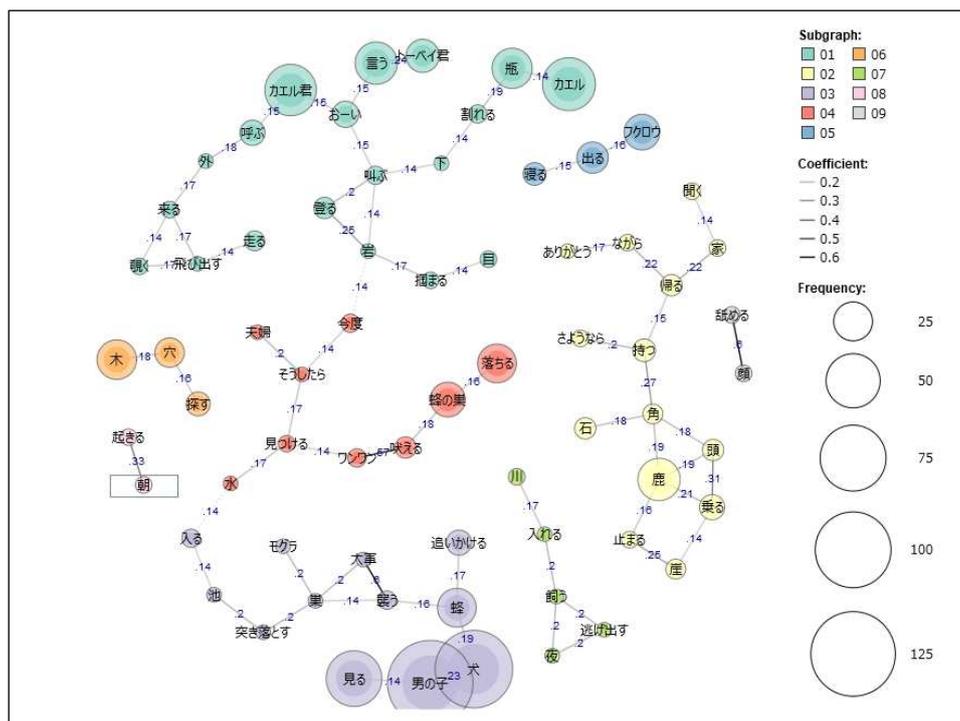
承⑦を表している。また、この中の「突き落とす」「池」「入る」の連鎖は、展開一転⑨のクライマックスの部分の一部を表している。

「鹿」を中心とした 13 語のサブグラフは、角より下半分は、展開一転⑧のクライマックスの始まり、⑨のクライマックス、⑩のクライマックスの終わりを表している。「持つ」より上半分は、結末(結)一解決⑪と後話⑫を表している。そして、「角」と「持つ」間にはエッジがあり、展開一転のクライマックスから結末(結)へと繋がっていることが見て取れる。

また、「蜂の巣」「落ちる」を含む 9 語から成るサブグラフを見ると、展開一承⑥⑦の行為がカエルの夫婦を見つけるという結末(結)一解決⑪にあたる部分に関連付けられている。

「カエル」から「叫ぶ」に繋がる連鎖は、展開一承⑤を表し、「カエル君」「呼ぶ」「おーい」を中心とした 10 語の連鎖は、展開一承⑥を表している。そして、これらは、「登る」「岩」「掴まる」という展開一転①のクライマックスの始まりに連鎖している。

よって、7歳児のテキストでは、物語の展開一転のクライマックスの 3 つの部分構成され、それが結末へと導かれていると言える。このことから、7歳児には、物語の展開の転から結の部分までを関連づけて語る力が発達してきているが示唆される。



【図1】7歳児の頻出語の共起ネットワーク

5. ディスカッションと課題

以上の結果を先行研究(稲葉, 2020; 稲葉, 2021)の結果と合わせてみる。3歳児では、物語の場面の個々の出来事を捉える能力が芽生え、4歳児では、場面毎の出来事を表現する能力が発達する。5歳児では、物語の主人公や登場動物の行動や出来事をより詳しく捉え、さらに複数の場面を関連づける能力が発達する。6歳児では、主題に沿って物語を展開していく能力の発達が見られる。7歳児では、物語の転回から結末へと導く能力が芽生えてくると考えられる。すなわち、はじめに局所構造が構成され、年齢が上がると共に局所構造を関連づけ、物語の全体が構成されていくと考えられる。

内田(1996)は、幼児の物語理解は、全く事象の関連づけができない段階からバラバラの事象をことばの上で関係づけて統合することができる段階へ進み、その後統括性のある物語を語れるようになり、さらに回想や夢のシーンを構成できるようになるとしている。この発達は、3歳頃から5、6歳頃の間としている。本研究においても、概ねこの主張と類似の結果となった。

本研究では、使用語彙とその関連から6歳、7歳児の発達過程を考察したが、文法、形態素等の言語形式の観点からの分析も必要である。また、8歳児以降の発達過程の分析の課題である。

参考文献

- [1] 樋口耕一(2017).「言語研究の分野における KH Coder 活用の可能性」『計量国語学』31-1, 36-45. 計量国語学会.
- [2] 稲葉みどり(2017).「日本語の物語文における言語知識の発達過程の考察—発話数・単語数・形態素数・平均発話長の解析—」『教科開発学論集』5, 23-32. 愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻.
- [3] 稲葉みどり(2020).「物語文の萌芽—3歳児の Frog Story の分析から—」『愛知教育大学教職キャリアセンター紀要』4, 91-98.
- [4] 稲葉みどり(2021).「物語文における4歳児・5歳児の発達に見られる特徴—Frog Story の分析から—」『教科開発学論集』8, 23-32. 愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻.
- [5] Mayer, M. (1969). Frog, where are you? New York: Dial Press.
- [6] Stein, N. L., & Albro, E. R. (1997). Building complexity and coherence: Children's use of goal-structured knowledge in telling stories. In M. G. W. Bamberg (Ed.), Narrative development: Six approaches (pp.5-44). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- [7] Thorndyke, P. W. (1977). Cognitive structures in comprehension and memory of narrative discourse. Cognitive Psychology, 9, 77-110.
- [8] Rumelhart, D. E. (1975). Notes on a schema for stories. In D. G. Brown & A. Collins (Eds.), Representation and understanding: Studies in cognitive science. New York: Academic Press.
- [9] 内田伸子(1996).『子どものディスコースの発達』風間書房.

ゼミ(少人数)教育を通じた自己主体感の醸成

— 学生一人ひとりにあったインフォーマルコミュニケーションの模索 —

佐山 公一

小樽商科大学

Kohichi Sayama (sayama@res.otaru-uc.ac.jp)
Otaru University of Commerce

アブストラクト

大学のゼミにおける大学生の主体的な学習活動を測定する質問紙を作成した。ゼミ組織を会社組織のようなものと仮定し、会社組織における主体的活動に関する文献を参考にし、質問を考えた。質問調査を Web 上で行った。探索的及び確認的因子分析を行い、質問の妥当性を検証した。対面、遠隔、対面・遠隔の両方のいずれでゼミ活動を行ったかにより参加者をグループ分けし、回答の違いを分析した。遠隔中心のゼミであると、ゼミの現状把握、目標設定が不明瞭になることが示唆された。

Keywords 少人数教育,ゼミナール,インフォーマルコミュニケーション,対面授業,遠隔授業

本研究の目的は、少人数教育（ゼミナール、以下ゼミと呼ぶ）に、大学生がどの程度、あるいはどのように主体的に関わっているかを測る心理尺度を開発することである。

日本の大学が一齐に遠隔授業（リアルタイム、オンデマンド動画）を始め、同時にその教育効果の検証も行ってきている。IR コンソーシアムによる、複数大学の数万人の大学生を対象とした調査（IR コンソーシアム 2020 年度基礎集計結果）によれば、一般的な大学生の傾向として、大学の立地や規模などとは無関係に、自習時間の増加、通学時間や通学機会の減少、クラブ・サークルの参加時間の減少などが、共通する傾向としてあげられている。日本の大学生は、よく勉強するようになった一方で、学生どうし、学生と教員との間のインフォーマルなコミュニケーションの時間を減らしている。

これまで大学生は大学に行って授業を受け、そのついでに（逆の場合もあるが）サークルやクラブに参加していた。コロナ禍の中、大学に行く機会が少なくなった結果、サークルやクラブ活動に充てる時間が少なくなり、インフォーマルな人間関係を作る機会を減らした。

自習時間が増えたことが動因となり、大学での勉強そのものに対する関心は逆に高まったと

言えるかもしれない。卒業後に役立つ勉強もしつつ、インフォーマルなコミュニケーションの機会を増やしたいと考える大学生が増えている可能性がある。ゼミはこうした大学生の需要を満たす。サークルやクラブ活動よりも（対面または遠隔で行う）ゼミが大学生活の中心になりつつある。

ゼミは、ゼミの学生や教員が主体的に関わる場所に、大人数授業との違いがある。メンバーがゼミの運営そのものに関わることもできる。そこで本研究では、自己主体感、すなわちゼミの大学生がゼミ活動をどの程度自分のこととしてとらえているかを測る尺度を開発し、ゼミ教育の効果測定に使うことを試みる。

ゼミは必ずしも対面で行う必要はない。e-ラーニングの多くの先行研究によれば、知識の定着度という点では、対面のゼミも遠隔のゼミも差がない、とされる。とすれば、ある程度の回数、対面でゼミを行いインフォーマルなコミュニケーションを行ってれば、毎回対面でゼミを行う必要はなく、リアルタイムの遠隔授業の形式でゼミを行うこともできる。本研究では、対面のゼミを受けたか、遠隔のゼミを受けたかさらには、その両方（以下、両方の場合をハイブリッドと呼ぶ）の区別を、対面や遠隔で受けた頻度に関する事前の質問として用意しておき、

対面、ハイブリッド、遠隔の違いでグループ分けし、回答の違いを分析する。

主体的に授業に関わること、に関する過去の文献は、大学生の大人数授業を想定した論文（鈴木・岡田，2019）、小・中学生を対象にした論文（浅海，1999）があるのみであった。そこで、会社組織に社員が主体的に関わることにに関する書籍（コナーズ・スミス・ヒックマン，2009）を参考にして、ゼミ活動に主体的に関わるための質問を作ることにした。ゼミ活動の主体性を、卒業して会社に入ったときの主体性と同じと考える。会社組織のメンバーとしての主体性を、ゼミの評価指標にする。教員をグループリーダーまたは社長、学生を社員に置きかえる。コナーズ・スミス・ヒックマン(2009)の中で指摘されている、主体的に動く社員の活動の4つのレベルに合わせ、4種類の質問を考えた（**材料**の項目に個々の質問文がある）。最初の種類の質問は、所属するゼミの現状認識、すなわち（他のゼミに比べて）自分のゼミの活動はどのようであるか、に関する以下の質問である。2番目は、ゼミ活動に当事者意識があるか否かであるに関する質問である。3番目は、ゼミで何か解決の難しい問題が生じたとき、どのように解決しようするかに関する質問である。4番目は（メンバーとしてまたはゼミ組織として）主体的なゼミ活動を続けるにはどうしたらよいかに関する質問である。

コナーズ・スミス・ヒックマン(2009)は、もともと会社組織の社員の自己主体感を高めることを目的として書かれており、本研究の質問は、この本の内容を参考にし、ゼミ活動の状況を想定して作った。なかには、ゼミ活動にはあまり関係のない質問もあるかもしれない。確認的因子分析を行うことで質問の信頼性、妥当性を確認する必要がある。その次に、ゼミの対面/遠隔の回数、大学生の属性やニーズなどに応じて、自己主体感がどのように変わるかを、共分散構造分析の多母集団の同時分析を行って調べてみる。

ゼミの運営は、学部、学科、教員の方針や個々の大学生の参加態度によって個別的な違いがあるかもしれない。そこで、ゼミに対して大学生一人ひとりが個人的に感じていることを、質問とは別に、自由記述の形で具体的に回答してもらうことにした。自由記述を集計し、テキ

ストマイニングを行い、大学生がゼミに対してどのように関わっているかをより具体的に探ってみることにした。まず、所属するゼミで、個々の大学生が達成したい目標や解決したい問題は何かを、具体的に記述してもらった。次に、所属するゼミやゼミの活動をよくするために、あなたがやるべき課題は何かを、できるだけ多く書いてもらった。

方法

参加者 大学生 353名であった。

質問紙 最初に、ゼミを対面、ハイブリッド、遠隔のいずれで受講したかに関する質問を置いた。

次に、ゼミの主体的活動に関する4種類の質問を作った。最初の種類の質問は、所属するゼミの現状認識、すなわち（他のゼミに比べて）自分のゼミの活動はどのようであるか、に関する以下の質問であった。『自分ひとりではできないこともゼミでならできる。』『ゼミ生どうしの関係をもっと密にする必要がある。』『ゼミ生が協力しあえばよい結果を出すことができる。』『ゼミで自分のやるべきことがはっきり分かっている。』『誰かがやってくれると考えて、自分のゼミ活動を先のばししがちである。』

2番目の質問は、ゼミ活動に当事者意識があるか否かであるに関する以下の質問であった。『他のゼミ生の行動に問題があると感じたら、率直に相手に伝えるべきである。』『ゼミ活動に問題を感じたら、自分の認識と他のゼミ生の認識が同じかどうか確かめるべきである。』『ゼミ活動中にうまくいかないと感じたら、自分に他にできることはないか考えるべきである。』『自分とは異なる視点を持つ人の意見は積極的に聞くべきである。』『何か分からないことがあったら、さまざまな角度から理解しようとするべきである。』

3番目は、ゼミで何か解決の難しい問題が生じたとき、どのように解決しようするかに関する以下の質問とした。『解決に結びつきそうな物事すべてに注意を払うべきである。』『自分から率先して問題を追究し、解決策を探すべきである。』『思いもよらない解決策があるかもしれないので、他のゼミ生や他者との関わりを広げるべきである。』『解決することを第一に考

え、自分にできることはないか考える。』

4番目は（メンバーとしてまたはゼミ組織として）主体的なゼミ活動が続けるにはどうしたらよいかに関する以下の質問であった。『積極的にゼミ活動をすれば、もっとゼミ活動をしたいと思えるようになる。』『ゼミの中で自分の果たす役割を、自分からきちんと理解すべきである。』『ゼミの中で果たす役割を、きちんと理解するよう他のゼミ生に働きかけるべきである。』『ゼミの活動として実行すべきことは、リスクをとってでもやり遂げるべきである。』『自分の目標やゼミ全体の目標に今どのくらい近づいているか、たえず確認すべきである。』『どんなに困難な状況に陥っても、自分の目標やゼミ全体の目標を絶対に達成しようとすべきである。』

手続き 調査参加者は、掲出期間中に、著者の所属する大学の LMS（学習マネジメントシステム）マナバを使い、Web 上で質問に個別に回答した。

参加者は、ゼミという授業形態やゼミ活動をどのように感じているかに調査である、と説明される。参加者は、調査時点（2021年2月、後期終了時）でゼミに所属しており、調査時点まで所属していたゼミについて答えるよう言われる。

参加者はまず、対面、ハイブリッド、遠隔のいずれの形式でゼミに参加したかを質問される。選択肢は、順に、“対面でのゼミ受講が中心だった。”、“対面と遠隔が組み合わさった方法でゼミ受講を行った。”、“遠隔でのゼミ受講が中心だった。”となっていた。

次に、参加者は、所属したゼミに関する 21 の質問をされる。回答の選択肢は、いずれも、左から順に“とてもそう思う”、“そう思う”、“どちらでもない”、“そう思わない”、“まったくそう思わない”となっていた。まず、ゼミ活動の現状や印象について、続いて、参加者は、自分とゼミとの関わりに関する質問をされる。さらに、ゼミで難しい問題が起こったとして、どのように解決すべきかに関する質問に答える。最後に、ゼミに積極的に関わるために何が必要かに関する質問に回答する。

用意された質問に回答した後、所属したゼミでのゼミ活動に関して参加者一人ひとりが個別に感じていたことを、自由記述の形で、書いてもらった。まず、所属したゼミで達成したかった目標は何かを書いてもらった。次いで、ゼミ活動をよりよくするために必要なことは何かを書いてもらった。

結果と考察

【ゼミをどのようなものにとらえているか】

調査参加者が、ゼミをどのようなものにとらえているかを可視化するため、自由記述のテキストマイニングを行い¹、自由記述の中に出現した単語を、出現傾向の近い単語どうしを色分けして示した。

まず、質問 22『今あなたが所属するゼミ

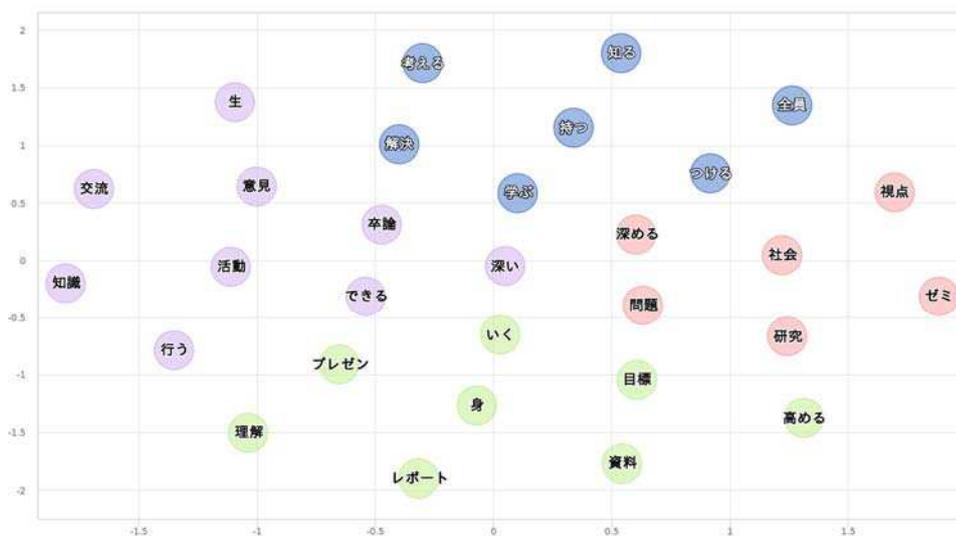


図1a 質問22『今あなたが所属するゼミで、あなたが達成したい目標や解決したい問題は何でしょうか?』に対する自由記述のテキストマイニング。

¹ 複数の属性をもつデータを2次元平面上にプロットし可視化するアルゴリズム t-SNE を用いた。

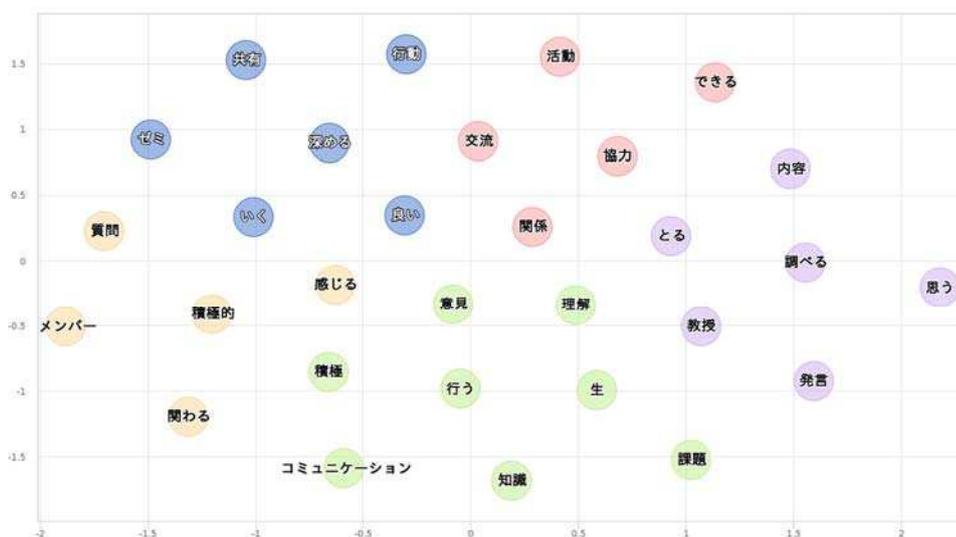


図1b. 質問23『あなたの所属するゼミやゼミの活動をよくするために、あなたがやるべき課題は何でしょうか?』に対する自由記述のテキストマイニング。

ミで、あなたが達成したい目標や解決したい問題は何か?』と、ゼミで、メンバーであるゼミ生が個人的に解決したい課題を訊いた(図1a)。テキストマイニングの結果、卒論を楽しく作成する、全員で学んで問題を解決する、研究を社会的な視点から深める、プレゼンやレポートを通して理解を深め、目標を目指す、といったことが読みとれた。

質問23『あなたの所属するゼミやゼミの活動をよくするために、あなたがやるべき課題は何でしょうか?』では、ゼミで、ゼミ生がゼミやゼミ活動をより良いものにするために必要な課題を訊いた(図1b)。テキストマイニングの結果、メンバーがゼミをどのような方向に持って行きたいかについて、行動の共有、協力や交流、積極的に関わる、積極的なコミュニケーション、といった方向性が読みとれた。

【主体性に関する探索的および確認的因子分析】

21の質問に対し、探索的因子分析(共通性SMC, 反復主因子法, エカマックス回転)を行った。スクリー基準にもとづき、6因子を抽出した。累積寄与率は45.6%であった。

6因子との相関(因子負荷)がいずれも.40に満たない質問を次の確認的因子分析では削除し

た。削除した質問は、質問8『ゼミ活動に問題を感じたら、自分の認識と他のゼミ生の認識が同じかどうか確かめるべきである。』および質問9『ゼミ活動中にうまくいかないと感じた時、自分に他にできることはないか考えるべきである。』であった。

共分散構造分析ソフトAmosを使って、確

認的因子分析を行った。結果を図1に示す。適合度はきわめて良好であった(AGFI=.927, CFI=.968, RMSEA=.039)。

6因子を解釈し、図1の上から順に、『現状と目標を認識する』、『何ができるかを考える』、『多様性をみとめる』、『意思疎通をはかる』、『当事者意識をもつ』、『相乗効果を得る』と名づけた。この解釈の結果は、質問を作成するために参考としたコナーズ・スミス・ヒックマン(2009)の内容とよく似ていた。ゼミ活動における主体性と会社組織における主体性との間に一貫性が認められた。

【対面と遠隔の比較】対面、ハイブリッド、遠隔でグループ分けし、因子平均にグループ間で違いがあるかを調べた。対面中心と答えた参加者は75名、ハイブリッドと答えた参加者は90名、遠隔中心と回答した参加者は188名であった。結果を表1に示す。

『現状と目標を認識する』因子で、対面と遠隔との間に5%水準で有意な差が認められた。遠隔中心の授業では、自分がどのようなゼミに所属し、何を目標にして行動すればよいのか分りにくくなる可能性をこの結果は示唆している。

『何ができるかを考える』因子、『相乗効果を得る』因子で、ハイブリッドと遠隔との間に5%の有意差が見いだされた。有意差の生じた理由ははっきりしないが、ハイブリッドでは、教

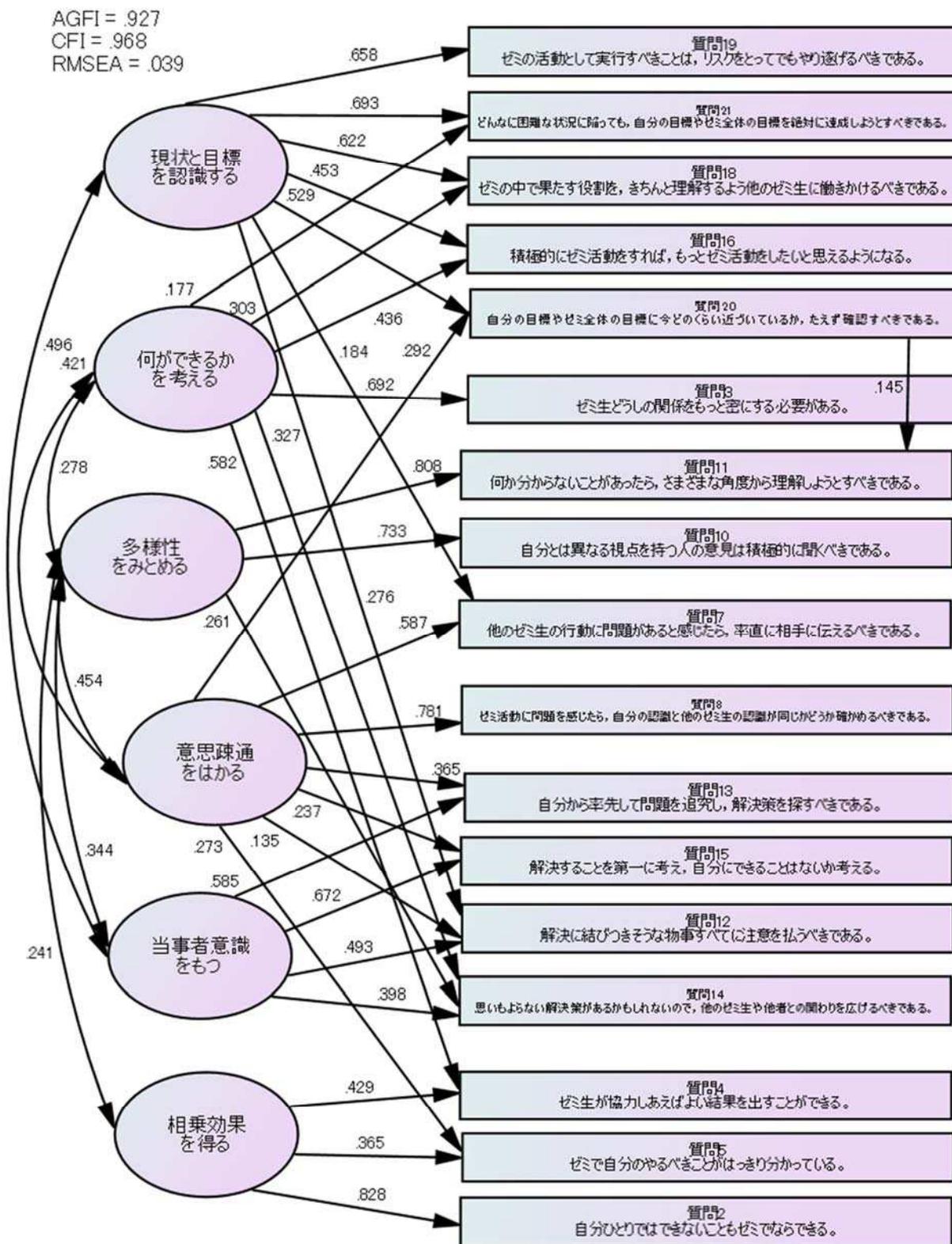


図2. ゼミ (少人数教育) に主体的に関わる主体性の要因の確認的因子分析

員や所属学生の都合で、対面で行うか遠隔で行うかを定める。このことが、ゼミ生どうしの活

表1
授業形態（対面、ハイブリッド、遠隔）の違い
因子平均の比較

| 因子 | 因子平均 | | | z 値 | | |
|------------|------|--------|------|--------|--------|--------|
| | 対面 | ハイブリッド | 遠隔 | 対面 | 対面 | ハイブリッド |
| | | | | ハイブリッド | 遠隔 | 遠隔 |
| 現状と目標を認識する | .000 | .156 | .290 | 1.076 | 2.088* | 1.438 |
| 何ができるかを考える | .000 | -.060 | .041 | 1.544 | 1.192 | 2.458* |
| 多様性をみとめる | .000 | .024 | .117 | .282 | 1.561 | 1.352 |
| 意思疎通をはかる | .000 | .001 | .041 | .013 | .943 | 1.072 |
| 当事者意識をもつ | .000 | .025 | .057 | .434 | 1.036 | .656 |
| 相乗効果を得る | .000 | -.032 | .192 | .238 | 1.581 | 2.065* |

註). 対面の因子平均を0と置いた。z値は、2つの因子平均の間の差を示す。* $p < .05$ 。z値は、大きな因子平均から小さな因子平均を引いた差を示す。

表2
授業形態（対面、ハイブリッド、遠隔）の違い
『現状と目標を認識する』因子から質問へのパス

| 因子 | パス | パス係数 | | | z 値 | | |
|------------|--|-------|--------|------|--------|--------|--------|
| | | 対面 | ハイブリッド | 遠隔 | 対面 | 対面 | ハイブリッド |
| | | | | | ハイブリッド | 遠隔 | 遠隔 |
| 現状と目標を認識する | 質問19 ゼミの活動として実行すべきことは、リスクをとってでもやり遂げるべきである。 | .280 | .667 | .728 | 2.133* | 2.748* | .387 |
| 現状と目標を認識する | 質問21 どんなに困難な状況に陥っても、自分の目標やゼミ全体の目標を絶対に達成しようとするべきである。 | .760 | .700 | .678 | .166 | .453 | .346 |
| 現状と目標を認識する | 質問18 ゼミの中で果たす役割を、きちんと理解するよう他のゼミ生に働きかけるべきである。 | .311 | .511 | .731 | .617 | 2.933* | 3.129* |
| 現状と目標を認識する | 質問16 積極的にゼミ活動をすれば、もっとゼミ活動をしたと思えるようになる。 | -.024 | .236 | .553 | 1.433 | 3.716* | 2.722* |
| 現状と目標を認識する | 質問20 自分の目標やゼミ全体の目標に今どのくらい近づいているか、たえず確認すべきである。 | .565 | .523 | .516 | .587 | .494 | .185 |
| 現状と目標を認識する | 質問7 他のゼミ生の行動に問題があると感じたら、率直に相手に伝えるべきである。 | .050 | -.005 | .263 | .333 | 1.623 | 2.195* |
| 現状と目標を認識する | 質問12 解決に結びつきそうな物事すべてに注意を払うべきである。 | .132 | .383 | .248 | 1.532 | 0.837 | 1.039 |

註). * $p < .05$ 。z値は、大きなパス係数から小さなパス係数を引いた差を示す。

動をかえって消極的にしてしまうのかもしれない。

対面中心でゼミを受けたグループの因子平均と遠隔中心のグループの因子平均との間に有意差の認められた『現状と目標を認識する』因子について、因子から質問へのパス係数を、対面、ハイブリッド、遠隔の間で比較した。結果を表2に示す。

『現状と目標を認識する』因子から質問へのパス係数の中で、質問19、質問18、質問16へのパス係数が、対面、ハイブリッド、遠隔の順に大きくなっていることが見てとれる。これらは、対面と遠隔との間に5%水準の有意差が認められる。また、質問19は対面とハイブリッド、質問18と16はハイブリッドと遠隔との間にも5%の有意差が見いだされている。

加えて、質問7は、対面とハイブリッドの間にパス係数の差はないが、遠隔のパス係数が他の2つに比べ大きくなっている。ハイブリッドと遠隔との間には5%の有意差が見られる。

遠隔のグループが他のグループよりもパス係数が数字の上で大きくなっているのは、質問19、質問18、質問16、質問7ということになる。

質問19はリスクをとって行動する、質問18はゼミ生の役割を伝えること、質問16は、積極的なゼミ活動、質問7は、ゼミの問題を伝えることであり、こうしたゼミ活動はいずれも、対面やハイブリッドに比べ、遠隔の状況では実行しにくいように思われる。

質問紙調査を行ったタイミングが、ゼミが終わる時点であったので、遠隔中心でゼミを受けたグループは、こうした行動が十全にできず、リスクをとるべき、積極的に行動すべき、などと強く感じたため、結果として、これらの質問の回答に影響した、と説明できるかもしれない。

総合的考察

コナーズ・スミス・ヒックマン(2009)では、会社が業績不振に落ちいったとき、私の責任ではない、私の仕事ではないとか、などといった被害者意識に社員がとらわれていることが不振の原因である、とされている。本研究の結果は、こうした会社組織において生じる問題がゼミ活動

でも起こりうることを示している。ゼミ活動を単に単位をとるため、自分に割りあてられた課題だけやっていたらよい、という態度で臨めば、他者との協業にメリットをゼミ生が見いだすことはできず、ゼミ教育の意義はなくなるであろう。

自分に割りあてられた仕事以外は、自分のやるべきことではない、という考えに、とらわれているかどうか、まずゼミ生が気づく。教員は気づくように促す。そしてゼミ生一人ひとりが、今所属するこのゼミで何ができるかを考える。ゼミがどのような状況にあるかを自分のこととして考える。自分が果たすべき役割は何か、ゼミ生どうしがどのような責任を共有すべきか、を考える。こうしたプロセスをゼミ生一人ひとりがたどることで、より良いゼミ活動をゼミ生が行うことができるようになる。本研究で提案された質問の多くは、ゼミ活動の現状、問題の把握、解決のプロセスをうまくとらえることができるように思われる。

本研究の自由記述の結果は、ゼミ生がゼミ生どうしのコミュニケーションを通して、一人では成し遂げられないことを、ゼミの中であれば(ゼミ活動であれば)達成できると考えているように見受けられた。

本研究の調査に参加した学生の所属する大学の場合、成績がよければ自分の望むテーマのゼミに行くことができるシステムになっている。ゼミ教育の内容も、教員が比較的自由に決められるようになっている。

大学によっては、ゼミ生の選定を、学生番号などによって機械的に振り分ける場合もあるかもしれない。また、とくに理系の大学では、ゼミ教育がカリキュラム化されていて、ゼミ生どうしの協業がそもそも起こらない場合もあるかもしれない。とはいえ、ゼミを運営する教員の意識次第で、自分の受け持つゼミの学生の主体性を促すことが可能であることを本研究は示唆している。

引用文献

- 浅海健一郎(1999). 子どもの「主体性尺度」作成の試み. 人間性心理学研究 17(2), 154-163.
- IR コンソーシアム(2021). IR コンソーシアム会員

校 2020 年度基礎集計結果（北海道大学高等教育
機構主催，IR 合同シンポジウム資料）。

ロジャー・コナーズ, トム・スミス, クレイグ・ヒ
ックマン(2009). 主体的に動く アカウンタビリ
ティ・マネジメント. 伊藤守 (監訳), 花塚恵 (訳)
東京：ディスカバー・トゥエンティワン.

鈴木賢男・岡田齊(2019). 大学生の学業生活におけ
る満足と主体性との関連性の検討：発達を考慮
した主体性尺度の必要性を探る. 人間科学研究
(文教大学人間科学部) , 第 41 号, Pp.163-172.

物語生成論による自閉スペクトラム症の支援 —「見立て」から「たとえ話」へ— Supporting Autism Spectrum Disorders with Narratology —From “metaphors” to “parables”—

青木慎一郎[†]
Shin-ichiro Aoki

[†]岩手県立大学
Iwate Prefectural University
midorigi@iwate-pu.ac.jp

要旨

ASD 者の情報選択特性をナラトロジーの観点から検討した。ASD 者はコミュニケーションにおいて物語の論理展開の分岐・選択には注目しない。分岐・選択の少ない要約に親和性がある。「見立て」「たとえ話」は構造が異なる要約である。「見立て」は結論に至らず想起継続となり支障が出る。「たとえ話」は論理展開があり他者と共有が可能で想起継続を止め得る。また、現実と離れた表現であり、状況と距離を置けるので支援に活用できる。物語生成論によるシステム化が期待される。

キーワード：ASD の想起継続、ナラトロジー、論理展開の分岐・選択、見立て、たとえ話、物語生成論

はじめに

自閉スペクトラム症（以下 ASD）者やその認知行動傾向のある成人の物語生成論を活用した支援を行ってきた（青木 2017, 2018a, 2018b, 2019, 2020）。なお、ASD という診断名はスペクトラムであり、定型者（定型発達者）との線引きが明確ではない。診断は相対的なものであるため、それを受けていないが支援が必要な方も対象とする。

ASD 者の認知行動傾向について、その情報選択に特性があることは既に取り上げられている。しかし、それがどのような特性なのかについては、「・・・ができない」という否定形によってしか語られていない。本論では、ASD 者が「どのように情報選択をしているのか」を「想起の継続」を対象として検討した。「想起の継続」は後述のように「タイムスリップ現象」に近いものと思われる。成人の場合は、否定的な感情によるストレスがあるという問題だけではない。否定的な感情がない例でも学習や仕事を停滞させてしまうことが多くみられる。

ここでは、コミュニケーションにおける物語の論理展開における分岐と、そこでの情報の選択について検討した。ASD 者は、分岐・選択の場面には注目しないことがある。また、ASD 者は分岐・選択が無い・少ない「見

立て」「たとえ話」に親和性を有する。この二点を取り上げた。この二つともが ASD 者にとっては自然な（無意識の）ことである。

本論では物語の内容や解釈の多様性ではなく、形式や構造といういわば設計図の分析を対象とする（橋本, 2014, p21）。支援としての「たとえ話」は異なる解釈の提案ではない。「見立て」とは構造が異なるのである。

1. 自閉スペクトラム症者の「見立て」と「たとえ話」

ASD 者の中には要約した表現の「見立て」や「たとえ話」が会話に出てくる方がおられる。また、それ以上に他者の要約表現に影響を受けることが多い。ずいぶん前の話だが、こんな経験がある。ある学生が先生から引用元の不記載を「それでは小保方さんだぞ」と叱責されたという。怒った表情で、大きな声だったらしい。学生はこの言葉について思い出し続け、どうい場合に引用が許させるのかも考え続けていた。この場面についての、先生はあなたを叱咤激励していたのかもしれない、多少の時節柄の冗談も入っていたかもしれないという可能性は、異なる解釈の提案にすぎず、受け入れてもらえなかった。後述の良い「たとえ話」の提案ができていれればと思う。ASD 者はこれが他の選択をも考えるべき分岐の場面としては注目しないようである。

このような選択の可能性を考える場面が、物語の論理展開の分岐・選択が関係する「驚き（ギャップ）」の状況である。これに定型者は分岐・選択として自然に反応することが多い。また、後述の「見立て」も「たとえ話」も論理展開の分岐・選択が無い・少ないことから ASD 者は自然に親和性を持つ。

これから述べる「見立て」「たとえ話」に近い概念として、アナロジーとメタファーがある（嶋, 2020）。香によれば「(アナロジーとメタファーという) 二つの概

念の定義は論者によって異なる」ようであり、ここでは臨床的な観点から、「見立て」「たとえ話」の二つで表現した（香, 2020）。「見立て」は辞書的には、あるものをそれと似た別のものでも示すことであり、「富士山に見立てた富士塚」というような縮減した要約的なものである。また、後述するが「俳諧であるものを他になぞらえて句をつくること」という使われ方もする。一方の「たとえ話」は辞書的には、ある事柄を理解できるようにするために、他の事柄に置き換えて説明するものとされる。本論では、「見立て」と「たとえ話」は両者とも「喩え」といえる要約的な情報選択であり、上述の論理展開の分岐・選択が少ない点に着目した。ASD者は要約的な情報選択に自然な親和性が高い。そのうち、論理展開（因果関係、起承転結）の無いものを「見立て」、それがあるのが「たとえ話」とした。また、「見立て」は感覚にもとづくことが多い。

「たとえ話」の典型的なものは「昔話」や「民話」だろう。これらは比較的少ない論理展開で結論に至る。また、登場人物は現実感に乏しく、擬人化された動物という場合さえあるため距離をおいて見ることができる。小方は物語生成システムに取り込む対象の一つにあげている（小方, 2019）。小野他が物語生成論としてのシステム化としても取り上げており、その意味でも後述のように理解や支援の手段としての可能性がある（小野他, 2019①②）。

ASD者の「見立て」と「たとえ話」の例を表に示した。「見立て」の中には「喩え」ではなくそのままに近いものもあるが、その場合はきっかけとなった発言者の表情、口調、音としての強さ等が影響していると思われる。

表1 「見立て」の例

| | |
|---|---|
| 1 | 君は「言葉のキャッチボールができない」と言われ思い出し考え続ける |
| 2 | 毎年、暑くなると体調を崩すのを上司から「小学生の夏休み」と言われたのを考え続ける |
| 3 | ミスに対して「二度目は無い」と言われて、この言葉と自分のミスを思い出し続ける |
| 4 | 適任ではないと思い異動を希望したら「あなたとかみ合うところはない」と言われ気にする |
| 5 | 上司の自分へのぶっきらぼうな口調に不快感を持ち続ける。口の上手い同僚には優しい口調 |
| 6 | 上がらない職階名を「能力が低いことの喩えだ」と「職階名」について考え続ける |

表1の「見立て」はこれをきっかけに否定的な想起が継続した例である。そうではない、否定的ではなく肯定的な想起が続くこともあり、また影響の少ない「見立て」も多い。そして、「見立て」には、やや的外れなものもある。例えば、病院で投与された眠気の強い薬を、本人には病院を非難する意図は全くないのだが「麻薬」と表現する。あるいは、職場で孤立している状況を「陸の孤島」と表現するなどである。

表2の「たとえ話」は、表1「見立て」に番号が対応しており、想起の継続が終わるために有効だった例である。「見立て」には有効な「たとえ話」が出てくるとは限らない。また、そういう役割のない「たとえ話」も多い。

表2 「たとえ話」の例

| | |
|---|--|
| 1 | 「キャッチボールを続けていけばウニでも棘がとれてくる」という言葉で楽になる |
| 2 | 「若葉マークなんです」と上司に話したところ不快感が薄らいだという |
| 3 | 「自分で自分を苛めているんだね」という言葉に救われたという |
| 4 | ゲームを引用した「魔法使いなのに武力で戦わなければならない職場」で楽になった |
| 5 | 「ジャイアンとのび太とスネ夫みたいだ」と話され楽になったという |
| 6 | 「自分が自分の毒親だ」の言葉で自分の能力を否定する気持ちが和らいだという |

ところで、定型者も特定状況では、この「見立て」を行っている。その例として「見立て」という言葉が、実はそれから参照した俳句がある。俳句については、例えば「夏草や兵どもが夢の跡」の「夏草」のような感覚的な要約をきっかけとして想起（新田の「語りかけ」による「読者の想像力」）を継続してもよいのである。新田によれば、「俳句の語る物語は、必然的に読者の想像力による補完に依存することとなる」「俳句はその成り立ちからして、完結性の欠如した不完全な語りである」「継続する開かれた語りかけがある」。後述の「驚き（ギャップ）」も俳句による（新田, 2019）。

ところが、俳句の場合には、このように想起を続けてもよい状況であることを示す合図がある。つまり、「5、7、5」という形態、「や」「かな」というような「切れ字」等の想起を延々と続けてよいという約束事の合図が存在する。ASD者では、「見立て」のきっかけは存在する

のだが、それが定型者とは異なり、他者と共有可能な合図がない。定型者における俳句の場合の「夏草」のような「見立て」をしてしまうため、「たとえ話」のように論理展開により終わることができず想起が継続する。物語が終わるには結論が他者と共有される必要があるからである。

これは三者関係以上の会話で起こりやすい。ちなみに、二者関係の会話も苦手な ASD 者が多いが、二者関係であればその都度相手に確認することができるという利点を述べる ASD 者がおられる。これは、コミュニケーションにおける論理展開の分岐にあたって情報を選択するヒントを得るとのことだろう。

ところで、上述の継続する想起には不安や罪悪感などのマイナス感情を伴う場合がある。このような想起の継続はこれまでも、「タイムスリップ現象」として取り上げられてきた。杉山は、タイムスリップ現象について、「自閉症スペクトラム障害の児童、成人が遙か昔のことを突然に想起し、あたかもつい先ほどのことのように扱う」ことで「(ストレス障害の)フラッシュバックと同様、想起というより再体験である」と述べている。定型者でもこれに類することはあるが、成人の ASD 者では、上述のように想起にはなんらかの契機場面が存在する場合もあった。それは、後述のように感覚特性に関係した言葉、及びそれが既存の要約的認識の否定になっているという驚きがある。既存の要約的認識の書き換えを要求されていることは感じるため、想起はすぐに終わることはできずに続いてしまう。そのため学習や仕事に支障をきたす。「想起の継続」とはこのような現象である。この想起では、不安や罪悪感のような感情を単に過去の事として思い起こすのではなく、眼前の事のように再体験し続け現時点に影響を及ぼす。定型者にも抑うつ気分の反芻思考と呼ばれるものがある。それとの違いは ASD 者の場合は、幼小児期より継続した傾向で一時的ではないこと、苦痛の程度に比較して社会生活への支障の程度が高いことが挙げられる。想起の継続にはマイナスの感情を伴わない場合もあり、「なぜかそうなるんです」「本能みたいなんです」と笑いながら話されたこともある。

2. 手記による「見立て」の検討

①綾屋(2008)の手記より

詳細については公表された ASD 者の手記を参照する。ASD の診断を受けている綾屋(2008)は、「当事者研究」として自身の心理内面を詳しく記述している。例え

ば、車いすを使う友人が引っ越し際に、一緒に不動産屋に行った場面がある。これは、ASD 者が困難を感じる三者関係である。三者以上の関係は選択すべき情報量が多い。引っ越し先を求めたところ、不動産屋の「妙に優しい感じ」「焦っている表情」「曖昧な返事」等の表情や動作という感覚を伴う言葉、及びそれが後述の既存の要約的認識の否定になっているという驚き(意外性、ギャップ)となる。定型者にとっては、コミュニケーションにおける論理展開の分岐・選択の場面である。これを契機として友人に対する「差別的な視線」という要約をする。これも正しいのだが他者との共有を求めれば後述のようは他の要約も選択肢となるだろう。ASD 者には視覚情報優位の方もおられることから「差別的な視線」のような要約を「見立て」とよぶこととする(以下、図1参照)。想起の継続が始まったのは、綾屋の当該の友人に対する自身の「私の障害体験を繊細にわかってくれる恩人」という論理展開を有する既存の要約的認識と矛盾したからである(綾屋, 2008, pp. 115-116)。

上述のように、ASD 者による「見立て」は、そのきっかけに感覚の感性が関与していると思われる。また、論理展開による結論に至らず、俳句のようにそれが始まるきっかけに約束事もないため他者との共有ができない。さらに、当該の友人に対する自身の要約的認識と矛盾して不安になる。書き換えを要求されていることは感じるため、「見立て」との間で混乱し「私の従来のキャラが分からなくなる」という不安な想起の継続が始まってしまう(綾屋, 熊谷 2008, p. 109)。

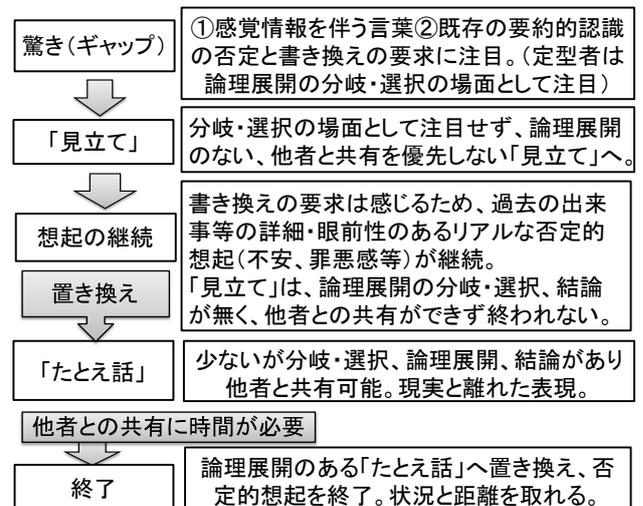


図1 ASD者の「見立て」「たとえ話」「置き換え」

これを自身で「不安に結びつくまとめあげ方をしている」と表現している（綾屋, 熊谷, 2008, p. 90）。ここで強調しておきたいのは、「差別的な視線」という「見立て」には論理展開による「結論」が無いということだけでなく、他者との共有ができないために既存の要約的認識の書き換えが要求されていると感じてしまう点である。そのため、「差別的な視線」という「見立て」の後には想起が続くのである。

綾屋が述べる「シュトコー」がこの「想起の継続」をよく示している。『私ってダメな人間だ』『価値がない』という思考回路が始まる。ここにたどり着くと、あとは延々とその回路がとまらず、出口なく、ぐるぐると回りつづけることになる。この終わりのないぐるぐると走らされる回路のことを、<シュトコー（首都高）>だと喩えている（綾屋, 熊谷 2008, p98）。この時点で「シュトコー」は「苦悩と絶望」とされており状況と距離を置けてはいない。しかし、「否定的な考えが続くのはシュトコーだ」という論理展開があり、現実と離れた表現でもあり、後述の「たとえ話」の構造・設計図は満たしている（綾屋, 熊谷 2008, p100）。「たとえ話」にも必要なもう一つの要素については後述する。

②ドナ・ウィリアムズ(1994)の手記より

ドナ・ウィリアムズの手記にも「見立て」による「想起の継続」の典型的な例が表されている（Williams, D., 1994, p74）。ドナの弟トムの「笑いなよ、ハッピーになりな（笑えば幸せになれる）」という言葉は、「ニッと笑いかけながら」という感覚情報を伴っていた。「口元は笑いながら、瞳は笑ってない」「『不思議の国のアリス』に出てくるチェシャ猫が「見立て」となっている。そして、「かっとう頭が熱く」なり次のような想起が継続する。「たとえ嫌悪でいっぱいになっていようと、笑顔でいろと教えられ続けた」という幼小児期の辛い体験を想起し続ける。そして、「笑顔でいろ」と「言われた通りにする陰で自分たちのしていることを正当化した」大人たちのことを思い出す。ドナが幼小児期に「想像を絶するほどの体験」をしていることが記されている（Williams, D., 1992, p286）。そして、「昔の記憶がとめどなくよみがえってきて、私は怒りに震えた」となる。さらに、パニックから過換気を起こしてしまう。これはトムの発言が自身の「笑っていても幸せではなかった」という既存の要約的認識を否定するものだったからである。ドナ・ウィリアムズにとっては、トムも同じ幼小児期の体験から「笑顔でいろ」に対する嫌悪を共有しているはずだという既存の認識を否定されたこと

も予想される。既存の要約的認識の書き換えを要求されていることは感じているのである。

「想起の継続」には過去の出来事もおそらく出現しており、不安や罪悪感などのマイナス感情を伴う場合が多い。このような「想起の継続」が上述の「タイムスリップ現象」の一つの表れと思われる。他にも、ドナ・ウィリアムズが授業中二人一組になるように指示されたが、取り残された状況を「まるで一人だけ伝染病にかかっているかのよう」と述べているのも「見立て」だろう（Williams, D., 1994, p99）。

3. 「たとえ話」の ASD 者支援可能性

①綾屋紗月の手記より

綾屋の手記は続く。時間がたった後で、綾屋（2008, p118）は「間違っているのは差別的まなざしだ」と要約する。これは、「間違っている」という結論のある要約であり、それゆえ他者との共有がある程度は可能である。「差別的な視線」との違いは論理展開があり結論に至るところである。この共有可能な要約によって「差別的な視線」から始まった不安をとまらぬ想起の継続を止めることができた。

「見立て」を止めることができれば、実際には後から出てきた「間違っているのは差別的まなざしだ」という要約がこの場面で直ぐに可能だったかもしれない。そして、この要約は、「車いすを使う友人」との間ばかりでなく、おそらく不動産屋も分かっている少しは共有できる要約だろう。つまり、綾屋の「差別的まなざし」は論理展開がない「見立て」であったが、「間違っているのは差別的まなざしだ」となって他者にも共有可能性のある要約、つまり結論のある論理展開となったのである。これは、時間がたってから、自身で置き換えたものである。しかし、想起の継続を止めることができたとしても、否定的な感情から距離をとれているとはいえないので、「概説」とした。これと区別した後述の「たとえ話」は現実の対象から離れた表現である（表3）。

もっと早い段階で、状況から距離をとれるような幅広く他者との共有可能な要約を作るための支援ができないだろうか。「差別的な視線」という当初の「見立て」は一つの事実と思われるが、定型者はこの情報だけを選択するとは限らないだろう。この場面では、たとえば不動産屋にも多少はある「謝罪」の気持ちや、「商売上の損得を重視した」という情報もあり得る（青木, 2021）。そして、これらの情報を取り上げれば他の分岐・選択も可能となるかもしれない。

それが「たとえ話」なのだが、後述のように困難が伴う。「見立て」を「たとえ話」に置き換えるためには、相互のコミュニケーションによって発見するということが求められる。上記の表2の「たとえ話」は偶然の産物でもある。そのような前提のもとに控えめにこの不動産屋の「たとえ話」を提案してみよう。この人は、おそらく差別を強く主張することはしないだろう。そして、周りと対立したくない、責任を取りたくない、逃げ道を用意しようとする「志の低い官僚みたいな人だ」ではどうだろうか(表4)。

表3 見立て、概説、たとえ話

| 見立て | 概説 | たとえ話 |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 並列的情報の想起が論理展開・結論無し の状況で継続する | 論理展開が有り想起は終了するが現実に即した表現のため、距離を取れない | 論理展開が有り終了し、現実と離れた表現で、距離を置いて見ることができる |

表4 可能性としての「たとえ話」の例①

| 見立て | 概説 | たとえ話 |
|--------|----------------|---------------|
| 差別的な視線 | 差別的まなざしが間違っている | 志の低い官僚みたいな人だ? |

上述のように、綾屋(2008)は「シュトコー」という喩えをしている。「シュトコー」は、否定的な感情が「延々と出口なく、ぐるぐると回りつづける」ことで、それを「首都高」に喩えている。綾屋は「シュトコー」の他にも「夢侵入」「ヒトリ反省会」「ヒトリタイワ」「したい性」「エイエンモード」等の多くの喩えを記述している(綾屋,熊谷2008)。

「シュトコー」については、後日この手記に関する座談会の中で、この手記を「読んでくれた友達が『今日は家に帰ったらシュトコーだね』とか、ちょっと冗談まじりに言ってくれることがあったりして、そういうことがあると、しんどさに違いはないのだけど、自分自身のしんどさに没入するだけじゃなく、ちょっと俯瞰で見られるポジションもできたかな、という感じがあります」と述べている(綾屋他,2019p40)。これは「シュトコー」のような「たとえ話」が現実と離れた表現であることや論理展開があるというだけでなく、それが他者と共有できることが重要であることを示している。「確認作業を、2人でいねいにやってきました」というよ

うに、「シュトコー」は熊谷と2人の共作と思われる(綾屋他,2019p38)。その意味でも、本論の支援のための「たとえ話」の例と言わせてもらえればありがたい。共有できる場の重要性はこの座談会でも指摘されている。「たとえ話」が「話」になるためには他者との共有が条件なのである。また、後述のように支援が有効となるには他者との共有の確認のための時間が必要だということをも示しているのではないだろうか。

②ドナ・ウィリアムズの手記より

上述のドナ・ウィリアムズの手記でも、「笑いなよ、ハッピーになりな」(笑えば幸せになれる)という言葉が「ニッと笑いかけながら」という感情情報等を伴いチェシャ猫という「見立て」となっていた。これから始まる「想起の継続」は、弟のトムの本当は、全部、覚えているよ(笑っていても幸せでなかった)という「概説」で、トムも同じく経験した幼児期の辛い体験を認めさせる論理展開となり終わっている。その時、トムは「冷淡で、それでいて傷つきやすそうな表情」であった(Williams, D., 1994, p77)。ドナ・ウィリアムズ本人の自分の弟に対する発言への後悔も伝わってくる。この場合も、想起の継続は終わっているが、否定的な感情から距離をとれているとは言えないだろう。この状況に対しての「たとえ話」の可能性はあるだろうか。正解だとはもちろん言えないが、あえて「たとえ話」を提案してみる。「笑いなよ、ハッピーになりな」は結果である笑いを幸せになることの原因にしようとしている。「交番が増える地域に犯罪が増える(逆の因果関係)みたいだ」という「たとえ話」を考えてみた(表5)。

表5 可能性としての「たとえ話」の例②

| 見立て | 概説 | たとえ話 |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 笑いなよ、ハッピーになりな(笑えば幸せになれる)+チェシャ猫 | 本当は、全部、覚えているよ(笑っていても幸せではなかった) | 交番が増える地域に犯罪が増える(逆の因果関係)みたいだ? |

また、ドナ・ウィリアムズは辛い対人関係に適応するために、幼いころからキャロルとウィリーという分身を想定し、一定の行動様式をとることによって乗り越えようとしている(Williams, D., 1994, p14)。幼児期の強い葛藤状況とはいえこれが解離性同一性障害とは考えにくい。これらも要約、「見立て」としての「役」と考えられる。その後「かつてのキャロルは、ついに、

現実を生きている本物のドナ・ウィリアムズの一部になった」という「たとえ話」により距離をとる論理展開となっている (Williams, D., 1994, p151)。

因みに、私が知っている方の中には地域の劇団や大学のサークル劇団に所属している方たちが少なくとも3人はおられる。彼らは一様に「人とのコミュニケーションは苦手だが台詞がきまっている役を人前でやることは好きだ。アドリブはできないが・・・」と話す。また、二次創作であれば小説や漫画を書いている方も知っている。これらは、いずれも論理展開における複数の情報からの分岐・選択を要求されることが少ないため自然な親和性があるものと思われる。

ドナ・ウィリアムズの場合、このような他者との共有可能な要約として、しかも否定的感情から距離をおける「たとえ話」が、少なくともこの手記を書く段階においては多く見られる。「以前、わたしは、『世の中』とは、一人一人に服を作って着せる職人のようなものだと思っていました。そうして、たまにぴったりとは合わない服ができてしまっても、それを着せられてしまう人も出てくる」(Williams, D., 1994, p92)。同じクラスの女性から「皆とは違っているんじゃない？」と聞かれて「わたしは、これから発生する場所を捜しているひとつの文化だ」と答えたというのもその例だろう (Williams, D., 1994, p97)。

4. ナラトロジーからみた ASD 者の情報選択の特性と物語生成論による支援

①物語の論理展開における分岐・選択

本論ではコミュニケーションにおける物語を検討する。橋本はナラトロジーの観点から「物語の時間」について、「論理的にありうる選択肢のうちの一つが実現すること」が時間であり、また「登場人物は次の行動の選択をせまられる」とブレモンを引用して述べている。また、バルトがこの物語における「分岐」を「物語の危機」と呼んでいることも紹介している (橋本, 2014, p38-39)。

バルトは「物語空間を埋める補足的な性質」のある物語の構成要素を「触媒」としている。おそらく「見立て」もこの一部だろう。この「触媒」に「枢軸機能体」を対比させて、「枢軸機能体」は「因果的な二者択一を開始する」ものとしている (Bartes, R1961)。物語における「因果的な二者択一を開始する」という「枢軸機能体」の分岐・選択は、ナラトロジーによる物語の形式や構造の観点によるものである。こうして、本論ではコミュニケーションにおける物語の形式・構造である「物語の論

理展開における分岐・選択」を取り上げた。

②ASD 者のコミュニケーションにおける物語

ASD 者のコミュニケーションにおける情報選択に特徴があることは指摘されてきたことである。しかし、ASD 者は、コミュニケーションにおいて物語を作ることができないわけではない。コミュニケーションの困難を物語が作れないことと同一視するべきではない。つまり、彼らのコミュニケーションの内容は物語としての論理展開あるいは因果関係として理解できる。

精神医学の観点からは、コミュニケーションの論理展開 (因果関係) は発生的了解という概念で検討する。この観点では、ASD 者のコミュニケーションは発生的了解可能であり正常となるので、情報選択の特徴を示すことはできない。しかし、状況にそぐわない場合があるのはなぜだろうか。それを、上述のように情報の選択肢を多数保持しなければならない分岐・選択の課題と考えれば設計図レベルでの相違という理解ができるし対策も考えられるのである。

③ASD 者の物語における分岐・選択

本論では、ASD 者の学習や仕事の妨げとなっている「想起の継続」について検討した。前述のように ASD 者は、感覚特性を背景とした言葉と既存の結論のある要約的認識を否定されたことが「驚き (ギャップ)」となる。ASD 者は上記の二つの情報そのものに注意が向いて「見立て」に注目してしまう。その状況が分岐・選択の場面であることには注目しない。その理由は、敏感性も関与していると思われるが、コミュニケーションにおける物語の論理展開において、分岐・選択をする場面では多くの選択肢、つまりその場限りの多くの情報を保持して対応することが必要となることも関係するだろう。このような情報保持の特徴は、おそらくワーキングメモリーが長期記憶に比較して相対的に低いためと思われる。したがって、一方で分岐・選択が終了した、その場限りではない情報を多数保持することは得意だという側面もあり、それが「想起の継続」の継続量にも関係すると考えられる。

ASD 者では、このように「驚き (ギャップ)」が契機となり「見立て」から過去の出来事も含めた詳細で眼前性のある不安・罪悪感等の「想起の継続」が始まる。ただし、想起の継続は否定的なものばかりではない。先に進まないことでは同じように困るのだが「アイデアが次々に出てきて夢中になってしまう」という場合もある。このように想起が継続してしまうのは、分岐において自然に「見立て」を選択し、論理展開を他者と共有で

きない方向に進むからである。

④「たとえ話」への置き換えによる支援

上述のように想起の継続は、「見立て」の「たとえ話」への置き換えによって止めることができる(図1)。それは、「たとえ話」は論理展開が他者と共有可能な要約であるため想起を終えることができるからである。さらに、「たとえ話」は現実と離れた表現であり、詳細・眼前性がなく状況との距離を置くという効果もある。実際に、ASD者は時間を要するのだが「たとえ話」によって不安の想起継続を抑えられる場合があった(表2, 手記を参照)。重要な点は、「たとえ話」が「見立て」とは構造が異なるものであり、異なる解釈の提案ではないという点である。

もちろん、この「たとえ話」を視野に入れた支援というのはASD者に限ったことではない。定型者にも有効であり、「童話療法」という心理療法さえもある(蘭, 2008)。定型者の場合も、「童話」が自分の状況から距離を置くことの利点を活用していると思われる。ASDという診断がスペクトラムであり、定型者との線が引けるわけではないことから考えれば当然だろう。ASD者の場合は上述のように「たとえ話」が論理展開の分岐・選択を要求することが少ないことから親和性があり比較的有効性が高いという程度の差だろう。

⑤支援における物語生成論によるシステム化

とはいえ、実際には上述の手記にあるように「たとえ話」ではなく、「概説」となってしまう場合も多い。「見立て」との置き換えが可能な、いわばフィットする「たとえ話」は個性が強くて支援者が探そうとしても難しいことが多い。効力を発揮するには他者との共有の確認のため時間を要するというのも多い。このように、支援者の案が良いとは限らないので、ASD者が探すのを補助するという関与のしかたが有効と思われる。そして、支援する側は多くの「たとえ話」を用意しておく必要がある。この点からも支援においては物語生成論によるシステム化が期待できる。まず、「見立て」のきっかけとなる「驚き(ギャップ)」のシステム化が検討されている。(小野・小方, 2021)。論理展開の分岐・選択において複数の選択肢情報を提供し補助するシステムも可能かもしれない。しかし、より有効なのは、例えば昔話を参照した「たとえ話」を用意して提案するというシステムだろう。そして、システム化はこの議論自体の検証にもなるだろう。

おわりに

ASD者の情報選択の特性をコミュニケーションにおける物語の構造である論理展開の分岐・選択から検討した。以下に要約する(図1)。

ASD者は、①感覚情報を伴う言葉があり、②既存の要約的認識が否定され書き換えを要求されていると感じる「驚き(ギャップ)」の場面では、おそらく感性が関与してこの二つの情報そのものに自然に注意が向き「見立て」の契機となる。つまり、ASD者は論理展開における分岐・選択の場面としては注目しないのである。この場面で定型者は分岐・選択の場面として注目する。

「見立て」は論理展開による分岐・選択、結論がないため他者と共有を優先しないものである。しかし、ASD者も書き換えを要求されていることは感じる。そこで、共有による結論に至らないため、過去の出来事の詳細・眼前性のある否定的な想起が継続することになる。これは、少ないが結論のある他者との共有可能な要約である「概説」「たとえ話」への置き換えで終わることができる。

ASD者は分岐・選択が少ない「概説」「たとえ話」にも自然に親和性がある。このうち、「たとえ話」は「概説」とは異なり現実と離れた表現で状況との距離を置く作用があり、状況を客観視できる(表3)。他者との共有には時間が必要だが、この論理展開のある「たとえ話」への置き換えで否定的な想起を終了することができる。このような、状況と距離を取れることを意識した支援が有効である。

この際に作り出す「たとえ話」は、「見立て」とは構造・設計図が異なるものであり、異なる解釈の提案ではないという点が重要である。この支援において、物語生成論による論理展開の分岐・選択における複数の情報提供をすること、あるいは例えば昔話を参照した「たとえ話」の提案のシステム化の可能性もある。そのシステム化はこの議論の検証ともなるだろう。

文献

- [1] 青木慎一郎(2017)学習困難とストーリー生成. 日本認知科学会第34回大会発表論文集. OS18-81.
- [2] 青木慎一郎(2018a)職場での自閉スペクトラム症に関する医師・他職種連携—「心理社会的動機」と「般化」の視点から— 第25回日本産業精神保健学会 発表抄録集
- [3] 青木慎一郎, 小方 孝, 小野淳平(2018b)ASDに見られる認知パターンと物語生成-「驚き」に注目して- 日本認知科学会第35回大会発表論文集 sP1-49
- [4] 青木慎一郎(2019)物語生成における「見える要素」から「見えない要素」への転換を促すメカニズム『日本認知科学会第36回大会発表論文集』. OS03-1.

- [5] 青木 慎一郎、小方 孝、小野 淳平(2020)物語生成論による自閉スペクトラム症の理解 2020 年度日本認知科学会第 37 回大会 P-135 日本認知科学会第 37 回大会発表論文集 pp842-849
- [6] 青木慎一郎(2021)物語受容における「ストーリー」と「背景」への注目 ―物語生成論による自閉症スペクトラム症の理解―小方孝編著 ポストナラトロジーの諸相 pp245-266 新曜社
- [7] 蘭香代子(2008)童話療法：「物語」と「描画」による表現療法 誠信書房
- [8] 綾屋紗月・熊谷晋一郎 (2008). 『発達障害当事者研究——ゆっくりていねいにつながりたい』医学書院.
- [9] 綾屋紗月・熊谷晋一郎・川本英夫 (2009) Cross Talk 当事者研究 『ゆっくりていねいにつながりたい』を読む 看護学雑誌 73 卷 3 号 pp34-49
- [10] Bartes,R (1961) Introduction A L'analyse Structurale Des Recits 花輪光沢(1979) 物語の構造分析序説 p17 みすず書房
- [11] 橋本陽介(2014) ナラトロジー入門 プロップからジュネットまでの物語論 水声社
- [12] 新田義彦 (2019) 俳句における美意識について. 『日本認知科学会第 36 回大会発表論文集』, OS03-2, 433-435.
- [13] 小方孝 (2018) 物語と人間／社会／機械. 小方孝・川村洋次・金井明人『情報物語論——人工知能・認知・社会過程と物語生成』(pp.19-44), 白桃書房
- [14] 小方 孝(2019) 日本の物語論・文学理論の物語生成システムへの取り込みに向けて 2019 年度日本認知科学会第 36 回大会発表論文集 p446
- [15] 小野淳平・伊藤拓哉・小方孝 (2019①) 昔話のモチーフのプログラム化とモチーフ構造の比較. 『人工知能学会第 2 種研究会ことば工学研究会資料』. 61, 51-62.
- [16] 小野淳平・小方孝・伊藤拓哉 (2019②) 昔話のモチーフを物語生成へ利用するための基礎研究. 『2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) 論文集』. 1F2-NFC-1-05.
- [17] 小野淳平・小方孝(2021) 物語自動生成ゲームにおける驚きと物語―驚きに基づくストーリー生成のためのギャップ技法― 小方孝編著 ポストナラトロジーの諸相 Pp99-130 新曜社
- [18] 杉山登志郎 自閉症の精神病理 The Japanese Journal of Autistic Spectrum 2016, Vol.13-2, p8
- [19] 嶋大樹 関係フレーム理論からみたメタファー 心理臨床科学 Doshisha Clinical Psychology: Therapy and Research 2020, Vol. 10, No. 1, Pp. 39-52
- [20] Williams, D. (1992). Nobody Nowhere. Times Book: Times Book. (河野万里子 (訳)(1993). 『自閉症だったわたしへ』新潮社.
- [21] Williams, D. (1994). @Somebody Somewhere: Breaking free from the world of autism@. Times Book: Times Book. (河野万里子 (訳)(1996). 『ころという名の贈り物——続・自閉症だったわたしへ』新潮社.
- [22] Williams, D. (2004). @Everyday Heaven: Journeys beyond the stereotypes of autism@. Jessica Kingsley. (河野万里子 (訳)(2015). 『毎日が天国——自閉症だったわたしへ』明石書店.
- [23] 香春 メタファーにおけるアナロジーと類似性の機能について 中部哲学会年報 51 卷, p89-106, 2020

比喩生成を応用したキャッチコピー作成支援システムの提案 Support System for Catchphrase Generation Applying Metaphor Generation

呉 航平[†], 寺井 あすか[†]

Kohei Kure, Asuka Terai

[†] 公立ほこだて未来大学

Future University Hakodate

g2121019@fun.ac.jp

概要

キャッチコピーにおいてよく使われている修辞技法として比喩があることが指摘されている。本研究ではキャッチコピーにおける比喩に着目し、キャッチコピーにおいて対象となる語を被喩辞、キャッチコピーにおいて強調したい特徴を特徴語とみなすことで、比喩生成を応用したキャッチコピー作成支援システムを提案した。また、先行システムと提案システムの比較を通じ、キャッチコピー生成における比喩生成機構の有効性を示した。

キーワード：キャッチコピー生成, 比喩生成

1. はじめに

近年、SNSの普及やネット広告等の増加により、世の中の情報量が急激に増えている。その中で、一言で商品の長や伝えたいことを表現するキャッチコピーの需要は高まっており、書籍の表紙やCM等の日常のさまざまな場面で使用されている。キャッチコピーの作成は、強調したい特徴を定めたうえで様々なアイデアを出し、それを文章にまとめ上げる活動であり、創造的思考を要する。

創造的思考の基礎要素として概念結合があり、2つの概念の融合による創造的思考を含む言語表現として比喩が存在する。比喩生成の計算論的アプローチを試みた研究としては北田ら [1] や中条ら [2] のものがあり、これらの研究では被喩辞（喩えられる語）と特徴語（喩えられる語が持つ性質や特徴）から喩辞（喩える語）の推定を行う。

また、キャッチコピーにおいてよく使われている修辞技法として比喩があることが指摘されており [3]、比喩表現と意味の重ね合わせを用いたキャッチコピー生成システムの構築が行われている [4]。しかし、このシステムはキャッチコピーテンプレートにおける動詞を比喩表現に変更するものであり、キャッチコピーにおいて強調したい特徴について考慮されていない。

そこで、本研究ではキャッチコピーにおける比喩に着目する。キャッチコピーにおいて対象となる語を被喩辞、キャッチコピーにおいて強調したい特徴を特徴語とみなし、比喩生成を応用したキャッチコピー作成支援システムを提案する。

本研究では、はじめに、連想に基づくキャッチコピー生成の先行システム [5] の連想部を比喩生成モデルに置き換えることで、比喩生成に基づくキャッチコピー作成支援システムとしてキャッチコピーで使用する語句を提案可能なシステムを構築する。次に、提案システムと先行システムとの比較を通じて、キャッチコピー生成に対する比喩生成の影響を検討する。

比喩生成に基づく提案システムと連想に基づく先行システムの最も明確な違いとして比喩生成に基づくシステムでは喩辞の評価 [6] を行う。

2. 比喩生成に基づく提案システム

比喩生成に基づく提案システム（以下「提案システム」という。）の概要を図1に示す。ここで、関連語はキャッチコピーにおける生成対象に最も関連が高く、キャッチコピーの主語、特徴語は関連語が持つ特徴、喩辞は対象語を喩える語である。

システムへの入力には映画のあらすじであり、出力は関連語とランキングされた喩辞のリストである。システムの出力は「（関連語）は（喩辞）だ」「（喩辞）の（関連語）」「（喩辞）のような（関連語）」といったキャッチコピーとして使用することを想定している。

関連語と喩辞はそれぞれ名詞1語とし、特徴語は動詞・形容詞・形状詞に加えて、以下の普通名詞に限定する。

- サ変可能, 形状詞可能, サ変形状詞可能

システムの中身は大きく分けて、前処理、キーワード抽出、喩辞生成の3つのステップがある。まず前処理では、ユーザが入力した映画のあらすじを取得し、あらすじの内容語集合を取得する。次にキーワード抽

出では、関連語候補と特徴語候補 5 語をユーザに提示する。ユーザはそこからそれぞれ一語を選択し、それらを関連語、特徴語とする。最後に喩辞生成では、抽出した関連語と特徴語から喩辞候補を生成し、喩辞の評価に基づくランキングを行う。

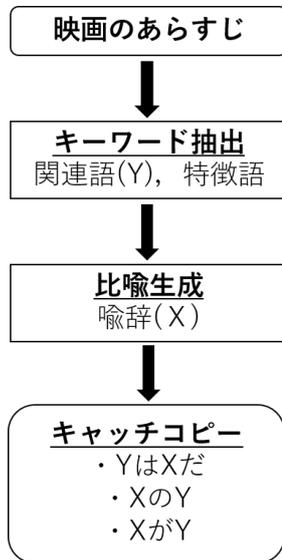


図 1 提案システムの概要

2.1 前処理

入力された映画のあらすじをキネマ旬報社が運営する KINENOTE[7] から取得した。このあらすじを形態素解析することで意味のある品詞のみを取り出し、あらすじの内容語集合とする。

この時、あらすじには丸括弧の中に俳優名が示されている場合があるため、その場合は丸括弧ごと俳優名を除去する。また、310 件の日本語ストップワードが記載されている Slothlib[8] を用いて、ストップワードを除去する。

2.2 キーワード抽出

以下のスコア r を利用し、内容語集合から関連語候補と特徴語候補の抽出を行う。

あらすじとの類似度と TF-IDF 値の乗算値 (スコア r)

内容語集合内の各単語に対して、あらすじの文章ベクトルとのコサイン類似度と TF-IDF 値を掛け合わせた値を算出する。あらすじの文章ベクトルは、文章内で使用されている内容語集合の単語ベクトルの平均と

する。また、TF-IDF の算出における対象文章は、対象作品と公開年が前後 5 年以内の 1000 作品とし、ランダムに選択する。

2.2.1 関連語の抽出

関連語候補の抽出手順は以下のとおりである。

1. スコア r が高い 5 語を関連語候補としてユーザに提示する。
2. ユーザが 1 つ選び、それを関連語とする。

2.2.2 特徴語の抽出

特徴語候補の抽出手順は以下のとおりである。

1. 関連語を含む文を係り受け解析し、関連語にかかっている語と関連語がかかっている語を x 語抽出する。
2. スコア r が高い $(5 - x)$ 語を抽出する。
3. 1・2 で抽出した特徴語候補 5 語をユーザに提示する。
4. ユーザが特に強調したい特徴を 1 つ選び、それを特徴語とする。

2.3 喩辞生成

比喩生成モデル [2][6] に基づき、喩辞候補の生成と評価の 2 ステップにより喩辞を生成する。

2.3.1 喩辞候補の生成

まず、以下の 3 種類のフィルタリングを行い、残ったものを喩辞候補とする。

- (i) 品詞細分類
IPA 辞書における一般名詞のうち、「サ変接続・形容動詞語幹・副詞可能・被自立」を喩辞候補から除外する。
- (ii) 関連語のカテゴリ
分類語彙表 [9] を使用して、関連語と同じカテゴリに属する語を喩辞候補から除外する。
- (iii) 意味空間
意味ベクトルを持たない語を喩辞候補から除外する。

次に、以下の 4 つのスコア (v_1, v_2, v_3, v_4) の線形和を喩辞スコア (v) とし、喩辞スコアが高い上位 30 語を喩辞候補とする。各スコアに対する重み

を w_1, w_2, w_3, w_4 とした時、喩辞スコアの計算式は式 1 で表される。

$$v = v_1w_1 + v_2w_2 + v_3w_3 - v_4w_4 \quad (1)$$

関連語・特徴語の合成ベクトルと喩辞候補ベクトルのコサイン類似度 (スコア v_1)

合成ベクトルの算出には、predication algorithm[10] を使用する。関連語・特徴語の合成ベクトルを取得する手順は以下の通りである。

1. j_1 個の概念を含む特徴語の近傍を特徴語ベクトルとの類似度に基づき推定する。
2. 特徴語の近傍に含まれ、関連語ベクトルと類似度が高い語を k 個抽出する。
3. 関連語・特徴語・ k 個の語のセントロイドを計算し、合成ベクトルとする。

喩辞候補の具象度 (スコア v_2)

単語心像性の辞書 [11] を利用して、抽象度の低い語に対して高いスコアを与える。心像性とは、単語の想起のしやすさを示す指標であり、心像性を 0 から 1 の範囲に正規化したものを具象度として定義する。具象度は式 2 で表される。

$$\text{具象度} = \begin{cases} (\text{心像性} - 1)/6 & (\text{心像性} \leq 4.5) \\ (4.5 - 1)/6 & (\text{上記以外}) \end{cases} \quad (2)$$

文脈ベクトルと喩辞候補ベクトルのコサイン類似度 (スコア v_3)

文脈ベクトルは、関連語の直前 m 個と直後 n 個の内容語の重心ベクトルとする。ただし、内容語を取得する際に関連語や特徴語と一致する語は例外としてスキップする。

関連語ベクトルと喩辞候補ベクトルのコサイン類似度 (スコア v_4)

このスコアを喩辞スコアから減算することで、関連語と似たような意味を持つ喩辞が生成されることを防ぐ。

2.3.2 喩辞候補の評価

喩辞候補 30 語に対して、比喩表現として入力された特徴をどの程度表現できているかどうかを以下のスコア v_5 を用いて、 v_5 の値が高い単語が喩辞としてより適切であると評価する。

対象語・特徴語の合成ベクトルと対象語・喩辞の合成ベクトルのコサイン類似度 (スコア v_5)

それぞれの合成ベクトルの算出には、predication algorithm[10] を使用する。関連語・特徴語の合成ベクトルを取得する手順は、スコア v_1 と同様である。関連語・喩辞の合成ベクトルを取得する手順は以下の通りである。

1. j_2 個の概念を含む喩辞の近傍を喩辞ベクトルとの類似度に基づき推定する。
2. 喩辞の近傍に含まれ、関連語ベクトルと類似度が高い語を k 個抽出する。
3. 関連語・喩辞・ k 個の語のセントロイドを計算し、合成ベクトルとする。

3. 連想に基づくシステム

先行システム [5] への入力の対象を説明する文章であり、キャッチコピーの作成過程では、対象語・関連語・共通概念 (特徴語)・連想語の 4 つの語が関与する。先行システムの語の抽出構造を図 2 に示す。

まず、説明文を近似した「対象語」、対象語と類似度が高い「関連語」を抽出し、強調したい特徴を表す「共通概念」を選択する。次に、対象語・関連語との類似度が低く、共通概念との類似度が高い「連想語」を抽出する。最後に、適切な副詞や助詞を補うことで、関連語と連想語からなるキャッチコピーを生成する。

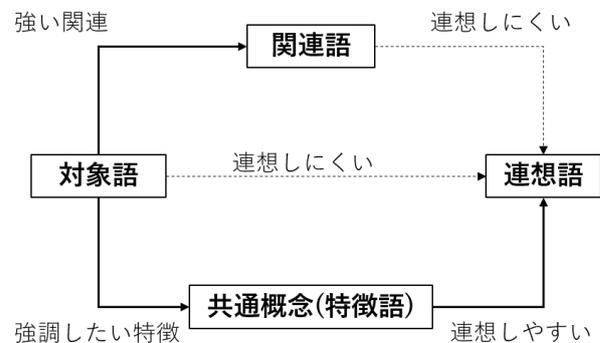


図 2 先行システム [5] での語句の抽出構造

先行システムに基づき、連想に基づくシステムを設計した。手順は以下の通りである。まず、提案システムと同様に関連語、特徴語の抽出を行う。次に、以下の 4 つのスコア (a_1, a_2, a_3, a_4) の線形和を連想語スコア (a) とし、連想語をランキングする。

- (i) 特徴語ベクトルと連想語候補ベクトルのコサイン類似度 (スコア a_1)
- (ii) 連想語候補の具象度 (スコア a_2)

- (iii) 対象語ベクトルと連想語候補ベクトルのコサイン類似度 (スコア a_3)
 (iv) 関連語ベクトルと連想語候補ベクトルのコサイン類似度 (スコア a_4)

それぞれのスコアに対する重みは提案システムに基づき設定する。連想語スコア (a) の計算式は式 3 で表される。

$$a = a_1w_1 + a_2w_2 - (a_3 + a_4)w_4/2 \quad (3)$$

4. システムの評価

各システムの出力に対して、正解リストを作成し、正解リストに基づく評価値を定義することで、適切なパラメータの推定を行った。

また、決定したパラメータにおける各システムの評価値を比較することで、システムの評価を実施した。使用した映画は合計 6 作品である。最終的に決定したパラメータにおけるシミュレーション結果を表 1 に示す。表 1 は「四月は君の嘘」という作品を対象として、関連語として「ピアノ」、特徴語として「自由」を選択した際の各システムにおける出力である。

表 1 各システムの出力上位 10 件

| | 提案システム | 連想に基づくシステム |
|----|--------|------------|
| 1 | マイペース | 自分 |
| 2 | 遊び場 | 個人 |
| 3 | 余暇 | 決まり |
| 4 | 一人っ子 | 言論 |
| 5 | 一人 | 代わり |
| 6 | 自然体 | 好み |
| 7 | 人生 | 都合 |
| 8 | 天真爛漫 | 良心 |
| 9 | 僕 | スタイル |
| 10 | 庭 | 空間 |

4.1 正解リストの作成

各システムのパラメータの全ての組み合わせにおける出力上位 30 語に対して、適切性を 5 段階で評価した。評価者は 3 名であり、2 名以上の評価者が 4 以上の評価を与えたものを正解とする。これを 6 作品すべてで行い、各作品に対する正解リストを作成した。各作品の正解リストの語数を表 2 に示す。

表 2 各作品の正解リストの語数

| | 語数 |
|------|----|
| 作品 1 | 45 |
| 作品 2 | 32 |
| 作品 3 | 34 |
| 作品 4 | 38 |
| 作品 5 | 14 |
| 作品 6 | 28 |

4.2 評価値の算出

システムの出力上位 30 語に対して、正解リストに含まれる語の順位の逆数の和を計算し、そのパラメータにおける評価値とする。

4.3 パラメータ推定

映画 6 作品の出力を用いて比喻生成に基づくシステムの適切なパラメータを推定した。パラメータの全ての組み合わせに対して評価値を計算し、6 作品の評価値の平均が最も高いものを適切なパラメータとした。提案システムのパラメータと値の選択肢を表 3 に示す。最終的に適切なパラメータとして決定したものを太字で示している。

表 3 提案システムのパラメータと値の選択肢

| パラメータ | 値の選択肢 |
|-------|-----------------------|
| j1 | 10, 50 , 100 |
| j2 | 100, 300, 500 |
| k | 3, 5, 10 |
| m | 3 |
| n | 3 |
| w1 | 1 |
| w2 | 1 |
| w3 | 0.4 |
| w4 | 0.1 , 0.2, 0.4 |

4.4 結果

決定したパラメータにおける各システムの評価値を比較した。各作品における各システムの評価値を表 4 に示す。作品 5 を除く 5 作品の評価値が提案システムの方が高い結果となった。

表4 各システムの評価値

| | 提案システム | 連想に基づくシステム |
|-----|--------|------------|
| 作品1 | 3.10 | 2.04 |
| 作品2 | 2.82 | 2.45 |
| 作品3 | 2.92 | 2.51 |
| 作品4 | 3.25 | 3.20 |
| 作品5 | 1.03 | 1.52 |
| 作品6 | 3.16 | 2.54 |
| 平均値 | 2.71 | 2.38 |

5. まとめ

本研究では、キャッチコピーにおける比喩に着目し、比喩生成を応用したキャッチコピー作成支援システムを提案した。また、連想に基づくシステムとの比較を通じ提案システムの妥当性を示すことで、キャッチコピー生成における比喩生成機構の有効性を示した。

しかし、本研究のシステムの出力は、対象語と特徴語、喩辞といったキャッチコピーのキーワードのみである。今後は、そこから適切な助詞を選択してキャッチコピーを生成するシステムの構築を考えている。キャッチコピーのパターンとしては、本稿で示した「(対象語)は(喩辞)だ」、「(喩辞)の(対象語)」、「(喩辞)のような(対象語)」の他にも検討が必要である。

文献

- [1] 北田純弥, 萩原将文, (2001) “電子辞書を用いた比喩による文章作成支援システム” 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 5, pp. 1232-1241.
- [2] 中條寛也, 松吉俊, 内海彰, (2017) “意味空間に基づく文脈情報をを用いた比喩生成” 研究報告音声言語情報処理, Vol. 2017, No. 14, pp. 1-10.
- [3] 丹羽彩奈, 岡崎直観, 西口佳佑, 亀山千尋, 毛利真崇, (2019) “キャッチコピーの自動生成に向けた分析” 言語処理学会第25回年次大会発表論文集, pp.558-561.
- [4] 梅村奏子, 狩野芳伸, (2021) “メタファーの自動生成による意味的な重ね合わせのあるキャッチコピー生成器の構築” SIG-SLUD, Vol.5, No. 03, pp. 24-30.
- [5] 寺井あすか, 中川正宣, (2011) “言語統計解析に基づく評価メカニズムを含む比喩生成モデルの構築” 日本認知科学会第28回大会発表論文集, pp. 388-389.
- [6] 中野俊亮, 鬼沢武久, (2008) “ユーザ対話による意外性を持つキャッチフレーズ作成支援” 情報処理学会第70回全国大会講演論文集, pp. 201-202.
- [7] KINENOTE
<http://www.kinenote.com/main/public/home/>
- [8] 大島裕明, 中村聡史, 田中克己, (2007) “SlothLib:Webサーチ研究のためのプログラミングライブラリ” 日本データベース学会, Vol. 6, No. 1, pp. 113-116.
- [9] 分類語彙表
https://pj.ninjal.ac.jp/corpus_center/goihyo.html/

- [10] Kintsch, W, (2000) “Metaphor comprehension: A computational theor” Psychonomic Bulletin & Review, Vol. 7, No.2, pp. 257- 266.
- [11] 佐久間尚子, 伊集院睦雄, 伏見貴夫, 辰巳格, 田中正之, 天野成昭, 近藤公久, (1999) “NTT データベースシリーズ日本語の語彙特性第3期 第8巻”, 三省堂.

季節を考慮した俳句の自動生成システムにおける評価機構 An evaluation mechanism in an automatic HAIKU generation system considering seasons

和田 周, 寺井 あすか
Shu Wada, Asuka Terai
公立はこだて未来大学
Future University Hakodate
g2120054@fun.ac.jp

概要

計算機により生成された俳句に対する季語を中心とした単語関連度に基づく評価機構について検討した。まず、現代俳句データベースを用いて SeqGAN の学習を行い、季節情報を付与された俳句生成が可能なシステムを開発した。生成された俳句に対し、季語及び構成語の関連度を推定し、評価実験で得られた俳句の良さに関する評定値との関係性を分析した。その結果、意味の理解しやすい句において季語と対立語の関連度が低いほど良い俳句であると評価される傾向が示唆された。

キーワード：俳句生成, 評価機構, 単語関連度, SeqGAN

1. はじめに

近年、人工知能技術の応用として、音楽、小説、動画などの自動生成が盛んに行われている。その中で、限られたことばの制約の中で多様な表現を求められる俳句が注目されている。

俳句は 17 文字で構成された定型詩であり、季語を含んでいる、切れ字を 1 つ以下含むといったルールが定められている。この制約の中で作者の心情や情景を表現し、読み手に伝える必要がある。俳句を詠むという行為において、俳句の生成と同様に生成した俳句を評価し選ぶ「選句」のプロセスも重要である。しかし、俳句の自動生成では、生成した俳句の評価が難しく、俳句の評価機構の開発が行われている(横山ら 2019)。

一方、俳句の良さについては、俳句を読解する際季語を起点にイメージや連想を広げ、句を理解し評価をしていると指摘されている(皆川 2005)。したがって、俳句の評価において、季語及び季節感が重要だと考えられる。そこで本研究では心理実験により得られた知見を比喻生成システムの評価機構に応用することを目的とし、自動生成された句の評価における季語や季節感に関する指標の有用性を検討する。具体的には、

SeqGAN を用いることで季節を考慮した柔軟な俳句の生成を行うとともに、生成された俳句を構成する季語を中心とした単語関連度に基づく評価機構の可能性について考察する。

2. 関連研究

俳句読解に関して、皆川(2005)は評価が高い俳句と評価が低い俳句を刺激材料とし、俳句を構成する単語関連度に関する評定実験をおこなった。その結果、評価の高い俳句のほうが季語と他の語との結びつきが強いことが示唆された。また、吉田(2005)は俳句を構成する季語と対立語(季語と対立するかたちで用いられている語句)の関連性を基にアイデア探索の広さと評価の関連性について分析を行った。その結果、季語と対立語の関連性が低く、探索空間が広いと良い俳句になることが示唆された。

一方、俳句の自動生成に関して、Wu ら(2017)は 4 種類のモデルを用いて俳句生成システムの検討を行っている。しかし、この研究では生成された俳句を Perplexity を用いて評価しており、季語の有無を含め、季語を考慮した評価は行っていない。また、横山ら(2019)は現代俳句と評定値を教師データとする俳句の生成器と評価器を LSTM で開発した。しかし、この研究も同様に、季語を考慮した評価は行っていない。

3. 俳句自動生成

3.1 俳句生成システム

本研究では GAN を系列データに拡張した SeqGAN(Yu et al, 2017)を用いて、柔軟な俳句の生成を行う。学習データとして、現代俳句データベース(<http://www.haiku-data.jp/index.php>)からスクレイピングした俳句・季節・季語のデータを用いた。現代俳句データベースは、現代俳句協会により運営され、総句数 39,292 句の俳句(春の俳句が 9327 句、夏の俳句が 10242 句、秋の俳句が 8114 句、冬の俳句が 8404

句, 新年の俳句が 1014 句, 無季・欠損・その他の俳句が 2191 句) が登録されている。季節を考慮した俳句生成を行うため, 春・夏・秋・冬の俳句を用い, 俳句の文頭に季節情報を追加して学習を行った。例えば, 秋の俳句「赤蜻蛉 筑波に雲も なかりけり」という句に対し, 文頭に季節情報を付与し「< 秋 > 赤蜻蛉 筑波に雲も なかりけり」として学習を行った。SeqGAN による文章生成では, 俳句が満たすべき制約 (5/7/5 の拍数, 切れ字の個数) を設けていない為, 生成された文に対しフィルタリングを行った。フィルタリングでは, 切れ字 (「かな」, 「や」, 「けり」) の出現が 1 つ以内であるか, 拍数が 5/7/5 であるかの 2 種類の条件を設け, これらの条件を満たす文を生成された俳句として抽出する。一般的に, これらの条件に加えて季語に関する条件を設けるが, 本研究では生成された句と季語の関連性を分析する事が目的である為, フィルタリングに季語に関する条件を含めなかった。

3.2 生成結果

SeqGAN による俳句生成に対する季節情報の有無が与える影響について分析を行った。季節情報を付与した (または付与しない) 学習データに基づく SeqGAN を用いて生成された文にフィルタリングを行い, 季節情報を付与した SeqGAN では 2528 句, 季節情報を付与しない SeqGAN では 2675 句の俳句が抽出された。まず, 俳句データベースにおける季語リストに基づき, 1 句に出現する季語の個数について分析を行った。その結果, 俳句データベースに含まれる俳句においては 0 個が 22%, 1 個が 66%, 2 個以上が 12% であった。季節情報を付与しない SeqGAN で生成された俳句では 0 個が 25%, 1 個が 55%, 2 個以上が 20%, 季節の情報を付与した SeqGAN では 0 個が 24%, 1 個が 57%, 2 個以上が 19% であった。この結果から, 学習に用いられたデータベースと比較し, 季節情報の有無に関係なく, SeqGAN では 2 個以上の季語を含む俳句がより多く生成される傾向がみられた。

次に季語を 2 語以上含んでいる句を対象に, 季語が分類されている季節の不一致率に関する分析を行った。季節の不一致率は, 俳句データベースでは 9%, 季節情報を付与しない SeqGAN では 27%, 季節情報を付与した SeqGAN では 12% であった。この結果から季節情報を付与することで, 異なる季節の季語を含む俳句の生成を抑制できる事が示唆された。

4. 評価指標

4.1 評価指標に用いる季語

生成された句における季語は, 現代俳句コーパスの季語リストに含まれ, かつ, 生成された句に付与された季節タグと一致する季節に分類された語を季語とみなした。季語とみなされる語が複数存在する場合, 季節タグと一致する季節の意味ベクトルと最も関連度の高い語を季語とした。生成された句において, 現代俳句コーパスの季語リストに含まれ, かつ, 生成された句に付与された季節タグと一致する季節に分類された語が存在しない場合, 季語リストに含まれ, かつ, 季節タグと一致する季節の意味ベクトルと最も関連度の高い語を季語とした。

4.2 意味ベクトル

単語の意味ベクトルは白ヤギコーポレーションが配布している日本語 wikipedia コーパスで学習された word2vec 学習済みモデルを用いた。しかし, 学習済みモデルを, 俳句に対して用いた場合未知語が多く, 意味ベクトルが推定できない単語が多数存在した。そこで, 学習済みモデルに対し俳句データベースの俳句を用いて追加学習を行い, 単語の意味ベクトル推定を行った。季節 (春, 夏, 秋, 冬) の意味ベクトルは, 各季節に分類されている季語の意味ベクトルのセントロイドを用いて推定した。意味ベクトル間の関連度は推定された意味ベクトルの \cos 類似度を用いた。

4.3 評価指標の定義

評価指標について, 先行研究 (吉田 2005; 皆川 2005) に基づく俳句の良さに影響を与えると想定される 3 指標に基づき, 以下のように定義した。

季語と対立語の関連度 (季語:対立語)

句を構成する各語に関し, 季語に対して最も関連度が低い語を対立語とみなし, 季語と対立語の関連度

季語と他語の関連度と句全体の関連度の差分

(季語:他語-句全体)

季語を除く句を構成する各単語と季語の平均関連度と句を構成する各語同士の平均関連度の差分

季節と句全体の関連度 (季節:句全体)

俳句に付与された季節の意味ベクトルと句を構成する各語の意味ベクトルの平均関連度

表 1 俳句データベースの句に対する意味の理解しやすさ毎の良さと評価指標との相関係数

| | 季語:対立語 | 季語:他語-句全体 | 季節:句全体 |
|------------------------|--------------------|-----------|--------|
| 意味の理解しやすさ >=1(N = 108) | -0.028 | 0.115 | 0.038 |
| 意味の理解しやすさ >=2(N = 107) | -0.039 | 0.109 | 0.061 |
| 意味の理解しやすさ >2(N = 103) | -0.031 | 0.125 | 0.046 |
| 意味の理解しやすさ >=3(N = 86) | -0.091 | 0.037 | -0.031 |
| 意味の理解しやすさ >3(N = 73) | -0.099 | -0.006 | 0.020 |
| 意味の理解しやすさ >=4(N = 44) | -0.20 [†] | 0.019 | -0.045 |

[†]p<0.1

表 2 SeqGAN により生成された句に対する意味の理解しやすさ毎の良さと評価指標との相関係数

| | 季語:対立語 | 季語:他語-句全体 | 季節:句全体 |
|------------------------|--------|-----------|--------|
| 意味の理解しやすさ >=1(N = 108) | 0.018 | 0.098 | 0.044 |
| 意味の理解しやすさ >=2(N = 106) | -0.044 | 0.082 | -0.002 |
| 意味の理解しやすさ >2(N = 102) | -0.079 | 0.070 | 0.044 |
| 意味の理解しやすさ >=3(N = 74) | -0.024 | 0.107 | 0.135 |
| 意味の理解しやすさ >3(N = 56) | -0.167 | 0.093 | -0.006 |
| 意味の理解しやすさ >=4(N = 22) | -0.47* | 0.033 | -0.108 |

*p<0.05

5. 評価実験

5.1 実験方法

季語を中心とした単語の関連度と俳句に対する評価の関係性を調査することを目的として、季節情報を付与した SeqGAN により生成された句・データベースに登録されている句を対象とした評価実験を実施した。評定者は大学生 3 名。俳句を前述の 3 評価指標（季語と対立語の関連度、季語と他語の関連度と句全体の関連度の差分、季節と句全体の関連度）の高・中・低 3 群の組み合わせについて分類し、各分類ごとに各季節情報を付与された句を 1 つ無作為に抽出し、SeqGAN で生成された 108 句、データベース内の 108 句を用いた。評定者は各句に対して俳句の良さと意味の理解しやすさについて 5 段階評定を行った。

5.2 結果

俳句データベースに含まれる句と SeqGAN により生成された句の良さに関し、各句に関する評定者 3 名の平均評定値を用いて比較したところ、俳句データベースの句が 3.45(SD=0.46) に対し生成した句が 3.21(SD=0.30) であり、俳句データベースの句は SeqGAN により生成された句に比べて有意に良い俳句であると評価された ($t(210)=3.38, p<.01$)。また、俳句の良さと理解しやすさに関する評定者 3

名の平均評定値を用い、俳句の良さと理解しやすさの相関係数を求めた。その結果、俳句データベースの句の相関は 0.71, SeqGAN により生成された句の相関は 0.7 とどちらも、俳句の良さと理解しやすさに関して正の強い相関 ($p<.01$) が得られた。

同様に、俳句の良さと季語と対立語の関連度、季語と他語の関連度と句全体の関連度の差分、季節と句全体の関連度の相関係数を求めた。その結果、俳句データベースに登録された句・SeqGAN により生成された句共に有意な相関は見られなかった。そこで、理解しやすさの違いを考慮し、各指標と俳句の良さの相関係数を求めた（表 1, 表 2）。その結果、理解しやすさの評定平均値が 4 以上の句、すなわち理解しやすい句を対象とした場合、俳句データベースの句では良さと季語と対立語の関連度間に -0.2 ($p<.1$) という負の相関が、SeqGAN により生成された句では -0.47 ($p<.05$) という有意な負の相関が得られた。

6. まとめ

本研究では季節情報を付与した SeqGAN を用いて俳句を生成し、季語・季節を中心とした単語関連度と俳句の良さの関係性について検討した。その結果、SeqGAN を用いることで 1 句辺りに出現する季語数は増加してしまうが、季節情報を付与することで異なる季節に分類される季語を含む俳句の生成を抑制出来た。

また、評価実験結果から、俳句の良さと意味の理解しやすさ、季語と対立語の関連度、季語と他語の関連度と句全体の関連度の差分、季節と句全体の関連度の間の関連性に関し、俳句データベースに含まれる句と季節情報を付与した SeqGAN により生成された句において、同様の傾向が見られた。特に、意味の理解しやすい句において季語と対立語の関連度が低いほど良い俳句であると評価される傾向が示唆された。すなわち、先行研究（吉田 2005）で指摘された、良い俳句において季語と対立語の関連性が低いという傾向が、意味の理解しやすい句において確認された。しかし、俳句の良さと理解しやすさに関する評定値の間に強い相関がみられ、かつ、理解しにくい句を含めた場合、季語と対立語の関連度と良さの間に相関はみられなかった。この結果から、理解しやすさの指標として perplexity を用い、perplexity の値が域値以上の俳句に対し、季語と対立語の関連度を指標として用いることで、SeqGAN により生成された俳句の評価機構を構築できる可能性が示唆された。

文献

- [1] 皆川 直凡, (2005) “俳句理解の心理学”, 北大路書房
- [2] 横山 想一郎, 山下 倫央, 川村 秀憲 (2019) “深層学習を用いた俳句の生成と選句”, 人工知能, Vol. 34, No. 4, pp. 467-474.
- [3] 吉田 靖, (2005) “俳句の創造性とアイデア探索空間の関係”, 立命館人間科学研究, Vol. 9, pp. 59-72.
- [4] Yu,L.,Zhang,W.,Wang,J.,and Yu,Y.,(2017)“SeqGAN: Sequence generative adversarial nets with policy gradient”. Proceedings of the Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-17), pp. 2852-2858.
- [5] Wu,X.,Klyen,M.,Ito,K.,and Chen,Z.,(2017) “Haiku generation using deep neural networks”. 言語処理学会第 23 回年次大会 発表論文集, pp. 1133-1136.

物語自動生成ゲームにおける 「生成システムとしてのストーリー」の開発 Development of “a Story as a Generation System” in an Automatic Narrative Generation Game

小野 淳平¹, 小方 孝²
Jumpei Ono, Takashi Ogata

¹青森大学, ²岩手県立大学
Aomori University, Iwate Prefectural University
j.ono@aomori-u.ac.jp, t-ogata@iwate-pu.ac.jp

概要

本稿は、ストーリーの構造にストーリー生成の仕組みが内包されたモデルを提案する。そのモデルを生成システムとしてのストーリーと呼ぶ。提案モデルでは二つの生成が実行される。一つは、提案モデルが持つストーリーを外部から編集する生成であり、もう一つは閾値に基づき駆動される、ストーリーの内側からストーリーを編集する手続きである。ここでは色付けと呼ぶ技法を使って、提案モデルにおけるストーリー生成の例を検討する。

キーワード: 色付け, ストーリー生成, 生成システムとしてのストーリー

1. はじめに

本稿は「生成システムとしてのストーリー」のモデルの提案を目的とする。この生成システムとしてのストーリーは、ストーリーの構造そのものに、ストーリー生成の仕組みが内包されたモデルである。

我々は、これまでに、テーブルトークロールプレイングゲーム (Table-talk Role Playing Game: TRPG) より着想を得て、物語自動生成ゲーム (Automatic Narrative Generation Game: ANGG) を提案した (小野・小方, 2021)。提案モデルは ANGG を発展させるアプローチの一つである。

提案モデルは、プログラミング言語 Lisp における S 式 (グレアム, 2007) や、知識のフレーム表現 (Minsky, 1974) におけるデーモンに影響を受けている。Lisp はデータを、記号ないしは記号の集合であるリスト構造で表現する。その表現方法を S 式と呼ぶ。一般的なプログラミング言語は、値や文字といったデータを、それぞれの種類に応じたデータ型として扱う。しかし、Lisp は、S 式という方法を利用することで、関数もデータ型の一つとして扱う。この発想は提案モデルの実装に適する。その理由は 2 点ある。第一に、提案モデルは、Common Lisp で実装された統合物語生成システム (Ogata, 2020ab) を参考にしている点が挙げられる。参考にした

点は 2 節で述べる。第二に、提案モデルでは、ストーリー生成に関わる手続きをデータとして扱うためである。

知識のフレーム表現とは、あるものごとに関する典型的な情報を一つの枠組み (フレーム) として記述する表現方法である。フレームは情報を記述するためのスロットを一つ以上持つ。スロットは、何らかの値を持つ。その値とは、具体的な値や、デーモンと呼ばれる具体的な値を得るための手続きである。ここでいう具体的な値とは、ある対象が持ち得る特徴を指す。例えば、「人間は哺乳類である」や「人間 (成人男性) の平均体重は 64.0kg である」のようなものである。それに対して、デーモンは、何らかの条件に基づいて駆動され、具体的な値をスロットに代入する。例えば、ある人のフレームの中の体重の値が変化したとき、デーモンが駆動して $\text{体重} \div \text{身長}^2$ を計算し、BMI 指数スロットにその結果を代入する。

2. 提案モデル

本提案モデルにおけるストーリーの構造は、Ogata (2020a, 2020b) が開発した統合物語生成システム (Integrated Narrative Generation System: INGS) におけるストーリーの構造を踏襲している。INGSS におけるストーリーは木構造を持つ。終端ノードはストーリーにおける事象を表し、中間ノードは事象どうしを結び付ける何らかの関係を表す (例えば、因果関係等)。また、そのシステムは、Ogata (2020a, 2020b) がストーリー技法と名付けた手続きを持つ。ストーリー技法とは、ストーリーの構造を拡張ないし編集する手続きである。

提案モデルもまたストーリーを木構造で表す。さらに、ストーリーの構造の内部にストーリーの構造そのものを編集する手続きを持つ。ここではその手続きを ***ストーリー技法*** と呼ぶ。提案モデルにおいては、作者と登場人物という二つの要素がストーリー生成を

行う。

ここでいう作者は、提案モデルの外部に位置する機構であり、提案モデルにおける木構造の拡張ないし編集を実行する。それに対して、登場人物は、ストーリーの内部に位置するデータでありつつ、作者によって生成されたストーリー構造とは異なる（場合によってはそれを壊す）、ストーリーの構造の拡張ないし編集を行う。複数の登場人物が存在する場合、各々の登場人物はお互いに異なる性質を持つ。そのため、登場人物どうしが、お互いの生成結果を上書きし合うこともある。

作者と登場人物についてより具体的に説明する。作者は、ストーリーの構造に関する知識を持つ。さらにその知識に基づき、ストーリーの構造の拡張ないし編集を行う。各登場人物は、ストーリー内の事象に含まれ、その登場人物特有の属性を表す値（属性値と呼ぶ）、その値の閾値、そして*ストーリー技法*を持つ。属性値が閾値を超えた場合、*ストーリー技法*が駆動される。

次に*ストーリー技法*の一例として、小野・河合・小方 (2021)が独自に提案した「色付け」の方法を用いて、本提案モデルにおけるストーリー生成の例を示す。色付けは、作家の島田雅彦 (2009)の文章作法の一種からヒントを得たアイデアであり、いったん生成されたストーリーに対して、特定の雰囲気を与える方法である。我々は、ストーリーの登場人物の行為や属性を、愛や性に関わる名詞概念に書き換えることで、ストーリーに愛や性の雰囲気を与えることを試みた。色付けのテーマはこの他にも多数考えられる。

例えば、図1は、INGSが生成した短いストーリーを、単文だけで表現した。この場合、INGSが作者に相当する。作者 (INGS)が事象を生成するたびに、イワンという登場人物の属性値が増加するものとする。その属性値が閾値を超えた場合、イワンが持つ色付けの*ストーリー技法*が駆動される。その結果、図1のストーリーは、図2のストーリーに編集される。図2のスト

従兄が花園で遊びに出かけた。たわけ者が飛出しナイフを窓ぎわに置いた。イワンという名前の画家が出国した。イワンが冒険をたわけ者と競争した。たわけ者が暴れた。イワンに傷が付いた。たわけ者がイワンに競争で負けた。イワンが魔法の杖を利用した。魔法の杖が砕けた。イワンがたわけ者から城に逃げた。メロスという名前の男が言い張った。メロスが報酬を親王に要求した。親王がイワンと会った。

図1 作者が生成したストーリー

ストーリーにおける太字の部分は、色付けの*ストーリー技法*が挿入した事象及び説明である。ここでは、イワ

従兄が花園で遊びに出かけた。たわけ者が飛出しナイフを窓ぎわに置いた。イワンという名前の画家が出国した。イワンは色狂いである。色狂いは、<名>女色におぼれて遊蕩すること。女狂い。遊女狂い。イワンが冒険をたわけ者と競争した。たわけ者は女たらしである。女たらしは『名』（「おんなだらし」とも）女を誘惑して、もてあそぶこと。また、それにたくみな男。色魔(しきま)。⇔男たらし。たわけ者はSEXする。SEXは性(セックス)という単語は多くの意味に使われる。たとえば、性教育の「性」は、性に関する解剖・生理・病理、発生、生殖、性交法、性病(性感染症)、性心理、性役割など、性に関係するすべてを含んでいる。このように、性とは生物学的な性別だけではなく、社会が男女それぞれに期待する性役割、性的魅力、性衝動(性欲)、性愛対象の方向性(異性か同性か)、生殖行動、性交などをも意味する。たわけ者は肉情を持つ。異性に対して感じる肉体的な欲望。性的な欲情。たわけ者はセクシュアリティについて考えている。セクシュアリティは狭義の性行為だけでなく、性と欲望にかかわる人間の活動全般を指す語。ただしこの語は「セックス」や「ジェンダー」と複雑に絡み合っており、厳密な定義は困難である。セックスは生物学レベルの営みを、ジェンダーは文化的性差を指すとされるが、セクシュアリティはそのどちらをも含み、生殖、快楽、恋愛、自己表現といった多様な領域にまたがっている。たわけ者が暴れた。イワンに傷が付いた。たわけ者がイワンに競争で負けた。イワンが魔法の杖を利用した。魔法の杖が砕けた。イワンがたわけ者から城に逃げた。メロスという名前の男が言い張った。メロスは発展家である。発展家は手広く盛んに活動する人。多く、酒色の方面についていう。男は才女にディーブキスする。ディーブキスは互いに舌を深く差し入れるキス。フレンチキス。男は陰囊を持つ。陰囊は俗にふぐりともいう。男性の性腺である精巣(睾丸)、精巣上体(副睾丸)、精索を入れる囊で、皮膚 および皮下組織から成り、皮下脂肪をもたない。メロスが報酬を親王に要求した。親王は陰茎を持つ。陰茎は交接と排尿という2つの機能を果す男性の器官で、根部、体部、亀頭から成る。体部を輪切りにすると、主体は2つの陰茎海綿体と、これになかば囲まれるように存在する尿道海綿体から成り、この中を尿道が通る。これらの海綿体と亀頭が充血すると、勃起が起る。日本人の陰茎の長さは平常時6~8cm、勃起時は約12cmとされているが、個人差が大きい。人種差もある。発生学的には、陰茎は女性の陰核に相当する。親王がイワンと会った。

図2 登場人物が編集したストーリー

ンが、図 1 のストーリーを、作者の生成方針を考慮せず、愛や性の雰囲気を満たしたストーリーへ編集した。

3. おわりに

本稿では、ストーリー生成の仕組みを内包したストーリーのモデルを提案した。今後は、ストーリー生成の方法を定式化し、提案モデルを実装する。ANGG では、参加者を生成機構の一部としてデザインしたが、今後、提案モデルの実装により、生成されるストーリーにおける登場人物としての参加者を検討していきたい。TRPG においては、ゲームの参加者の行動に基づく影響により、作者の意図を超えたストーリーが生まれる可能性がある。

文献

- グレアム, P., 野田開 (訳) (2007). *On Lisp*. オーム社.
- Minsky, M. (1974). A Framework for Representing Knowledge. *Technical Report*, Massachusetts Institute of Technology.
- 小野淳平・河合珠空・小方孝 (2021). 愛と性の概念を使用した物語の色付け. 『第 65 回ことば工学研究会予稿集』. 25-41.
- 小野淳平・小方孝 (2021). 物語自動生成ゲームにおける驚きと物語—驚きに基づくストーリー生成のためのギャップ技法—. In, 小方孝 (編), 『ポストナラトロジーの諸相—人工知能の時代のナラトロジーに向けて 1—』, (pp. 99-130). 新曜社.
- Ogata, T. (2020a). Theoretical or Philosophical Considerations for an Integrated Narrative Generation Approach. In T. Ogata, *Toward an Integrated Approach to Narrative Generation: Emerging Research and Opportunities*, (pp. 315-403). IGI-Global.
- Ogata, T. (2020b). An Integrated Narrative Generation System: Synthesis and Expansion. In T. Ogata, *Internal and External Narrative Generation Based on Post-Narratology: Emerging Research and Opportunities*, (pp. 1-108). IGI-Global.
- 島田雅彦 (2009). 『小説作法ABC』. 新潮社.

フリースタイルラップ中の脳賦活領域と言語能力との関係： プロとアマチュアの比較検討

The Relationship between Activated Brain Regions during Freestyle Rap and Linguistic Abilities in Professional and Amateur Rappers

関根 和生[†], 森本 智志[‡]

Kazuki Sekine, Satoshi Morimoto

[†] 早稲田大学, [‡] 慶應義塾大学グローバルリサーチインスティテュート

Waseda University, Keio University Global Research Institute

ksekine@waseda.jp

概要

本研究では、プロとアマチュアラッパーのフリースタイルラップ中の脳賦活領域と言語・認知能力との関係を検討した。その結果、プロラッパーは、アマチュアラッパーと比べて、言葉の音韻情報の処理と保持に関する課題成績がよく、フリースタイル中の Oxy-Hb の値が、運動前野と左縁上回領域で高かった。このことから、プロとアマチュアのパフォーマンスの相違は、音韻情報の処理速度と維持能力に起因していることが示唆された。

キーワード: 即興音楽, フリースタイルラップ, 押韻, fNIRS, 流暢性

1. はじめに

本研究では、認知科学的な観点から、即興ラップ活動を支える脳活動と言語能力との関係を、プロとアマチュアラッパーとの比較を通じて検討した。ラップとは、リズムに乗せて早口で語るダンス音楽のことであり、ラップの歌手はラッパーと呼ばれる[1]。ラップは言語、音楽、身体動作が交差する活動であり、近年、認知科学的な観点から研究がなされるようになってきた[1][2][3]。ラップには大きく2つの形式がある。一つは、予め書き留めた歌詞をラップする形式で、いわゆる「持ち歌」のラップである。もう一つは、その場の文脈（例えば他の人がラップした内容や眼前にある事物やテーマなど）に合わせて、歌詞を即興的に生み出しながらラップを行う形式である。後者の形式はフリースタイルラップと呼ばれ、しばしば複数の者同士でスキルを競い合うフリースタイルバトルも行われる。フリースタイルラップにおいては、歌詞の内容だけでなく、押韻の数やそれらの意味的一貫性、歌いまわし（フロー）、ユーモア、相手への罵倒、現前の状況や相手がラップした内容をどれだけ自分のラップに反映させられたか、といった点がラップの巧拙を評価する際の対象となり、バトルにおいてはこうしたスキルが勝敗を左右する。本調査では、以上のような特徴を持つフリースタイル

ラップに焦点を当て、フリースタイルラップのスキルを支える言語的・認知的力を検討する。特にラップのスキルは、アマチュアとプロのラッパーでどの程度違うのか、フリースタイルラップ中に活性化される脳の領域と関連がみられるのか、といった点を明らかにする。

プロとアマチュアラッパーの認知的特性を検討した先行研究がいくつかある。Kqiku & El Alami [4]は、プロとアマチュアのラッパーの認知的、言語的特徴を比較検討するため、両群にカテゴリー流暢性課題（時間内に特定の範疇に入る単語をいくつ産出できるか）、脚韻流暢性課題（時間内に同じ脚韻を含む単語をいくつ産出できるか）、認知課題（ストループ課題、ゴー・ノーゴー課題、タスク切り替え課題、Nバック課題）を実施した。結果として、プロとアマチュアラッパーとの間で有意な成績差がみられたのは脚韻流暢性課題のみで、カテゴリー流暢性課題や他の認知課題では両群の差はみられなかった。即興性や創造性に焦点をあてた Liu らの研究 [5]では、fMRI を使い、フリースタイルラップ中の脳の活動部位を比較した。結果として、プロのラッパーの脳活動は、アマチュアラッパーと比べて、内側および背外側前頭前野の解離した活動によって特徴付けられることが示された。これは、ジャズピアニストの即興演奏時の脳活動と類似した傾向を示しており、創造的な即興演奏には意識的なモニタリングや制御があまり関与しないということを示唆しているという [5]。

先行研究によってプロラッパーの即興性や韻の流暢性に関しては明らかにされてきたが、ラップには押韻以外の言語処理、例えば構文や語彙検索などが関与していることを考えると、プロとアマチュアの特性を検討するには、押韻以外の言語的側面の検討も必要になる。また、フリースタイル中には、特定の情報を一時的に保持しながら、次の文を構築したり特定の韻や単語を検索するなど、異なる種類の情報処理が同時並行的に行われていることを考慮すると、ワーキングメモリ

の容量がフリースタイルラップに影響を及ぼしている可能性も考えられる。

そこで本研究では、複数の言語課題やワーキングメモリ課題を通じて、プロとアマチュアラッパーの言語・認知能力の相違点を探索的に検討することを目的とした。さらに、プロとアマチュアラッパーのフリースタイルラップ中の情報処理の相違を検討するため、両群のフリースタイルラップ中の脳賦活領域も検討した。脳賦活領域の測定には fNIRS (functional Near-InfraRed Spectroscopy : 機能的近赤外分光分析法) を用いた。

2. 方法

調査参加者 本調査には、1名のプロのラッパーと7名のアマチュアラッパーが参加した。プロラッパー (A氏, 男性, 37歳, 右利き) は、15年以上のラップ経験があり、プロのミュージシャンとして曲もリリースしている。また、全国的なフリースタイルラップの大会で20回以上の優勝経験を有する。アマチュアラッパーは、平均27歳 (SD = 7.8) で、平均3年のラップ経験を有している。参加者は全て日本語母語話者であった。

課題と素材 参加者はフリースタイル課題と言語・認知課題の2課題に取り組んだ。

フリースタイル課題では、参加者は最初にウォーミングアップのラップを数分間行った後、フリースタイル (フリースタイル条件) と持ち歌 (持ち歌条件) を交互に3試行ずつ、計6試行ラップした。どちらの条件を先に行うかについてはカウンターバランスを取った。各試行間のインターバルは20秒で、試行の最初に3秒間音符の記号がモニター上に提示され、それからビートがイヤフォン越しに流れる。一試行のビートは8小節 (BPM85) から構成され、約25秒であった。

ラップ中の脳賦活領域を計測するためのfNIRS計測装置としてETG-7000 (日立) を用い、両条件のラップ中の前頭および左右側頭領域のオキシヘモグロビン (Oxy-Hb) とデオキシヘモグロビン (Deoxy-Hb) の濃度の変化を計測した。fNIRSは、皮膚や組織を透過する近赤外光の2つの波長 (780 nm と 830 nm) を放出・検出し、その差から局所的な血流の増加に起因する大脳皮質表層のOxy-HbとDeoxy-Hbの濃度の時間的変化を推定することができる。52の測定チャンネルを含む3×11のプロープ配列を使用した (図1)。下列中央のプロープは、前頭葉と側頭葉をカバーするため、国際式10-20法のFpzに対応する位置に配置した。各照射プロ

ープと対応する検出プロープ間の距離は3cmに設定した。

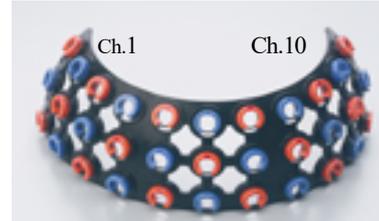
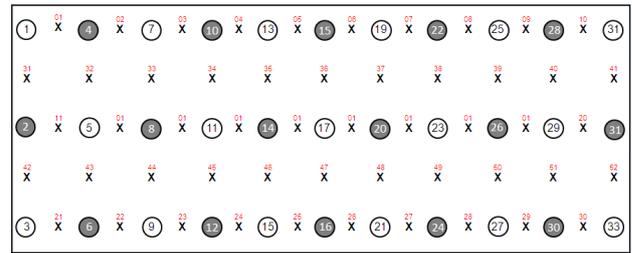


図1 プロープと計測チャンネルのレイアウト (上図) および本研究で使用したホルダの写真 (下図)。丸内の数字がプロープ番号, X 上部の数字がチャンネル番号を示している。

fNIRS データは MATLAB2019a (Mathworks, Natwick, MA, USA) を使用して分析を行った。頭皮血流を含む全身性血流変動を血流動態分離法 [6]により除去したのち、バンドパスフィルタ (Butterworth band-pass filter (20次, 0.05-0.8 Hz) zero phase digital filtering) で低周波数のトレンドと心拍以上の周波数のノイズを除去した。ビート開始をオンセットとし、それより前の5秒をベースラインとして加算平均し Oxy-Hb の変化を求めた。その上で、血流応答の遅れを考慮して、オンセットの5秒後からラップ終了までの20秒間の平均値を求め、条件間の比較を行った。なお本研究では Oxy-Hb のみを分析の対象とした。

言語・認知課題は、合計5つの課題から構成される。以下、各課題の概要を説明する。

1. 語流暢性課題 [7]: 語流暢性課題には、さらにカテゴリと文字という2つの下位課題が含まれている。カテゴリ流暢性課題では特定のカテゴリに属する一般名詞を、1分間でできるだけ多く口頭で産出してもらう。本研究では、斎藤らの研究 [7]に従い、「動物」、「果物」、「乗り物」のカテゴリを用いた。文字流暢性課題では、特定の文字から始まる語を1分間でできるだけ多く述べてもらう。本研究では、「し」、「い」、「れ」を用いた。固有名詞と数詞はカウントに入れない。それぞれの課題で3問の想起数の合計を算出した。

2. 脚韻流暢性課題 [5]: 参加者に3モーラから成る語

を提示し、2分間でできるだけその語と同じ韻の言葉を口頭で産出してもらい、使用した語は、「えがお」「だせい」、「かつも（非単語）」であった。産出した語の合計を算出した。

3. 文構成課題 [8]: オリジナルの文構成テストでは、計33組の語のペアを参加者に提示するが、本調査では、計4組の語のペアを使用した。使用したペアは「鉛筆、幼い」、「風、役立つ」、「ひとつ、けれど」、「階段、ならば」の4組であり、いずれもレベル3、4に相当する。本研究では、一度に一組の語を参加者に提示し、2つの語を使用した文章を1分間でできるだけ多く口頭で作ってもらった。4組の間に対して産出した文の合計数を算出した。

4. 聴覚言語記憶課題 [9]: 聴覚的に5つの単語が提示され、それを復唱する課題である。先行研究 [9]を参考に単語セットを作成した。単語はすべて3モーラから成る。5つの単語を1セットとし、高心像語（例：めがね、きっぷ、眉毛、いちご、ハガキ）、低心像語（例：合理、追記、潮、株価、懸念）、非単語（例：そねま、ふよた、みかの、れすき、えちそ）からそれぞれ3セットずつ抽出した（計9試行）。3セットで正確に再生できた単語の平均を、高心像語、低心像語、非単語ごとに集計した。

5. ワーキングメモリ課題 [10][11]: 空間性ワーキングメモリ課題として Corsi block task [10]を、言語性ワーキングメモリとして Digit Span Task [11]を行った。Corsi block task では、画面上の9つのブロックが順番に点滅し、参加者はその点滅した順番を再生する。Digit Span task では、数字が画面上に瞬間的に提示され、参加者はその数字を覚えて再生する。いずれの課題でも、参加者は再生することができた最大の個数（ブロックもしくは数字の桁数）を記録した。

手続き 大学の実験室において個別に実験を行った。フリースタイル課題は防音ルームで実施された（図2）。



図2 フリースタイル課題の実験場面

参加者はPCモニターの前に座り、イヤフォンを装着し、課題に取り組んだ。その際、頭や体、手は動かさな

いように指示を受けた。言語・認知課題は別の実験室で行い、16インチラップトップPCを介して課題が提示された。課題の提示順は、上述の課題の記述の順番通りであった。

3. 結果

3.1 フリースタイル課題の結果

フリースタイル条件と持ち歌条件遂行時の Oxy-Hb 変化量をチャンネルごとに比較した。符号検定 (FDR による多重比較補正) の結果、52チャンネル中、19チャンネルで有意差 ($Q < .05$) がみられ、いずれもフリースタイル条件のほうが持ち歌条件よりも Oxy-Hb の値が高かった（図3：本稿の最後に提示）。また、有意差がみられた19チャンネル中、15チャンネルは左側頭部のチャンネル（左側頭部の計測するチャンネルの合計数は17）であった。15チャンネル中、フリースタイル条件においてプロラッパーの Oxy-Hb の値がアマチュアの第3四分位点よりも高かったのは、チャンネル9、10、20、40であった（図3中の赤線参照）。これらのチャンネルは、前運動野（動作のプランを担う領域）と左縁上回（音声情報と語彙意味情報との統合や音韻情報の保持を担う領域）の上部に位置していた。

3.2 言語・認知課題の結果

言語・認知課題の成績を両群で比較するため、各課題の平均値を算出した（表1）。

表1 言語・認知課題の結果

| 課題 | アマチュア | | プロ |
|-------------|-------|------|-----|
| | 平均 | 標準偏差 | 平均 |
| カテゴリー流暢性 | 58.8 | 8.4 | 67 |
| 文字流暢性 | 40.2 | 16.6 | 72 |
| 脚韻流暢性 | 25.0 | 11.7 | 90 |
| 文構成課題 | 22.2 | 3.0 | 34 |
| 聴覚言語記憶課題 | | | |
| 高心像語 | 4.8 | 0.2 | 5.0 |
| 低心像語 | 4.2 | 0.7 | 4.7 |
| 非単語 | 1.5 | 0.2 | 3.7 |
| Corsi Block | 5.8 | 0.4 | 5.0 |
| Digit Span | 6.6 | 1.1 | 7.0 |

*太字は有意差がみられた課題

プロラッパーの課題成績を基準とし、アマチュアの平均がその基準よりも有意に高いか低いかを検討するため、1標本のt検定を行った。結果として、文字流暢性課題、 $t(4)=4.2, p<.05, r=.91$, 脚韻流暢性課題、 $t(4)=12.6, p<.001, r=.99$, 文構成課題、 $t(4)=8.7, p<.01, r=.98$, 聴覚言語記憶課題の無意味語、 $t(4)=27.3, p<.001, r=.99$, において、プロラッパーの成績がアマチュアラッパーのそれよりも有意に高かった。また、他の課題では有意な差はみられなかった。

以上の結果より、プロラッパーは、言語能力が全体的にアマチュアラッパーよりも高く、特に意味的側面よりも音韻的側面においてその能力が顕著に高いことが明らかにされた。

4. 考察

本研究では、アマチュアとプロラッパーの言語・認知能力ならびにフリースタイル中の脳賦活領域の相違をそれぞれ認知・言語課題と fNIRS を用いて比較検討した。その結果、以下の3点が見いだされた。第一に、ワーキングメモリ課題ではプロとアマチュアラッパーとの間に差はなかったものの、プロラッパーは全般的にアマチュアラッパーよりも言語課題の成績が高かった。特に、特定の文字や韻が含まれている語の検索や非単語の記憶成績が良いことから、言葉の音韻情報の処理と保持が、プロラッパーの言語能力の特徴であるのではないかと考えられる。第二に、両群とも、持ち歌条件よりもフリースタイル条件において、言語処理に関わる左半球の Oxy-Hb 値が高かった。この結果は、フリースタイルラップが、既存の歌詞をラップするよりも、言語処理の関わる活動であることを示唆している。第三に、プロラッパーのフリースタイル中の Oxy-Hb の値が、運動前野と左縁上回でアマチュアラッパーよりも高かった。これらの領域は、運動の企画や準備 [12]、音声情報と語彙意味情報との統合や音韻情報の保持が行われる領域 [13]として考えられている。ラップの押韻処理中の脳波を検討した研究 [14]では、プロのラッパーは、アマチュアラッパーと比べて、語末ではなく語中に踏まれる韻も意識して聞いていること、押韻の審美的判断と技術的判断の処理速度に違いがないことが報告されている。この結果は、プロラッパーが語に含まれる音韻情報に対してより敏感であり素早く処理できることを示唆しており、音韻情報の処理成績が良いことを示した本研究結果を支持するものだと考えられる。

以上の結果より、プロとアマチュアのパフォーマンスの相違は、空間や文字に関するワーキングメモリの容量ではなく、単語の音韻情報の処理速度と維持能力に起因していること、また、フリースタイルラップ中には、プロのラッパーの音韻処理に関する脳領域がアマチュアラッパーより活性化していることが明らかになった。

本研究の限界と今後の課題として、以下の2点が挙げられる。1点目は、参加者数の少なさに関してである。今後は両群の参加者数、とりわけプロラッパーの数をさらに増やし、本研究知見が頑健であるかを検討することが必要だと考える。2点目は、体動アーティファクトについてである。本研究では、血流動態分離法を使い、全身性の血流変動の影響を除く処理を行ったものの、頭部の動きや手の動きがどの程度脳血流に影響を与えていたのかはわからない。今後は、ジェイロセンサーなどを併用し、体動の大きさを計測しつつ、どの程度それが脳血流データに影響を与えていたのかを調べる事が必要となる。

5. 謝辞

研究にご協力頂いた調査協力者の方々に深く感謝いたします。

文献

- [1] 関根和生・児玉謙太郎・清水大地 (2019). 手の動きがラップの音響特性に与える影響 日本認知科学会第36回大会発表論文集, pp693-696. 於: 静岡大学
- [2] Kodama, K., Shimizu, D., Dale, R., & Sekine, K. (2021). An approach to aligning categorical and continuous time series for studying the dynamics of complex human behavior. *Frontiers in Psychology*, 12. doi: 10.3389/fpsyg.2021.614431
- [3] 清水大地・児玉謙太郎・関根和生 (2021). フリースタイルラップバトルにおけるマルチチャンネル・インタラクティブ同期理論を利用したケーススタディー. 電子情報通信学会 A, J104-A(2), 75-83.
- [4] Kqiku, A & El Akami, J. (2016). Does freestyle rap correlate with higher cognitive functions? Research Report at University of Geneva.
- [5] Liu, S., Chow, H. M., Xu, Y., Erkinen, M. G., Swett, K. E., Eagle, M. W., Rizik-Baer, D. A., & Braun, A. R. (2012). Neural Correlates of Lyrical Improvisation: An fMRI Study of Freestyle Rap. *Scientific Reports*, 2(1), 834.
- [6] Yamada, T., Umeyama, S., & Matsuda, K. (2012). Separation of fNIRS signals into functional and systemic components based on differences in hemodynamic modalities. *PLOS ONE*, 7(11), e50271.
- [7] 斎藤寿昭・加藤元一郎・鹿島晴雄・浅井昌弘・保崎秀夫 (1992). 前頭葉損傷と Word Fluency 特に抑制障害との関連について失語症研究, 12(3), 223-231.
- [8] 高橋真知子・林部英雄・吐師道子 (2007). 自発話能力評価

のための臨床検査法の開発 —健常群での検討— 高次脳機能研究, 27(1), 20-28.

- [9] 谷内まみ・井上和博・深野佳和 (2016). 言語性ワーキングメモリにおける音韻処理と意味処理について 鹿児島大学医学部保健学科紀要, 26(1), 35-40.
- [10] Corsi, P. M. (1972). *Human memory and the medial temporal region of the brain (Ph.D.)*. McGill University.
- [11] Richardson JT. Measures of short-term memory: a historical review. *Cortex*. 2007, 43(5), 635-650.
- [12] 丹治順 (2013). 頭頂連合野と運動前野はなにをしているのか? その機能的役割について 理学療法学, 40(8), 641-648.
- [13] Hickok, G., & Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature reviews Neuroscience*, 8(5), 393-402.
- [14] Cross, K., & Fujioka, T. (2019). Auditory rhyme processing in expert freestyle rap lyricists and novices: An ERP study. *Neuropsychologia*, 129, 223-23

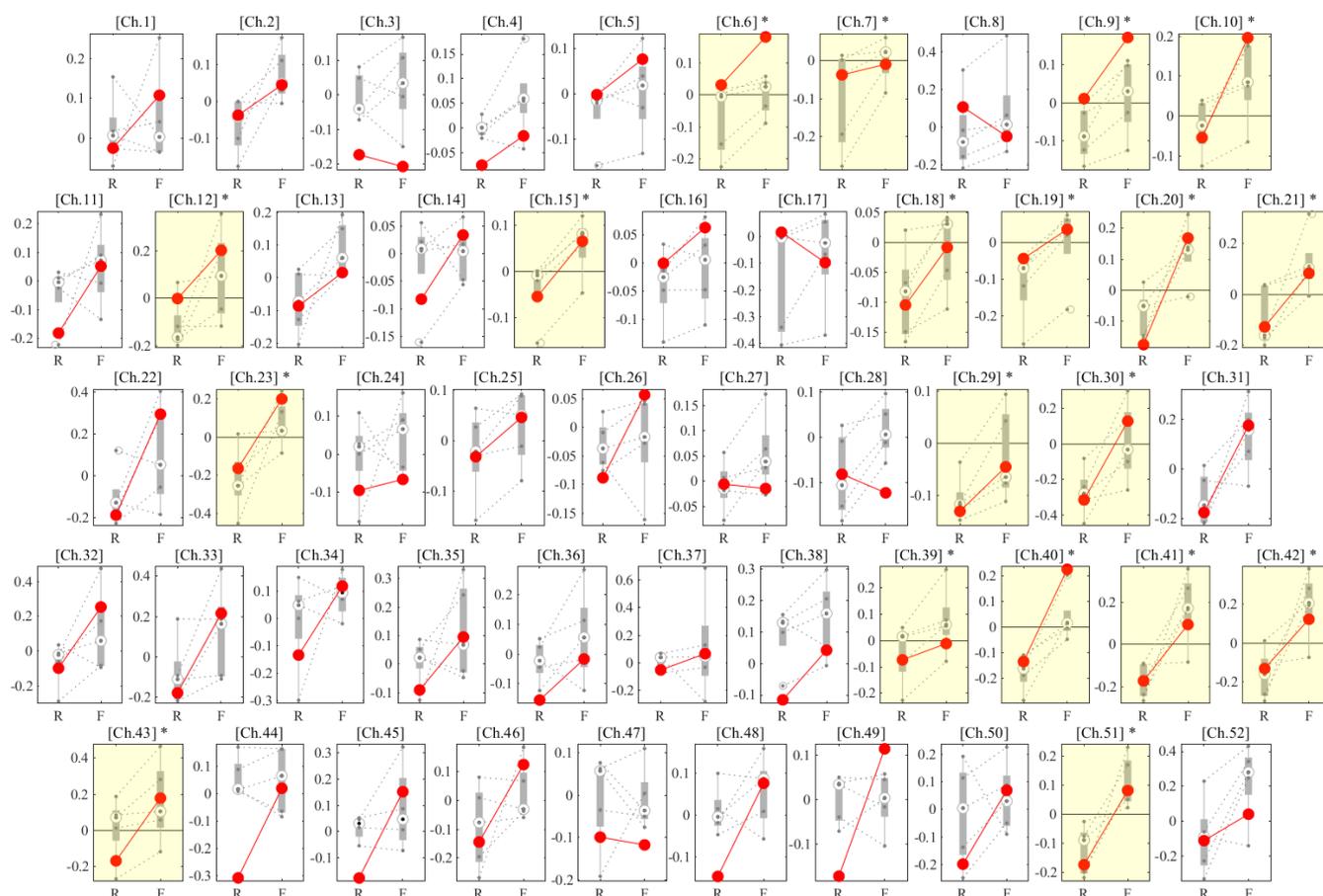


図3 脳活動の条件間比較マップ。持ち歌条件(R)とフリーラップ条件(F)区間の Δ [Oxy-Hb] (mM · mm)値をチャンネルごとに箱ひげ図で示す。箱の上下境界及び丸印は四分位数, 条件間を結ぶ点線は参加者個人の対応関係を表す。条件間の中央値に有意差(* $Q < .05$) が認められたチャンネルは黄色で塗られている。また赤色はプロラッパーのデータに対応する。

共同サイモン課題における共同運動主体感と脳活動同期 The sense of Joint Agency and brain activity synchronization during the joint Simon task

世良 菜那見[†], 嶋田 総太郎[‡]
Nanami Sera, Sotaro Shimada

[†] 明治大学大学院理工学研究科, [‡] 明治大学理工学部
[†] Graduate School of Science and Technology, Meiji University
[‡] School of Science and Technology, Meiji University
ce211035@meiji.ac.jp

概要

我々は他者と関わりながら生活を営む上で「この運動は我々が引き起こしている」という共同運動主体感を感じることもある。本研究では、協調課題の1種である共同サイモン課題における共同運動主体感と2者の脳波同期の関係から共同運動主体感に関わる脳領域を調査した。その結果、 δ 波帯域における行為者の前頭前野と観察者の前頭前野や運動野に関連する脳波同期が共同運動主体感の生起に関わることが示された。

キーワード：共同運動主体感 (sense of joint agency)、二人同時脳活動計測 (hyperscanning)

1. はじめに

我々は他者と協調しながら生活を営む上で、「この運動は我々が引き起こしている」という共同運動主体感を感じる事がしばしばある。この感覚は集団でのパフォーマンスの向上に関わる重要な社会認知機能である[1]。一方で、共同運動主体感が引き起こされる脳メカニズムは未だ明らかになっていない。

共同サイモン課題は協調課題の一種であり、二人の被験者がモニターの注視点の左右どちらかに呈示される標的刺激に対してできるだけ速く反応する課題である。それぞれの被験者は反応すべき標的刺激が決まっており、標的刺激の呈示に対してボタンをタッピングすることによって反応する。刺激が呈示された方向とその刺激に対して反応する被験者の方向が一致しているとき、一致していないときに比べて反応時間が速くなる「共同サイモン効果」が生じるとされている。一方で、片方の被験者が課題に取り組まず観察するにとどめた場合、共同サイモン効果は生じない。このことから、共同サイモン課題は二人で協力して行った場合のみ他者との一体化が生じると考えられている[2]。

一方、自己と他者が交互にボタンを押して音を鳴らす交互タッピング課題においては、相互に協調するほど共同運動主体感が高まること[3]、そのときの脳活動の同期も高まること[4]も報告されている。これらの先

行研究より、共同サイモン課題を他者と共同で取り組むことによって共同運動主体感が高まり、それに伴って二者の脳活動の同期も高まると考えられる。しかしながら、共同サイモン課題を用いて共同運動主体感と脳波同期の関係を調査したものはない。

そこで本研究では、共同サイモン課題中の二者の脳活動を同時計測し、共同運動主体感と脳活動同期の関係を調査することによって、共同運動主体感の生起に関わる脳領域を検討する。

2. 実験

2.1 被験者

健康な同性ペア 24組 48名(21.7 \pm 0.7歳,平均 \pm 標準偏差)の被験者に実験に参加してもらった。

2.2 実験手順

2人ペアの被験者は1台の刺激呈示用モニターの前に左右に隣り合って座り、共同サイモン課題に取り組んでもらった。実験は観察セッションと共同セッションの二つに大別し、両セッションとも実験中は画面中央に呈示されている注視点に着目するように指示をした。標的刺激は白の正方形または円とし、画面中央に呈示されている注視点の左右どちらかにランダムに呈示した(図1)。

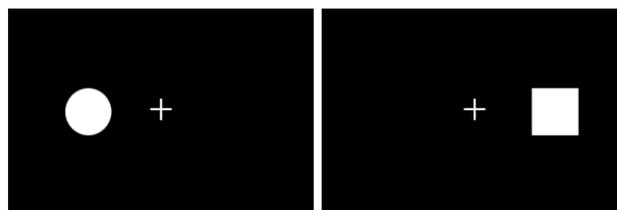


図1 刺激呈示の例

(左：●が注視点の左側に呈示された場合
右：■が注視点の右側に呈示された場合)

一方の被験者は円を、もう一方の被験者は正方形

を標的刺激とした。観察セッションでは、一方の被験者はキーボードの上に右手をのせ、標的刺激が呈示されたら「0」を押すように、もう一方の被験者は手を膝の上に置き、標的刺激が呈示されても反応をしないように指示をした。一方で共同セッションでは、両者ともにキーボードの上に右手をのせ、一方の被験者は標的刺激が呈示されたら「0」を押すように、もう一方の被験者は標的刺激が呈示されたら「1」を押すように指示をした。各セッションでは、注視点を2000 ms 呈示したあと、標的刺激を呈示しその刺激の形に基づき反応してもらうという一連の流れを1 試行とし、60 試行を行った。また、観察セッション時は一方の標的刺激には反応されないため、Stemzel らによる先行研究を踏襲し280、320、360 ms のいずれかの時間が経過したら自動的に次の試行に移るように設定をした。各セッションではそれぞれの標的刺激は同数ずつ表示した。また、刺激が呈示された方向とその刺激に対して反応する被験者の方向が一致しているときを一致条件、そうでないときを非一致条件とし、一致条件と非一致条件も同数ずつとした。

各セッション終了後、実験中どの程度共同運動主体感を感じたのかを1「私が引き起こした」から7「我々が引き起こした」までの7段階のリッカート尺度で評価してもらった。実験パラダイムを図1に示す。

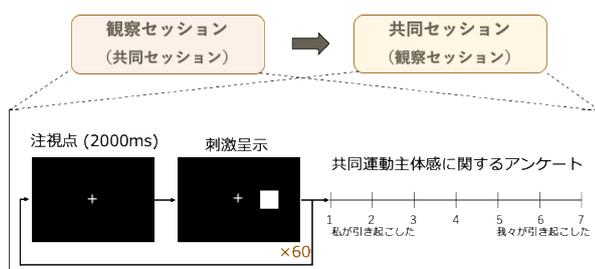


図1 実験パラダイム

2.3 脳波計測

実験中は両者ともに g.tec 社製の脳波測定システム (g.USBamp, g.tec Inc, Schiedlberg, Austria) を用いて、拡張国際 10/20 法に従った 14 チャンネル (Fp1, Fp2, F5, Fz, F6, T7, C3, Cz, C4, T8, P5, Pz, P6, Oz) を測定した。また、AFz に接地電極、左耳朶に参照電極を設置し計測した。さらに、瞬目成分を脳波から除去するため、左目の上下に電極を貼付し垂直眼電位も測定した。サンプリング周波数は 256 [Hz] とした。

2.4 解析

異なる標的刺激で反応してしまった場合や、標的刺激が呈示されてから 1000 ms 経過しても反応しなかった場合には失敗試行として解析から除外した。また、測定中の機器によるエラーや脳波以外のアーティファクトによる影響により 24 ペアのう 5 ペアを解析から除外した。

脳波解析は数値計算ソフトウェアである MATLAB R2020a (The Math Works, Massachusetts, USA) を用いた。

また、MATLAB のツールボックスである EEGLAB version 14.1.2b (Delorme & Makeig, 2004) を用いて遮断周波数 48Hz のローパスフィルタを適用した。その後、試行ごとにエポックを分割し、体動などのアーティファクトを含むエポックを除去した。アーティファクトの閾値は $\pm 100 \mu V$ とした。さらに、独立成分分析 (independent component analysis, ICA) を行い、瞬目成分由来のアーティファクトを除去した。

ペア間の脳活動の同期を調査するために PSI (phase synchronization index) を用いた。PSI は位相同期解析手法の一種で、指定した時間窓内の二つの波の位相同期度を以下のように評価するものである。 t を時間窓、 N を時間窓に含まれるデータの数、 f を周波数、 $\Delta\theta_{jk}(i, f)$ を信号 j と k の時間窓内の i 番目の f 成分の位相差とすると、PSI は以下の式で算出できる。

$$PSI_{jk}(t, f) = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^N \cos(\Delta\theta_{jk}(i, f))}{N}\right)^2 + \left(\frac{\sum_{i=1}^N \sin(\Delta\theta_{jk}(i, f))}{N}\right)^2}$$

$PSI_{jk}(t, f)$ は周波数 f 、時間窓 t 内の 2 つの信号の位相差の変動を見ており、位相差の変動が小さいほど PSI の値は 1 に近づく。本研究では、刺激呈示を 0 ms としたとき、-300~700 ms の解析区間とし、1 試行ごとに PSI 値を算出した。また、周波数は 5 つの周波数帯域 (δ 波帯域: 1-4 Hz, θ 波帯域: 4-8 Hz, α 波帯域: 8-13 Hz, β 波帯域: 13-30 Hz, γ 波帯域: 30-45 Hz) に分けた。各試行でタッピングを行った人を行為者、タッピングを行わなかった人を観察者とし、観察セッションと共同セッション間の PSI 値に有意な差があるかを調査した。

3. 実験結果

3.1 アンケート結果

観察セッション時および共同セッション時における共同運動主体感に関するアンケートの平均スコアを図3に示す。シャピロウィルク検定を行ったところ、観察セッション、共同セッションともにデータの非正規性が見られた (共同セッション: $p < 0.05$, 観察セッ

オン: $p < 0.05$)。そこで、ウィルコクソンの符号順位検定を用いて、共同セッションと観察セッションの間に共同運動主体感スコアに差があるかを調査した。その結果、共同セッションでは、観察セッションよりも有意に共同運動主体感のスコアが大きくなることが示された ($Z = 5.52, p < 0.001$)。

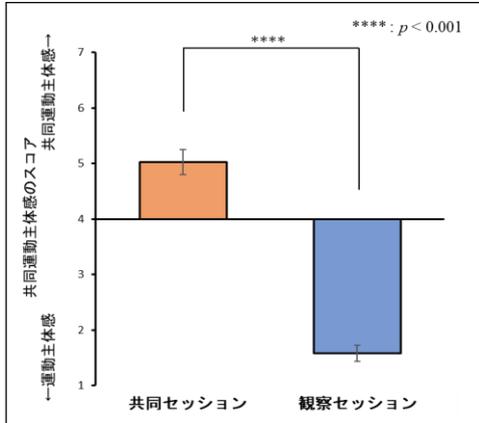


図3 共同運動主体感に関するアンケート結果

3.2 反応時間結果

共同セッション、観察セッションそれぞれにおける一致・非一致条件の反応時間を図4に示す。シャピロウィルク検定を行ったところ、データの非正規性が見られた (共同 - 一致条件, $p < 0.05$)。そこで、ウィルコクソンの符号順位検定を用いて共同セッション、観察セッションにおいて一致・非一致条件間で反応時間に差があるかを調べた。その結果、共同セッションにおいて、一致条件の反応時間は非一致条件の反応時間よりも有意に小さかった ($Z = -3.35, p < 0.005$)。一方で、観察セッションにおいては一致・非一致条件間で反応時間に有意な差は見られなかった ($Z = -1.37, p > 0.05$)。

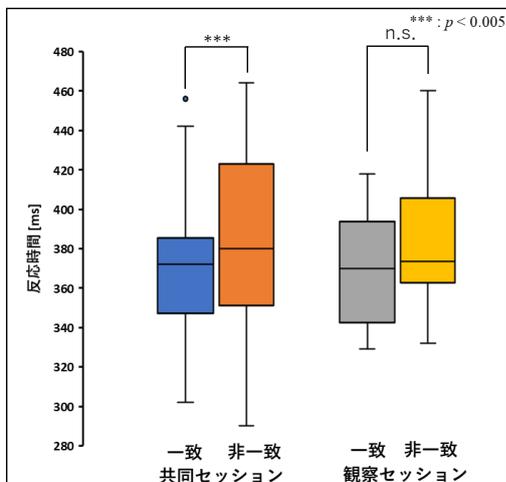


図4 各条件における反応時間

3.3 脳間位相同期

各周波数帯域において、共同セッションが観察セッションに比べて有意に PSI の値が大きかった脳間結合 ($p < 0.05$)を図5に示す。δ, α, β, γ波帯域において、共同セッションの方が観察セッションよりも PSI の値が大きかった脳間結合が見られた。特に、δ波帯域において結合が多く見られた。また、これらの結合における実験値と対照値を t 検定により比較したところ、すべての結合において実験値は対照値よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。

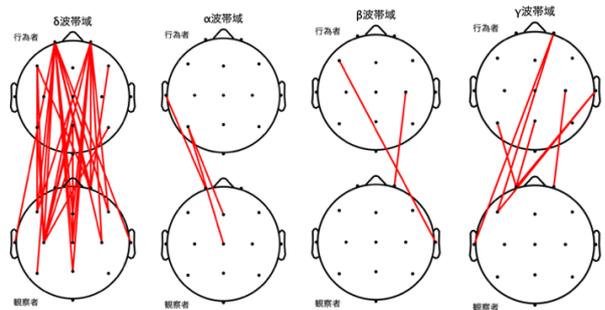
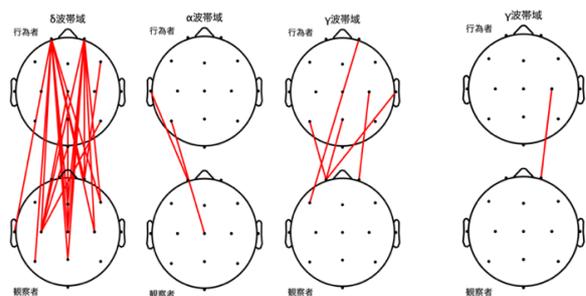


図5 各周波数帯域において共同セッションと観察セッションの間に有意な差を示した脳間結合

3.4 脳間位相同期と行動指標の相関

共同運動主体感のアンケートスコアと PSI 値に対してスピアマンの順位相関解析を行った。その結果、正の有意な相関を示した結合を図6 (a)に示す ($p < 0.05$)。δ, α, γ波帯域において、共同運動主体感と PSI 値の間に有意な相関がある脳間結合が見られた。特にδ波帯域の行為者の前頭前野および観察者の運動前野や運動野に関わる結合が多く見られた。

同様に、反応時間と PSI 値に対してスピアマンの順位相関解析を行った結果、負の有意な相関を示した結合を図6 (b)に示す。γ波帯域における行為者 C4 と観察者 Fp2 間で反応時間と PSI の間に有意な負の相関が見られた ($r = -0.31, p < 0.05$)。



(a) PSI とアンケート結果 (b) PSI と反応時間

図6 PSI と行動指標間に相関が見られた結合

4. 考察

Stenzel らによる先行研究[2]では共同サイモン課題を他者と共同で取り組むと共同運動主体感が高まることが示されたが、共同運動主体感の生起に関わる脳領域は明らかになっていなかった。本研究では、共同運動主体感の生起に関わる脳領域を共同サイモン課題における共同運動主体感のアンケート結果と脳波同期の関係から検討を行った。

共同運動主体感のアンケート結果から、一方のみ課題に取り組むときよりも、他者と共に課題に取り組むときの方が、共同運動主体感が感じられやすいことが確かめられた。この結果から、他者と共に課題に取り組んだときは、一方のみ課題に取り組むときよりも二者が一体化し、共同運動主体感が生起されたと考えられる。また、反応時間の結果から、共同セッションでは共同サイモン効果が生じ、観察セッションでは共同サイモン効果が生じなかったことが確かめられた。この結果から、Stenzel らによる先行研究[2]と同様、共同サイモン課題を二人で協力して行った場合のみ他者との一体化が生じたと考えられる。

次に、脳波位相同期の結果から、共同セッションでは観察セッションよりも δ 波帯域の脳波同期が高いことが示された。また、共同運動主体感とPSIの相関解析により、特に δ 波帯域の行為者の前頭前野および観察者の前頭前野や運動野に関連する脳波同期が共同運動主体感の生起に関わっていることが示された。

前頭前野はアイコンタクトを行っているとき[5]や、二人で同時にボタンを押す課題[6]など二者で課題を行っているときの脳間同期に関わることが多く報告されており、タイミング制御などに関わっていると考えられている。本研究では、呈示された刺激に対してタイミングよく運動を行う必要があり、タッピングをするタイミングに注意を払っていたと考えられる。

また、運動野はミラーニューロンシステムと呼ばれ、他者が運動するのを観察したときにあたかも自分が運動したかのように活動する脳領域である。このミラーニューロンシステムは他者運動の理解の機能を担っていると考えられている。本研究では、観察者は他者の行為を観察し、他者の運動を理解したことによって観察者のミラーニューロンシステムに関連する脳波同期が共同運動主体感の生起に関わったと考えられる。

以上のことから、共同サイモン課題において二者が一体化しているとき、両者はともにタッピングするタイミングに意識をむけ、さらに、観察者が行為者の行為

を理解することによって共同運動主体感が生起したのではないかと考えられる。

参考文献

- [1] Dewey, J. A., Pacherie, E., & Knoblich, G. (2014). The phenomenology of controlling a moving object with another person. *Cognition*, 132(3), 383-397.
- [2] Stenzel, A., Dolk, T., Colzato, L. S., Sellaro, R., Hommel, B., & Liepelt, R. (2014). The joint Simon effect depends on perceived agency, but not intentionality, of the alternative action. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8.
- [3] Nicole K. Bolt, et al., (2016). Mutual coordination strengthens the sense of joint agency in cooperative joint action. *Consciousness and Cognition*, 46, 173-187.
- [4] Kawasaki, M., Yamada, Y., Ushiku, Y., Miyauchi, E., & Yamaguchi, Y. (2013). Inter-brain synchronization during coordination of speech rhythm in human-to-human social interaction. *Scientific Reports*, 3.
- [5] Hirsch, J., Zhang, X., Noah, J. A., & Ono, Y. (2017). Frontal temporal and parietal systems synchronize within and across brains during live eye-to-eye contact. *Neuroimage*, 157, 314-330.
- [6] Cui, X., Bryant, D. M., & Reiss, A. L. (2012). NIRS-based hyperscanning reveals increased interpersonal coherence in superior frontal cortex during cooperation. *Neuroimage*, 59(3), 2430-2437.
- [7] Dumas, G., Nadel, J., Soussignan, R., Martinerie, J. Gamero, L. (2010). Inter-brain synchronization during social interaction. *PLoS ONE*, 5, e12166.
- [8] Okamoto, M., Dan, H., Sakamoto, K., Takeo, K., Shimizu, K., Kohno, S., et al. (2004). Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international 10-20 system oriented for transcranial functional brain mapping. *Neuroimage*, 21(1), 99-111.

相関成分分析による音楽聴取時の脳活動クラスタリング

Clustering brain activity during listening to music by using correlated component analysis

上野 芙優[†], 嶋田 総太郎[‡]
Fuyu Ueno, Sotaro Shimada

[†] 明治大学大学院理工学研究科, [‡] 明治大学理工学部
[†] Graduate School of Science and Technology, Meiji University,
[‡] School of Science and Technology, Meiji University
fueno@meiji.ac.jp

概要

被験者が音楽を聴いている時の脳波を計測し、相関成分分析を行った。被験者に共通する脳活動成分は、被験者の主観評価や楽曲の特徴のどの要因と、どのような関係性があるのか、各曲の主成分の値を特徴量としてクラスタリングを行い検討した。その結果、各クラスターで、脳波の第1～3主成分の値、被験者の主観評価と曲調について異なる特徴があることが示された。したがって、被験者間で共通する脳活動成分から、音楽聴取による被験者の主観評価（好感度、楽しさ、聴取頻度、覚醒度）や楽曲の特徴（調性、テンポ）に関して分類できることが示唆された。

キーワード：音楽認知, 脳活動計測, クラスタリング

1. 目的

音楽聴取に関わる脳の機能の局在性や経路に関する研究は多数あり、島および帯状回、視床下部、海馬、扁桃核、前頭前野などの脳領域で特定の経路を活性化することが示されている[1-2]。しかし、関連する既存の研究では統一的な見解には至っておらず、どのような音楽が脳をどのように賦活させるのかは明らかになっ

ていない[3]。

一方、音楽は、人の感情、身体、人格、社会的行動、信頼性や魅力に影響を与えること[4]や、様々な感情（優しさ、懐かしさ、平穏、活力、喜び）を誘導するため、医療現場ではうつ病の治療や患者の不安やストレスを軽減するために用いられている[5]。

Dmochowskiら[6]による研究では、20種類のCMを視聴している時の、比較的少数（十数名程度）の被験者から得られた脳波の被験者間相関の強さから、CMに対する全米の一般大衆の好みを予測できることが報告されている。音楽視聴時の脳波を測定し、被験者間の相関成分分析を行うと、被験者間相関の強さと、被験者の主観評価や楽曲の特徴との関係性が明らかになると考えられる。

そこで本研究では、被験者間の脳波相関成分を特徴量としてクラスター分析を行う。その結果から、脳活動と被験者の主観評価や楽曲の特徴には、どのような関係性があるのか検討する。

| クリップ | ランキング | タイトル | 年 | アーティスト | ジャンル |
|------|-------|------------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 恋 | 2016 | 星野源 | J-pop, Dance pop |
| 2 | 5 | 二人セゾン | 2016 | 樺坂46 | J-pop |
| 3 | 10 | サイレントマジョリティー | 2016 | 樺坂46 | J-pop |
| 4 | 15 | 願いごと持ち腐れ | 2017 | AKB48 | J-pop |
| 5 | 20 | RAIN | 2017 | SEKAI NO OWARI | J-pop, Post-rock |
| 6 | 25 | ハッピーエンド | 2016 | back number | J-pop |
| 7 | 30 | EXCITE | 2017 | 三浦大知 | J-pop, R&B |
| 8 | 35 | ヒカリノアトリエ | 2017 | Mr.Children | J-pop, Rock |
| 9 | 40 | Doors～勇気の軌跡～ | 2017 | 嵐 | J-pop |
| 10 | 45 | 意外にマンゴー | 2017 | SKE48 | J-pop |
| 11 | 50 | HANABI | 2008 | Mr.Children | J-pop, Rock |
| 12 | 55 | CQCQ | 2017 | 神様、僕は気づいてしまった | J-pop, Rock |
| 13 | 60 | KNOCK KNOCK | 2017 | TWICE | K-pop |
| 14 | 65 | おとなの掟 | 2017 | Doughnuts Hole | J-pop |
| 15 | 70 | CHARM | 2017 | WANIMA | J-pop, Rock |
| 16 | 75 | Just You and I | 2017 | 安室奈美恵 | J-pop |
| 17 | 80 | キスは待つしかないのでしょうか？ | 2017 | HKT48 | J-pop |
| 18 | 85 | ひまわりの約束 | 2014 | 秦基博 | J-pop |
| 19 | 90 | 空 | 2017 | GENERATIONS from EXILE TRIBE | J-pop |
| 20 | 95 | BANG BANG BANG | 2016 | BIGBANG | K-pop, Dance pop, Trap, R&B, Seoul |
| 21 | 100 | シェイク・イット・オフ～気にしてなんかいられないっ！！～ | 2014 | テイラー・スウィフト | Pop |

図1 楽曲リスト（実験で使用した曲の詳細）

2. 方法

2.1. 被験者

聴覚正常な 17 名（女性 7 名, 21.4±0.69 歳, 平均±標準偏差）が実験に参加した。

2.2. 音楽刺激

ビルボードジャパンの 2017 年のランキングを用い, 1~100 位の中から 5 位ごと計 21 曲を実験で使用した (図 1)。各曲必ずサビが入るように 62 秒に編集し, ランダム順に被験者に呈示した。

2.3. 手順

被験者は着席した状態で, 呈示される曲を聴取した。各曲聴取後に時間を制限せずに毎回, 好感度を -5~5 の 11 段階で回答させて, 次の曲を聴取するようにした。全曲の聴取が終了次第, 脳波計測も終了し, 各曲について評価させるアンケートに移った。アンケートでは, もう一度各曲 62 秒を聴取しながら, 各曲の好感度・楽しさ・聴取頻度・覚醒度を -5~5 の 11 段階で評価させた。好感度評価のみ脳波測定時とアンケート回答時で評価が変化しないか確認するため 2 回行った。

2.4. 測定方法

脳波計(g.USBamp, g.tec, Austria)を用いて, 音楽聴取時の脳波測定を行った。測定の電極にはアクティブ電極を使用した。計測箇所は国際 10-20 法の 30 か所

(Fp1, Fpz, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FC3, T7, C5, C3, Cz, C4, C6, T8, TP7, CP5, CP3, CP4, CP6, TP8, P7, P5, P3, Pz, P4, P6, P8, O1, O2) とし, AFz を接地電極, 右耳朶を参照電極とした。また, 眼球運動を計測するため右眼窩上下に電極を配し眼電図 (EOG) を計測した。サンプリング周波数 512 Hz で記録した。

2.5. 分析方法

脳波解析には MATLAB (The MathWorks, Massachusetts, USA) および MATLAB 上で動作する脳波解析ソフト (EEGLAB14.1.1b, Swartz Center for Computational Neuroscience, San Diego, USA) を用いて, データの周波数帯域を 1~60Hz に限定するようフィルタリングを行い, 50Hz の電源ノイズの低減 (Clean Line) を行った後, 独立成分分析 (ICA) を行い, 瞬目によるアーティファクトを除去した。除去後のデータを用いて, 相関成分分析 (Correlated Component Analysis:

CorrCA) とクラスター分析を行った。

CorrCA は, 被験者間相関が最大になるように, 脳波データの重みを算出する一種の主成分分析手法である (図 2) [7-9]。クラスター分析は, CorrCA で抽出した第 1~3 主成分による三次元マップを元に, 全 21 曲に対して k-means 法を用いて行った。

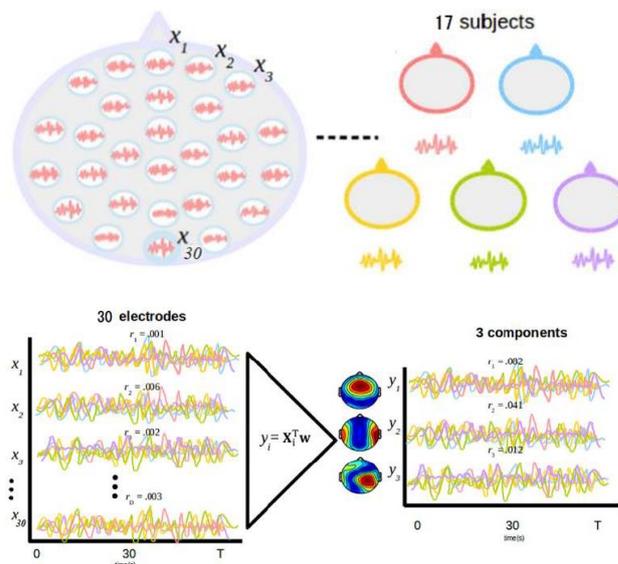


図 2 CorrCA ([9]より引用し一部改変)

3. 結果

3.1. 脳波の主成分分析

CorrCA によって抽出された第 1~3 主成分の重みづけマップを図 3 に示す。これらの主成分は, 全 30 主成分の内, 被験者間で相関の高い上位 3 主成分であり, 被験者間で共通する脳活動成分の重みを示している。

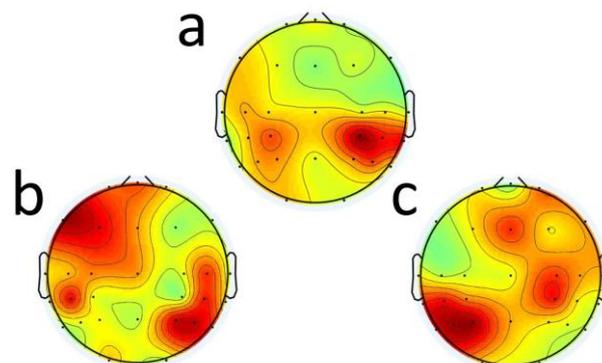


図 3 脳波の主成分トポグラフ (a-c: 第 1-3 主成分)

3.2. クラスター分析の結果と各クラスターの特徴
エルボー法とシルエット分析から, 適切なクラスタ

一数は3だと判断した。クラスター1は、第3主成分の値が特に高い・被験者の聴取頻度が低い・長調の曲が多いという特徴があった(図4-6, 表1)。クラスター2は、第2主成分の値が特に高い・被験者の好感度が高い・覚醒度が特に高い・比較的テンポの遅いバラード調の曲が多いという特徴があった。クラスター3は、第1主成分の値が特に低い(第2, 3主成分の値も低い)・被験者の聴取頻度が高い・短調の曲が多いという特徴があった。なお、各曲聴取後の好感度の評価の平均値と、全曲聴取後の各曲の好感度の評価の平均値は一致した。

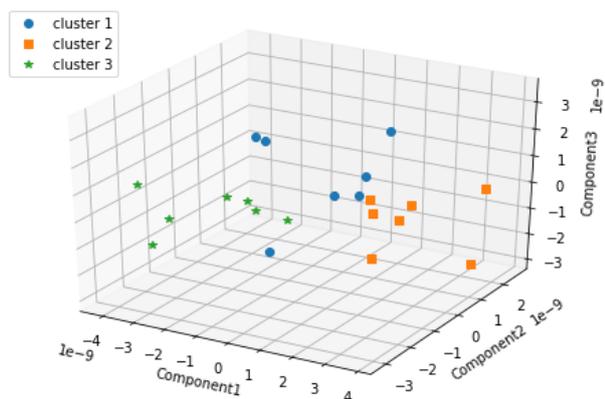


図4 全21曲に対する各曲の3成分の値による、クラスター分析

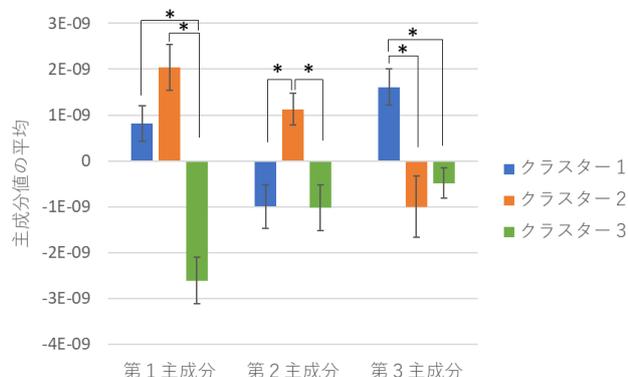


図5 脳活動のクラスターの特徴 (*: $p < 0.05$)

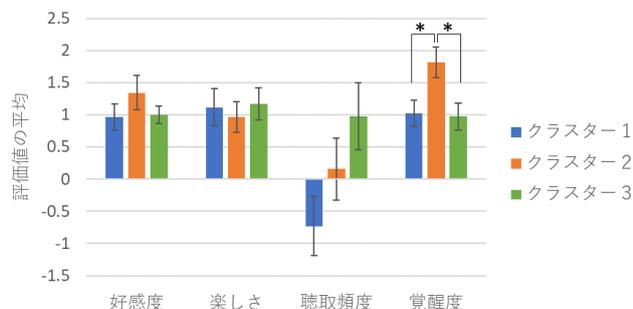


図6 被験者の評価(好感度, 楽しさ, 聴取頻度, 覚醒度)の特徴 (*: $p < 0.05$)

表1 楽曲のクラスターの特徴(調性, テンポ)

| | 調性(曲数) | テンポ(平均±標準偏差) |
|--------|--------------|--------------|
| クラスター1 | 長調(6), 短調(1) | 131.6 ± 31.4 |
| クラスター2 | 長調(4), 短調(3) | 105.4 ± 25.2 |
| クラスター3 | 長調(2), 短調(5) | 144.1 ± 38.8 |

4. 考察

本研究の結果より、各クラスターで、脳活動、被験者の評価と楽曲の特徴があることが示された(図4-6, 表1)。つまり、脳波の各主成分の値の度合いが類似している結果となった曲同士は、被験者の主観評価の値の程度や、曲調が似ているということが考えられる。

クラスター1の特徴は、被験者の聴取頻度が低い・長調の曲が多いことであり、第3主成分の値が特に高いことが示された。先行研究では、長調の曲で多く使われるメジャーの和音は、左中側頭回に有意な活動を示すこと[10]が報告されている。よって、今回の結果は、長調の曲を聴取したしたことにより、第3主成分に顕著な左中側頭回の活動が活発になったといえる。

クラスター2の特徴は、被験者の好感度が高い・覚醒度が特に高い・比較的テンポの遅いバラード調の曲が多いことであり、第2主成分の値が特に高いことが示された。先行研究では、早い音楽を聴取した時は扁桃体の活動が活発になる[11-12]ことが報告されている。また、感情的な曲を聴取した時に、右側頭葉の活動が活発になり、右前頭葉の活動が抑えられることも報告されている[13]。よって、今回の結果は、第2主成分の影響が強いことを考えると、扁桃体の活動に影響を受ける前頭眼窩野の活動が、被験者の好感度が高い曲を聴取したことにより活発になったといえる。また、被験者の気分を高揚させる、感傷的で比較的遅いテンポの曲を聴取したことにより、右側頭葉の活動が活発になり、右前頭葉の活動が抑えられたといえる。

クラスター3の特徴は、被験者の聴取頻度が高い・短調の曲が多いことであり、第1主成分の値が特に低い(第2, 3主成分の値も低い)ことが示された。先行研究では、短調の曲で多く使われるマイナーの和音は、右線条体に有意な活動を示すこと[10]や、メジャーの和音と比較して、扁桃体や脳梁膨大後部皮質、脳幹および小脳の活動が活発になること[14]が報告されている。よって、今回の結果は、被験者の聴取頻度は高いが、短調の曲を聴取したことにより活動した脳領域は、脳波の上位3主成分以外の成分が影響を受けたために、

脳波の第1～3主成分の値が低くなったと考えられる。

以上から、被験者間で共通する脳活動成分から、音楽聴取による被験者の主観評価（好感度、楽しさ、聴取頻度、覚醒度）や楽曲の特徴（調性、テンポ）に関して分類できることが示唆された。

また、上述のクラスター2の特徴より、音楽聴取時の脳活動に表れる無意識的な反応が音楽の好みを表している可能性がある。しかし、個々人が音楽の好みを主観的に判断する際には、音楽聴取時に喚起された無意識的な感情だけではなく、好みの音楽ジャンル[15]、パーソナリティ[16-17]、聴取時の感情や気分[18]、社会的・文化的背景[19]に影響を受けると考えられる。今回は音楽聴取時の被験者で共通した無意識的な反応を解析することによって、被験者の主観評価や楽曲の特徴との関係性を明らかにすることができたが、今後の研究では、個々の被験者が音楽の好みを判断する際の意識的な認知要因（前述の好みの音楽ジャンル等）についても解析する必要があると考えられる。

参考文献

- [1] Wang, S., & Agius, M. (2018). The neuroscience of music; a review and summary. *Psychiatra Danubina*, 30(Suppl 7), 588-594.
- [2] Boso, M., Politi, P., Barale, F., & Enzo E. (2006). Neurophysiology and neurobiology of the musical experience. *Functional Neurology*, 21(4), 187-91.
- [3] Sihvonen, A. J., Särkämö, T., Rodríguez-Fornells, A., Ripollés, P., Münte, T. F., & Soinila, S. (2019). Neural architectures of music - Insights from acquired amusia. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 107, 104-114.
- [4] Brancatisano, O., Baird, A., & Thompson, W. F. (2020). Why is music therapeutic for neurological disorders? The Therapeutic Music Capacities Model. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 112, 600-615.
- [5] Meng, Q., Jiang, J., Liu, F., & Xu, X. (2020) Effects of the Musical Sound Environment on Communicating Emotion. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 6, 17(7).
- [6] Dmochowski, J. P., Bezdek, M. A., Abelson, B. P., Johnson, J. S., Schumacher, E. H., & Parra, L. C., (2014). Audience preferences are predicted by temporal reliability of neural processing. *Nature communications*, 5, 4567.
- [7] Dmochowski, J. P., Sajda, P., Dias, J., & Parra, L. C. (2012). Correlated components of ongoing EEG point to emotionally laden attention – a possible marker of engagement? *Frontiers in human neuroscience*, 6, 112.
- [8] Jäncke, L., & Alahmadi, N. (2016). Detection of independent functional networks during music listening using electroencephalogram and sLORETA-ICA. *Neuroreport*, 27(6), 455-461.
- [9] Ki, J. J., Kelly, S. P., & Parra, L. C. (2016). Attention Strongly Modulates Reliability of Neural Responses to Naturalistic Narrative Stimuli. *Journal of Neuroscience*, 36(10), 3092-3101.
- [10] Suzuki, M., Okamura, N., Kawachi, Y., Tashiro, M., Arao, H., Hoshishiba, T., Gyoba, J., & Yanai, K. (2008). Discrete cortical regions associated with the musical beauty of major and minor chords. *Cognitive, affective & behavioral neuroscience*, 8(2), 126-31.
- [11] Mueller, K., Mildner, T., Fritz, T., Lepsien, J., Schwarzbauer, C., Schroeter, M. L., & Möller, H. E. (2011). Investigating brain response to music: a comparison of different fMRI acquisition schemes. *Neuroimage*, 54, 337-343.
- [12] Koelsch, S., Skouras, S., Fritz, T., Herrera, P., Bonhage, C., Küssner, M. B., & Jacobs, A. M. (2013). The roles of superficial amygdala and auditory cortex in music-evoked fear and joy. *Neuroimage*, 81, 49-60
- [13] Alfredson, B. B., Risberg, J., Hagberg, B., & Gustafson, L. (2004). Right temporal lobe activation when listening to emotionally significant music. *Applied neuropsychology*, 11(3), 161-6.
- [14] Pallesen, K. J., Brattico, E., Bailey, C., Korvenoja, A., Koivisto, J., Gjedde, A., & Carlson, S. (2005). Emotion processing of major, minor, and dissonant chords: a functional magnetic resonance imaging study. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 450-3.
- [15] Rentfrow, P. J., Goldberg, L. R., & Levitin, D. J. (2011) “The structure of musical preferences : a five-factor model.”, *Journal of personality and social psychology*, 100(6), 1139-57.
- [16] Rentfrow, P. J., & Gosling, S. D. (2003) The do re mi's of everyday life: the structure and personality correlates of music preferences. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84(6), 1236-56.
- [17] Brown, R. A. (2012) Music preferences and personality among Japanese university students. *International Journal of Psychology*, 47(4), 259-68.
- [18] Xue, C., Li, T., Yin, S., Zhu, X., & Tan, Y. (2018) The influence of induced mood on music preference. *Cognitive Processing*, 19(4), 517-525.
- [19] Good, M., Picot, B. L., Salem, S. G., Chin, C. C., Picot, S. F., & Lane, D. (2000) Cultural differences in music chosen for pain relief. *Journal of Holistic Nursing*, 18(3), 245-60.

コンテンツ受容時の情動依存脳活動に対する人称視点の影響 Dependency of personal perspective on emotion-related brain activity during content viewing

三輪 恒士[†], 工藤 卓[‡]

Koji Miwa, Suguru N. Kudoh

[†] 関西学院大学 理工学部 人間システム工学科, [‡] 関西学院大学 工学部 知能・機械工学課程

Kwansei Gakuin University

snkudoh@kwansei.ac.jp

概要

映像コンテンツの登場人物とこれを受容する人間との関係性の一つに人称視点があげられる。視聴者が映像コンテンツの登場人物のうちどの視点に立つかによって共感する感情は変化すると考えられる。本研究では機能的近赤外線分光法 (functional Near-infrared spectroscopy, fNIRS) を用いてコンテンツ受容時の脳活動を解析し、情動に相関のある活動への人称視点の影響を検証した。動画を見ることにより誘発される情動と前頭部の脳活動との相関を、人称が異なるが内容が同一である動画コンテンツを用いて解析したところ、右前側頭部の脳活動は「怒り」の動画視聴時に増大、「悲しみ」の動画視聴時に減少し、その変化は「怒り」の場合では1人称コンテンツでより大きく、「悲しみ」の場合は3人称コンテンツにおいて大きかった。動画視聴により誘発された情動関連の脳活動は、情動の種類や動画の見え方、特にコンテンツの人称に依存して変化することが示唆された。

キーワード：人称視点, 映像コンテンツ, 機能的近赤外線分光法 (fNIRS)

1. はじめに

エンターテインメント等の分野において人の情動を客観的に評価することは重要である。近年、映画やドラマなどの動画視聴時の脳活動をfMRIによって計測し、動画の一連の流れ・内容、すなわち「コンテキスト」から生み出される情動に伴う脳活動の抽出を試みる研究が行われている。例えば実験参加者が視聴した映像の内容に依存して脳の活性化度に部位依存的な有意差が観察されたという報告がある [1, 2, 3]。動画の視聴に伴う脳活動には、当然視覚情報処理の影響が大きく現れると考えられるが、R. Malachらは動画を異なるセグメントに分割して入れ替えることでストーリーや内容に依存した脳活動と視覚情報処理とを分離することを試みている [1]。快・不快など特定の情動を

喚起すると想定される画像を実験参加者が注視する間の脳活動を機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) によって計測した研究では、嫌悪感を与えるような視覚情報が前頭前皮質の活動を減少させるという現象が報告されている [2, 4, 5]。これらの情動をモニターする研究は、主としてfMRIを用いて行われたものであるが、実験参加者は実験中厚い壁のある空間にかなりの圧迫感をもって拘束されることや、強力な磁気による振動ノイズが大きく、情動に対して少なからぬ影響があると考えられる [6, 7]。機能的近赤外線分光法 (fNIRS) は、fMRIと同様に非侵襲に脳血流量を計測でき、かつ実験参加者の拘束性が低く、騒音がほぼないため、日常生活に近い状態で計測が可能であると言う利点がある。他方で、近赤外線光は頭皮から約3cm程度の深部までしか到達しないため、NIRSで計測できるのは大脳皮質表面のみであり、脳深部構造の血流変化は測定できない欠点がある。自然な動画刺激による情動変化に伴う脳活動を計測するという目的から、本研究ではfNIRS信号を計測可能な可搬性光トポグラフィ計測装置を用いた。fNIRSを用いて感情抽出を試みた研究では、前頭皮質において感情の分類に関連した活動が発現していることが示唆されている [1, 2]。また、TV視聴時の視聴者の「快」や「不快」の感情を指標化するためにfNIRSによって脳活動を計測した研究がある [3]。此の研究では、快、不快、緊張、リラックス等の感情がfNIRS信号から客観的な指標として計測することが可能であることが示唆された。TV視聴に限らず、動画コンテンツによっては、Virtual Reality (VR) のように三人称コンテンツとは異なる人称形態のコンテンツも存在する。映画などの一般的な三人称のコンテンツであっても、視点の激しい移動により、どの登場人物の視点なのか混乱する場合があるが、このようなコンテンツにおける人称の変化が人間の脳機能活動に与える影響はこれまで詳細に検証されているとは言えな

い。我々は、これまでに「怒り」や「悲しみ」などの感情の変化を連想させるコンテンツ視聴時の脳活動を fNIRS 信号から抽出可能であることを報告したが [5]、本研究では、更に感情の変化を連想させる一人称視点のコンテンツ、二人称視点のコンテンツ、また三人称コンテンツを受容時の脳活動を比較し、コンテンツの視点が情動の発現に及ぼす影響を考察した (図 1)。

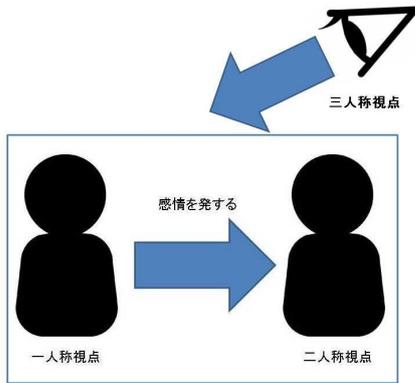


図 1 人称視点.

2. 実験手法

2.1 fNIRS による脳機能イメージング

本研究では光トポグラフィ装置 (WOT-220-22p, 日立ハイテクノロジー) を用いて、22 個のプロープ (図 2) から脳血流量の変化を推定した。WOT-220-22p はウェアラブルな計測機器で、日常的な環境での計測が可能である。A/D 変換のサンプリング周波数は 5Hz, 量子 bit 数 4bit, 照射波長は 705nm 及び 830nm である。脳血流量の計算の基準として使用するデータのプリスキャン時間は 30 秒に設定し計測を行った。本研究では fNIRS 計測によって得られた Oxy-Hb のデータのみ解析した。また解析に使用する ch の範囲は合計 22ch の中から安定して計測できた 3ch から 19ch までとした。



図 2 光トポグラフィ装置のプロープ配置.

2.2 実験スキーム

全ての実験は「関西学院大学『人を対象とする医学系研究』倫理規定」に従って行った。健康な 21 才-22 才の男性 12 名を実験参加者とし、実験は周囲の光等の刺激を抑えるため暗室にて行った。実験参加者には椅子に深く腰掛け、前頭部に光トポグラフィ計測装置を装着してもらった。実験参加者になるべくストレスや不満を感じさせないよう実験環境づくりに配慮した (図 3)。刺激呈示用 PC からモニター上に映像コンテンツを投影し、コンテンツ視聴時の脳血流量を計測した。始めに暗室で椅子に深く腰掛け、1 分間固定十字点を注視してもらった。その間に 30 秒のプリスキャンを行い、受光近赤外光の基準値を設定した。その後、目線の高さの一人称視点にて廊下を歩いているシーン (共通シーン) を 1 分間、情動を誘発する分岐シーンを 1 分間視聴してもらいながら fNIRS 計測を行った。分岐シーンは悲しみ、怒りの 2 つのシーンを用意した。それぞれ <一方が相手をしかりつけるシーン (怒り)>, <一方がひどく落ち込んで泣いており、もう一人がそれを慰めているシーン (悲しみ)> とした。最後に再び固定十字点を注視してもらいながら計測を行った。以上の 4 分間の動画視聴実験を 1 つのタスクとして実験を行った (図 4)。各シーンにつき一人称、二人称、三人称の動画を用意し、あわせて 6 タスクとした。実験終了後にアンケートを記入してもらい、感情抽出が的確にできていたかを検証した。実験で使用した動画は登場人物、撮影場所を全く同じものとして、感情誘発シーン以外のシーンの感情への影響を共通化した。また、動画の色はモノクロ、無声とし、分岐シーン以外の影響をできるだけ排除した。動画は iphone8 (Apple) を用いて撮影し、動画は iphone8 (Apple) を用いて、解像度 1134 × 640 px, アスペクト比 16:8.9955, フレームレート 60 fps の動画ファイルとし、mov 形式で撮影した。



図 3 実験環境.

3. 動画コンセプト

動画は分岐シーンにおいて感情を誘発させることを目的とした。怒りのシーンの場合、1 人称視点映像は映像中の相手に対し、自分 (1 人称) が怒りをぶつけ、

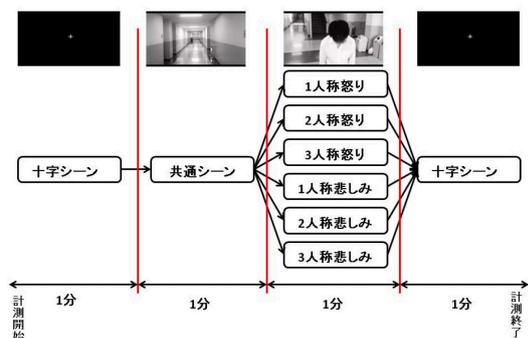


図4 実験スキーム。

しかりつける映像とした。この場合、自分が怒っているというイメージである。2人称視点映像は映像中の相手(2人称)が怒り、自分を叱る映像とした。この場合は、自分が怒られるということである。3人称視点映像は、怒りをぶつけ叱りつける人物と、これを受けて叱られる人物が登場する映像とした。この場合は第三者である自分(3人称)が俯瞰的に対象を観察しているということである。悲しみのシーンの場合、1人称視点映像は映像中の相手に対し、自分(1人称)がひどく落ち込み、泣きだす映像とした。すなわち自分が悲しんでいるということである。2人称視点映像は映像中の相手(2人称)が悲しみ、自分が慰める映像とした。この場合は、相手が悲しむということである。3人称視点映像は、ひどく落ち込み泣いている人物と、これを受けて慰める人物が登場する映像とした。この場合も怒りの3人称映像同様、第三者(自分, 3人称)が俯瞰的に対象を観察しているということである。共通シーンは1人称視点で自分が他を見ながら廊下を歩いているシーンとした。

4. 実験結果

4.1 コンテンツ視聴時の脳血流量変化

実験参加者に怒り、悲しみの2シーンについて、1, 2, 3人称の動画を合計6種類視聴してもらいながら前頭部からfNIRS計測を行った。3chから19chまでの各chで怒り、悲しみの分岐シーンにおける脳血流量を比較した結果、特に3chや4chの右脳側において分岐シーン視聴時の脳活動の差異が顕著にあらわれた。怒りの1人称、3人称のシーン視聴時、登場人物が机を叩き相手をしかりつけるシーン(100s)においてOxy-HB量の増加が見られた(図5)。また、分岐シーン視聴後の白十字視聴時、Oxy-HB量が初期状態よりも上昇する傾向にあった。2人称映像の怒りのシーン視聴時、Oxy-HB量は減少する傾向にあった。

悲しみの感情誘発シーンにおいて、1人称と3人称の

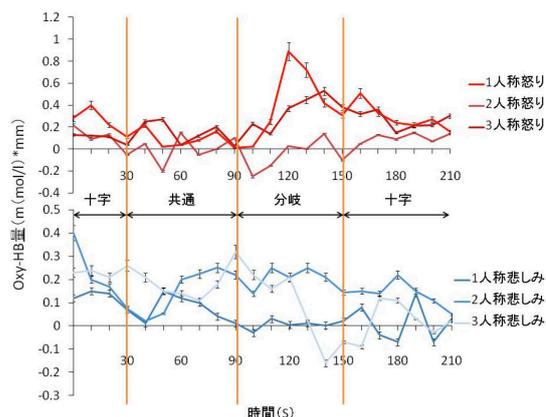


図5 怒りのシーンと悲しみのシーン視聴時のOxy-HB量の推移。(平均±標準誤差, N=12)

映像においてOxy-HB量の減少が確認された。悲しみの映像に関しては3人称の方が1人称よりも減少度は大きい傾向にあった。2人称の悲しみの映像視聴時では、共通シーンと分岐シーンでOxy-HBに差異は確認されなかった。また、2人称の怒りシーンと1人称の悲しみシーンにおいて、Oxy-HB量の推移が類似する傾向にあった。1人称と3人称の分岐シーンにおいて、それぞれの増加量の違いに着目すると、3人称よりも1人称の方が増加度は大きい傾向にあった。特に怒りのシーンについては、1人称映像と3人称映像のOxy-HB量の間有意差が認められた(student-t検定, $P < 0.05$) また、分岐シーン視聴後は、固定十字点を注視しているだけでも、どの条件においても全体的に脳血流量の増加傾向が見られた。また、共通シーンと分岐シーンは、1分間のOxy-HB量の平均値は1人称においても3人称においても、いずれも傾向が類似した。例えば怒りのシーンの場合は1人称においても3人称においても、どちらも共通シーンより分岐シーンにおける脳血流量が大きかった(図6)。また、2人称の怒りシーンと1人称の悲しみシーンにおいて、Oxy-HB量の推移が類似する傾向にあった。1人称と3人称の分岐シーンにおいて、それぞれの増加量の違いに着目すると、3人称よりも1人称の方が増加度は大きい傾向にあった。特に怒りのシーンについては、1人称映像と3人称映像のOxy-HB量の間有意差が認められた(student-t検定, $P < 0.05$) また、分岐シーン視聴後は、固定十字点を注視しているだけで、どの条件においても全体的に脳血流量の増加が見られた。また、共通シーンと分岐シーンは、1分間のOxy-HB量の平均値は1人称においても3人称においても、いずれも傾向が類似した。例えば怒りのシーン

の場合は1人称においても3人称においても、どちらも共通シーンより分岐シーンにおける脳血流量が大きかった。

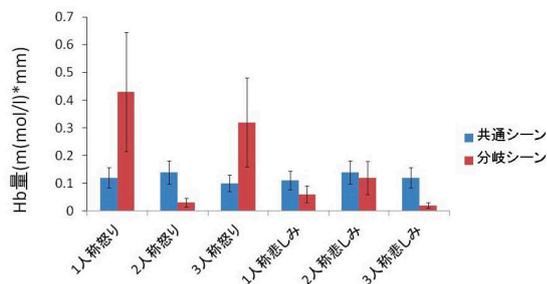


図6 共通シーンと分岐シーンの平均 Oxy-HB 量 (平均±標準誤差, N=12)

実験の結果、自分が相手を怒っている1人称と3人称の怒りの映像に関して、Oxy-HB 量の上昇がみられ、特に机を叩き相手に詰め寄り叱るシーンにおいては著しい上昇がみられた。さらに、1人称と3人称の映像では Oxy-Hb の上昇に差があり、1人称の映像を見ている時の方が共通シーンを見ている時の Oxy-HB 量からの上昇は著しかった(図9)。このことから人称がコンテンツを含む動画を見ている時に特異的に発現する脳活動に対して影響を与えることが示唆される。つまり、映像を主観的に捉えるか客観的に捉えるか、感情移入して主観的に没入するか、その程度によって前頭部位の脳活動が変化するということである。また、

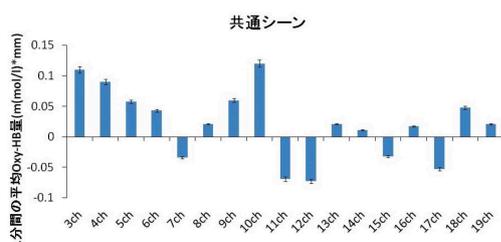


図7 共通シーン視聴時の1分間の平均正規化 Oxy-HB 量 (初期値を1として正規化, 平均±標準誤差, N=12)。

自分が悲しんでいて相手に慰められるという内容を含む悲しみの1人称、および3人称動画視聴時には、Oxy-HB 量が減少する傾向にあった(図9)。これまでの関連研究においても、悲しみの感情を誘発するコンテンツを視聴することで右前頭部における脳活動が低下することが報告されており、さらにこれが映像の内容に依存することが明らかになっている[5]。本研究

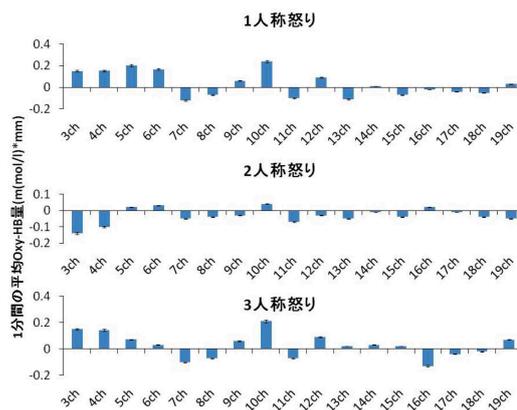


図8 怒りの分岐シーン視聴時の1分間の平均正規化 Oxy-HB 量 (初期値を1として正規化, 平均±標準誤差, N=12)。

においては1人称の場合も3人称の場合も、同じく脳活動が減少する傾向があった。またその傾向は、1人称よりむしろ3人称の映像を見ている時の方が顕著であった。怒りの場合は1人称の条件の方が脳活動の変化が大きくなったことに対して、悲しみの場合は逆の傾向を示した。これは、1人称の悲しみのコンテンツが「自分が悲しんでいて相手に慰められる」というものであり、どのような状況であるのか、怒りの場合よりも把握しづらかった可能性がある。そもそも怒りの表現は分かりやすいのに対し、「悲しんでいる」という状況を視覚的な情報でのみ示すことは難しい、没入やシーンの把握のしやすさという要素が大きく結果に影響した可能性がある。また、悲しみの2人称の映像を視聴した場合、共通シーンと分岐シーンとで Oxy-HB 量の顕著な変化は観察されなかった。悲しみの2人称の映像は「相手が悲しみ自分が慰める」という内容であり、視点が自分に固定しているため、相手の「悲しみ」に感情移入するというより「慰める」ということに注意が移ったことが考えられる。視点が固定されて、感情移入すべき役が入れ替わるという現象は、怒りの2人称映像視聴時にも発生した。動画中の相手が怒っていて自分が怒られる2人称の「怒り」の動画視聴時の場合は、1人称、3人称の場合と異なり、Oxy-HB 量は減少する傾向があった(図9)。2人称コンテンツの怒りの場合、結果として相手の視点に立てず、役割の転換をして1人称視点に立ち、「怒られた自分」というコンテンツとして受容した可能性がある。結果として「叱られる」状況が悲しみの感情を誘発した可能性があると考えられる。これらの結果は、視点を「自分が外を見ている」という1人称視点に固定すると、これによって感情移入の対象は強く自分視点の1人称に固定され

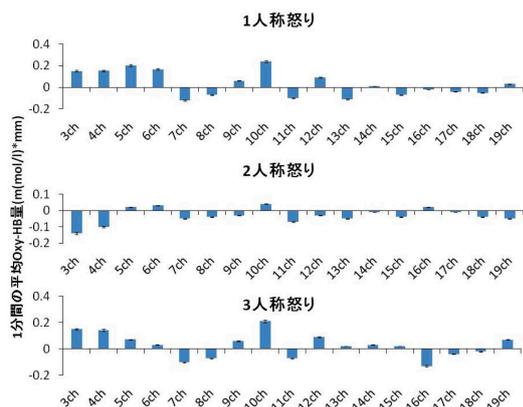


図9 悲しみの分岐シーン視聴時の1分間の平均正規化Oxy-HB量(初期値を1として正規化, 平均±標準誤差, N=12)。

てしまい、映像に表れた他者の視点に立つことは無いということを示している。すなわち實際上、2人称の映像コンテンツ、すなわち視点的には1人称であるのに相手の立場に立つというコンテンツは、わかりにくく成立が困難であるということである。他方、3人称の場合にも1人称の場合と同様の脳活動変化が観察されたことは、俯瞰的に観察している場合は、その場にいる人物の中で特に感情が分かりやすい立場の人物の視点に立つ傾向を示している。

4.2 1人称と3人称におけるOxy-HB量の空間分布の相違

3ch から 19ch それぞれの Oxy-HB 量に着目し、コンテンツ視聴時の脳活動の前頭における空間分布を解析した。右前頭外側部 [4]、特に 3ch, 4ch において怒りの1人称, 3人称映像視聴時 Oxy-HB 量が顕著に増大し、また逆に悲しみの1人称, 3人称映像視聴時 Oxy-HB 量が減少した。右側頭部の脳活動は、怒りの映像視聴時に活性化し、逆に悲しみの映像視聴時には抑制された(図10)。その変化は怒り・悲しみの場合ともに1人称映像において顕著となる傾向があった。3ch, 4ch 付近はブロードマンの脳地図における第46野、背外側前頭前野(DorsoLateral PreFrontal Cortex, DLPFC)と呼ばれる部位に相当し、主としてワーキングメモリ、宣言的記憶、注意、やる気など、情動というよりはむしろ状況の理解に対して関係性が深いといえる [8]。コンテンツの内容の理解のしやすさがこの領域の脳活動に影響を与えた可能性は否定できない。しかしながら、脳活動の変化は右脳においてのみ顕著に発現しており、このことは情動と関連して

いると考えられる。例えば、画像刺激時の研究で「快」という主観評価が右脳のθ波レベルと相関があるという報告がある [9]。

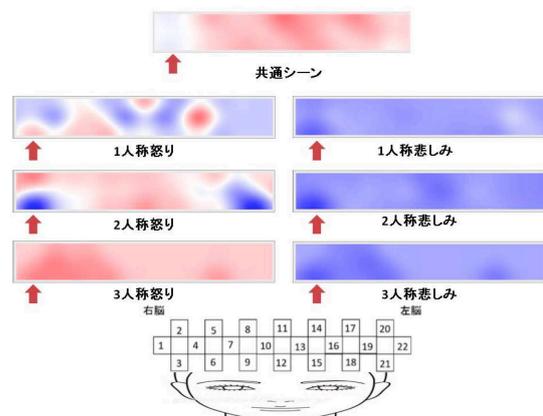


図10 各chの分岐シーンにおけるOxy-HB空間分布の例。矢印は3chの位置を示す。(22歳男性の例)

5. 結論

動画を見ることにより誘発される情動と前頭部の脳活動との相関を人称が異なるが内容が同一である動画コンテンツを用いて解析した。右前頭極の脳活動は「怒り」の動画を見たときに増大、「悲しみ」の動画を見たときに減少し、その変化は「怒り」の場合では1人称コンテンツでより大きく、「悲しみ」の場合は3人称コンテンツにおいて大きかった。動画を見ることにより、誘発された情動関連の脳活動は、情動の種類やシーンの見え方、特にコンテンツの人称に依存して変化し、いつでも1人称において最も共感が強く強い情動が誘発されるものではないことが示唆された。また、右背外側前頭前野に顕著に観察されたコンテンツに依存した脳活動はコンテンツが意味する状況を把握することと関連している可能性がある。

文献

- [1] Y. Golland, S. Bentin, H. Gelbard, Y. Benjamini, R. Heller, Y. Nir, U. Hasson and R. Malach, (2006) "Extrinsic and Intrinsic Systems in the Posterior Cortex of the Human Brain Revealed during Natural Sensory Stimulation," *Cerebral Cortex*, Vol.17, pp.766-777, doi:10.1093/cercor/bhk030.
- [2] X. Hu, F. Deng, K. Li, T. Zhang, H. Chen, X. Jiang, J. Lv, D. Zhu, C. Faraco, D. Zhang, A. Mesbah, J. Han, X. Hua, L. Xie, S. Miller, L. Guo and T. Liu, (2010) "Bridging low-level features and high-level semantics via fMRI brain imaging for video classification," *proc. 18th ACM international conference on Multimedia*, pp.451-460.
- [3] 阪本 清美, 浅原 重夫, 山下 久仁子, 岡田 明, (2011) "TV 視聴コンテンツの種類が感情状態の生理心理計測

- に及ぼす影響”, 電子情報通信学会技術研究報告, HIP, ヒューマン情報処理, Vol. 111, No.60, pp.1-5.
- [4] Nora M. Raschle, Lynn V. Fehlbauer, Willeke M. Menks, Felix Euler, Philipp Sterzer, (2017) “Investigating the Neural Correlates of Emotion-Cognition Interaction Using an Affective Stroop Task,” *Front Psychol.* 2017 Sep 1;8:1489. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01489. eCollection.
- [5] 豊田 誠, 山口 大貴, 工藤 卓 ,(2018) “動画の情動的コンテキストに依存した脳機能活動の抽出”, 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム講演論文集, Vol.34, pp.130-134, doi:10.14864/fss.34.0—130
- [6] R.T. Fox, M. E. Raichle,(1986), “Focal physiological uncoupling of cerebral blood oxidative metabolism during somatosensory stimulation in humansubjects,” *Proc. Natl. Acad. Sci.USA*, Vol.83, pp.1140-1144.
- [7] Y. Hoshi, M. Tamura,(1993) “Dynamic multichannel near-infrared optical imaging of human brain activity,” *J. Appl. Physiol.* Vol.75, pp.1842-1846.
- [8] S. M. Szczepanski and R. T. Knight, (2014) “Insights into Human Behavior from Lesions to the Prefrontal Cortex,” *Neuron*, Vol.83, No.5, pp.1002–1018, doi:10.1016/j.neuron.2014.08.011.
- [9] 野口 公喜, (2001) “刺激により誘発された種々の感情と脳波の対応”, 日本生理人類学会誌, Vol.6, No.3, pp.80.

グラウンドチルト・ルームチルト混合 VR 環境における垂直認知 Subjective Visual Verticality Distortion in Mixed HMD Environments Containing Physical and Visual Tilt

元橋 洸佐[†], 佐藤 優太郎[†], 小鷹 研理[†]
Kousuke Motohashi, Yutaro Sato, Kenri Kodaka

[†]名古屋市立大学
Nagoya City University
k_moto2786@yahoo.co.jp

概要

仮想空間において、視覚的に、現実とは異なる空間の回転を作り出すと、通常、酔いなどのストレスが生じる。この際、体験者自身の身体の傾きを適切に考慮した多感覚システムを設計することで、適応性が高まると考えられる。筆者らが既に発表した HMD インタラクション「Room Tilt Stick」では、わずかに足場を傾斜させることによって、CG 空間において設計された仮想的な空間の回転（ルームチルト）に対する没入度が高くなる反応を得ていた。そこで本研究では、類似の HMD 空間において、視覚情報と足場の傾斜を要因とする被験者実験を行った。その結果、足場の傾斜と映像空間の回転の方向性が一致した場合に、地面の傾斜認知を大きく歪めることが示された。

1. はじめに

筆者らは、2020 年 11 月に開催された「注文の多い」からの錯覚」の研究室展」において、HMD を使用した重力変調体験装置《ROOM TILT STICK》（元橋洸佐・森光洋・小鷹研理）を発表した[1]。ROOM TILT STICK は、壁や床を杖で押し込むことによって空間の一部が切り取られ、押し込んだ力に応じて、最大 90 度まで切り取られた領域が回転するものである（図 1）。この HMD 体験においては、部屋が回転すると同時に、HMD の視点（一人称視点）もまた、部屋の回転に追従するように

回転しており、結果的に、体験者自身の足場を含む空間のルームチルトによって、体験者自身のセルフチルトの感覚を誘発する装置として機能している。この際、体験者が動き回る現実の足場に数度の傾斜を与えている（グラウンドチルト）。これは、設計段階において、わずかな物理傾斜を与えるだけで、セルフチルトの感覚がより強化される効果を見出していたためである。実際、展示では、足場の傾斜が徐々に大きくなる空間設計を行なったところ、傾斜の高いところでは、よろめきなどの重心動揺が極めて頻繁に観測された。こうしたことから、われわれの研究グループでは、「わずかな量の地面傾斜が、ルームチルトによって誘発されるセルフチルトの錯覚感度を非線形に増大させる」とする仮説を提起している。本研究は、この仮説を検証するための基礎実験として、グラウンドチルトとルームチルトの相互作用によって、垂直性に関わる指標にどのような影響が生じるかについて基礎的なデータを取集することを目的とするものである。

関連研究として、Rod and Frame Test (RFT) [2]や Visual Reorientation Illusion (VRI) [3]の実験パラダイムを挙げるができる。これらの研究は、極性のある視覚刺激を提示することによって、視覚レベルの重力

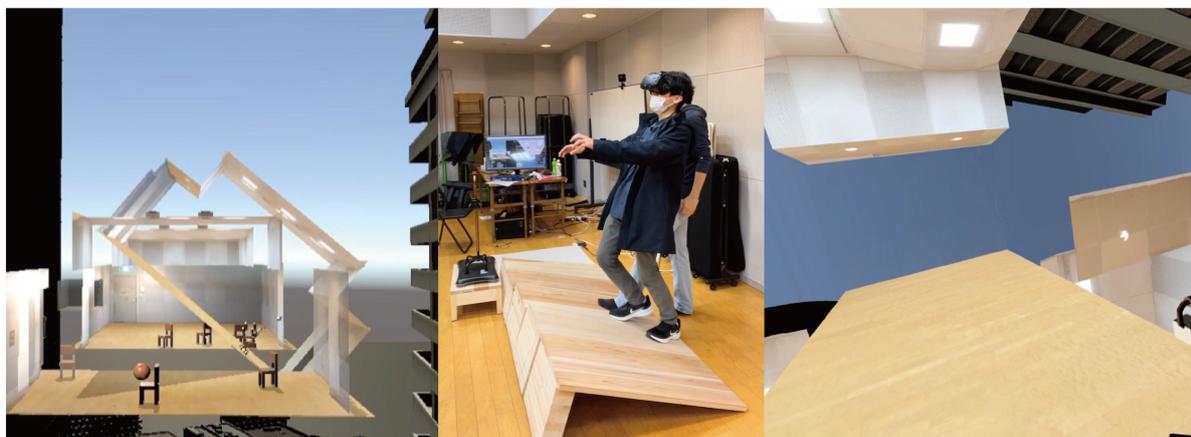


図 1 Room Tilt Stick

方向判断 (SVV: Subjective Visual Vertical) が、視覚情報の傾斜方向に10%程度 (RFT) だけ傾斜しているように感じられることや (RFT), または、被験者と、被験者を囲む部屋を同時に90度単位で傾けると、物理的な傾きに関わらず、一定数の被験者が直立しているとする錯覚を得ること (VRI) が報告されている。これらの一連の研究では、足場の傾斜や頭部の傾斜を扱うもの[4][5][6]も存在するが、ほとんどの研究はSVVへの影響を計測するものであり、足場の傾斜を直接に推測する課題は与えている試みは、我々の知る限り、行われていない。本研究では、グラウンドチルト (体性感覚+前庭感覚) とルームチルト (視覚) をそれぞれ要因変数とした際に、SVVのみならず、SVGT (Subjective Visual Ground-Tilt) への影響も同時に計測する被験者実験を以下の方法で行った。

2. 実験

10人の大学生を対象に、HMD (VIVE) を用いた被験者実験を行った。HMD内で左右どちらかに45度傾斜しているか、あるいはフラットな部屋を提示する (図2, ROOM TILT) 。この際、被験者の足場の傾きは-12度、-6度、0度、+6度、+12度のいずれかである (図

2, GROUND-TILT) 。この足場は970×25×400mmの杉板に、38×89×400mmの木材を6度の場合2個、12度の場合5個取り付け、スポンジテープで角度を調整したもの (図2, 制作した足場) を使用した。各試行で自身の足場となる床面の向き (SVGT) 及び重力の垂直方向 (SVV) の向きをHMD空間に配置したミニチュア (図2, 回答用のミニチュア) をコントローラのボタンで回転させ、マッチングしてもらうことで回答してもらった。回答後、HMD内は完全に黒の画面に暗転し、次の試行の足場を実験者が用意、口頭で被験者を次の足場まで誘導し、試行に移る。これら15 (3×5) の条件における方向同定課題をそれぞれ2回、すなわち全30回の試行を行ったのち、最後に、HMDを通して、完全に白の画面を見せた条件 (WS: White Screen 条件) で、同じくSVGTとSVVを足場の数 (計5回) 回答してもらった。なお、SVGTとSVVを回答させる順番は試行ごとにランダムで、一度回答したら後から変更することはできない。

3. 実験結果

図3に実験の結果を示す。

図3左上はWS (前庭感覚・体性感覚要因のみ) 条件におけるSVGT誤差を示したものである。具体的には、-12度の際のSVGT誤差は平均で-6度であり、これは、SVGTが実際の-12度から更にCCWに6度ずれ、-18度周辺となっていることを意味している。このグラフにより、極性を示唆するような視覚的な情報が一切提示されない場合においてもなお、地面の傾斜を視覚的にマッチングさせようとする、1.3~1.5倍程度、傾きが過大評価されて知覚されていることがわかる。本指標について、1要因5水準の被験者内分散分析を行ったところ、地面傾斜の主効果が得られた ($F(4, 9) = 3.09$, $p < 0.05$)。一方で、WS条件におけるSVVの指標による評価 (図3左下) について、同様に分散分析を行なったところ、主効果は検出されなかった。

ついで、極性のある部屋の映像が提示される時、すなわち視覚要因 (-45度, 0度, 45度) が与えられた時、SVGT, SVVの誤差から、WS環境のそれぞれの誤差を差し引いた結果について、「視覚要因」 (-45度, 0度, 45度) と「前庭感覚・体性感覚要因」 (-12度, -6度, 0度, 6度, 12度) の効果を検証するため、2×5の2要因の被験者内分散分析を行なった。結果は、「視覚要因」の主効果がSVGT, SVVの両方で確認



図2 実験装置

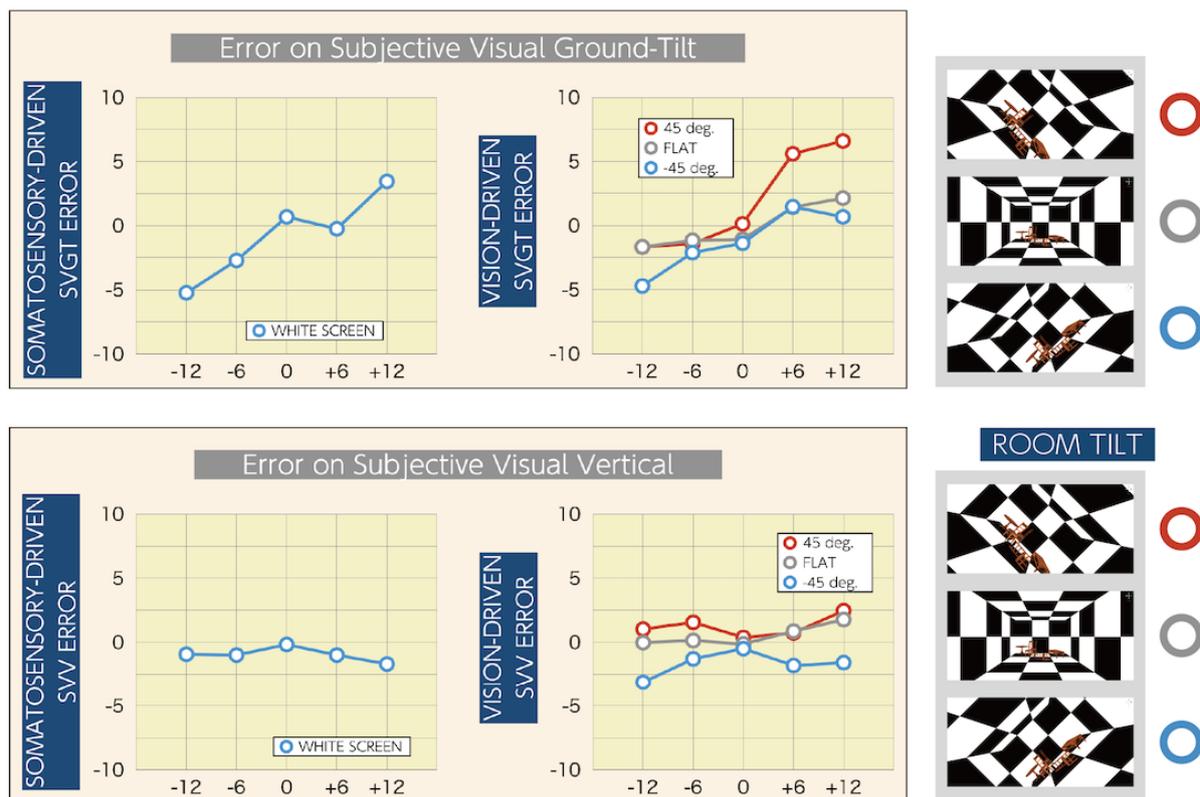


図3 実験の結果

された (SVG T: $F(2,9)=4.37, p<0.05$, SVV: $F(2,9)=6.04, p<0.01$)。「前庭感覚・体性感覚要因」の主効果は SVG T のみで確認された ($F(2,9)=3.77, p<0.05$)。交互作用は, SVG T においてのみ, 有意な傾向が示された ($F(8,36)=1.86, p=0.08$)。

続けて, 得られた主効果について多重比較 (Ryan 法) を行なったところ, 「視覚要因」では, SVG T において, 「45 度」-「45 度」間に有意な差が得られた。SVV においては, 「-45 度」-「45 度」, 「0 度」の間に有意な差が得られた。「前庭感覚・体性感覚要因」では, SVG T において「-12 度」-「12 度」の間に有意な差が得られた。

最後に, 「わずかな量の地面傾斜が, ルームチルトによって誘発されるセルフチルトの錯覚感度を非線形に増大させる」とする仮説を検証するため, 地面傾斜 0 度に対して, 個々の地面傾斜による SVG T または SVV が有意に上昇する組み合わせがあるかを対応のある t 検定で調べた。その結果, ルームチルト 45 度において, 地面傾斜 0 度に対して, 地面傾斜 6 度 ($p<0.04$) および地面傾斜 12 度 ($p<0.08$) の SVG T が有意 (または有意傾向) に上昇していることが示された。

4. 考察

以上の実験結果より, 1) SVG T は視覚情報の有無に関わらず, 実際の地面傾斜の傾きを過大評価する傾向にあること, 2) SVG T は, グラウンドチルトとルームチルトの方向が一致した時に限って, 視覚による SVG T の歪み効果が観測される傾向にあること, 3) SVV は視覚的な極性情報からの影響を受け一方で, 体性感覚・前庭感覚要因の影響を受けない傾向にあること, の三点が示唆されている。

1 点目について, WS 条件においてグラウンドチルトの存在しない足場の場合 SVG T 誤差がほとんど無く, 前述の通りグラウンドチルトが発生している場合のみ傾斜の大きさに比例して誤差が広がるため, 人間が正確に SVG T を判断できるのは傾斜が存在しない場合のみで, それ以外では傾斜の大きさを過大評価すると推測できる。次に 2 点目について, これは以前《Room Tilt Stick》を制作したときに立てた「わずかな量の地面傾斜が, ルームチルトによって誘発されるセルフチルトの錯覚感度を非線形に増大させる」という仮説を支持するものである。3 点目について, 前庭感覚・体性感覚と

視覚情報が矛盾する際には, SVGT よりも SVV によって安定した認識が保たれることを示唆している. これは, 知覚の志向性を自らの足場に向けるか, 世界に向けるかの違いと関係している. この事実は, 例えば, 自己回転錯覚をより強く誘発させるためには自らの足場の感覚に注意が向くように仕向けること, あるいは, 酔いを軽減させるためには, 外界に注意を向けることが有効であることを示唆するものである.

文献

- [1] 《Room Tilt Stick》 <https://vimeo.com/507896364>
- [2] Goodenough, D. R., Nowak, A., Oltman, P. K., Cox, P. W., & Sigman, E. (1982) . A visually induced illusion of body tilt in a horizontal plane. *Perception & Psychophysics*, 31 (3) , 268–272.
- [3] Howard, I. P., & Hu, G. (2001) . Visually induced reorientation illusions. *Perception*, 30 (5) , 583–600.
- [4] Groen, E. L., Jenkin, H. L., & Howard, I. P. (2002) . Perception of self-tilt in a true and illusory vertical plane. *Perception*, 31 (12) , 1477–1490.
- [5] Poulain, I., & Giraudet, G. (2008, January 1) . Age-related changes of visual contribution in posture control. *Gait and Posture*. Elsevier.
- [6] 和田佳郎, 長谷川達央: 下肢の体性感覚入力が自覚的視性垂直位 (SVV) に及ぼす影響, *宇宙航空環境医学*, Vol.43, No.4, 2006

「文書校正」課題作業時のエラー傾向と認知機能の関係 The relationship between error tendency and cognitive function when working on a "document proofreading" task.

渋谷 友紀[†], 清水 求[†], 野澤 卓矢[†], 前原 和明[‡], 八木 繁美[†]

Tomonori Shibuya, Motomi Shimizu, Takuya Nozawa, Kazuaki Maebara, Shigemi Yagi

[†]障害者職業総合センター, [‡]秋田大学

National Institute of Vocational Rehabilitation, Akita University

Shibuya.Tomonori@jeed.go.jp

概要

ワークサンプル幕張版 (MWS) は、障害のある人の職業評価を行うために用いられるツールである。本研究では、一般成人が MWS の新規課題の一つである「文書校正」課題を行った際のエラーを分析した。その結果、エラーが、作業マニュアルやその他の資料の参照を必要とする箇所において多くなることが分かった。

キーワード：職業リハビリテーション (vocational rehabilitation), ワークサンプル法 (work samples), ワークサンプル幕張版 (MWS), 文書校正 (document proofreading)

1. はじめに

ワークサンプル幕張版 (Makuhari Work Samples; 以下、「MWS」) は、実在する職務から要素的な作業を抽出し作業課題 (ワークサンプル) とした、職業リハビリテーション (以下、「職リハ」) のツールである。本研究では、MWS の「文書校正」課題におけるエラーの種類と認知機能の関係を検討する。しかし、職リハおよび MWS の知名度が必ずしも高くないことを考慮し、まず職リハにおける MWS の位置づけについて簡単に触れ、そのうえで本研究の具体的な内容を説明する。

1.1 職リハにおける MWS の活用

職リハとは、「障害者の雇用の促進等に関する法律」において、「障害者に対して職業指導、職業訓練、職業紹介その他この法律に定める措置を講じ、その職業生活における自立を図ること」と定義される対人援助サービスを指す。これらのサービスは、現在、地域障害者職業センターなどの就労支援機関や教育機関、医療機関などで提供されている。

倉知 (2020) によれば、職リハの就労支援は、①就労相談→②施設内就労準備→③職場開拓→④企業内就労準備→⑤就職後のフォローアップというプロセスがあるとされている[1]。①では、まず、支援者ないし支援機関は、対象者からの相談を受け、支援の実施を決定し、その後、作業遂行力や作業適性など、対象者の就労

に関わる情報の評価 (職業評価) を行い、その結果をもって支援計画を立てる。続く②では、①で立てた支援計画にしたがって必要な訓練などを行う。MWS は通常、①就労相談での評価および②施設内就労準備での訓練において用いられる[2]。

MWS は、職リハ現場の「遂行機能障害を有する者をはじめとして、神経心理学的検査では軽度ではあるものの、職場では様々な問題が生じるケースが現れている」という認識を受け、当時相談が増え始めていた精神障害や高次脳機能障害のある人に対する職業評価を主な目的として開発された[3]。加えて、MWS は、その人の職務遂行を可能とする「環境」の評価が行えること、訓練場面での活用ができることも想定してデザインされており、2008 年からは事務作業、OA 作業、実務作業の 3 領域からなる 13 種類の作業課題が市販化されている (表 1)。

表 1 MWS の既存 13 課題

| 作業課題 | 内容 |
|---------------|---------------------------------------|
| 事務 数値チェック | 「納品書」を元にして、「請求書」の数値をチェックし、誤りを訂正する |
| 事務 物品請求書作成 | 「作業指示書」に従って、「物品請求書」を完成させる |
| 作業 作業日報集計 | 指示された日時・人について、作業量を集計し、「作業日報」を完成させる |
| 作業 ラベル作成 | 「課題シート」の指示に従って、ラベルプリンターでラベルを作成する |
| 0 数値入力 | 画面に表示された数値を、表計算ワークシートの所定のセルに入力する |
| A 文書入力 | 画面に表示された文章を、所定の枠内に入力する |
| 作業 コピー & ペースト | 「コピー元」のデータを「コピー先」の指定箇所にペーストする |
| 作業 ファイル整理 | 画面に表示されたファイルを、該当するフォルダに分類する |
| 作業 検索修正 | 指定された ID を検索し、表示された「個人データ」の必要な箇所を修正する |
| 実 ナプキン折り | 折り方の動画を見た後、ナプキンを同じ形に折る |
| 事務 ピッキング | 「注文書」に従って、「物品棚」から品物を取り出し、所定のコンテナに入れる |
| 作業 重さ計測 | 指示された条件で、指示された重さになるよう、砂やボルトの量を調節する |
| 作業 プラグ・タップ組立 | ドライバーを使って電源タップやプラグの組立を行う |

(文献[3]、[4]を元に作成)

1.2 MWS の新規課題

近年、就労支援機関の利用者として、発達障害のある人や、精神障害による休職からの職場復帰を目指す人などが増加したことにより、MWS の対象者像が開発当初よりさらに多様になり、既存の 13 課題より難易度の高い作業課題に対するニーズが生じてきた[5]。そのニーズを受け、障害者職業総合センター (2016, 2019) は、既存の 13 課題に加えて「文書校正」、「給与計算」、「社内郵便物仕分」の 3 つの新規課題を開発した[6][7] (表 2)。

表2 MWSの新規3課題

| | 作業課題 | 内容 |
|------|---------|--|
| 事務作業 | 文書校正 | 「原稿」と「校正刷」を見比べ、「校正刷」の誤りを見つけたら、「校正記号」を用いて修正の指示を書き込む。 |
| OA作業 | 給与計算 | 画面に表示された社員1名分のデータを元に、給与計算に必要な各項目の値を計算し、所定のセルに数値を入力する。 |
| 実務作業 | 社内郵便物仕分 | 架空の会社へ届いた郵便物を、組織図や名簿などを参照しながら、ルールに従い適切なボックス、フォルダに仕分ける。 |

(文献[7]を元に作成)

これら新規3課題は、既存13課題に比べ作業の複雑さが増している[7]。既存課題では作業工程が比較的単純になるよう設計されているため、口頭での教示ののち、指示書などを渡されたらすぐに作業を開始することができる。しかし、新規課題では、まず、「サブブック」と称する作業の目的や手順を書いた作業マニュアルを読み込み、その内容を十分に理解したうえで、種々の資料も参照しながら作業を実施する必要がある。そのため、理解したルールに従って、参照すべき事項を特定し、それに合わせて注意資源の配分、作業の段取りなどを行わなければならない。このことから、MWSの新規3課題は、既存13課題に比べ、認知的負荷が増大していると考えられる。

1.3 MWSにおける認知機能の評価

では、認知的負荷はどのように評価されるのだろうか。MWSでは、ある課題状況において対象者がどのように振る舞うか、その振る舞いに障害の影響が現れているのかといった事柄について、行動観察をベースに評価する。その際、MWSには「簡易版」と「訓練版」が用意されており、1.1で述べた①の就労相談のような初期段階での評価では、すべての難易度の課題を短時間で経験できる「簡易版」が用いられることが多い。一方、「訓練版」では、続く②の施設内就労準備の期間に、①での評価を踏まえ、実施する作業課題を選択し、4～7段階の難易度の作業を、スモールステップで実施してつまずくポイントを特定したり、反復的に実施してストレスや疲労の影響を確認したりするなど、比較的長い時間スケールでの介入・評価を行うことができる。それらの作業成績を確認するための指標として、正答数、作業時間、各種エラーの生起数が用意されている。

MWSの既存課題について、アウトカムに関する文献レビューを行った北上(2016)によれば、2000～2014年までの間に行われた28件の研究のうち、アウトカム指標を用いた研究が3件あった[8]。その評価項目は記憶、注意、知能、作業遂行、自己認識、生活の質であり、認知機能の評価が含まれている。これらの研究は、MWSを用いた介入効果の研究であり、どのような認知的特

性を持つ対象者にMWSによる訓練を含めた介入を検討すればよいかということについて示唆を与える。

一方、新規3課題については、一部の認知機能とエラーとの関係が研究されている。渋谷・八木・知名・前原・山科(2019)は、MWS新規課題の簡易版においてエラー項目の生起頻度について分析した[9]。その結果、サブブックを十分に読んでいないか、その理解が不十分であるために発生したと考えられるエラー項目があることを見出した。また、渋谷・八木・野澤・村久木・田村・武澤・山科(2020)は、上記の研究を受けて、理解が比較的容易な項目と、実行機能のうち、Wisconsin card sorting test(以下、WCST)で確認できる概念の切り替えの困難さ(保続傾向)との関連が示唆されたことを報告している[10]。これらの研究は、上で述べたような介入効果の研究ではないが、MWSを用いた職業評価において、作業特性と認知的特性との関係の評価の際に有用な情報になりうると考えられる。

しかし、MWSの各種指標がどのような意味を持つかは、多くの場合、支援者が行動観察と組み合わせで解釈する必要がある。行動観察を評価の基礎とすることは対象者の個別性を考慮するうえで重要であるが、一方でその評価を補助するための、客観的な情報があることが望ましい。

2. 本研究の目的

そこで本研究では、MWSの指標と認知機能との関係の検討を試みる。その際、障害者職業総合センター(2013)の調査によれば、MWSの活用目的として「作業能力や適性の評価」での活用が極めて多いことから[5]、職業評価時の基礎情報として、特にエラー項目と認知機能との関係に注目する。

MWSにおいて、「エラー項目」とは、生起しやすいエラーを経験的に列挙し、定義したものである[2][4]。しかし、開発段階では認知機能との関連を把握する分析は行われておらず、エラー生起の背景にどのようなことが考えられるかは今後の課題とされている[4]。MWSを用いた支援は、あくまでも行動観察が原則であるが、エラーの生起と関係のある可能性がある認知機能の情報について示唆を得られれば、支援者はその情報を、作業特性を分析的に検討したり、補完手段を検討したりする際の補助的情報として活用することができる。また、ヒューマンエラー生起のきわめてマイクロな状況を、比較的統制された状況で再現することができる

ことから、対人援助場面を離れた基礎的な研究への応用も考えられる。いずれの場面においても、エラー生起の認知機能を含めた構造的な理解は重要である。

そのため、本研究では、新規課題のうちまだ詳細な分析の行われていない MWS「文書校正（簡易版）」を対象に、エラー項目の生起傾向を検討する。そのうえで、渋谷ら（2020）[10]で MWS「給与計算（簡易版）」について検討された、各エラー項目と WCST で確認される保続傾向との関係も検討する。

3. 方法

3.1 課題

課題には、初期評価に用いられることを想定した MWS「文書校正」の「簡易版」を用いる。MWS「文書校正」は、一般的な校正作業を想定し、渡された「原稿」と「初校」を照らし合わせ、「初校」にある誤字や体裁の誤りを発見し、校正記号等を用いて適切に修正指示を書き込む、という課題である[7]。その際、「サブブック」と呼ばれる作業マニュアルと「報告書作成規定」と呼ばれる体裁の修正ルールの詳細も同時に渡される。

MWS「文書校正」のエラー項目は、①誤字など文章中のミスを発見しそこなう「見落とし」、②ミスは発見したが校正の指示を誤記する「転記エラー」、③文字の大きさやフォントの種類など体裁のミスの発見と校正でエラーをする「体裁エラー」、④同様に図表中のミスの発見と校正でエラーをする「図表エラー」、⑤指示のない校正をしてしまう「過剰修正」、⑥「その他」に分類される。MWS「文書校正（簡易版）」には、10個の修正すべき箇所が問題として設定されており、その内訳は、文章中の文字の修正が6箇所（エラーの場合、「見落とし」に分類される）、体裁の修正が3箇所（「体裁エラー」）、図表中の修正が1箇所（「図表エラー」）である。

3.2 実験参加者

実験参加者は、一般成人 162 名であった。内訳を表 3 に示す。除外がある場合は、結果の項において述べる。

表 3 実験参加者の年齢、性別の内訳

| | 20代 | 30代 | 40代 | 50代以上 | 計 |
|----|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| 女性 | 15 (15.3%) | 20 (20.4%) | 33 (33.7%) | 30 (30.6%) | 98 (100.0%) |
| 男性 | 11 (17.2%) | 15 (23.4%) | 22 (34.4%) | 16 (25.0%) | 64 (100.0%) |
| 計 | 26 (16.0%) | 35 (21.6%) | 55 (34.0%) | 46 (28.4%) | 162 (100.0%) |

3.3 分析の方針

分析は、エラー項目間の生起数を比較することで、エラーの特徴を把握することを原則とする。ただし、エラー項目の計数の性質上、単純に比較できないため、次の（1）および（2）の分析を行う。そのうえで、（3）MWS を構成要素とする就労支援ツールの総合的パッケージである「職場適応促進のためのトータルパッケージ」（以下、TP）に含まれる神経心理学的検査である、WCST との相関を確認する。

（1）「見落とし」と「体裁エラー」との比較

まず、それぞれ連続変数として扱うことができる「見落とし」と「体裁エラー」のあいだにどのような差異があるのか検討する。「見落とし」が原稿と初校を照らし合わせることで発見しうるのに対し、「体裁エラー」はサブブックの内容の理解や報告書作成規定の参照およびそれらのルールの適切な運用が必要であるため、生起する確率が異なると考えられる。

（2）カテゴリカル変数と連続変数

続いて、1回の試行につき1つのエラーのみの「図表エラー」、個数を数えられないため有=1、無=0の2値で記録した「過剰修正」については、いずれもエラーの有無の2値のカテゴリカル変数として扱い、「見落とし」と「体裁エラー」との関連性を検討する。

（3）WCST との関係

加えて、MWS「給与計算（簡易版）」のエラーについて検討した渋谷ら（2020）[10]でも用いられた WCST との関係も検討する。WCST は、概念ないしセット（心の構え）の形成と転換の困難さ（高次の保続）を評価できる神経心理学検査であり[11]、発達障害のある人への適用も検討されている[12]。本研究では、概念形成の指標である「カテゴリー達成数」と高次の保続の指標である「ネルソン型保続エラー」との関係を検討する。なお、実施にあたっては PC 版[13]を用いた。

4. 結果

4.1 各エラー項目の生起数

各エラーの基本統計量を表4に示した。

表4 MWS「文書校正（簡易版）」のエラー項目の基本統計量（ $n=162$ ）

| | 見落とし | 転記 | 体裁 | 図表 | 過剰修正 | その他 |
|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|
| a 実生起数 | 339 | 3 | 244 | 133 | 82 | 0 |
| b 一人当たり | 2.093 | 0.019 | 1.506 | 0.821 | 0.506 | 0.000 |
| c 標準偏差 | 1.426 | 0.135 | 0.973 | 0.385 | 0.502 | 0.000 |
| d 設定数 | 6 | — | 3 | 1 | 1 | — |
| e 設定当たり | 56.500 | — | 81.333 | 133.000 | 82.000 | — |

※ bは a÷n, dはMWS「文書校正（簡易版）」に設定された校正箇所, $e=d \div a$

3.1 で述べたように、各エラーは設定された問題数（表4のd）が異なる。そこで設定数当たりの生起数を見ると（表4のe）、「図表エラー」が最も多く、ついで「過剰修正」、「体裁エラー」であり、「見落とし」は最も少なかった。なお、「転記エラー」（生起数3）は生起数が少なかったため、「その他」はまったく生起しなかったため、本研究では分析の対象とはしない。

4.2 「見落とし」と「体裁エラー」との比較

「見落とし」と「体裁エラー」は、4.1 で述べたように設定数が異なるため、各実験参加者について、設定数当たりの得点を「実生起数÷設定数」で求め比較した（表4のe）。t検定の結果、「体裁エラー」が「見落とし」に比べ有意に多く生起していた（ $t(161) = -5.332, p < .01, d = .539$ ）。

4.3 「図表エラー」・「過剰修正」との関係

「見落とし」および「体裁エラー」について、「図表エラー」の有無ごと、「過剰修正」の有無ごとの生起数を比較した。

その結果、「図表エラー」の有無で「見落とし」・「体裁エラー」の生起数に有意な差は確認できなかった。また、「過剰修正」の有無でも、「見落とし」の生起数に有意な差は確認できなかった。しかし、「過剰修正」がある場合、「過剰修正」がない場合に比べ、「体裁エラー」の生起数が有意に大きくなった（ $t(160) = 4.921, p < .01, d = .770$ ）。

4.4 WCSTの結果との関係

実験参加 162 名のうち、WCST を実施したタイミングが同じ 114 名について、「見落とし」および「体裁エラー」と WCST の結果との相関を検討した。その結果、いずれのエラーでも、概念形成の指標である「カテゴリー達成数」（「見落とし」：セッション1で $r = -.198, p$

$< .05$ 、「体裁」：セッション1で $r = -.234, p < .05$ ）、セットの切り替えの困難さを示す指標であるネルソン型保続エラーとの有意な相関が認められた（「見落とし」：セッション2で $r = 0.254, p < .01$ ；「体裁エラー」：セッション1で $r = 0.214, p < .05$ 、セッション2で $r = 0.230, p < .05$ ）。

5. 議論

5.1 MWS「文書校正」のエラー項目の特徴

4.2 より、「見落とし」より「体裁エラー」の生起する可能性が大きいことが示唆された。「見落とし」は文書中の誤字や脱字のように、仮にサブブックを読んでいなかったり、サブブックの内容をよく理解していなかったりしても発見することができ、校正記号を知っている場合には、校正記号を用いた修正指示を書き込むこともある。それに対し、「体裁エラー」は一見しただけでは誤りとは判断できず、サブブックの読み込みと理解が必要になる。このことから、作業の複雑さについて、「見落とし」が設定された修正箇所 < 「体裁エラー」が設定された修正箇所」と考えると、複雑な手順が必要な修正箇所において生じるエラーがより多く生起していたと言える。

また、4.3 より、「過剰修正」がある場合とない場合とでは、ある場合の方が「体裁エラー」の生起数が大きくなることから、「過剰修正」と「体裁エラー」が関係する可能性が示唆された。「過剰修正」は、ほとんどの場合、「体裁の修正が必要ない箇所」で体裁の修正指示を書き込む」という誤りであった。このことから、「過剰修正」は、「体裁エラー」と同様に、サブブックの内容理解の点で不十分な部分があることを示していると考えられる。

一方、「図表エラー」は、4.1 より、1人当たり 0.821 回生起させている。「図表エラー」の設定数は1であるため、8割強の参加者がこのエラーを生起させていると言える。したがって、「図表エラー」の設定される修正箇所は、正答が困難な修正箇所であると考えられる。ただし、4.3 より、「図表エラー」の有無は、「見落とし」および「体裁エラー」の生起数の多寡と有意な関係は見いだせなかったことから、「見落とし」、「体裁エラー」とは異なる認知機能が関与する修正箇所である可能性がある。この修正箇所は、図表のなかに脱字が設定されており、課題の構造としては「見落とし」に近い。しかし、他の「見落とし」がすべて文章中に出現するもので

あるため、それらと異なり、図表中に設定された脱字が気づかれにくくなったのかもしれない。ただし、そのような可能性を検討するためには、対象者がどのような部分に注意を払っていたかなど、行動的な観察結果も併せて検討する必要がある。そこまでの行動観察を行っていない本研究では「図表エラー」について結論を出すことはできない。

以上より、MWS「文書校正（簡易版）」では、新規課題の特徴であるサブブックの読み込みや理解は、「体裁エラー」の多さと「過剰修正」の生起によって確認することができる可能性が示唆された。また、「図表エラー」は、その他のエラーと異なる生起の構造を持っている可能性が示唆されたが、今後、行動観察を踏まえた研究を行うなかで明らかにしていく必要がある。

5.2 MWS「給与計算（簡易版）」との比較

4.4より、「見落とし」および「体裁エラー」は、WCSTの保続エラーとの相関が認められた。MWS「給与計算（簡易版）」のエラー項目とWCSTの結果との関係を検討した渋谷ら（2020）[10]では、より複雑性の高いエラーとWCSTの結果の相関が小さく、複雑性の低いエラーとの相関が大きかった。これは、MWS「文書校正（簡易版）」においては複雑性の小さい「見落とし」、複雑性の大きい「体裁エラー」のいずれにおいてもWCSTの結果の相関があったことと整合的でないように見える。

しかし、MWS「給与計算（簡易版）」の場合、複雑性が低いと言っても、その課題内で相対的に低いということであり、MWS「給与計算（簡易版）」のいずれの作業項目もサブブックの読み込み・理解、資料の参照が必要な作業である。その点では、MWS「文書校正（簡易版）」のサブブックの読み込み等が不十分でも修正箇所を発見でき、正答も場合によっては可能な「見落とし」と比べると、MWS「給与計算」の作業は、全体的に複雑性が大きいと考えられる。このことから、2つの課題での複雑さが異なっていることを加味すると、これらの結果は不整合的とは言えないと考えられる。

5.3 MWS 新規課題の複雑さの差異

MWS「文書校正（簡易版）」の各設問、およびMWS「文書校正（簡易版）」と「給与計算（簡易版）」のあいだには、複雑さの差異がある可能性があることが示唆された。MWSの新規課題を実施する支援者には、これらの複雑性を考慮した評価を行うことが求められる。

文献

- [1] 倉知 延章, (2020) “職業リハビリテーションのプロセス”, 日本職業リハビリテーション学会[監修], 『職業リハビリテーション用語集』, やどかり出版, pp. 106-107.
- [2] 武澤 友広, (2020) “アセスメントのツール②”, 日本職業リハビリテーション学会[監修], 『職業リハビリテーション用語集』, やどかり出版, pp.156-157.
- [3] 障害者職業総合センター, (2004) 『精神障害者等を中心とする職業リハビリテーション技法に関する総合的研究（最終報告）』, 調査研究報告書, No. 57.
- [4] 障害者職業総合センター (2018) 『職場適応促進のためのトータルパッケージ 【改訂版】 ワークサンプル幕張版（簡易版）実施マニュアル』, 株式会社エスコアール.
- [5] 障害者職業総合センター (2013) 『障害の多様化に対応したワークサンプル幕張版 (MWS) 改定に向けた基礎調査』, 資料シリーズ, No. 72.
- [6] 障害者職業総合センター, (2016) 『障害の多様化に対応した職業リハビリテーション支援ツールの開発: ワークサンプル幕張版 (MWS) の既存課題の改訂・新規課題の開発』, 調査研究報告書, No. 130.
- [7] 障害者職業総合センター, (2019) 『障害の多様化に対応した職業リハビリテーション支援ツールの開発 (その2): ワークサンプル幕張版 (MWS) 新規課題の開発』, 調査研究報告書, No. 145.
- [8] 北上 守俊, (2016) “高次脳機能障害者に対するワークサンプル幕張版のアウトカムに関する文献レビュー: 医療機関での職業リハビリテーションの可能性の探索”, 『新潟リハビリテーション大学紀要』, Vol. 5, No. 1, pp. 43-56.
- [9] 渋谷 友紀・八木 繁美・知名 青子・前原 和明・山科 正寿, (2019) “MWS (ワークサンプル幕張版) の新規課題におけるエラーの傾向”, 『日本職業リハビリテーション学会 第47回 大阪大会 プログラム・発表論文集』, pp. 142-143.
- [10] 渋谷 友紀・八木 繁美・野澤 卓矢・村久木 洋一・田村 みつよ・武澤 友広・山科 正寿, (2020) “OA 作業時のエラーと認知機能との関係: 保続傾向に注目して”, 『日本認知科学会第37回大会発表論文集』, pp. 631-637.
- [11] 加藤 元一郎, (1988) “前頭葉損傷における概念の形成と変換について: 新修正 Wisconsin card sorting test を用いた検討”, 慶應医学, Vol. 65, No. 6, pp. 861-885.
- [12] 加戸 陽子・松田 真正・眞田 敏, (2004) “Wisconsin card sorting test の諸手法と発達障害への臨床応用”, 岡山大学教育学部研究集録, Vol. 125, pp. 35-42.
- [13] 株式会社ファティマ, (2015)
<http://www.phatima.co.jp/wcst.html>

空きコマでの「スマホ・リテラシー」 —大学生の二者間会話場面分析を通して—

Interaction analysis of literacy observed from two university students' usage of smartphones between class periods

千田 真緒[†], 岡部 大介[‡], 市野 順子[‡]

Mao Chida, Daisuke Okabe, Junko Ichino

[†] 東京都市大学大学院環境情報学研究科, [‡] 東京都市大学メディア情報学部

Graduate School of Environmental Informatics, Tokyo City University

Faculty of Informatics, Tokyo City University

g2183119@tcu.ac.jp

概要

大学生がどのようにメディア(特にスマートフォン)とともに日常会話空間をつくりあげているのかを考察した。その結果, 大学生の日常会話空間のひとつである「空きコマ」における2者間の会話が, 小刻みなスマートフォン(以下, スマホ)の利用を通して「調整」されていることが見いだされた。そこには, 大学生たちも知らず知らずのうちに身につけてきた, いわば「小さなリテラシー」とでも呼ぶべきものが働いていることが観察された。

キーワード: 大学生, スマートフォン, リテラシー, 日常会話, 相互行為

1. 研究背景と目的

1.1 スマホ利用にみる小さなメディア・リテラシー

メディア・リテラシーということばは, どのようにすればメディアをとらえる枠組みを身につけることができるか, という教育的な文脈で語られることが多い(細馬, 2018)。例えば, フェイクニュース, フィルターバブル, Q アノンといった近年の用語に象徴される, 今日的なメディア体験や情報を読み解く能力が挙げられるだろう。確かに, このようなメディア・リテラシー教育は今日の社会において重要に違いない。国内外問わず, 多くの若者がリテラシーを欠くままにソーシャルメディアを使用し, 事件に巻き込まれ, 社会問題となっており(叶・歳・堀田, 2016), 若者たちがメディア・リテラシーを身に付けなくてはならないことが指摘されてきた(例えば, boyd, 2014 野中モモ訳 2014 など)。

ただし, 細馬(2018)や好井(2017)が指摘するように, 私たちのメディア体験は, 教育によって身につくリテラシーだけで成り立っているわけではない。例えば LINE を介したコミュニケーションにおいて, 相手の世代やその関係性によってメッセージの内容や長さは異なる。やり取りする相手によって, 絵文字やスタンプの有無を意識的に変えたり, メッセージを区切る部分を変えたりすることもまた, メディア・リテラシーと言えるだろう。さら

には, 半ば無意識にスマホを操作することも, 日常会話場面の時間の流れを構成する。

本研究で着目するメディア・リテラシーは, 大学生の空きコマの何気ない会話を構成している「モノとしてのスマホ利用にかかわるリテラシー」である。例えば2者間会話場面においては, スマホに届く何らかの通知や着信は, 会話の中断や再開を誘うことを予見させる。そのようなことがなくとも, 何気なくスマホをいじるなど, 一見2者間会話に関係のないように見える瑣末な行為が, 会話の時間を形作ることがある。本稿が着目する行為は, 一見無意味なスマホの縦スクロールやカバーの開閉といった, いかにもフィールドからとりこぼされそうなことである。しかしこれら諸行為が, 大学生どうしの空きコマ「らしい」円滑なコミュニケーションを下支えしていることを例証する。対象とするメディア・リテラシーは, 大学生本人たちも知らず知らずのうちに身につけてきた, いわば「小さなリテラシー」と呼ぶべきものかもしれない。こうした一見無用の用とも見えるスマホ利用のリテラシーを議論の俎上にあげることが, 会話における人工物の意味を捉え直すきっかけともなるだろう。

1.2 空きコマコミュニケーションを下支えするスマホ

平本・山内(2017)は, イタリアンレストランにおける注文場面の質的分析を通して, 客がとるわずかな身体動作を, 「注文を決める活動からの離脱を示す要素の配置」として店員が利用していることを示している。平本ら(2017)の挙げる「要素の配置」には, メニュー表をたたむ, 姿勢を変化させる, 厨房を見ろといった行為とともに, 「携帯電話をいじる」という行為が含まれている。イタリアンレストランの注文場面において, 「携帯電話をいじる」ということは, 店員にとって, 客の活動の転換を可視化してくれるリソースとなる(ただし平本ら(2017)は, 客による要素の配置には, 客の「意図性の曖昧さ」が含まれることも指摘している)。

飲食店の接客において、店員は客による要素の配置を利用する。意図的かもしれないし、無意図的であるかもしれないが、客側もまた「携帯電話をいじる」という要素の配置を通して注文における円滑なコミュニケーションを構成することになる。本稿の関心に則れば、あるタイミングで携帯電話やスマホをいじったりする行為、そしてその行為への反応は、注文というコンテキストを構成する、モノとしてのスマホ利用にかかわる小さなリテラシーと言える。

このように、人工物やメディアは、コミュニケーション相手の意思を察知するリソースとなっている(坂井田・諏訪(2015))。3人の学生が協同でもんじゃ焼きを作る場面を分析した坂井田ら(2015)によれば、参加者たちは、油のボトルやヘラという人工物に手を伸ばしたり置いたりすることを利用しながら「互いの意思を察知」し、例えば「土手を作る」ための教示を伝えるという「暗黙的協同」を行っていた。

もんじゃ焼きの調理場面という明確な目的を伴う場面ではないものの、一見なにごともなく進行しているように見える空きコマ場面においても、スマホという人工物／メディア利用から相手の意思を察知し合っていることが推測される。諏訪(2013)に倣えば、わたしたちは、あらかじめ準備された対応だけをこなすのではなく、日常生活世界のなかで動的に対応する知が求められる。(飲み物や書籍やノートのみならず、)スマホというメディアを巧みに用いる、また、他者の行為に当意即妙に対応する大学生を中心とした若者特有リテラシーによって、何気なく過ごす空きコマ「らしい」会話空間は維持されることが推測できる。

また阿部ら(2018)は、大学生相当の3者間会話場面の分析を通して、飲み物を飲む行為が、発話権を調整するリソースになっていることを示している。特に、ペットボトルの飲み物を飲むときは、飲み物を口に含むまでに、蓋を開けるという作業が発生する。その作業が、進行中の会話やその場面で起こっている相互行為を「観察する時間」を与えている。本稿においても、空きコマでなされる会話のなかで、(カップに入っている)飲み物を飲んだりスマホをいじったりする行為が多くみられた。ペットボトルの蓋を開けるという明示的な行為同様、本研究で扱うスマホのカバーケースを閉じるという行為もまた、参加者にとって2者間会話を「観察する時間」となっている可能性がある。

これと同様に、大学のカフェテリアで観察される大学生の空きコマにおいても、大学生どうしによる意図性が曖昧な諸行為とそれへの反応を通して「空きコマというコンテキスト」が織り成される。その際、特に大学生にお

いては、スマホというメディアの微細な扱い方の変化によって、会話が中断、フェードアウトされたり、または再開されたりする。カフェテリアで過ごす空きコマにおけるスマホは、会話の時間を形作るメディアである(本研究でデータとして取得された17組の大学生のうち、全ての大学生(34名)において、カフェテリアのテーブルの上に自身のスマホを置く時間が観察された)。

1.3 曖昧な目的の場としての「空きコマ」

本研究のフィールドである、カフェテリアにおける空きコマは、大学生にとって、次の講義の準備をしたり、飲食したりする時間として利用されることもある。しかし、勉強や食事など明確な目的とともに過ごすだけではない。本研究においては、勉強や食事などの明確な目的を伴わず、知人との他愛もない会話が繰り返される事例が観察された(観察対象とした17組のうち3組は主たる活動が勉強、6組は食事、1組は睡眠であった。残り7組の主たる活動は、会話であることが確認された)。本稿で取り扱うデータは、阿部ら(2018)が分析する「雑談」(その時間に話し合うテーマは特に決まっておらず、参加者どうしのやりとりによって、話題が少しずつ変化していく状況)という場面と類似している。大学生にとっての空きコマもまた、「目的を曖昧にしたまま」過ごすことが、参加者どうし暗黙に共有されている時間と推測される。

1.4 本研究の目的

このような背景のもと、本稿では、大学のカフェテリアで過ごす空きコマという「曖昧な目的が共有されている場面」において、飲食物との関係だけを取り出すのではなく、スマホとの(一見取るに足らない)インタラクションにも着目し、それらがいかに空きコマの2者間会話を形作っていくかを分析する。そして、空きコマの時間が、スマホというメディアとの小刻みなインタラクションによって、中断と再開を繰り返しながらも継続する様子、およびそれが互いの「意思」を察知するリソースとなっていることを例証する。

2. 方法

2.1 データ収集

2016年6月から7月までの1ヶ月間、香川大学内にあるカフェテリアにて本稿のデータが撮影された。座席の真上からカメラで撮影し、テーブルの上にマイクを設置した(図1)。香川大学の工学部倫理委員会の承認を経てデータ収集がなされた。観察対象となった大学生には、調査

の目的を説明し、協力が可能な場合は謝礼が支払われた。その結果、合計17組(34名)のデータが得られた。

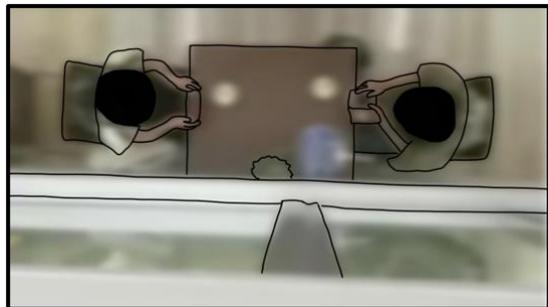


図1 撮影の人物・環境配置

撮影された17本のデータのうち、音声聞き取りにくいものや、睡眠または勉強時間が長く、行為に変化が見られないものを除いた7本のデータを分析対象とした。分析対象とした映像は、最も短いもので15分11秒、最も長いもので33分27秒である。いずれも大学生2名の会話場面であり、女性どうし6組、男性どうし1組からなる。

2.2 分析の手続き

7本の映像を対象に、映像分析ソフト ELAN(EUDICO Linguistic Annotator)を用いて、映像に注釈をつけた。まず、2名それぞれの「発話内容」を発話がなされた時間軸上に書き出した。その上で、空きコマで観察される何気ない日常会話とスマホ利用について分析するために、「スマホに関連する行為」が確認された箇所に注釈をつけた。「スマホに関連する行為」は、主にスマホを操作している状態のことを指す。スマホを机に置いたり、保持していたりする行為も含む。

加えて、「荷物を置く」、「椅子に座る」、「飲む」、「食べる」、「席を離れる」などといった「スマホに関連する行為」以外の行為に関しても、注釈層に書き込んだ。7組全てにおいて同様の手続きをとった。

3. 結果と考察

3.1 大学のカフェテリアにおける空きコマの過ごし方の概要

3.1.1 座席において見られる諸行為と出現回数

大学のカフェテリアにおける2者間会話場面を理解するために、7組において観察された回数の多かった「飲む」行為、「スマホ操作」、「食べる」行為、「席を離れる」行為の4つの行為の出現回数を確認した。なお「席を離れる」行為

は、カフェテリアで注文した飲み物や食べ物を取りに行ったり、観察対象者以外の友人と話したりするために席を外すことを指している。

それぞれの行為が7組の映像データにおいて観察された回数をカウントした。その結果、「飲む」行為が1組あたり平均25.93回と最も多く、次いで「スマホ操作」が24.71回だった。また、「食べる」行為が5.07回、「席を離れる」行為が1.79回であった。

観察された「スマホ操作」に関連して、1人当たりの1分間あたりのスマホの操作回数は、平均で約1.13回、同様に飲む行為は平均約1.22回観察された。大学生は空きコマのカフェテリア利用時に、「飲む」行為と同程度「スマホ操作」をすることが示された。カフェテリアにおける2者の会話場面においては、飲み物、スマホといった人工物との関係をお互いに示しあいながら会話を構成していることが分かる。

3.1.2 カフェテリアでのスマホ操作時の行為形態

上記3.1.1を通して、大学のカフェテリアにおいて、小刻みなスマホ利用とともに空きコマの会話がなされていることが確認された。ここでは、2人のうちどちらか一方がスマホを利用し始めた際、そのスマホ操作の時間中、もうひとりの対象者がどのような行為をしているのか確認した。

「スマホ利用」を開始した対象者のスマホ画面を共同注視するような形態が観察されれば、その場面は、スマホというメディアを介して会話が展開していることが予測される。そうではなく、一方が「スマホ操作」を開始した際に、もうひとりの対象者も自分自身のスマホを操作し始めた場合、その場面は、お互いが自分のスマホを眺めながら会話をする時間、または沈黙の時間となることが予測される。さらに、一方が「スマホ操作」を開始した際に、もうひとりの対象者が、例えば飲み物に手をのぼしたり、カバンから何かを取り出したりと「スマホ操作」以外の行為形態をとった場合も同様に、会話の継続または沈黙の時間となることが予測される。

そこで、細馬(2014)を参照し、2者のうち片方が「スマホ操作」の行為をなした際、もう片方も(a)「スマホ操作」の行為を開始した学生のスマホを2者で共有する(行為共有)、もう片方も(b)「スマホ操作」の行為をする(行為一致)のか、はたまた(c)「スマホ操作」の行為以外をする(行為不一致)のかに着目し分類した。以上3つの行為形態を以下にまとめる。

- (a) 行為共有：同じスマホの画面を2人で共有する。
- (b) 行為一致：それぞれのスマホを操作する。
- (c) 行為不一致：飲む、食べる、立ち上がるなどスマホ操

作以外の行為をしている。

7組のデータに関して、各形態の頻度は表1の通りである。片方の参加者がスマホの操作をした際、2/3以上(69.23%)において、もう片方は違う行為をする(c)「行為不一致」が観察された。一方で(a)「行為共有」の出現回数は少ない(4.61%)。このことから、空きコマのような「目的を曖昧にしたまま」2者会話が進行する場面において、どちらかが「スマホ操作」の行為を開始した際、もう片方は相手のスマホ利用に積極的に関与しない場合が多いことが分かる。

表1 一方の対象者によってスマホ操作が行われた際
のもう一方の対象者の行為形態

| 行為形態 | 頻度(回) |
|------|-------|
| 別行為 | 90 |
| 同行為 | 34 |
| 共有 | 6 |
| 合計 | 130 |

ここまで、大学のカフェテリアにおける2者間会話場面において観察される諸行為の概要と、特にスマホというメディア利用がなされた時の状況について確認してきた。大学生は、お互い細切れにスマホに触れたり視線を送ったりする。こうしたメディア利用が具体的にどのような行われ、またどのように応答されるのかについて捉えていくために、特徴的な場面を取り上げて質的に分析していく。

3.2 何気ないスマホ利用場面の質的分析

空きコマのような「目的を曖昧にしたまま」2者会話が進行する場面は、行為者である大学生が発話するタイミングや、スマホをいじるタイミングなどは、あらかじめ決まっていない。上野・西阪(2000)は、いつ、ある行為が実行されるのかということが、行為に先立って存在するものではなく、実際の行為の中で特定されていくことを示している。続く2つの事例では、2者間会話に一見関係のないように見える瑣末な「スマホ操作」の行為が、いかに「何気なく過ごす空きコマの会話空間」の時間を形作るかを質的に検討する。

3.2.1 「無意味なスクロール」からみえる「スマホ・リテラシー」

まず事例1において、意図的とも無意図的ともとれる

「スマホのスクロール」を終えるとともに発話を開始する場面」を見ていく。事例1の場面は次の通りである(なお坂井田(2020)にならない、事例1の身体的ふるまいを書き起こしている(図2)。「右-身体」は、図2におけるBの身体的ふるまいを示している。また、Aが発話している際、どの位置で身体的ふるまいが始まったかを、┌の記号で表している)。

[事例1] 事例1の直前まで、両者とも発話をしない沈黙の時間が約40秒間続いていた。その沈黙の間、Aは「スマホ操作」の行為と「飲む」行為、Bは「飲む」行為をしていた。その後、Aは「ふわふわのかき氷もさ、」と発話すると同時にスマホの操作をやめた(図3-(a))。そしてスマホを操作していた左手を飲み物に移行させた。その際、右手では、飲み物を机に置いていた(図3-(b))。その後、両手を飲み物に移した(図3-(c))。

図3-(a)の直前の、Aがスマホを操作している指の動きに着目する。Aは「ふわふわのかき氷もさ、」と発話する直前、スマホでInstagramのアプリケーションを表示し、それを縦に数回スクロールしていた(調査者には、画面上のテキストや画像を判読、視認可能な速度を超えて、「無意味にスクロールしている」ように見えた)。そしてスクロールをやめると同時に発話し始めた。一方Bは、Aがスクロールをしている間、飲み物を飲んでいた。Aが「ふわふわのかき氷もさ、」と会話を再開した際に、BはAの発話を承認するかのように、飲み物を飲むことをやめ、Aに顔を向けていた。その後、両者とも会話をしながらも飲み物を飲む行為は続けていた。

B-身体 ┌ 飲むのをやめ、顔を上げる (図3-(a))
A ふわふわのかき氷もさ、 (図3-(b))
A-身体 ┌ スマホから指を離し終える (図3-(c))

図2 事例1の身体的ふるまいの書き起こし

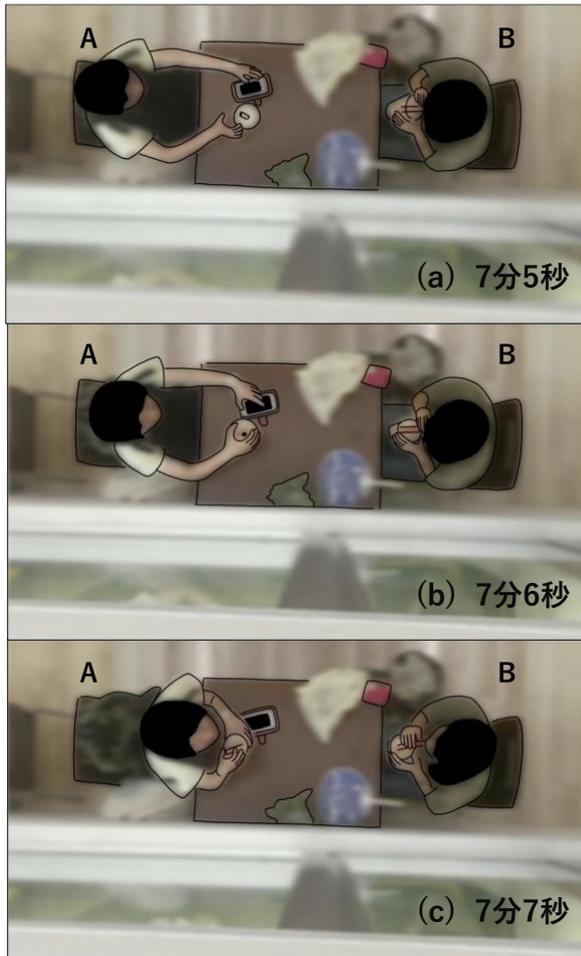


図3 事例1の身体的ふるまいの変遷

3.2.2 「パン買ってくる」からみえる「スマホ・リテラシー」

次に事例2として、Aによる「スマホカバーを閉じる」という何気ない行為に誘われる形で、Bが離席する場面を見ていく。Aのスマホカバーを閉じる行為が沈黙を破り、会話を再開させる合図となり、それを目にしたBが、会話の再開の前に別の行為を開始する意思を告げた場面である。

[事例2] 図5では、まず、Aは頭部(視線)を左に逸らしながら、自身のスマホカバーケースを閉じ始めた(図5-(a)). Aがカバーを完全に閉じた際、Bはスマホのケースからカードを取り出そうとし(図5-(b)), 約2秒後に(Bは)「パン買ってくる」と発話し、カードを取り出した(図5-(c)). Aは、このBの発話とオーバーラップする形で「うん」と発話し、Bの行為を承認した。

なお、図4のBの「パン買ってくる」の発話がなされた約2分前に、BからAに向けてカフェテリアのパンに関する話題が出されていた。その際、Bからのパンの話題に対してAが「そうなん？」というような対応

をしていたことが確認された。図4におけるAの「うん」という発話が、Bの発話とオーバーラップしていることから、図5の場面においてBが「パンを買いに行く」ことを予見していた可能性が高い。

A-身体 スマホカバーを閉じ始める (図5-(a))
 A-身体 スマホカバーを閉じる (図5-(b))
 B (2秒後) ちょっとパン買ってくる (図5-(c))
 A うん

図4 事例の身体的ふるまいの書き起こし

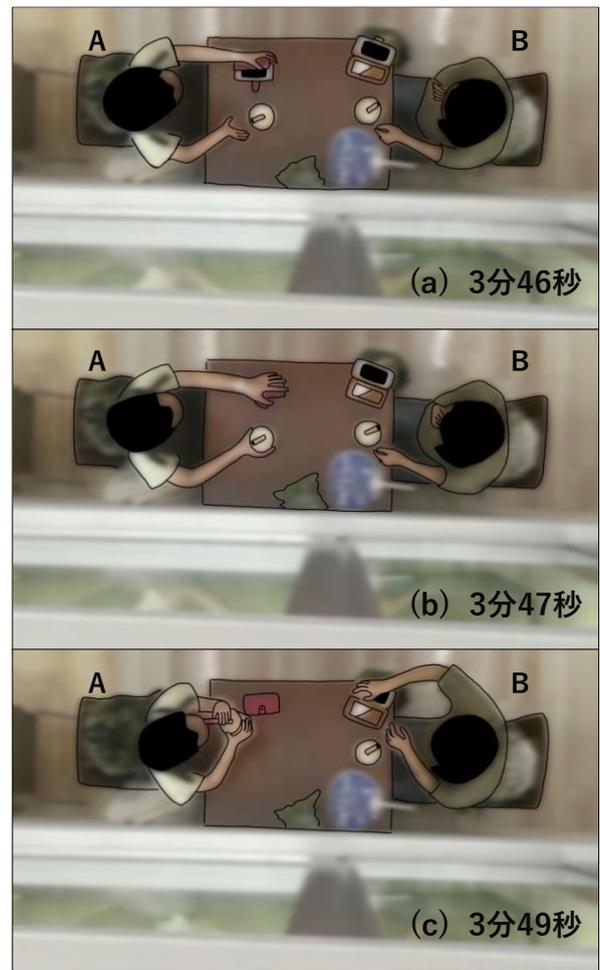


図5 事例の身体的ふるまいの変遷

事例1と2において、Bは、Aによる(意図的とも無意図的ともとれる)一見些細なスマホ利用に誘われるように、再開された会話に参加したり、立ち上がってパンを買いに行くという別の行為に移る契機として利用したりしていた。空きコマにおける2者会話は、なにがともなく円滑に進んでいるように見えるものの、より細かく見ていくと、そこには相手のスマホ利用に動的に対応する小さなメディア・リテラシーが観察可能となる。大学生たちは、

ゆるやかな空きコマの時間ではあるものの、お互いの些細な行為を用いながら、会話の中断や再開、行為の開始などを調整していたのである。

[11] 好井裕明 (2017). スマホのある日常, 「今, ここ」から考える社会学 (pp.72-97) 筑摩書房

4. まとめ

本研究では、大学生の空きコマにおける質的な分析を通して、スマホを用いながらの会話空間づくりや、その際に活用されている日常生活に埋め込まれたメディア・リテラシーについて考察してきた。スマホを用いた互いの行為の察知と動的対応は、対象の大学生たちの中で、空きコマに代表されるゆるやかな対話空間を維持するためのリテラシーとして働いていた。何気ない2者間会話の断片の多くは、会話の相手のみならず、メディアとの相互行為を含んで調整され続けるものなのである。この「スマホ・リテラシー」とでも呼ぶべき大学生の諸行為は、当事者たちが日常生活世界で身につけてきた一見些末な身体所作であるものの、実は、彼ら彼女らのコミュニケーションの時間を形成しているのである。

文献

- [1] 阿部・牧野・門田・山本・古山, (2018) “いつなら飲んでも良い? 雑談場面における“飲むこと”の相互行為的調整, 2018年度日本認知科学会第35回大会, Vol. 35, pp.685-694.
- [2] Boyd, D. (2014). *It's Complicated: The Social Lives of Networked Teens*. New Haven: Yale University Press. (ボイド, D. 野中モモ(訳) (2014). つながりっぱなしの日常を生きる——ソーシャルメディアが若者にもたらしたもの 草思社)
- [3] 細馬宏通, (2014) “相互行為としてのページめくり”, 認知科学, Vol. 21, No. 1, pp.113-124.
- [4] 細馬宏通, (2018) 映像を指し示す——やりとりのもたらすメディア理解, 世界思想社編集部 (監修), 世界思想 45号 2018春 (pp.91-96), 世界思想社.
- [5] 平本毅・山内裕, (2017) “サービスエンカウンターにおける店員の「気づき」の会話分析”, 質的心理学研究, Vol. 16, No.1, pp. 79-98.
- [6] 叶少瑜・歳森敦・堀田龍也, (2016) “大学生のメディア/ソーシャルメディア使用とネット・リテラシーとの因果関係, 及び社会的スキルと性別の効果”, 日本教育工学会論文誌, Vol. 40, No.3, pp.165-174.
- [7] 坂井田瑠衣(2020) 相手のふるまいに寄り添う——日常会話の間合い, 伝康晴・坂井田瑠衣・高梨克也・諏訪正樹(編), 「間合い」とは何か——二人称的身体論(pp.66-67), 春秋社
- [8] 坂井田瑠衣・諏訪正樹, (2015) “身体の観察可能性がもたらす協同調理場面の相互行為——「暗黙的協同」の組織化プロセス”, 認知科学, Vol. 22, No. 1, pp. 110-125.
- [9] 諏訪正樹, (2013) “見せて魅せる研究土壌——研究者が学びあうために”, 人工知能学会誌, Vol. 28, No.5, pp.695-701.
- [10] 上野直樹・西阪仰 (2000). インタラクシオン——人工知能と心 大修館書店

ARDJ の刺激文の読み時間の回帰木解析を使った要因分析 Regression Tree analysis of reaction-time data for ARDJ survey

黒田 航¹, 阿部 慶賀², 栗津 俊二³, 寺井 あすか⁴, 土屋 智行⁵
Kow Kuroda, Keiga Abe, Shunji Awazu, Asuka Terai, Tomoyuki Tsuchiya

¹杏林大学, ²和光大学, ³実践女子大学, ⁴公立はこだて未来大学, ⁵九州大学

Kyorin Univ., Wako Univ., Jissen Woman's Univ., Future Univ. Hakodate, Kyushu Univ.

kow.k@ks.kyorin-u.ac.jp, k.abewako.ac.jp, awazu-shunji@jissen.ac.jp, aterai@fun.ac.jp, tsuchiya@flc.kyushu-u.ac.jp

概要

日本語容認度評価データ (ARDJ) 構築の第一期と第二期の調査では、容認度評価を得るために 466 種類の刺激文を使用した。その後、同一の文を刺激として使い、読み時間データを追加収集し、評価値データと対応づけた。黒田ら [14] はそのデータの回帰分析から、文の読み時間とその文の容認性判断との間に明確な相関が見出せない事を報告した。その後、決定木解析の一種 RPART を使ってこの結果を再評価した。本研究はその結果を報告する。読み時間と容認度判断との相関は、限定的かつ複雑である事が示唆された。

1 はじめに

1.1 ARDJ とは何か？

日本語容認度評価データ (Acceptability Rating Data for Japanese: ARDJ) [12] は、日本語の文の容認度評価値のデータベースであり、無償利用可能で、大規模かつ確認バイアスの影響が少ない。ARDJ はこれまでに第 1 期 [6]、第 2 期 [7] の成果を公開した¹⁾。

ARDJ の大規模性には二つの意味がある。第一に、評価された刺激文の数が多い (第 1 期と第 2 期を合わせて異なる数が 466 であるが、一般に行なわれている言語学の研究で検討される刺激文の数はこれより一桁小さい)。第二に、評価者の数が多い事 (第二期では一文について 70 名以上の評価者から評価を得ているが、一般に行なわれている言語学の研究の評価者の数はこれより一桁小さい)。

ARDJ の脱確認バイアス性には二つの意味がある。第一に、刺激文の構築が特定の言語理論を確認、ないしは反証するために行なわれたものではない。刺激文の集合は理論的には可能性空間 (の部分空間) の無作為抽出の結果

である (詳細は §2.2 を参照)。第二に、評価者を状況が許す限り無作為化している。評価者は性別、年齢、居住地の値の選択で明らかな片寄りが生じないように選ばれている。

更に ARDJ は部分的に社会調査として実施されている。それは調査の際に、単に日本語の文の容認度を評価して貰っているだけでなく、評価者の社会的属性 (年齢、性別、外国語学習歴、外国での生活歴、暮らした地域、教育歴、読書量、文系理系の程度など) を一緒に収集している。これにより、容認度に影響を与える要因の層別解析が可能になる。結果の一部を黒田ら [13] が報告している。

以上のように、ARDJ は刺激文を入念に設計し、評価者を入念に準備している。これは、ARDJ の目的が言語研究の方法論を、証拠に基づく医療 (Evidence-based Medicine: EBM) [2, 4] を模範として再構築する事を意図しているからである。EBM は証拠の有効性を階層化し、その最上位に randomized controlled/contrastive trial (RCT) を置く。ARDJ は同じ地点を目指す。最終目的地にあるのは、確認バイアスや権威主義から可能な限り縁遠い証拠に基づく言語学 (Evidence-based Linguistics: EBL) [10] の実現である。EBL の具体的動機は §4 で論じる。

1.2 本研究の目的

ARDJ は 466 種類の文に対する容認度評価値データを公開している。データの利用可能性の向上させると期待し、同一の刺激文の読み時間データを取得した。このデータの対応関係を、黒田ら [14] の続編として解析する事が本研究の目的である。

ただ本論文が主としているのは決定木解析結果の詳細な提示である。その結果として、結果の考察は十分ではない事は認めざるを得ない。そうしている理由は、次の通りであり、不本意なものである。1) 反応を取得した実験参加者に十分な代表性が期待できず、予備調査の域を出ていない; 2) そのための十分な紙面がない。

¹⁾ ARDJ データ公開用サイト <https://kow-k.github.io/Acceptability-Rating-Data-of-Japanese/>

表 1: RT 実験で使った刺激文 (gr0) の見本 [S (segmented) の部分を使用]

| S.ID | RT.S.ID | V.ID | Pattern | Type | S (segmented) | #seg |
|--------|---------|------|---------|------|------------------------------|------|
| s1-016 | 474 | 44 | p3 | o | 高校生が/デートの場で/しらじらしさを/恋人に/感じた。 | 5 |
| s1-062 | 270 | 338 | p1 | s | ころっと/相手に/大事な試合で/有望選手が/負けた。 | 5 |
| s1-114 | 240 | 131 | p3 | o | 刑事が/捜査で/手がかりを/手当たり次第に/探した。 | 5 |
| s1-117 | 66 | 326 | p1 | n | 客が/そのスーパーで/店員に/文句を/言うと/黙った。 | 6 |
| s1-122 | 354 | 1197 | p1 | p | 私が/遊園地で/インフルエンザに/家族に/感染した。 | 5 |
| s1-144 | 114 | 326 | p4 | s | 不安から/妊娠を/次女が/実家で/黙った。 | 5 |
| s1-186 | 342 | 22 | p3 | v | 船が/遠回りで/海路を/安全に/来た。 | 5 |

なお、本研究は探索型の研究であり、特定の仮説の検証を目的にしていない。そのため、本研究には結論と言えるものが伴っていない。それが欠点かどうかは、認知科学の研究に何を期待するかによって決まる。

2 データ収集

2.1 課題

調査の目的は RT の取得であるが、それを self-paced reading のパラダイムで実装した。実験参加者は、刺激文が事前に指定されている区切り (表 1 の S (segmented) で “/” で示されている単位) ごとに段階的に提示される。適当なキー (例えばスペースバー) を押すと、次の区切りが提示される。このように実験参加者は自分のペースで読み進め、全体の提示終了後に、文を (1) のいずれかに判定するように求められた:²⁾

- (1) 1: 違和感がなく自然に理解できる文
- 2: 不自然で理解不能な文

この課題の結果、(rt1, rt2, ..., rt5, RT, response) という数値が得られる。rti は i 番目の区画と i+1 番目の区画の反応時間の差であり、次の区画に移動するまでの所要時間を意味する。RT は最後の区画を見た後に (1) の容認度判断を下すまでの時間で、response の値 (1 か 2) が判断の結果である³⁾。

2.2 刺激

ARDJ はこれまでに調査 1 (survey 1) と調査 2 (survey 2) を実施し、2 回の調査で延べ 466 種類の刺激文の評定値を得ている。その内訳は次の通り: 調査 1 では 200 種類の文を刺激に使った。調査 2 では 300 種類の文を刺激に使ったが、調査 1 から 12 種類を再利用した。そのため二

つの調査で使った刺激文は 466 (=188 + 280 - 2) 種類⁴⁾。

表 1 に RT 取得に使われた刺激の見本を示す。刺激文の分節数は 5 か 6 である。大半を 5 の場合が占めるが少数ながら 6 個の刺激がある⁵⁾。表 1 の変数の簡単な説明は次の通り:⁶⁾

- (2) a. S.ID は刺激文の ID (s1- は第 1 期のみで使われた刺激, s2- は第 2 期で使われた刺激を意味する)。
- b. RT.S.ID は S.ID とは別に今回の実験でデータの無作為化のために利用した ID。
- c. V.ID は刺激文を作成する際に種文に使われた動詞の ID (NINJAL-LWP for BCCWJ⁷⁾) の動詞の頻度順位に弱く対応)。
- d. Pattern は動詞の値に拠らずに事前に決めた 5 種類の文の雛型
- e. Type は §2.3 で説明する刺激文の編集の型。
- f. S (segmented) は刺激文 (分割箇所は “/” で補助的に示している)。
- g. #seg は分割数

2.3 刺激文の作成手順

刺激文は 65 種類の原文 (originals) に (「変異」と呼ぶ) 無作為な編集を適用して自動生成された。刺激文の作成で調査者の意図を反映させていないのは意図的な決定に拠るもので、RCT の設計理念に基づいている。

原文の作成は次の手順で行った: Step 1) 5 つの文パターン P₁-P₅ の選定: P₁: __ が __ で __ に __ と V した; P₂: __ が __ で __ に __ を V した; P₃: __ が __ で __ を __ に V した; P₄: __ が __ で __ から __ を V した; P₅: __ が __ で __ と __ を V した (ただし __ は名詞が実現する変項, V は動詞が実現する変項)。この際、i) 曖昧性を除外するため [__ は] は用いない、ii) [__ が __ で...V した] は

²⁾ 調査 1, 調査 2 の容認度評定は [0: 違和感がなく自然に理解できる文; 1: 違和感を感じるが自然に理解できる文; 2: 違和感を感じ理解が困難な文; 3: 不自然で理解不能な文] の 4 件法だったが、カテゴリ判断を模するように、両端の二値を使った。

³⁾ それぞれの実験で使われた数値は異なるが、ここでは {1,2} に統一した。また、回帰解析では 1 → 0, 2 → 1 の数値変換を施し、逸脱の程度を [0,1] の値に正規化してある。

⁴⁾ s2u データで得られる異なり数が 468 でなく 466 なのは、s1-010=s2-010=s2-281 と s1-127=s2-127=s2-282 が別の文として扱われているため。

⁵⁾ これは意図した事ではなくて刺激作成の際の不注意による。

⁶⁾ 詳細は [6, 7] を参照されたい。

⁷⁾ <http://nlb.ninjal.ac.jp/search>

固定すると決めた。[…Vした]の他に, […Vする], […Vしている], […Vしていた]を候補に加え, 時制と時相の影響は見たかったが, 事例当たりには十分な反応数が確保できないのは明らかだったので, 断念した⁸⁾。

Step 2) 動詞 V の選定 (NINJAL の LWP for BCCWJ⁹⁾の動詞検索の頻度情報を参考にして, 高頻度域と中頻度域から候補をほぼランダムに採取し, 動詞を選定。ARDJ の第 1 期 (Survey 1) [6] の原文作成では [行く, 知る, 教える, 感じる, 答える, 探す, 黙る, 負ける, 伝わる, 知り合う, 感染する] の 11 動詞を選定, 第 2 期 (Survey 2) [7] の原文作成では (第 1 期から転用された事例を除くと) [襲う, 入れる, 伝える, 聞こえる, 繰り返す, 遊ぶ, 助ける, つなぐ, 載る, 間違える, 直す, 届ける, 習う] の 13 動詞を選んだ。第 2 期の動詞選定は単純な頻度基盤ではなく, 事前に Formal Concept Analysis (FCA) を使った動詞分類で異なりが多くなるように候補を絞り込んだ (詳細は [11] を参照)。

Step 3) P_1, P_2, \dots, P_5 の V (P_5 は第 2 期で候補に追加) を step 2 で選定した動詞で埋め, そのように定義された文の雛型 (e.g., “__ が __ で __ を __ に探した”, “__ が __ で __ に __ を入れた”, “__ が __ で __ に __ を届いた”) のうち, 明白な逸脱を示すもの (e.g., “__ が __ で __ に __ を届いた”) を除き, 残った雛型のすべての空所 (i.e., __) を人間が語彙的に実現する¹⁰⁾。

Step 4) このように人手で生成された候補から適当な数の事例をほぼランダムに選ぶ。こうして第 1 期では 33 個の, 第 2 期では 33 個の原文が選ばれた。

変異は i) 動詞の置換 (mutated verb), ii) 名詞の置換 (mutated nominal)¹¹⁾, iii) 格助詞の置換 (mutated positional), iv) 句の入れ替え (phrase swapping) である (詳細は [6, 7] を参照)。変異の分布は表 2 の通り¹²⁾。

⁸⁾ 理論的言語学をやっている人には滅多に理解されない事だが, 観察の範囲と信頼度とはトレードオフの関係にある。信頼できないデータを広い範囲で集めても, 得られる結果は単なるガラクタである。従来の言語学はガラクタの上に成立している疑似科学の域を出ないという懸念が ARDJ の出発点にある。この事は指摘しておく必要があるだろう。

⁹⁾ <https://nlb.ninjal.ac.jp/search/>

¹⁰⁾ この作業は本論文の第 1, 第 2, 第 5 著者の他にもう 1 名 (浅尾仁彦 (NICT)) を加えた計 4 名が行った。参考までに述べておくと, この作業は相当に大変であった。 P_1 - P_5 を元にした雛型は 4 つ名詞変項を持つ。そのうち 3 つまでの語彙的实现は困難ではないが, 最後の 4 つ目の実現は言語学を専攻した者にとっても簡単ではない。

¹¹⁾ nominal は形容動詞を含む。

¹²⁾ 査読者の一人から「表 1・表 2 を見たところ, 刺激文の分類が言語学の観点から十分でない。表 1 を見ると, 短文構造・複文構造・二つの文が順に出てきて主語が共有されている例が混在している。さらに, 動詞のアスペクトがそもそも文法的に正しくないものも含まれている。…一方で表 2 の分類コードを見ると, 語順や格助詞など, 非常に表面的な特徴でしか文を捉えておらず, 文構造の根本的な部分が捉えられていない。そのように雑多で言語学の観点からは未分類のデータの読み時間と容認度評

表 2: 変異の割合

| code | type of mutation | count | ratio |
|------|------------------------|-------|-------|
| o | original [no mutation] | 65 | 0.139 |
| v | mutated verb | 90 | 0.193 |
| n | mutated nominal | 108 | 0.232 |
| p | mutated postpositionl | 95 | 0.204 |
| s | swaped phrases | 108 | 0.232 |
| | sum | 466 | 1.00 |

このような無作為生成には 2 つの意味がある。まず, 確証バイアスの抑制が期待できる。これは, 評定者の属性が可能な限り無作為化されている事と合わせて, 確証バイアスの抑制の度合いを高める。次に, 無作為化には逸脱例と非逸脱例の違いを滑らかにし, 2 クラスの境界 (超) 平面の認識を容易にする効果が期待できる。

2.4 反応

合わせた 466 種類の刺激文をランダムに 6 つのグループ (gr_0, gr_1, \dots, gr_5) に分割した (1 グループに含まれるのは約 80 文)。実験の際には, 特定の刺激文のグループに反応の取得が片寄らないように, ランダム化をした。

反応の取得は, 函館¹³⁾, 東京¹⁴⁾, 岐阜¹⁵⁾ の 3 ヶ所で大

定の相関を見ていくことにどのような意義があるのか, 明示することが望まれる」というコメントを頂いた。本調査で使った刺激文が「[そ]の分類が言語学の観点から十分でない」「表面的な特徴でしか文を捉えておらず, 文構造の根本的な部分が捉えられていない」のは, 意図したものである。その意図は EBM で RCT による確証バイアスの抑制と相同である。具体的に言うと, EBL の観点では, 複雑な文構造が存在し, それに理論的な説明が必要であるという入来の言語学の想定が観察妥当性を阻害する確証バイアスと見なされる。それを回避するためにランダム生成した刺激文 (= 研究者の調査意図/確証バイアスを反映しない刺激文) を使っている。それが現段階で十分な変異の大きさを持っていないのは事実であるが, 調査規模を考えるとこれ以上の変異は望めない。検討範囲が狭過ぎるという批判は, 観察の範囲と得られた結果の信頼度との間のトレードオフを理解していない空論である。

同じ査読者から「(本研究は) EBM と EBL の統合を目指しているとあるが, 医療における診察は基本的には個別の事例に個々に対応していくので, どの枠組みをとるにせよ, データから一般的特性を抽出して分類・分析する言語学とは根本的に相入れないように思われる」というコメントを頂戴している。この点については, 私たちは査読者にまったく同意できない。まず「医療における診察は基本的には個別の事例に個々に対応していく」というのは医療行為が偶発的に被っている望ましくない制約であり, 医療の本質条件ではない。医療は確かに処置の再現性の欠如, 対照条件設定の困難により, 大きく制限されている。実際, EBM は RCT を利用する事でその不本意な制約を緩和する方法論として提唱され, 導入された (関連する議論は [10] を参照された)。更に, 「データから一般的特性を抽出して分類・分析する言語学」という規定は, データ収集にバイアスがかかった状況で言語学に何が起きているかを方法論的に自覚した上での規定とは思われない。理由は §4 で簡単に論じる。

¹³⁾ データは MatLab Psychotoolbox で取得。

¹⁴⁾ データは SuperLab 4.5 で Self-Paced Reading の設定で取得。

¹⁵⁾ データは PsychoPy3 (Windows 10) で取得。

学生を対象に行った。函館では10名から(1名当たり90文への反応で)合計900反応を、東京では15名から(1名当たり80-83文への反応で)合計1,223反応を、岐阜では10名から(1名当たり76-79文への反応で)合計778反応を得た。こうして合計2,901反応を収集した。

2.5 前処理: はずれ値除去

生データにはエラーが含まれる。はずれ値はその副産物の一種である。検討した手法は2つある: rt1, rt2, ..., rt5, RT ごとの i) 標準偏差 (SD) を評価し, 逸脱反応を除去; ii) Mahalanobis 距離を評価し, 逸脱反応を除去。結果として i) の手法で $SD < 3$ の基準ではずれ値を除外した(詳細は [14] を参照されたい)¹⁶⁾。これにより, 2,697 個(約93%)の反応が有効と判断され, 解析の対象となった。

本調査は予備調査として実際された。そのため, 被験者の属性の無作為化はできていない(そもそも, 十分な数の反応を集められていない)。更に, 得られたデータの rti, RT の分布を見ると, データ収集がすべての場所で同じ条件で実施されたと言いがたい¹⁷⁾。この意味で, 本調査で得たデータは代表性を持つとは言いがたく, その解析結果は(示唆的だとは言え)一般性に限界がある。

3 RPART を使った階層的回帰分析

ARDJ で容認度評定値を得た 466 種類の刺激文のすべてで読み時間を取得したが, 設定の不備から rt5 を持つ刺激(31 種類)と持たない刺激(435 種類の)とが生まれた。これらを同様に扱わず, 分離した。以下の解析では rt5 を持たない 435 種類の刺激のみを対象としている。

3.1 背景

黒田ら [14] では, 以上の手順で取得した RT データの回帰分析¹⁸⁾の結果を示した。検討された変数は次の 20 種類である:

- (3) a. resp (容認可能性の判断値: 0, 1), rt1, rt2, rt3, rt4, RT (分節ごとの反応時間と最後の分節を読んだから容認度判断までの所要時間)
 - b. seg1.size, seg2.size, seg3.size, seg4.size, seg5.size (刺激文の分節中の文字数)
 - c. r01, r12, r23, r3x (刺激文の評定値の区間 [0, 1), [1, 2), [2, 3), [3, ∞) の確率濃度)
 - d. edit:o, edit:p, edit:s, edit:v, edit:n (刺激文を生成するのに使った編集のタイプ)
- r01, r12, r23, r3x の 4 種類は Kuroda et al. [7] で取得

したデータ, resp, rt1, rt2, rt3, rt4, RT の 6 種類はその後に RT 実験で取得したデータ, 残りは刺激文に固有の属性である。

用語法に関する注意: (3) の a, b を RT (reaction time) データと呼び, (3) の c, d を AR (acceptability rating) データと呼ぶ。これらすべてを一緒にしたものを RT x AR の混合データと呼ぶ。

この解析で得られた結果の概要を図 1 の表に示す。行が説明変数に対応し, 列が独立変数に対応している。これから言えるのは, 次の事である:

- (4) a. resp の他変数による回帰では, 切片, r01, r12 の影響が $p < .001$ 水準で, edit:{p,v}, seg1.size の影響が $p < .05$ 水準で, rt4 の影響が $p < .1$ 水準で有意
- b. rt1 の他変数による回帰では, 切片, rt2 の影響が $p < .001$ 水準で, rt3 の影響が $p < .01$ 水準で, edit:p の影響が $p < .05$ 水準で, edit:{o,s,v}, seg1.size の影響が $p < .1$ 水準で有意
- c. rt2 の他変数による回帰では, rt1, rt3, edit:p の影響が $p < .001$ 水準で, rt4, edit:v の影響が $p < .01$ 水準で, edit:{o,s} の影響が $p < .05$ 水準で有意(切片の影響は非有意)
- d. rt3 の他変数による回帰では, 切片, rt2, rt4, seg3.size の影響が $p < .001$ 水準で, rt1 の影響が $p < .01$ 水準で, r01 の影響が $p < .05$ 水準で, edit:p の影響が $p < .1$ 水準で有意
- e. rt4 の他変数による回帰では, rt3, seg4.size の影響が $p < .001$ 水準で, rt2 の影響が $p < .01$ 水準で, edit:{p,v}, seg1.size の影響が $p < .05$ 水準で, resp の影響が $p < .1$ 水準で有意(切片の影響は非有意)
- f. RT の他変数による回帰では, 切片, seg4.size の影響が $p < .001$ 水準で有意, edit:p の影響が $p < .01$ 水準で有意
- g. r01 の他変数による回帰では, 切片, r12, r23, r3x の影響が $p < .001$ 水準で, seg4.size の影響が $p < .01$ 水準で, edit:s の影響が $p < .05$ 水準で, edit:o の影響が $p < .1$ 水準で有意
- h. r12 の他変数による回帰では, 切片, r01, r23, r3x の影響が $p < .001$ 水準で, resp, seg4.size の影響が $p < .01$ 水準で有意
- i. r23 の他変数による回帰では, r01, r12, r3x の影響が $p < .001$ 水準で, 切片, resp, seg4.size の影響が $p < .01$ 水準で, edit:s の影響が $p < .05$ 水

¹⁶⁾ その一方で, SD による濾過では, rt1, rt2, rt3 の極端な値の濾過が十分でない可能性がある。

¹⁷⁾ 例えば, 函館で実施された実験で明らかに rt4 が長く, RT が短か目である。

¹⁸⁾ R package stats (v3.6.3) の glm (gaussian) で実行。

| var | 切片 | resp | rt1 | rt2 | rt3 | rt4 | RT | edit: o | edit: p | edit: s | edit: v | r01 | r12 | r23 | r3x | seg1. size | seg2. size | seg3. size | seg4. size | seg5. size |
|--------|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|------------|------------|------------|------------|-----|-----|-----|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| resp | *** | - | | | | | | | * | | * | *** | *** | | | * | | | | |
| rt1 | *** | | - | *** | ** | | | . | * | . | . | | | | | . | | | | |
| rt2 | | | *** | - | *** | ** | | * | *** | * | ** | | | | | | | | | |
| rt3 | *** | | ** | *** | - | *** | | . | | | | * | | | | | | *** | | |
| rt4 | | . | | ** | *** | - | | * | | * | | | | | | * | | | *** | |
| RT | *** | | | | | | - | ** | | | | | | | | | | | | |
| edit:o | | | | | | | | - | | | | | | | | | | | | |
| edit:p | | | | | | | | | - | | | | | | | | | | | |
| edit:s | | | | | | | | | | - | | | | | | | | | | |
| edit:v | | | | | | | | | | | - | | | | | | | | | |
| r01 | *** | | | | | | | . | | * | | - | *** | *** | *** | | | | | ** |
| r12 | *** | ** | | | | | | | | * | | *** | - | *** | *** | | | | | ** |
| r23 | ** | *** | | | | | . | . | | * | | *** | *** | - | *** | | | | | ** |
| r3x | *** | *** | | | | | | . | | * | | *** | *** | *** | - | | | | | ** |

図 1: RT×AR の混合回帰の有意性 [***: $p < 0.001$; **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$; .: $p < 0.1$]

準で, RT, edit:o の影響が $p < .1$ 水準で有意

- j. r3x の他変数による回帰では, 切片, resp, r01, r12, r23 の影響が $p < .001$ 水準で, seg4.size の影響が $p < .01$ 水準で, edit:s の影響が $p < .05$ 水準で, edit:o の影響が $p < .1$ 水準で有意
- k. edit.x の他変数による回帰で有意な影響は認められない

重要な点は, rt1, rt2, rt3, rt4 の間の相互の影響は(当然のように計測値の間に相関があるため)有意に認められるが, それらへの r01, r12, r23, r3x からの影響, つまり容認度評定値からの影響が認められなかった点にある. rt3 への r01 の影響が $p < .05$ 水準で認められたが, これは例外的な挙動である.

得られた結果が示唆しているのは, 刺激文の容認度と反応速度との間に強い相関は認められず, おそらくほとんど因果性もないという可能性である. これは, 逸脱のある文の処理には余分な時間がかかるという想定 [9] に合わない. この結果をどう解釈すべきか? 本研究は予備調査の域を出ていないので, 確定的に何かを言うのは難しい. それでも, この結果がデータ収集の片寄りから生じた偶発的なものなのか, そうではなく真の結果なのかを本調査で確認する必要があるのは, 明らかである.

更に言うと, このような調査の必要性が意味しているのは, 従来の言語学研究が一貫して方法論的基盤の確認を疎かにして来た事, その原因は特定の言語理論に由来する確証バイアスだったという事であり, 証拠に基づく言語学が必要とされる理由は, そのような方法論的基盤の再確認である. 動機は §4 で簡単に説明する.

3.2 決定木解析

回帰分析は, 個々の変数の独立性を仮定し, それぞれが相対的にどの程度重要かを評価するが, 独立変数間の依存関係については積極的に語らない. 複数の独立変数

が単一の説明変数と相関している時, 独立変数間にも相関がありそうだと予想できる程度である. 私たちが知りたいのは, 逆に独立変数間の依存関係, 特に影響の階層性である. 決定木解析 (decision tree analysis) は, それを知りたい時に有用な解析手法である. この目的のために本研究では決定木の一種である RPART (Recursive Partitioning and Regression Trees) 解析 [1] を実行した¹⁹⁾. 説明変数は rt1, rt2, rt3, rt4, RT, resp, r01, r12, r23, r3x の 10 個に限定している. 木の分岐を制御する complexity parameter (cp) の値として 0.01, 0.02, 0.03, 0.05 を試した. 結果的に 0.02 を最適な値として選んだ (0.01 は分岐過剰, 0.03 は分岐不足を生むと評価した).

RPART を RT × AR の混合データに適用した結果を以下に示すが, 概要を先に述べるところである.

- (5) a. resp に rt4 との領域間相関が
 - b. rt2 に (rt1, rt3, RT との領域内相関に加えて) edit, r12 との領域間相関が
 - c. RT に (rt3, rt4 との領域内相関に加えて) edit, r01, r23 との領域間相関が
- それぞれ認められたが, 他の場合では領域間相関は認められなかった.
- (6) a. resp と rt4 との相関はデータの性質を考えると驚くべきものではないが, b. rt2 と edit, r12 との領域間相関, c. RT と edit, r01, r23 との領域間相関の存在の確認は自明な結果ではない.

3.3 rt1 の RPART

図 2 に rt1 値の他変数による階層回帰の結果を示す. rt1 と有意な相関が認められたのは rt2 のみである. 近傍にある rt 同士は相関し, この結果は自然なものである. ただ, rt1 値の決定木解析は単純であり, RT データ内で

¹⁹⁾ R package の rpart (v4.1) を利用した.

閉じており、AR データとの相互作用を示していない。

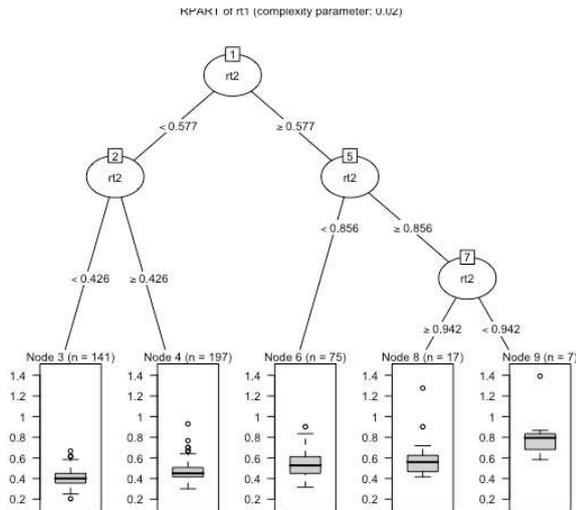


図 2: rt1 の RPART

3.4 rt2 の RPART

図 3 に rt2 値の他変数による階層回帰の結果を示す。この結果は rt2 には rt1, rt3, RT, r12, edit と rt2 の間に複雑な相関がある事を示している。この決定木は rt1, rt3, rt4 のそれとは質的に異なっており、意外な結果である。

rt2 にもっとも強く相関しているのは rt3 で、それに rt1 が次ぐ事がわかる。近傍にある rt 同士は相関するので、この結果は自然なものである。しかし、先の分岐に領域を跨ぐ edit:o,p,s,v との相関、r12 との相関が示されている。RT との相関は、rt3, rt4 との隔たりを考えると意外であるが、これは edit:o,p,s,v や r12 との相関の副作用だと考えれば、それほど不思議な結果ではない。

rt2 の決定木で重要なのは、それが RT データ内で閉じておらず、AR データとの相互作用の存在を示している点にある。その相互作用が rt1, rt3, rt4 には認められず、rt2 に認められた事に意味があるのかは今後検討したい。

3.5 rt3 の RPART

図 4 に rt3 値の他変数による階層回帰の結果を示す。rt3 には rt2 と seg2.size, seg3.size と有意な相関がある。近傍にある rt 同士は相関するので、rt2 からの影響は自然なものである。ただ rt4 との相関はない。rtN のすべてに segN.size との有意な相関がある訳ではなく、このタイプの相関が認められるのは、ここにある rt3 と次に検討する rt4 だけである。rt3 値の決定木解析は単純で RT データ内で閉じ、AR データとの相互作用を示していない。

3.6 rt4 の RPART

図 5 に rt4 値の他変数による階層回帰の結果を示す。

rt4 と有意な相関を持っているのは rt2, rt3, seg4.size である。近傍にある rt 同士は相関するので、rt3, rt4 との

相関は自然なものである。seg4.size が rt4 と相関するのも自然である。rt4 値の決定木解析は単純で RT データ内で閉じており、AR データとの相互作用を示していない。

3.7 RT の RPART

図 6 に RT 値の他変数による階層回帰の結果を示す。RT と有意な相関を持っているのは、edit, rt3, r01, rt4, r23 である。この決定木で重要なのは、それが RT データ内で閉じておらず、AR データとの相互作用の存在を示している点にある。その相互作用が認められたのは、先述の rt2 と RT のみである。rt2 が AR データに言及しているのは不思議だが、RT の決定木がそうなっているのは、変数の特性から理解でき、言語学の想定と合致している。

ただ、生じている相互作用は複雑である。まず、RT の値は edit の値で {o, p} 型と {n, s, v} 型に大別される。{o, p} 型は反応が短い。o は源文で、原則として逸脱していない文であり、反応が早い事は予測できる。格助詞のランダムな置換を伴っている p が o と同じぐらい早く判断されている。これは格助詞の用法の逸脱は一目瞭然なので、時間がかかっていない事を示唆してる。それに対し、n, s, v の逸脱はすぐに処置できるものではないという事を示唆しているように思われる。

その次に、RT の値は rt3 の値が 0.367 より小さい場合と大きい場合に大別される。小さい場合は、反応時間は短か目である。rt3 の値が 0.367 より大きい場合、容認度評定の確率分布濃度 r01, r23 と相関する。

3.8 r01 の RPART

図 7 に r01 値の他変数による階層回帰の結果を示す。

r01 は、r12, r23, r3x と同じく確率密度で [0,1] 間にあり、全体に占める割合を意味する。

r01 と有意な相関を持っているのは r23, r12, r3x である。決定木は複雑な階層性をなしているが、RT データや編集タイプや分節の大きさは影響していない。

3.9 r12 の RPART

図 8 に r12 値の他変数による階層回帰の結果を示す。この決定木解析は、後述の r23, rt2 の決定木と同じくノードが 7 個あり、複雑さが最大である。だが、その複雑さは AR データ内で閉じており、RT データとの相互作用を示していない。

3.10 r23 の RPART

図 9 に r23 値の他変数による階層回帰の結果を示す。この決定木解析は、前述の r12, 後述の rt2 の決定木と同じくノードが 7 個あり、複雑さが最大である。だが、その複雑さは AR データ内で閉じており、RT データとの相互作用を示していない。

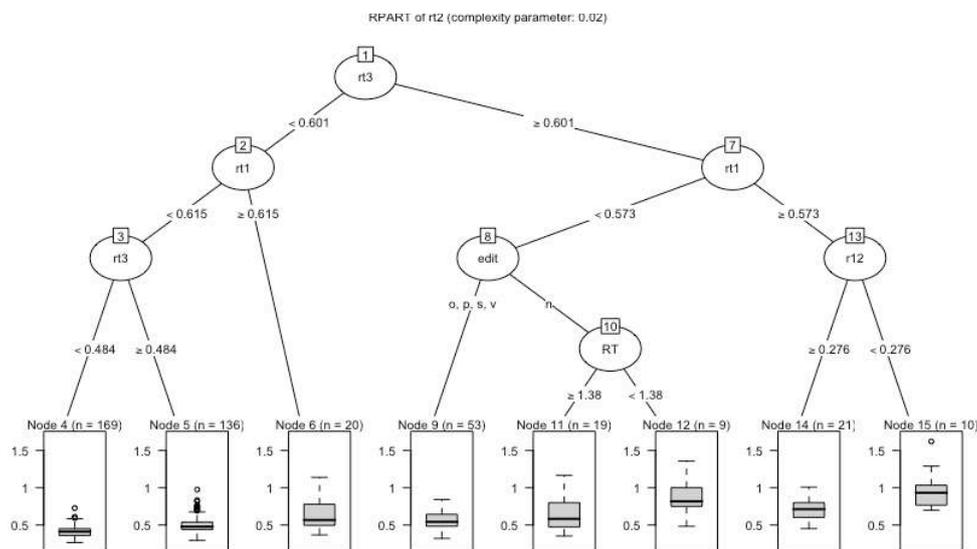


図 3: rt2 の RPART

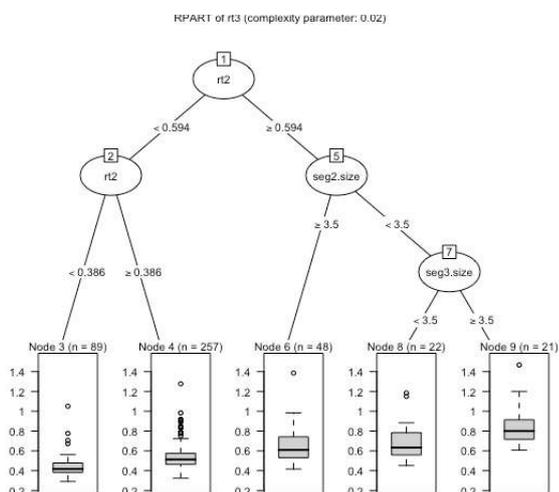


図 4: rt3 の RPART

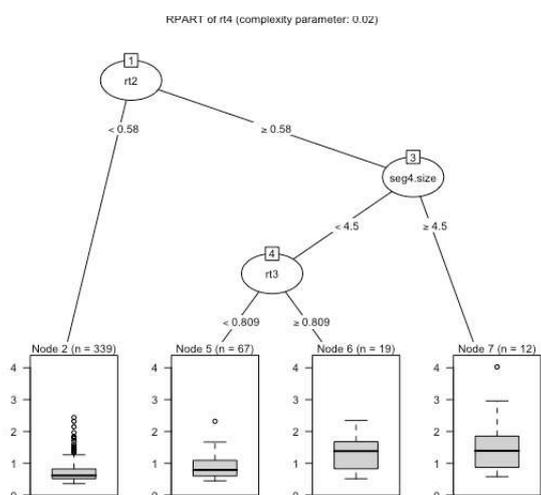


図 5: rt4 の RPART

3.11 r3x の RPART

図 10 に r3x 値の他変数による階層回帰の結果を示す。r3x 値の決定木解析は単純であり、AR データ内で閉じており、RT データとの相互作用を示していない。

3.12 resp の RPART

図 11 に resp 値の他変数による階層回帰の結果を示す。resp = 0 が刺激文が容認可能であることを、resp = 1 が容認不可能であることを表わす (resp は標準化された逸脱度を表わす)。

resp と有意に相関しているのは r01, rt4, r12 である。r01 がもっとも強く resp と相関しており、それに rt4 と r12 との相関が次ぐ。r01 の値は逸脱度 resp の値と逆相関する。そのため、図 11 の決定木は、r01 が十分に大きくない (= 容認度が高くない) 場合に、r12 が resp と相関を持つという関係を表している。r12 が小さいならば、r01 と r12 の和が小さい = 容認度が低い事を意味している。

図 11 の決定木は、r01 がある程度大きくても、その後の処理で rt4 が大きい場合には容認度が下がる、どんでん返し of 存在をエンコードしている。この結果は RT データと AR データの相互作用の存在を明らかにしている。その上、rt4 と resp との相関が有意で、かつ resp と RT との相関が有意でない事は、理論的に興味深い。

3.13 RPART 解析の結果のまとめ

§3.3-§3.12 の RPART の結果から次の事が窺える:

- (7) a. AR データの変数 (容認度判断の構成変数) は RT データの変数から予測できない。容認度を処理時間で説明する事はできない。
- b. RT データの変数のうち、rt2 と RT (と resp) は AR データの変数から予測できるが、残りはでき

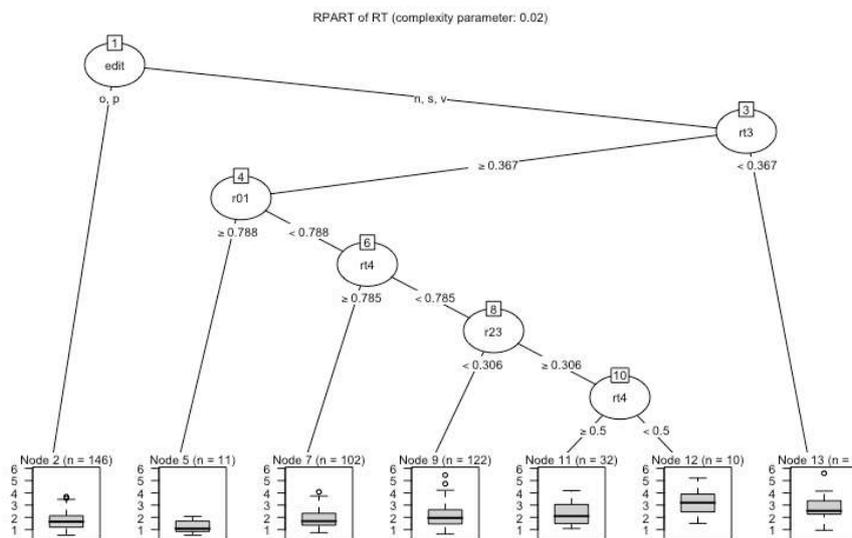


図 6: RT の RPART

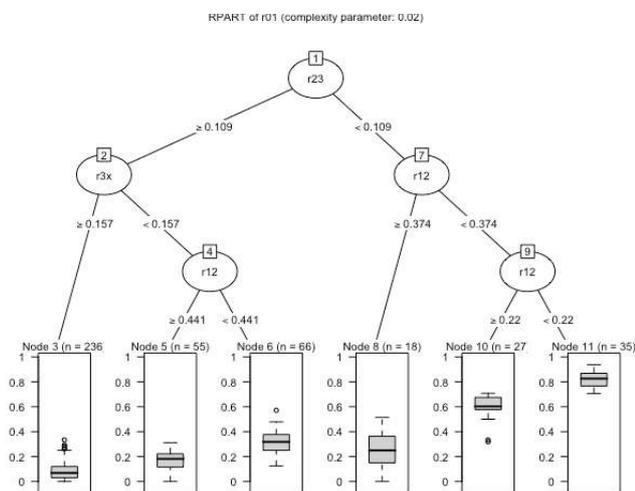


図 7: r01 の RPART

- (8) a. すべての証拠が同程度に信頼できる訳ではない事を知らず、どの証拠がどれぐらい信用できるかに関する経験的見積りの蓄積がない。
- b. その結果、信用できる証拠と信用できない証拠の区別がついていない。
- (9) それと相関して立証が確認バイアス (confirmation bias) [3, 5, 8] に汚染されている。

確認バイアスとは、人は証拠集めで無意識かつ体系的に、自説に好都合な事例に注目し、不都合な事例を無視する傾向の事である。

言語学と同じような確認バイアスに悩まされながら、その抑制に成功した分野がある。それは証拠に基づく医療 (Evidence-based medicine: EBM) [2, 4] である。表 3 は EBM が認定する証拠を信頼度の順に並べたものである。

ない。具体的には rt1, rt3, rt4 を容認度から説明する事はできない。

AR データと RT データの変数の依存関係は非対称である。これは当然と言えば当然であるが、バイアスが少ない大規模データで実証的に示された事はないと思われる。

4 議論: なぜ EBL なのか? ²⁰⁾

従来の言語学の研究成果は玉石混淆であり文字通りに受け取る事はできない。1) 精度と被覆率のトレードオフ関係を気にしていない、2) 記述性能と予測性能のトレードオフ関係を気にしていないの 2つの難点があるばかりでなく、次の意味で証拠の扱い方が素朴過ぎるからである。

表 3: EBM が想定する証拠のレベルの分類

| Level | 内容と例 |
|-------|----------------------------|
| 1a | 無作為化のある比較治験 (RCT) のメタ分析 |
| 1b | 少なくとも 1つの無作為化のある比較治験 (RCT) |
| 2a | 無作為化なしの同時対照群を伴うコホート研究 |
| 2b | 無作為化なしの過去の対照群を伴うコホート研究 |
| 3 | 症例対照研究 |
| 4 | 前後比較や対照群を伴わない研究 |
| 5 | 症例報告やケースシリーズ |
| 6 | 専門家個人の意見 (専門家委員会報告を含む) |

証拠の強さは [Grade A: 言い切れる強い根拠あり; Grade B: 言い切れる根拠あり; Grade C: 言い切れる根拠なし] の 3段階に大別される。Grade A には少なくとも 1つの Level 1 (=1a か 1b) の研究が、Grade B には少なくとも 1つの Level 2 (=2a か 2b) の研究が求められる。

²⁰⁾ 本節の記述は [10] の簡略版である。

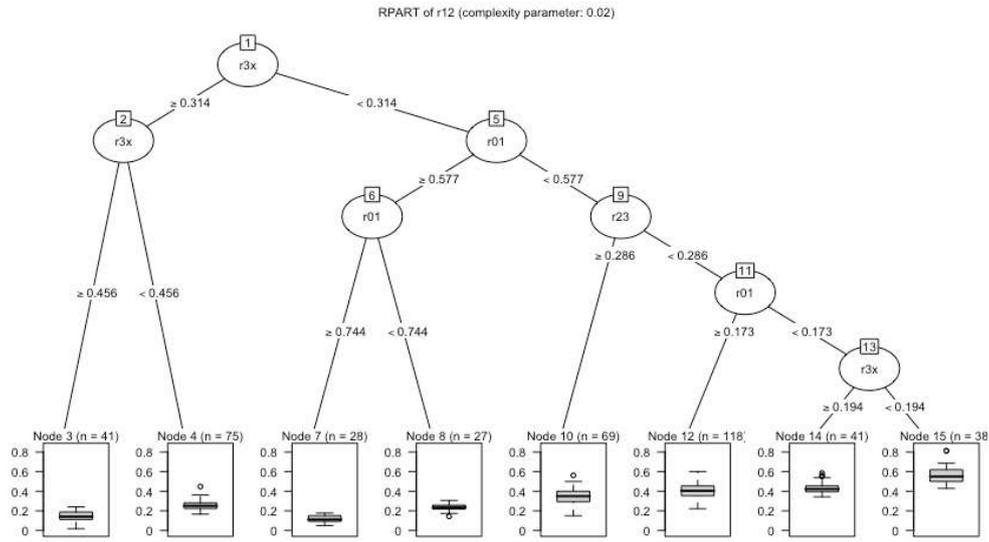


図 8: r12 の RPART

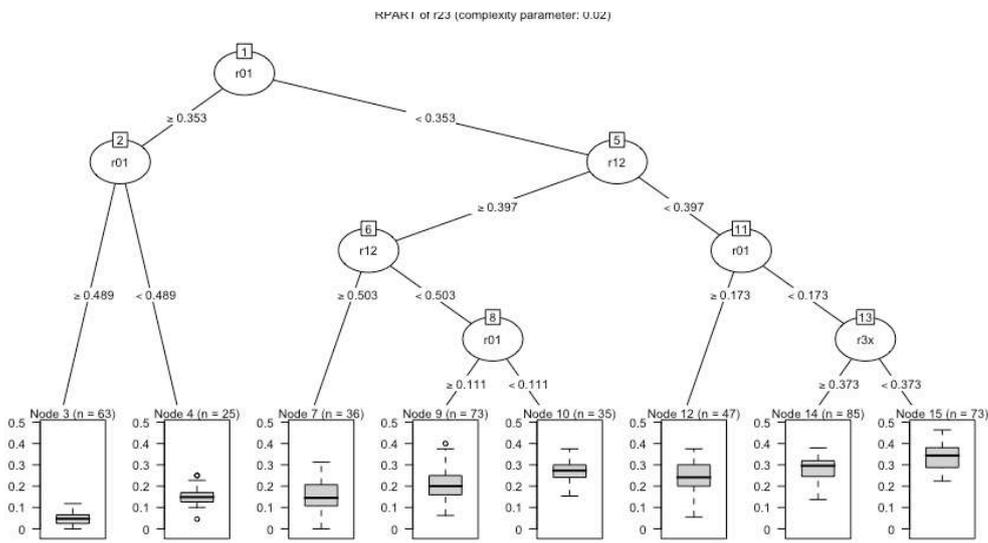


図 9: r23 の RPART

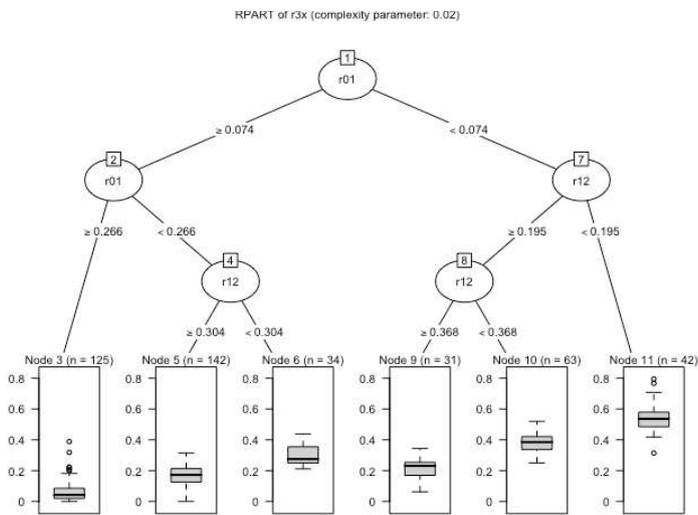


図 10: r3x の RPART

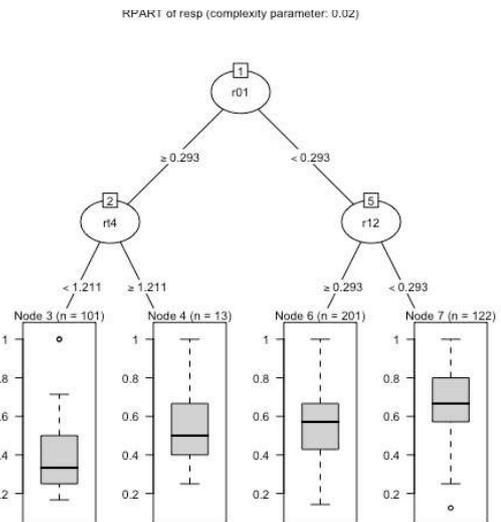


図 11: resp の RPART

EBMは臨床的意思決定(代表例が診断)の支援を目的にしている。ここで科学的立証と医学/臨床的診断との間にアナロジーが成立すると考えてみよう。具体的に言うと、特定の説明を受入れるという科学的意思決定が、特定の診断を下すという医学的意思決定とアナロジー上の対応物だと考える。言語学の説明について少なくとも次が言えるはずである:

(10) 表3のEBMの信頼性の水準で言うと

- a. 言語学の立証の大半は、Level 5, 6であり、意欲的な立証でもLevel 4止まり。
- b. 特に第三者の検証を得ていない独自判断(e.g., 自作例の容認度判断)は(有名な研究者に拠るものであろうと)、Level 6であり、言語学に権威主義が蔓延しているのは一目瞭然。

ARDJの目標は言語研究でLevel 1の証拠を提供する事である。

5 終わりに

日本語の容認度評定データ(ARDJ)は大規模かつ確証バイアスの少なく、無償利用可能な日本語の文の容認度評定値のデータベースである。それは証拠に基づく言語学(Evidence-based Linguistics) [10]を将来的に実現するために必須の参照データだと筆者らは考える。本論文が報告しているのは予備調査の結果だとは言え、その可能性が垣間見れたと思う。

とは言え、本研究は探索型の研究であり、得られた結果から結論と言えるものを引き出すのは難しい。強いて結論らしきものを挙げるとするならば、容認性判断と処理負荷(読み時間)との関係は言語学が想定しているより複雑かも知れないと言う可能性の提示だろう。得られた解析からは少なくとも、容認度評定と反応時間には単純な相関がなく、かつ意外な相関がある事が示されている。

読み時間と容認度評定値との対応づけは、行動データとの様々な対応づけの一つに過ぎない。眼球運動データや脳活動データとの対応づけが考えられる。ARDJはそのような形で今度も拡充させて行く価値のある研究資源であると著者たちは信じる。

Acknowledgments

第38回認知科学会の2名の匿名査読者から有益な示唆を頂戴した。一方は理解に基づき、もう一方は無理解に基づくものであったが、それらはどちらも本論文の完成に当って有益だった。それらの貢献に感謝する。

RPARTはRStudio(1.1.x)上のR(version 3.6.3)で、glm

回帰はRStudio(1.1.x)上のR(version 3.5.3)で実行した。

参考文献

- [1] L. Breiman, J. H. Friedman, R. A. Olshen, and C. J. Stone. *Classification and Regression Trees*. Routledge, 1983.
- [2] G. Evidence-based Medicine Group. Evidence-based medicine: A new approach to teaching the practice of medicine. *Journal of the American Medical Association*, 268(17): 2420–5, 1992 (Nov 4).
- [3] Th. Gilovich. *How We Know What Isn't So*. Free Press., 1993. [(翻訳)人間、この信じやすきもの: 迷信・誤信はどうして生まれるか. 新曜社.]
- [4] D. Isaacs and D. Fitzgerald. Seven alternatives to evidence based medicine. *The British Medical Journal*, 319(7225): 1618, 1999. EBM.
- [5] J. Klayman. Varieties of confirmation bias. *Psychology of Learning and Motivation*, 32:384–418, 1995.
- [6] K. Kuroda, H. Yokono, K. Abe, T. Tsuchiya, Y. Asao, Y. Kobayashi, T. Kanamaru, and T. Tagawa. Development of Acceptability Rating Data of Japanese (ARDJ): An initial report. In *Proc. of the 24th Annual Meeting of the Association for NLP*, pp. 65–68, 2018.
- [7] K. Kuroda, H. Yokono, K. Abe, T. Tsuchiya, Y. Asao, Y. Kobayashi, T. Kanamaru, and T. Tagawa. Insights from a large scale web survey for Acceptability Rating Data for Japanese (ARDJ) project. In *Proc. of the 25th Annual Meeting for the Association of NLP*, pp. 253–256, 2019.
- [8] S. A. Vyse. *Believing in Magic: The Psychology of Superstition*. Oxford University Press, reprinted edition, 2000. [(翻訳)人はなぜ迷信を信じるのか: 思い込みの心理学. 朝日新聞社, 1999.]
- [9] B. B. Wulfeck. A reaction-time study of grammaticality judgments in children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 36(6):1208–1215, 1993.
- [10] 黒田航. 証拠に基づく医療(EBM)との比較を通じて理論言語学の方法論を見直す. In *第16回日本認知言語学会発表論文集*, pp. 580–585, 2016.
- [11] 黒田航. 意味の社会性を意識した動詞の分類とその理論的含意. In *認知科学会第35回大会発表論文集*, pp. 602–611, 2018.
- [12] 黒田航, 阿部慶賀, 横野光, 田川拓海, 小林雄一郎, 金丸敏幸, 土屋智行, and 浅尾仁彦. (言語学者による)容認度評定の認証システムを試作する構想. In *日本認知科学会第33回大会発表論文集*, pp. 557–562. 日本認知科学会, 2016.
- [13] 黒田航, 阿部慶賀, 横野光, 土屋智行, 小林雄一郎, 金丸敏幸, 浅尾仁彦, and 田川拓海. 容認度評定に影響する要因の定量的評価: 日本語容認度評定データ(ARDJ)から得られた知見. In *日本認知科学会第36回大会発表論文集*, pp. 727–736, 2019.
- [14] 黒田航, 阿部慶賀, 粟津俊二, 寺井あすか, and 土屋智行. ARDJを基にした容認度評定値と反応時間の多変量解析と混合回帰分析. In *認知科学会第37回大会発表論文集*, pp. 919–928, 2020.

インタラクティブなモデルベース回想法を実現する 対話インタフェースの実装に向けた分析 Analysis towards the Mounting a Dialogue Interface for Interactive Model-based Reminiscence

酒井 翔伎[†], 森田 純哉[†]
Shoki Sakai, Junya Morita

[†] 静岡大学情報学部

Faculty of Informatics, Shizuoka University
sakai.shoki.18@shizuoka.ac.jp

概要

本研究では、ユーザの精神状態の安定化に向け、適切な回想を支援する対話インタフェースを提案する。認知モデルをベースとした写真スライドショーを利用した実験で得られた発話データから、実験条件による発話量の違いと感情状態を分析した。その結果、モデルの記憶に活性値を含めない条件でユーザの発話が有意に増加した。また、感情分析とユーザ自身の気分評定に相関が見られ、発話内容からユーザの感情状態を推定できる可能性が示唆された。

キーワード：回想法、記憶、認知モデル、ACT-R、対話、感情

1. はじめに

精神疾患を有する患者の数は年々増加傾向にある¹。中でも認知症の患者数は高齢化と共に大きく増加している。認知症患者へのメンタルヘルスケアの手法の1つとして回想法がある。回想法は Butler によって提案された手法で、過去の写真や音楽、家庭用品を見たり触れたりすることで過去の経験や思い出を語り合う心療療法である [1]。回想法には過去を振り返り自身の人生の評価を狙うライフレビューと、懐かしい思い出の喚起による心理的な安定を狙うレミニッセンスがある。また、回想法は高齢者だけでなく青年期の人々においても、ポジティブな感情を促進しネガティブな感情を抑制する効果があるとされている [2]。回想法の問題点として、効果に個人差があることや介護者の負担が大きいことが挙げられる。そのため、回想法を支援するシステムの研究・開発が行われている [3,4]。本研究では、回想法の中でも特に個人の自伝的記憶に関するライフレビューに焦点を当てた支援を目指す。自伝的記憶は自身が過去に経験した出来事の記憶であり、自己と密接に関係しているとされている [5]。ライフレビューは治療の一環として行われ、高齢者が過去を振り返り、自

分の人生の意味を考えることを目的とした自己治癒力を高めるための回想法である [6]。

2. 関連研究

森田らは回想法支援のため、認知アーキテクチャである ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational) [7] を組み入れた写真スライドショーを開発した [8]。また、ACT-R の記憶のメカニズムを用いることでメンタルタイムトラベルのモデル化を行い、構築したモデルによるモデルベース回想法を提案した [9]。メンタルタイムトラベルとは、現在ではない時間の経験を、まるでタイムトラベルをするかのように鮮明に思い浮かべられることを意味する。過去の楽しかった思い出を呼び起こすことで、その時の感情が付随して喚起される。これによって心理的な安定を導くと考えられる。モデルベース回想法で、ユーザはディスプレイ上にスライドショー形式で動的に切り替えられる写真によって回想を行う。モデルはユーザの認知的状態、情動的状态を学習し、学習結果に基づく刺激提示を行うと考えられる。

板橋は森田らのシステムの改良のためモデルベース回想法の感情モデルに焦点を当て、ユーザの状態をモニタリングすることで、モデルベースの回想記憶のパラメータを調整する対話的手法を提案した [10]。板橋のシステムでは、対話的パラメータとして心拍変動の時系列データと、ユーザインタフェースによるフィードバックデータを設定した。ユーザは画面上のインタフェースによって現在提示されている写真に対する気分状態を6段階で評定する。実際のユーザインタフェースは図1の赤線で囲んだ箇所である。心拍とインタフェースによるフィードバックはそれぞれ、ACT-R のパラメータの1つである宣言的知識のノイズ値と、写

¹ <https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12201000->

Shakaiengokyokushougaihokenfukushibu-
Kikakuka/0000108755_12.pdf

真の検索ルールの報酬値と対応付けられている。

宣言的知識のノイズ値が増大することで、ACT-R は記憶の活性にとらわれない多様な写真を検索する。ACT-R における記憶の活性値は、その記憶が過去に思い出された回数（記憶の利用頻度）や、その記憶を思い出した時期の新しさ（記憶の減衰）によって影響を受ける。そのため、活性値にノイズが付与されない状態で ACT-R は過去に多く思い出されたお気に入りの記憶を繰り返し検索することになる。

そして、このようなノイズの大きさは、ユーザの覚醒度と対応づけて考えることができる [11]。覚醒度の高い状態では集中的な記憶の振り返りが生じ、覚醒度の低い状態では散漫的な記憶の探索が生じると考えられる。板橋の対話インタフェースでは、ユーザの心拍間隔と宣言的知識のノイズ値を対応づけることで、その時々ユーザの状態を反映したスライドショー形式の写真提示を実現している。

また、板橋の対話インタフェースによって実現される写真の検索ルールの報酬値は、記憶検索によって重視される属性の重みを調整する。ユーザの記憶は断片的に格納されるのではなく、記憶の対象 (what)、記憶に登場する人物 (who)、記憶の時期 (when)、記憶の場所 (where) などの属性を媒介したネットワークとして格納される。一瞬一瞬で回想される記憶は、このネットワークの特定の場所と対応づけられ、記憶に結合される属性のいずれかを辿ることで、次の記憶の回想に遷移すると考える（同じ対象の記憶、同じ人物の記憶、同じ時期の記憶、同じ場所の記憶を辿る）。そのように遷移した結果、正の報酬（快感情）が生じた場合、その記憶の検索に利用した属性の重みが強化され、負の報酬（不快感情）が生じた場合、その記憶の検索に利用した属性の重みが弱められると考える。板橋のインタフェースは写真閲覧時の気分評定と、モデル内部の報酬値をリアルタイムに対応づけることで、ユーザの気分に応じたスライドショーの遷移を実現する。

これら対話インタフェースによって、板橋は、回想法の問題点である個人間の刺激の効果の差異と記憶に伴う感情の統制の二点を解消し、システムが適切な回想を支援する可能性を示した。

しかし、これらのモデルベース回想法ではユーザの気分状態をフィードバックするために心拍の計測や画面上のスライドバーを操作する必要があった。心拍の計測には専用の機材を用意して都度ユーザが装着する必要があり、システムの利用へのハードルが高いこと

や利用自体が困難な状況が想定される。また、画面上のスライドバーの操作は気分が変化するたびにユーザに操作が求められ手間がかかり適切なフィードバックがされない可能性がある。

そこで本研究ではシステムとユーザのインタラクションを音声対話によって行うことを目標とする。音声インタフェースの利点として特別な機材を必要としないことと、ユーザが意識的に気分をフィードバックする必要がなくなることが挙げられる。音声インタフェースを導入するにあたり、ユーザの気分状態を発話から定量的に評価する必要がある。そのために板橋の実験で得られた発話データを基に分析を行い、気分状態の推定を行う。

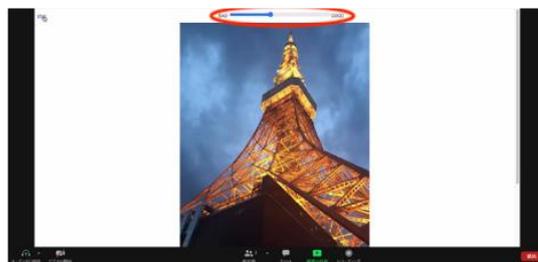


図 1 気分状態評定インタフェース

3. 実験

3.1. 実験デザイン

板橋はシステムの有用性と課題を明らかにすることと、その普遍性の検討のために 2 つの実験を行った [12]。ここでは本研究で使用するデータを収集した 2 つ目の実験の手続きについて説明する。

実験では二つの対話的パラメータによるモデルベース回想法を評価するために、2（活性値算出無 vs. 活性値算出有）× 2（報酬値無 vs. 報酬値有）の 4 条件下で参加者の行動を比較した。

2 節で述べたように、ACT-R の活性値は、記憶の利用頻度や記憶の減衰などの影響を受ける。活性値に基づく記憶の検索が行われることで（活性値算出有）、写真の撮影時期に基づいた直近の写真へ検索の集中が起こる。このような写真の検索は 2 節で述べたように、心拍間隔の短い緊張状態における記憶の回想と対応する。対して活性値に基づく記憶の検索が行われない場合（活性値算出無）、直近の写真だけではなく古い写真への検索も行われる。このような写真の検索は、心拍が

穏やかでリラックス状態における記憶の回想と対応する。

また、ACT-R の報酬値は脳基底核における報酬系の活動に基づいている。2節で述べたように、宣言的知識は属性を介したネットワークとして格納され、本研究では写っている人物、撮影時期、撮影場所、写っているシーンの属性が写真に付与される。モデルは4属性の中から共通する属性を持つ写真を次に提示する写真として検索する。どの写真を検索するかは各属性に対応するユーティリティ値に基づく発火確率によって決まる。このユーティリティ値は、一つ前の検索のユーティリティ値と報酬値、学習率によって求められる。活性値・報酬値の有無によってモデルは各条件で以下のような動作をすると考えられる。

共通条件

モデルパラメータ: EGS: 10, RT: -10, ANS: 1.0

条件 1: 活性値算出無×報酬値無条件

活性値算出と報酬値に対応するパラメータを無効にする。そのため、モデルは課題中に活性値を変動させない。また ACT-R の記憶ネットワークの検索は記憶の新規性によって影響を受けるため、全ての宣言的知識のベースレベルの値を統一することで、モデルは多様な写真を均等に検索することが想定される。

モデルパラメータ: MAS: nil, BLL: nil, set-all-base-levels: 100, trigger-reward: nil

条件 2: 活性値算出有×報酬値無条件

報酬値に対応するパラメータを無効にする。写真の撮影時期に応じ、宣言的知識の活性値を付与する。課題中に写真が検索されるたびに、現在提示されている写真の活性値を増加させる。これにより人間の記憶の特性に従った、一部の写真への集中的な検索が起こることが想定される。

モデルパラメータ: MAS: 10, BLC: 10, BLL: 0.5, trigger-reward: nil

条件 3: 活性値算出無×報酬値有条件

活性値に対応するパラメータを無効にする。報酬値と対応するパラメータは、参加者による写真に対する現在の気分の評定に対応づけられ、リアルタイムに変動する。報酬値に応じて、写真の属性(場所、時間、人物、対象)が変動する。活性値算

出無報酬値無条件と同様モデルは多様な写真から均等に検索が起こること、さらにユーザのその時の気分と対応した写真の遷移が生じると想定される。

モデルパラメータ: MAS: nil, BLL: nil, set-all-base-levels: 100, trigger-reward: 気分の評定に対応

条件 4: 活性値算出有×報酬値有条件

写真の撮影時期による活性値を算出する。報酬値に対応するパラメータを実験参加者による写真に対する現在の気分の評定と対応づける。活性値算出有報酬値無条件と同様、一部の写真への集中的な検索がおきるものの、写真の遷移においてユーザの気分が反映されることを想定する。

モデルパラメータ: MAS: 10, BLC: 10, BLL: 0.5, trigger-reward: 気分の評定に対応

3.2. 参加者

実験参加者は21~61歳の24名で、男性13名、女性11名であった。これらの参加者は、クラウドソーシングサイトランサーズ²にて募集された。

3.3. 手続き

実験はオンラインで実施された。実験に先立ち、参加者は写真を実験者に提供した。それらの写真は参加者が自身で撮影したものであることを条件とした。提供された写真は最も新しい時期に撮影された写真が1週間以内かつ最も古い時期に撮影された写真が2年以上前であり、時間属性および場所属性が付与されたものである。報酬値有の2条件では、モデルは報酬値としてユーザのインタフェースの操作によって0, 2, 4, 6, 8, 10の値を受け取る。参加者が気分が良いと評価した写真と共通する属性を持つ写真は検索されやすくなり、反対に気分が悪いと評価した写真と共通する属性を持つ写真は検索されにくくなる。

4条件の閲覧順は24通り考えられ、それぞれの実施順序のパターンを1名の参加者を割り当てて実施された。各条件の閲覧時間は5分で、写真スライドショー閲覧前、各条件の閲覧終了後に表1に示した質問に沿って5段階のリッカード尺度の主観評価アンケートに回答した。また、参加者は写真閲覧中に思考の発話する

² <https://www.lancers.jp>

ことと、図1に示したユーザインタフェースを使用して提示された写真に対する現在の気分を評定するタスクが付与された。

表1: 主観評価アンケート

| No. | 質問項目 |
|-----|---|
| 1 | 写真スライドショーによって提示された写真はあなたにとって興味深かった |
| 2 | 写真スライドショーの提示によって当時の記憶の思い出のきっかけになった |
| 3 | 一枚一枚順に写真が提示されていきましたが、提示されていく写真に繋がりは感じたか |

4. 結果

4.1. モデルの振る舞い

図2に各提示条件のブロック内の写真提示における提示写真の枚数(種類)の結果を示す。モデルは活性値の算出が行われない条件では、活性値を算出する条件と比較し、多様な写真提示が行われることが示された。

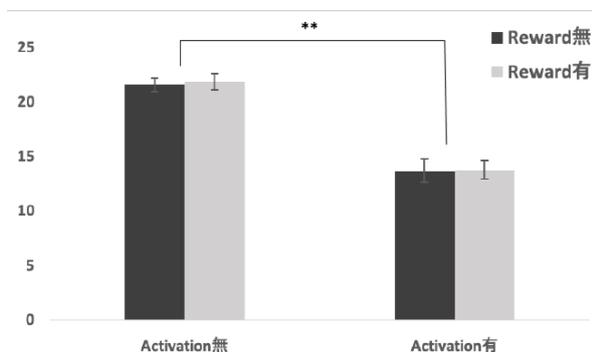


図2: 提示写真の枚数 (エラーバーは標準誤差を示す)

4.2. 各提示条件における発話データの分析

音声インタフェースを導入するため、実験条件ごとの発話の傾向、発話に現れる感情の分析を行う。

発話データは、実験に用いられたビデオチャットツール Zoom³の録画機能をもとに作成された。録画データを音声認識による自動文字起こしが可能なツール

Vrew⁴を用いてテキストデータに起こした後、誤字の修正、実験開始・終了及び提示写真の切り替わりのタグの挿入を手動で行った。

はじめに、発話データに含まれる単語数と異なり語数についての分析を行う。分析は発話データを基に得られた単語数、異なり語数をそれぞれ従属変数として活性値(無 vs. 有) × 報酬値(無 vs. 有)を要因とする二元配置参加者内分散分析を行った。また、単語数と異なり語数は発話データを形態素解析エンジンのMeCab⁵によって形態素解析を行うことにより集計した。集計時には助詞・助動詞と接続詞を除いた。集計の結果を図2,3に示す。

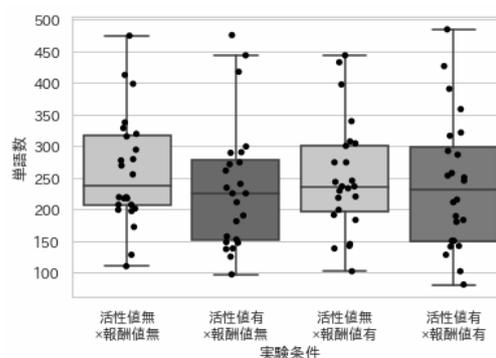


図3: 単語数の集計結果

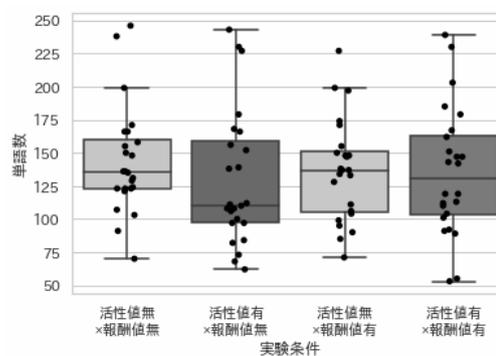


図4: 異なり語数の集計結果

分散分析の結果、単語数では活性値の主効果が有意であった [$F(1, 23) = 6.429, p = 0.018$]. なお、報酬値の趣向化および活性値 × 報酬値の交互作用については有意ではなかった [報酬値: $F(1, 23) = 0.104, p = 0.749$, 交互作用: $F(1, 23) = 2.126, p = 0.158$]. これは活性値の算出されない条件は活性値の算出を行う条件と比較して発話量が多くなることを示唆する。

³ <https://zoom.us>

⁴ <https://vrew.voyagerx.com/ja/>

⁵ <https://taku910.github.io/mecab/>

また、活性値の有無による提示写真の枚数を図4に示す。これらから、多様な写真が提示される状況は一部の写真が集中して提示される状況よりも発話量が多くなると考えられる。また、報酬値の主効果が有意でないことから気分のフィードバックによる提示写真の変化は発話量に影響を与えないことが示唆される。異なり語数では活性値の主効果が有意傾向であり [$F(1, 23) = 3.836, p = 0.062$], 交互作用が有意であった [$F(1, 23) = 4.667, p = 0.043$]. 単純主効果検定の結果、報酬値無し条件における活性値無し条件 (平均 143.7) では、同じ報酬値無し条件における活性値有り条件 (平均 129.8) に比べ、多くの異なり語が発話された傾向が示された [$F(23, 23) = 6.42, adjusted p = 0.074$]. 報酬値が与えられない条件では活性値が新規な単語の産出を抑制する可能性を示している。

一方、報酬値の単純主効果は活性値有り無し条件のいずれの水準においても有意でなかった [活性値有り条件: $F(23, 23) = 2.030, adjusted p = 0.199$, 活性値無し条件: $F(23, 23) = 2.945, adjusted p = 0.224$].

4.3. 発話内容の感情分析

次に、発話中に出現した単語の感情分析を行った。今回の実験では学習に十分な量のデータが得られていないため、分析は Google の Cloud Natural Language API⁶ を用いた。感情分析では文章の感情が -1.0~1.0 の数値で表される。ポジティブな感情は正の値、ネガティブな感情は負の値で表現され、絶対値が大きいほど強い感情となる。Cloud Natural Language API による分析の結果を、実験でユーザがインタフェースによってフィードバックした気分状態との相関を調べることで評価した。分析に使用したデータの散布図を図4に示す。ただし、発話の一句中にスライドバーが複数回操作された場合やユーザの操作がなくフィードバック値が変化しない場合など一部適切ではないデータも存在している。また、感情分析の値が 0.0 となり発話内容から感情が見られなかったものは除いている。分析の結果、スピーマンの順位相関係数が有意となった [$r_s = 0.240, p = 2.23 \times 10^{-50}, n = 3754$]. これは発話内容から得られた感情状態とユーザ自身の主観による気分状態の評定が相関していることを示しており、発話からユーザの感情状態が推定可能なことを示唆している。

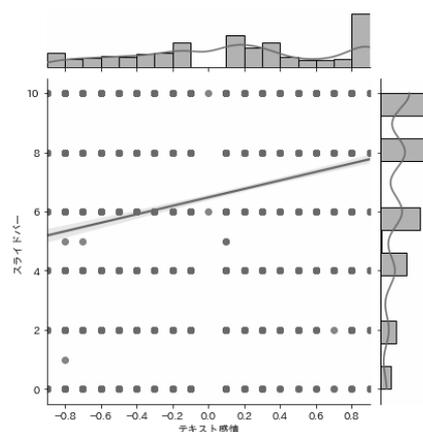


図 5: 感情分析の結果と実験のフィードバック値の散布図

5. まとめ

本研究では、モデルベース回想法の支援システムの拡張として音声的な対話インタフェースを組み込むことを目標とした。音声インタフェースを導入する際に、発話内容からユーザの感情状態や適切な写真提示ができていないかを推定する必要がある。そのための予備分析として発話データと実験条件についての分散分析を行った。その結果、活性値を算出しない条件は活性値を算出する条件と比べ有意に発話量が多いことがわかった。

また、Google の Cloud Natural Language API を利用して発話内容の感情分析を行い、実験で得られたフィードバック値との相関分析を行った。これらの分析で得られた結果から、発話からユーザの感情状態を推定しシステムへのフィードバックとして利用可能なことが示された。しかし、発話内容だけでは参加者の感情の推定に適していないと考える。感情推定のために参加者の発話の音声の抑揚の分析を加えて行う予定である。また、今回の実験で用いられたシステムでは写真検索は写真の対象、人物、時期、場所などをネットワークとして行われたが、これ以外に感情を介したネットワークも存在する[13]. そのため、感情価のレベルが近いものが検索されやすくなるモデルも想定する必要がある。

今後はより適切な回想の支援をするスライドショーシステムへの改良のためにユーザの回想を阻害しない写真提示ができていないかを発話の流暢性から推察することを計画している。

⁶ <https://cloud.google.com/natural-language>

文献

- [1] Robert N. Butler, (1963) “The Life Review: An Interpretation of Reminiscence in the Aged”, *Psychiatry Interpersonal and Biological Processes*, Vol. 26, pp. 65-76.
- [2] 福島 修美, 田中 勝博, 角山 富雄, 張替 裕子, 松田 修, 森 美保子, 豊島 舞子, (2008) “過去と最近の出来事の回想におけるツールとしての書記, 描画, 対話の感情効果”, *目白大学心理学研究*, Vol. 4, pp. 1-10.
- [3] 平野 雄大, 打矢 隆弘, 内匠 逸, 西村 良太, 桜井 優, (2017) “音声対話により認知症を抑制する回想法システムの提案”, 第 79 回全国大会講演論文集, Vol. 1, No. 4ZB-03, pp. 571-572.
- [4] 下岡 和也, 徳久 良子, 吉村 貴克, 星野 博之, 渡部 生聖, (2017) “音声対話ロボットのための傾聴システムの開発”, *自然言語処理*, Vol. 24, No. 1, pp. 3-47.
- [5] M A Conway, C W Pleydell-Pearce, (2000), “The construction of autobiographical memories in the self-memory system”, *Psychological Review*, Vol. 107, No. 2, pp. 261-288.
- [6] 瀧川 真也, (2014) “なつかしさと記憶, 臨床的应用, 懐かしさの心理学-思い出と感情 (楠見考 編)”, 誠信書房, pp. 110.
- [7] John R Anderson, (2009) “How can the human mind occur in the physical universe?”, Oxford University Press.
- [8] 森田 純哉, 平山 高嗣, 間瀬 健二, 山田 和範 (2015) “認知アーキテクチャを組み入れた写真スライドショーの開発: 展望と課題”, *人工知能学会全国大会論文集 2015 年度人工知能学会全国大会 (第 29 回) 論文集*, pp. 2M4NFC04b3-2M4NFC04b3.
- [9] 森田 純哉, 平山 高嗣, 間瀬 健二, 山田 和範, (2015) “メンタルタイムトラベルを誘導するモデルベース回想法”, *研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI)*, Vol. 2015-UBI-47, No. 16, pp. 1-6.
- [10] Itabashi, K., Morita, J., Hirayama, T., Mase, K., and Yamada, K, (2020) “Interactive Model-based Reminiscence Using a Cognitive Model and Physiological Indices”, *Proceedings of the 18th International Conference on Cognitive Modelling*, Vol. 2020.
- [11] C. L. Dancy, F E Ritter, (2013) “Using a cognitive architecture with a physiological substrate to represent effects of a psychological stressor on cognition”, *Computational and Mathematical Organization Theory*, Vol. 21, pp. 90 - 114
- [12] 板橋 和希, (2021) “インタラクティブなモデルベース回想法の開発と評価”, *静岡大学大学院 総合科学研究科 情報学専攻 修士論文*. 20
- [13] 世古 純基, 森田 純哉, 平山 高嗣, 間瀬 健二, 山田 和範, (2017), “ライフログ写真の属性ネットワークに基づく記憶構造可視化”, *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol. 116, No. 495, pp. 19 - 24

個人のプレイが個人間のインタラクションにおける アイデア生成を促進するメカニズムの分析

Analysis on Mechanisms for Individual Play to Promote Idea Generation in Interaction between Individuals

成 太俊, 橋本 敬

Taijun CHENG, Takashi HASHIMOTO

北陸先端科学技術大学院大学 知識科学系

School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

{chengtaijun, hash}@jaist.ac.jp

概要

本研究は、個人が課題に沿って直感的に作品を作るというプレイが個人間のインタラクションにおいてアイデアに言及する発話行為に影響するか、どのように影響するかを明らかにすることを目的とする。実験の結果、プレイが「アイデアの抽象的なレベルに言及する発話行為」と「相手の発言の肯定・何気ない問いかけの発話行為」の間にポジティブフィードバックを持つことがわかった。また、考察によれば、前述の二つの発話行為がアイデア生成を促進すること示唆する。

キーワード: プレイ, アイデア生成, インタラクション, 発話行為

1. はじめに

現代社会では複数人でアイデア生成を行う重要性が高まっている。複数人の場合、他者から新たな見方や考え方を得て自分の思考を変えたり、自分が意識してこなかった見方や考え方にアクセスしたりすることができるため、創造性の高いアイデアが生まれるという[1]。複数人で創造的活動を行い、問題解決をするための方法としてLEGO Serious Play (以下LSP)の有効性は組織・グループのマネジメントや教育において多くの事例により検証されてきた。LSPとは、個人の価値観やビジョンなど頭の中で何となく意識しているモヤモヤとした部分をレゴブロックを用いて可視化することで、コミュニケーションや問題解決の改善を目指すメソッドである[2]。参加者が個人ごとに課題に沿って直感的に作品を作ることがLSPの構成要素のひとつである。直感的に作ることは、考えてから作ることに比べるとプレイフルであり、それを「プレイ」と言い、それがグループの創造性(パフォーマンス)を高めるとされる[3]。

LSPがいうプレイは一般的な意味での生物の遊びとどう関連し、どのような効果を持つだろうか。生物学的遊びの主要な特徴は、直接的な目的・目標を持たず即時的なベネフィットがみえないという点である[4]。LSP

におけるプレイでは直感的に作らせることによって参加者の作成行為に直接的な目的・目標がないため、この遊びの特徴に当てはまる。しかし、LSPにおける個人によるプレイがグループの創造性を促進するメカニズムはまだわかっていない。LSPで言われるプレイの創造性の促進効果はどの程度一般性があるだろうか。これを調べるために、プレイをLSPのほかの方法(順番に発言する、ファシリテーターがいるなどの制約条件)から分離し、プレイが創造性を促進するメカニズムを明らかにする必要がある。グループによる創造活動は組織的なイノベーションの基盤と考えられており、プレイがそれに果たす役割を明らかにすることはイノベーション創出に役立つだろう。そして、人間も含む多くの生物に広く見られる遊び[5]が人間のグループや組織の活動の中で持つ意味を考えることになる。

本論文は次のように構成されている。第2節では、本論文の研究目的とその目的を達成するための仮説を述べる。第3節では、仮説を検証するための実験について述べる。第4節では、実験の結果を説明する。第5節では、実験の結果を考察する。最後に、第6節で本論文の結論と今後の課題を述べる。

2. 研究目的と仮説

石井・三輪(2001)によると、個人間のインタラクションにおいてアイデアに言及する発話行為(以下アイデアに言及する発話と略す)が多く行われるほうが、生まれたアイデアの創造性が高い[6]。そこで本研究では、プレイが創造性を促進するメカニズムの一端として、プレイがアイデアに言及する発話に影響することで、創造性に影響を与えるのではないかと考える。したがって、本研究は、①プレイがアイデアに言及する発話に影響するか、②影響するとしたらどのように影響するかを明らかにすることを目的とする。

本研究の目的を達成するために、プレイがアイデアに言及する発話を促進すると仮説をたてた。

3. 方法

3.1. 実験計画

レゴブロックを用いてある作品を作るという課題におけるプレイの有無を独立変数、アイデアに言及する発話数を従属変数とする。独立変数のコントロールとして、直感的に作品を作ってから作品のコンセプトを記述する「作成先行群」を実験群、コンセプトを考えてから作品を作る「思考先行群」を対照群とし、参加者間計画で実験を実施した。実験は参加者個人ごとに作品の作成・コンセプトの記述をする「個人作業段階」、2名の参加者が話し合いながら共同的に作品を作成する「共同作業段階」で行われた。

このとき、両群の個人作業段階では、参加者は別々の空間(互いに見えない)で作品の作成を行った。そして、作成先行条件は先に与えられた課題に沿って作品のコンセプトを考えず作品の作成を行い、その後作品のコンセプトをコンセント用紙に記述する。思考先行条件は先に作品のコンセプトを考えてそのコンセプトをコンセント用紙に記述し、その後作品の作成を行う。

3.2. 実験参加者

20代の大学院生28名が実験に参加した。そのうち、日本語母語話者12名(男性9名,女性3名)、日本語能力試験一級の中国語母語話者15名(男性7名,女性8名)と韓国語母語話者1名(男性1名)であった。互いに知り合いではなく、かつ、次節で説明する個人の創造性スコアの差が2点以内の参加者同士でペアを組んだ。そのあと、ペア単位で個人の創造性スコア(2名の参加者のスコアの平均値)の差が2点以内に収まるように作成先行群と思考先行群に割り当てられた。

以下に述べる理由により、各群から1ペアずつのデータを分析から外した。作成先行群において、日本語母語話者(男性)と韓国語母語話者(男性)のペアは共同作業段階で共同的に作品を作るのではなく、作成スペース(レゴ基礎板)を半分に分け、個別に作業していたため、そのデータを外した。また、思考先行群において、日本語母語話者の男女のペアは互いに知り合いであったため、そのデータを外した。したがって、作成先行群は(5ペアで男性6名,女性4名, $M=23.9$, $SD=1.2$)

であり、思考先行群は(7ペアで男性8名,女性6名, $M=25.1$, $SD=1.8$)であった。要するに、分析するデータは作成先行群5ペアと思考先行群7ペア、合計12ペアである。

3.3. 材料

実験の課題は、Schulz and Geithner (2014)が用いた創造的課題[7]をアレンジして使用した。具体的には、「未来の研究室を考えてください」という課題である。参加者は、与えられた課題をよく読み、レゴブロックを組み合わせて課題の目的に沿った作品を作成することが求められた。その指示については次の通りである。

作成先行群では、①最初の10分間で作品のコンセプトを考えず作品を作ること、②作品のコンセプトを5分間でコンセプト用紙に記述すること。注意点として、作品について何もイメージが湧かない場合でも、まずレゴブロックに手を伸ばして作り始めること。そのほかにも注意点として、作品を作っている最中は自分自身と相談せず、ただ手を動かし、手に任せて作品の形を作ることを参加者に強調した。

思考先行群では、①最初の5分間で課題の目的にそった作品のコンセプトをよく考え、そのコンセプトをコンセプト用紙に記述すること、②記述したコンセプトに基づいて作品を10分間で作ること。注意点として、作成最中に作品のコンセプトが変わった時は、必ずコンセプト用紙にその変化を記述してから作成すること。

予備実験に基づき、レゴブロックは、「LEGO 10693 クラシックアイデアパーツ<ベーシックセット>」と「LEGO 10694 クラシック アイデアパーツ<明るい色セット>」各1セットをひとまとめにしたものを、個人作業段階で各参加者が1組、共同作業段階で2名の参加者が共同的に2組を使用した。つまり、実験では合計4組用いた。作品の作成は、LEGO クラシック基礎板10701(グレー, 48ポッチ×48ポッチ)の上で行った。

3.4. 手続き

個人創造性の測定

参加者の創造性の個人差を排除するために、実験の前に参加者の創造性スコアを「30 circles」というテストにより調査した。具体的には、一枚のA4サイズの白紙に同じ大きさの30個の円があり、参加者は1分以内に個々の円を使ってそれぞれ違う絵を描いた。一個の絵

を1点とし、参加者の創造性を評定した。

実験の流れ

実験は、トレーニング段階、個人作業段階、共同作業段階の3つの段階で行った。そのうち、個人作業段階のあとに同ペアの参加者が個別にストーリーテリングを行い、共同作業段階のあとに同ペアの参加者が共同のストーリーテリングを行った。ここでストーリーテリングとは、考えたコンセプトをバラバラに話すのではなく、一つのつながった話として相手に語ることである。昔ばなしや小説のような物語のことはない。そして、各作業段階の前段階の作成活動・思考活動が次の段階の作成活動・思考活動への影響を避けるために、各段階の間に5分の休憩時間を設けた。

次に、仮説を検証するための実験について説明する(図1)。実験では、両群とも同じ課題「未来の研究室を考えてください」について、まず個人作業段階では、ペアとなる2名の参加者が各自の空間でレゴブロックを用いて個別に作品を作成した。

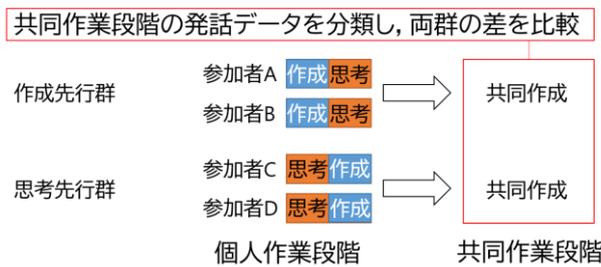


図1 実験の流れ

個人作業段階の説明

作成先行群は先に直感的に作品を作った(10分)。参加者が作成中に手が止まったら、実験者が参加者に手を動かすように促した。その後に作品のコンセプトを考えて記入した(5分)。そして、同ペアの参加者がそれぞれ相手にストーリーテリングをした。

思考先行群は先に作品のコンセプトを考えて記入し(5分)、その後に記入したコンセプトに基づいて作品を作った(10分)。参加者は作成中に新しいコンセプトを思いついたら、記入するように指示した。思考先行群では、作成中に参加者の手が止まっても実験者は何も言わなかった。10分の作成後、同ペアの参加者がそれぞれ相手にストーリーテリングをした。

共同作業段階の説明

個人作業の次に共同作業を行った。両群とも個人作業段階と同じ課題で参加者ペアが話し合いながらレゴブロックで一つの共同作品を作った(20分)。そして、参加者ペアが共同的にストーリーテリングをした。

3.5. 発話データの分類

共同作業中の参加者の発話データを図2の5つに分類し、各分類の発話数の両群の差を分析した。本研究では、目的②に対応する分析を行うために、予備実験の結果に基づき、石井・三輪(2001)の「アイデアに言及する発話」を「考えたアイデアの抽象的なレベルに言及する発話(以下、コンセプトに言及)」と「具体的な作成物(作品の一部)の機能や使い方に言及する発話(以下、部品に言及)」に分けた。ほかに、「具体的な作り方と言及する発話(以下、作成の説明)」、「相手の言うことを肯定する発話や何気ない問いかけ(以下、承認・質問)」、「実験の文脈から逸脱する発話や現実世界に言及する発話(以下、その他)」に分けた。

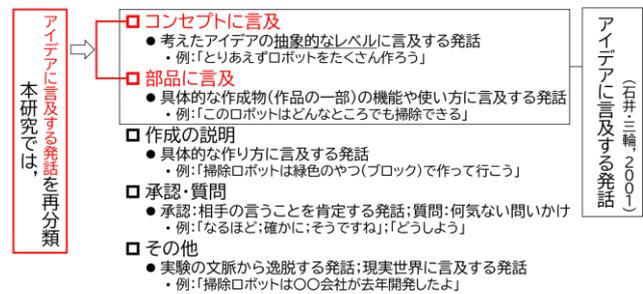


図2 発話データの分類

4. 結果

分析の結果、アイデアに言及する発話(「コンセプトに言及」「部品に言及」の和)は作成先行群のほうが有意に多かった($t(12)=3.155, p=0.010$) (図3)。すなわち、作成先行(プレイ)が個人間のインタラクションにおけるアイデアに言及する発話行為を促進すると言え、プレイがアイデアに言及する発話に影響することが確かめられた(目的①)。

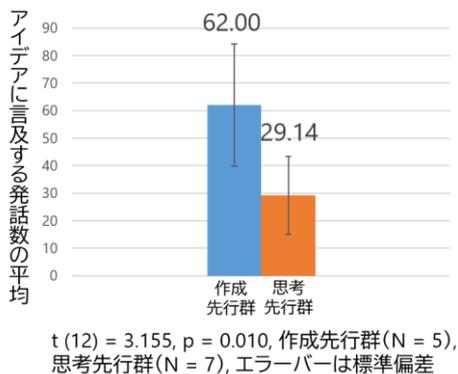


図3 作成先行群と思考先行群のアイデアに言及する発話数の比較

次に、本研究の目的②「影響するとしたらどのように影響するか」を明らかにするため、図2の各分類の発話数を群間で比較した。その結果(図4)、作成先行群(プレイ)のほうが思考先行群よりも、「アイデアに言及する発話」のなかの「コンセプトに言及」の発話数にのみ有意な差があった($t(12) = 3.606, p = 0.005$)。「部品に言及」の発話数においては、有意な差はみられなかった($t(12) = 1.576, p = 0.146$)。そして、「作成の説明」「承認・質問」「その他」に関しては、「承認・質問」の発話数は作成先行のほうが有意に多かった($t(12) = 3.064, p = 0.012$)が、「作成の説明」と「その他」の発話数については有意な差がなかった(それぞれ、 $t(12) = 1.821, p = 0.099$; $t(12) = 1.605, p = 0.140$)。

要するに、プレイはアイデアに言及する発話のなかのコンセプトに言及する発話行為のみを促進し、くわえて、承認・質問の発話行為も促進した。

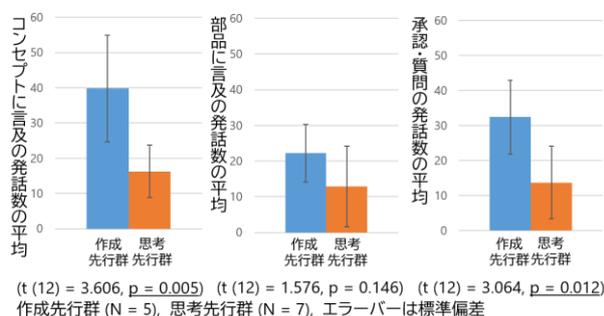


図4 作成先行群と思考先行群の各分類の発話数の比較

上述の結果は作成先行群と思考先行群の群間の差であり、個人の創造性による差ではないことを確かめるために、両群を合わせて、創造性スコアに対するアイデ

アに言及する発話数と5つの分類(図2)の発話数を、個人ごととペアごとで比較した。その結果、創造性スコアとコンセプトに言及する発話数は、個人ごとでみる場合にのみ有意な正の相関があった($N = 24, R = 0.432, p = 0.035$) (図5)。

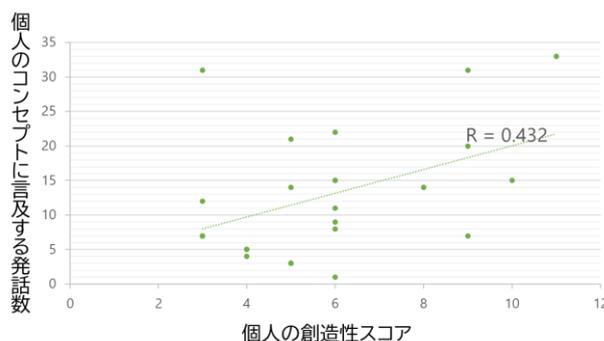


図5 創造性スコアとコンセプトに言及する発話の和の相関、個人でみる場合：縦軸はコンセプトに言及する発話数の各個人での和、横軸は個人の創造性スコア。

そして、個人ごとでみる場合の、創造性スコアとコンセプトに言及する発話数の関係を確認するために、作成先行群と思考先行群それぞれの創造性スコアとコンセプトに言及する発話数の相関を個人ごとで検討した。その結果、作成先行群も思考先行群も有意な相関がなかった(図6、それぞれ、 $N = 10, R = 0.267, p = 0.456$; $N = 14, R = 0.223, p = 0.443$)。

要するに、作成先行群でも思考先行群でも個人ごとでみる場合、創造性スコアとコンセプトに言及する発話数は有意な相関を示さなかった。したがって、上述の研究目的に対応する結果(発話数の有意な差)は作成先行群と思考先行群の群間の差であるといえる。

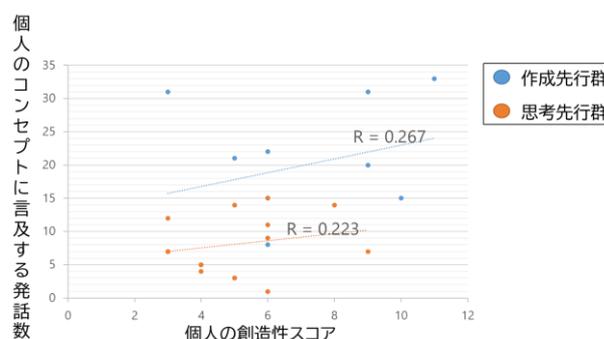


図6 両群の創造性スコアとコンセプトに言及する発話の和の相関、個人でみる場合：縦軸はコンセプトに言及する発話数の各個人での和、横軸は個人の創造

性スコア, 青色が作成先行群, オレンジ色が思考先行群.

5. 考察

5.1. 仮説の検証結果の考察

まず, 目的①に対しては図3に示した通り, 作成先行(プレイ)がアイデアに言及する発話行為に影響することを示した. そして, 作成先行(プレイ)はアイデアに言及する発話のなかのコンセプトに言及する発話行為のみを促進することがわかった. この結果をLSPの基礎理論といわれる構築主義[8]に基づいて考察する. 構築主義とは, ものを操作したり作ったりすることによって, 抽象的な概念や関係を具象的・明確的・操作しやすい形にすることで理解することである. レゴブロックを操作して直感的に何らかの物理的な形を作成していく(抽象的な概念や関係などを物理的な形によって結合すると, 頭の中に新しい知識や考え(無意識領域に閉じ込められたアイデアにアクセスする)が構成される. そして, その新しい知識や考えは物理的な形を作成することによって発展されると考えられる. つまり, 作成先行(プレイ)が抽象的な概念の結合やその発展が思考先行よりもよりよくできるため, コンセプトに言及する発話行為が促進されると考えられる.

それに対し, 上述の作成先行(プレイ)の影響は, 直感的に作品を作ってからコンセプトを考えることの効果ではなく, 共同作業段階の前にコンセプトを考えたことでその効果があったと解釈することも可能だろう. しかし, 個人作業段階のあと, 両群ともストーリーテリングを行った. つまり, 両群とも共同作業段階の直前に作品について思考した. したがって, 図3と図4が示した結果は共同作業段階の直前にコンセプトについて思考を行った影響ではないといえるだろう.

5.2. 承認・質問の有意差の考察

作成先行(プレイ)は承認・質問の発話行為も促進することがわかった(図4). 本研究での質問とは何気ない問いかけ(例えば「どうしよう」)である. 質問される相手にとって, はっきりした対象のない質問・何気のない問いかけに対しては, 具体的な質問に比べると具体的な答えを返すことが難しいだろう. それゆえ, アイデアの抽象的なレベルに言及する「コンセプトに言及」が多く行われたと考えられる. また, その具体的に言及

しない返答に対してそれを承認する発話は, 相手のアイデアや考えを肯定すると解釈されやすい反応になり, コンセプトに言及する発話がさらに多く行われる可能性がある. つまり, コンセプトに言及する発話行為と承認・質問の発話行為は互いに影響することでそれぞれの頻度を増やす効果があることを示唆する.

5.3. 創造性スコアとコンセプトに言及する発話についての考察

群分けせずすべての参加者の創造性スコアとコンセプトに言及する発話数を個人ごとでみる場合, 正の相関があった(図5)が, 群に分けると有意な相関がなかった(図6). 要するに, 個人の創造性スコアはその個人のコンセプトに言及する発話行為に関連しないといえる. これより, 図3と図4が示した結果, その有意差は作成先行(プレイ)の効果であることを示唆した. また, 図6に示した通り, 個人の創造性スコアが同じ程度であっても, 直感的に作成する(プレイ)とコンセプトに言及する発話行為が促進されると考えられる.

6. 結論

本研究の目的を大きな意味でいうとレゴブロックのようなツールを使ってアイデア生成を行う創造活動において, 直感的に作成してから作品のコンセプトを考える行為(プレイ)が複数人による創造活動における創造性(パフォーマンス)を促進するメカニズムを実証的に探究することである. 具体的な研究目的としては, ①そのプレイが個人間のインタラクションにおいてアイデアに言及する発話に影響するか, ②影響するとしたらどのようなものか, という2点を明らかにすることである.

レゴブロックを用いた個人作業と共同作業の実験の結果, まず, 目的①に対して, プレイがアイデアに言及する発話行為を促進することが明らかになった. 次に, 目的②に対して, プレイがアイデアに言及する発話行為のなかで, 考えたアイデアの抽象的なレベルに言及する発話行為(コンセプトに言及)のみを促進することがわかった. また, プレイが相手の言うことを肯定する発話や何気ない問いかけ(承認・質問)を促進することが明らかになった.

最後に, 本研究の大きな意味での目的に対する結果を述べる. プレイが創造性を促進するメカニズムの一端として, プレイは個人間におけるコンセプトに言及

する発話行為と承認・質問の発話行為にポジティブフィードバックを持たせるように影響することで、創造性を高める効果があると考えられる。

今後の課題としては次の3点が挙げられる。

1. プレイがアイデアに言及する発話行為を促進することで、創造性を高めるのかどうかを検証すべきである。また、コンセプトに言及の発話のみが創造性に影響するかを分析する必要がある。
2. 実験対象については、日本語母語話者のほか、日本語能力試験一級の資格をもつ中国語母語話者がいた。言語能力が参加者の発話データにどう影響するかを図られなかったため、これからの実験では参加者の母語条件を統一する必要があると考えられる。
3. 作成先行群は考えず直感的に作品を作成しており、思考先行群は作品を作成する間も思考可能のため、両群の思考にかける時間条件を統一できなかった。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP17H06383, JP20H04256 の助成を受けたものである。また本研究を進めるにあたり、北陸先端科学技術大学院大学の李冠宏氏と赤池敬氏に多くの助言をしていただいた。記して感謝します。

文献

- [1] 矢野 正晴, 柴山 盛生, 孫 媛, 西澤 正己, 福田 光宏(2002), 「創造性の概念と理論」, *National Institute of Informatics Technical Report*, NII-2002-001J.
- [2] ラスムセン・ロバート (著), 蓮沼 孝, 石原 正雄 (編著) (2016), 『戦略を形にする思考術: レゴシリラスプレイで組織はよみがえる』, 徳間書店.
- [3] Schulz, K.P., Geithner, S., Woelfel, C., and Krzywinski, J. (2015), Toolkit-based modelling and Serious Play as means to foster creativity in innovation processes, *Creativity and Management*, 24(2), pp. 323-340.
- [4] Bateson, P. and Martin, P. (2013), *Play, Playfulness, Creativity and Innovation*, Cambridge University Press, p.153.
- [5] ロジェ・カイヨワ, 多田道太郎・塚崎幹丈 (1990) 『遊びと人間』, 講談社.
- [6] 石井 成郎, 三輪 和久 (2001), 「創造的問題解決における協調認知プロセス」, *Cognitive Studies*, 8(2), pp. 151-168.
- [7] Schulz, K.P., Geithner S. (2014), Creative tools for collective creativity – The serious play method using LEGO bricks, Annalisa Sannino, Viv Ellis, (eds.), *Learning and Collective Creativity*, Routledge, pp.179-197.
- [8] Papert S. (1996), *The Connected Family*, Atlanta: Longstreet Press.

計量テキスト分析が明らかにする書家の紙面上の造形操作

Quantitative Text Analysis Reveals Control Strategy of Character Position and Shape by Expert Calligrapher

野澤 光

Hikaru NOZAWA

東京大学

The University of Tokyo

nozawa521@gmail.com

要旨

本稿は、書家が自己の作品を評価した言語データを、形態素解析を用いて分析し、2要因分散分析によって、紙面上の文字でどのような造形操作が行われていたのかを検証した。素材にした言語データは、書家が自己の臨書作品の全16試行を縦断的に1文字ずつ観察しながらインタビューに応えた、テキストデータ(録音時間185分18秒,合計47,586文字)である。テキストの計量的分析では、まず半構造化インタビューの質問項目と単語の生起順位を元に、文字の造形操作に関する相互に排他的ではない10種のカテゴリーと、このカテゴリーに属する単語群を定義した。つぎに、形態素解析を用いて、各カテゴリーに属する単語の生起数を、書家のかいた文字ごと(全268文字)に集計した。統計による評価では、文字ごとに合計した各カテゴリーの生起数に、試行数と紙面位置がどのような影響を与えていたのかを、試行数と紙面位置を要因とする2要因分散分析で検証した。その結果、後半1/3試行の紙面上部で「安定性」に関する発話が増加したこと、後半1/3試行の紙面下部で「文字配置」と「文字形態」に関する発話が増加したこと、試行を通じて紙面下部で「文字サイズ」に関する発話が多く分布していたことが、明らかになった。以上の結果は、書家が、試行後半で文字形態が相対的に安定する紙面領域と、調整の継続する紙面領域に、調整レベルを分化させることで、作品制作のダイナミクスを制御していた可能性を示唆する。

キーワード：芸術制作, インタビューデータ, 計量的分析, ケーススタディ, 書道

1 背景と目的

近年、美術家へのインタビュー等で得られたテキストデータを、計量的に分析することで、美術作品の生成過程を解明する試みが現れている[1]。計量テキスト分析は、多変量解析等と組み合わせることで、客観的な信頼性を確保しつつ、データの全体像を簡潔に可視化することができる。この利点を生かして、本研究では、書道熟達者へのインタビューを素材に、紙面という生態学的制約の中で、書家がどのような文字の配置・形態操作を行っていたのかを、明らかにすることを試みる。

2 方法

使用した素材は、書道熟達者に自己の臨書作品を評価するよう求めた、半構造化インタビューの録音記録である。臨書作品の制作そのものはインタビューの2ヶ月前に行われた。実験では、古典作品から抜き出した17種類の楷書の文字を、半切用紙(縦135cm×幅35cm)に、試行数の制限なく形臨(外形に忠実な臨書)するよう求めた(図1)。実験の結果、書家は1行目8文字、2行目9文字の臨書作品を、16試行にわたって制作した。実験で取得した運動データと画像データは、すでに分析済みである[2][3]。2年後のインタビューでは、書家が作品の実物を詳細に観察できる状況で、半構造化インタビューを行った(表1)。書家は、大部屋の床面に試行順に並べられた全16試行の臨書を、描画順に1文字ずつ観察し、作品制作プロセスを縦断的になぞるかたちで、全268文字についてかき振りを評価した。

3 結果

3.1 結果の基本統計量

インタビューの結果、録音記録の収録時間は185分18秒、文字起こしした字数は47,586字、このうち参加者側の発話は203回、39,596字であった。インタビューは作品制作の当日から2年経過した後に実施されたため、書家の発話は当時の記憶を正確に反映しているわけではない。しかし、書家は専門的な知識と具体的な観察に基づいて、自己の作品制作の過程について解釈を生成していたと考えられる。このため本研究は、発話内容を、プロの書家の作品評価の基準を反映したものと捉え、分析を行った。

3.2 分析

テキストの計量的分析では、書家が、紙面のフレームという生態学的制約の中で、文字の配置と形態を、どのように調整していたのかに着目した。テキストデータのコーディング、形態素解析、単語の集計は、すべてKH Coderを使用した。

まず、テキストデータを「A:個別の文字についての発話」、「B:その試行の全体についての発話」、「C:作品制作の計画についての発話」の3つの大分類に分けた(表2)。その上で、今回は「A:個別の文字についての発話」のうち、どの文字についての発話か特定できるものをのみを採用して、計量的に分析した(表2上段参照)。

半構造化インタビューの質問項目と単語の生起順位を元に、相互に排他的ではない10種類のカテゴリと、このカテゴリに属する単語群を定義した(表3)。10種のカテゴリのうち、「良い」、「悪くない」、「安定している」、「線」、「形」の5種は、半構造化インタビューの質問項目と、KH Coderで抽出した単語の生起順位に基づいて作成した。

「墨」、「線質の調整」、「文字形態の調整」、「文字サイズの調整」、「文字配置の調整」の5種については、文字の線と形の調整をより詳細に分析するという分析者の目的から作成した。

各カテゴリに属する単語の生起数を、268個の文字ごとに集計した。集計結果は、試行数×文字種のクロス集計表に記載した(表4)。

統計による評価では、文字別に合計した各カテゴリに属する単語の生起数に、試行数と紙面位置がどのような影響を与えていたのかを、試行数と紙面位置を要因とする2要因分散分析で検証した。試行数は、前半(1-6 試行)・中盤(7-11 試行)・後半(12-16 試行)の3水準、紙面位置は、紙面上部(1-4 文字目)・紙面下部(1 行目 5-8 文字目, 2 行目 4-9 文字目)の2水準に分割し、1 行目と2 行目でそれぞれ別々に2要因分散分析を行った(表04, 05, 06)。

試行数と紙面位置のいずれかに有意水準 $p < .05$ で有意な主効果が認められた場合には、単純主効果の検定を行った。単純主効果が $p < .01$ 水準で有意であった場合は、Tukey 法による試行数(3水準)×紙面位置(2水準)の多重比較を行い、どの水準間に有意差が見られるか検証した(表6)。試行数と紙面位置とのあいだに有意水準 $p < .05$ で有意な交互作用が認められた場合も、Tukey 法による試行数(3水準)×紙面位置(2水準)の多重比較を行った(表6)。

検定の結果、文字の造形操作に関する発話には、紙面の文脈と試行数に応じた分布傾向が見られた。すなわち、後半1/3 試行の1 行目の紙面上部において、「安定性」に関する発話が増加していた。おなじく後半1/3 試行の1, 2 行目の紙面下部において、「文字配置」に関する発話が増加していた。さらに、おなじく後半1/3 試行の2 行目の下部において、「文字形態」に関する発話が増加していた。最後に、試行を通じて2 行目の紙面下部で「文字サイズ」に関する発話が多く分布していた。結果をまとめれば、文字の形態と配置に関わる発話の分布は、試行後半の紙面下部に偏る傾向にあり、文字サイズに関する発話の分布は、2 行目の紙面下部に偏る傾向にあった。

4 議論

本稿の結果を、本稿で用いたものと同じ臨書作品の画像データを分析した先行研究(野澤, 2017)と比較する[3]。野澤(2017)において、書家は、紙面上の文字の複数の変数(位置・左右比率・面積)を相互に結合して共変関係を築くことで、紙面の行中央部の余白を調整していた。とりわけ行頭4文字は、行中央文字と比べて位置が変動が少なく、行中の余白を調整するための足場として機能していた。本稿の結果も、野澤(2017)の画像分析の結果と、大まかに一致していた。すなわち本稿では、後半1/3 試行の1 行目の紙面上部で、「安定性」に関する発話が増加していた。また、後半1/3 試行の紙面下部で、文字の形態と配置に関わる発話が増加する傾向にあった。以上の結果は、書家が、試行後半で、文字形態が相対的に安定する紙面領域と、調整の継続する紙面領域に、調整レベルを分化させることで、作品制作のダイナミクスを制御していたことを示唆する。

5 今後の課題

今後の課題として、書家の発話データと、画像データを比較対照し、発話内容の質的な分析も加えることで、書家が後半1/3 試行の紙面下部で、どのような文字の造形操作を行っていたのかを、さらに詳しく解明することが求められる。また、今回便宜的に用いた3種の大分類についても、Cohenの kappa係数を用いて信頼性を確保する必要がある。

さらに、今回詳しく分析できなかった資料に、「C:作品制作の計画についての発話」がある。この資料で書家は、あらかじめ紙面を編集する意図をもって文字を配置したこと、さらに、一定の完成形に向かって文字をかいていたことを、内省報告している。こうした作品全体のゴール志向性と、本稿の示した書家の紙面制御は、表裏一体になって進行していると考えられる。たとえば、美術家のインタビューの計量的分析から作品コンセプトの生成過程を検証した先行研究(高木他, 2015)では、創作プロセスの3つのフェイズのうち、中盤のフェイズで、作品の物理的構造を支える要素が、集中的に生成したことが報告されている。高木(2015)によれば、作品制作のコースを大きく制約する物理的構造が生成される過程と、より言語的抽象度の高い「コンセプト」が成熟する過程は、絡み合いながら同時に進行していた[1][4]。

今後は、テキストの量的分析と質的分析を組み合わせることで、個々の文字の造形操作と、作品全体のゴール志向性が、どのように関わり合っていたのか明らかにすることを目標とする。

文献

- 1 高木 紀久子・河瀬 彰宏・横地 早和子・岡田 猛 (2015). 現代美術家の作品コンセプト生成過程の解明—インタビューデータの計量的分析に基づいたケーススタディ—. 認知科学 22 (2), 235-253.
- 2 野澤 光 (2021). 行為が具現化する資源：臨書行為を環境-身体システムとして記述する試み 認知科学 28 (2). [査読有り・採択済・印刷中]
- 3 野澤 光 (2017). 書道熟達者の臨書制作プロセス：—文字配置の補償的な調整過程— 情報学研究 93, 35-52.
- 4 高木 紀久子・岡田 猛・横地 早和子 (2013). 美術家の作品コンセプトの生成過程に関するケーススタディ—写真情報の利用と概念生成の関係に 着目して—. 認知科学 20, 59-78.

父官子寵才徳相承
海内敬其榮也先假公

1. その試行の全体についての質問

- 1.1 全体としてどう思われますか？
- 1.2 直前の試行と比較して、どう思われますか？
- 1.3 よくかけた字はありますか、あるとすればどの字ですか？
- 1.4 よくかけなかった字はありますか、あるとすればどの字ですか？
- 1.5 他に気になる文字はありますか？

2. 各文字についての質問

- 2.2 この文字の結構はどうですか？
- 2.2 この文字の線質はどうですか？
- 2.3 直前の試行の文字と比較して、どう思われますか？

※ 線質は筆線の質を、結構は文字の形態を意味する

図1 典型例(15 試行目)

表1 半構造化インタビューの質問項目

A: 文字についての発話

Calligrapher: {w01} まあ「父」は、線質も形もそれなりにというところですね {/w01}. {w02}{w03} 「官」はええまあ、ちょっと線も生っぽいですし、形もちょっと特徴を掴みきれていないかなと。子供の「子」も同じことが言えますね {/w03}{/w02}. {w04} 「寵」に関しては、まあ形は良いと思いますね。まあ線はでもやっぱりまだもう一息かなと {/w04}. {w05}{w06} 「才」と「徳」に関しては、形も線質もまあ、まあまあかな、というところですね {/w06}{/w05}. で、{w07}{w08} 「相」「承ける」に関しては、形は、形と線はそれなりにというところですかね。ええ。ただ、まだ手探りの感じがちょっとありますけれど、あの、特徴は捉えられているかなと {/w08}{/w07}.

B: その試行全体についての発話

Calligrapher: {picture} そうですね、やっぱりまだその、1字1字で見たときは、あの、それなりにというところではあるんですけども、やっぱり全体観として見ると、やっぱり全然駄目ですね。なんかあの、統一感がないと言いますか。あの、1文字1文字だけを単体で、単体の文字としてしか意識しかできていない感じですね。まだまだ全体のバランスとしては不十分な作品かなと思いますね {/picture}.

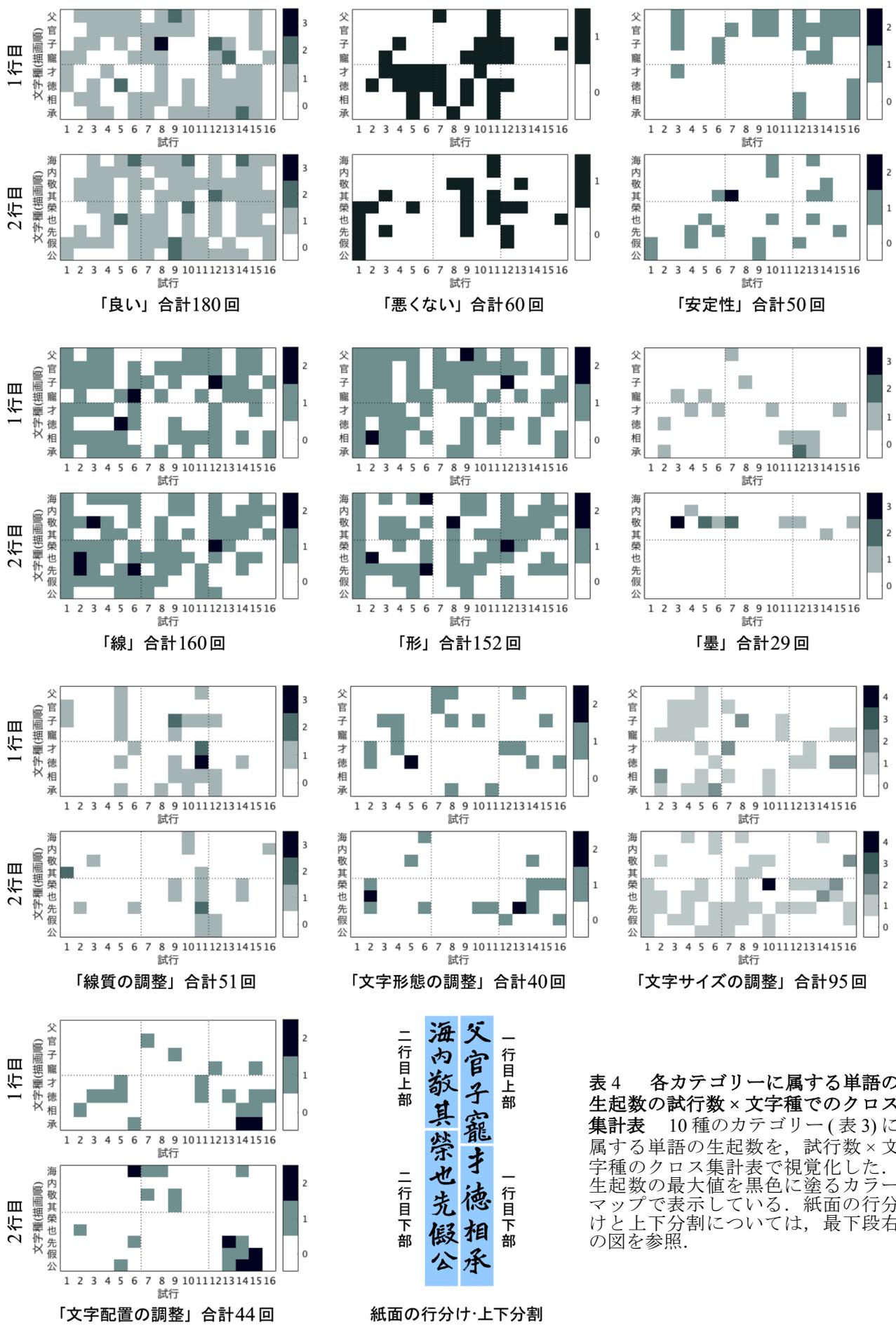
C: 作品制作の計画についての発話

Calligrapher: {strategy} この中ですと、やっぱりでも「寵」、が1つの一番の、この全体の中での一番の主演ですかね。で、ええまあ、それを支える準主演みたいな形で、2行目に「敬う」と1文字あって「榮」ですかね。その辺に少しこうですから、まあ何て言うんでしょうね、ちょうどやっぱり真ん中あたりに目がいくので、その辺にこう少し目立つ字が来るように、並ばないように配置して、で、その周辺にはまあ脇役となるような画数の少ない字が、こうなるべく並んだりすると、構成としてはこう面白くなるというかですね、そんなようなイメージを、言葉を選ぶ時からもうあるものですから {/strategy}.

表2 書家の発話内容の大分類 上段 A: 文字についての発話. 中段 B: その試行全体についての発話. 下段 C: 作品制作の計画についての発話. 中括弧とスラッシュを用いた記号(例: {w01}{/w01}) は、テキストデータを分節化するためのタグを、参考のためそのまま記した。

| カテゴリ名 | 定義した単語群 | 典型例 | *各発話は複数のカテゴリに重複して所属している |
|----------|--|--|-------------------------|
| 良い | 良い, 伸びやか, 自然. *肯定形での発話のみ登録した. | 2 試行目「敬」 「敬」. これもあの, 画数がちょっと多めの字なので. わざとちょっと少し横広に 伸びやか に書いてると思うんですね. そのあたりの大きさのバランスも 良く 入ったと思います」 *「良い」「線」「配置の調整」の3カテゴリに重複 | |
| 悪くない | 悪い. *否定形での発話のみ登録した. | 2 試行目「榮」 「榮」に関して, まあちょっと(冠より)下の部分が少し間延びしたかなあ, という印象があるんですね. でも, まあ線は 悪くない と思います」 *「悪くない」「線」「文字形態の調整」の3カテゴリに重複 | |
| 安定性 | 安定, 安定感, 落ち着く. *肯定形での発話のみ登録. | 10 試行目「父」「官」 「まあ「父」「官」ですね. 「官」もけっこう書き辛い文字ではありますが, この辺(の試行)ではだいぶ落ち着いて何て言うんでしょうね, 安定して きてますね, 形も線質も良いです」 *「良い」「安定性」「線」「形」に重複分類 | |
| 線 | 線, 線質. | 1 試行目「父」「官」 「官」はええまあ, ちょっと 線 も生っぽいですし, 形 もちょっと特徴を掴みきれていないかなと. 子供の「子」も同じことが言えますね」 *「線」「形」「線質の調整」に重複分類 | |
| 形 | 形. | | |
| 墨 | 掠れる, 墨, 滲む, 量. | 2 試行目「徳」 「徳」に関しては, あの, 悪くないんですけども, この頭の部分(4画目)ですね, ちょっと滲んでしまった部分が惜しかったなあ, というところですね」 *「悪くない」「墨」「文字形態の調整」に重複分類 | |
| 線質の調整 | 切れ味, 表情, 充実, 太い, 太め, 細い, 痩せる, 浮く, 味わい, 棒切れ, 生, 鈍い, 骨っぽい, ぬるい. | 16 試行目「内」 「内」がちょっと失敗したかもしれませんね. ええ. この, この線がちょっと 生ぬるい ですね. ちょっと浮いたような線になって, 形どうこうというよりは, 筆遣いがちょっと偶発的に失敗したようなところがありますね, こは」 *「線」「形」「線質の調整」に重複分類 | |
| 文字形態の調整 | 画目, 字画, 払い, 右払い, 左払い, 偏, 人偏, つくり, 冠, 穴冠, さんずい, 心, 最終画, 縦長, 口, 角度, 右側, 左側, 上部, 密度, 空白, 撥ね, 挟む, 傾く, 軸, 倒す, 長い, 短い, 縦の線, 横の線. | 4 試行目「子」 「あ, そうですね. 大きさですね. それと, あと, 1 画目 の右上がりの 角度 が, かなり極端にグッと上がってしまったので, 前回(3 試行目に)上手くいっているところが, ちょっとできなかった感じですね. 線は悪くないですけども」 *「悪くない」「線」「文字形態の調整」「文字サイズの調整」に重複分類 | |
| 文字サイズの調整 | 小振り, 大きい, 小さい. | 3 試行目「假」 「最後(「假」)は, こうちょっと 小振り に良い線で書いているのではないかな, と思います」 *「良い」「線」「文字サイズ」に重複分類 | |
| 文字配置の調整 | 余白, 空き, 空く, 余る, 重心, 紙面, 調, 大小, 中心, 置, レイアウト, 白. | 13 試行目「徳」 「徳」も, ちょっと大きかったですけど前回, あの 良い 大きさに修正できてると思います. はい. で, 前回(12 試行目)のところでは実はまあちょっとこの辺(「徳」の前後の文字), 字間 が少し他に比べるとちょっと狭くて, 空き も本当はもうちょっと 空く と良いかなあという印象があるんですけど, それも上手く修正できているかもしれません. 「才」を小さくして, ちょっと 空間 の処理を上手く整えたというところですかね, それが成功しているんですね」 *「良い」「配置の調整」に重複分類 | |

表3 10種類のカテゴリとそれに属する単語 右側に, カテゴリに属する単語を色で塗り分けた典型例を記載した, 各カテゴリは排他的でないため, 典型例の発話は複数のカテゴリに重複して所属している. 単語が生起した部分は, 個別に全件を確認して, カテゴリの意図と大きく異なる発話は除外した.



父官子寵才徳相承
海内敬其榮也先假公

一行目上部
一行目下部
二行目上部
二行目下部

紙面の行分け・上下分割

表4 各カテゴリーに属する単語の生起数の試行数×文字種でのクロス集計表 10種のカテゴリー(表3)に属する単語の生起数を、試行数×文字種のクロス集計表で視覚化した。生起数の最大値を黒色に塗るカラーマップで表示している。紙面の行分けと上下分割については、最下段右の図を参照。

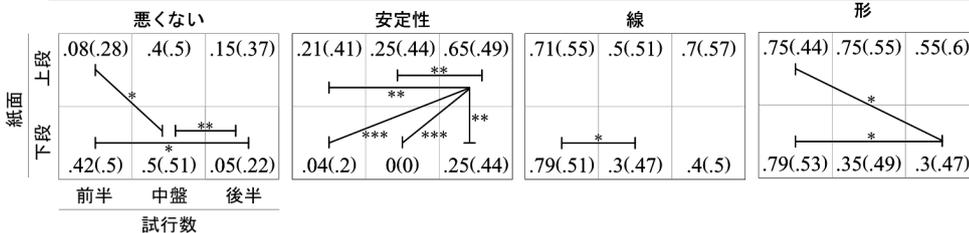
| コーディング | 紙面位置 | 試行数 | | | | | | 主効果 | | |
|--------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| | | 前半 | | 中盤 | | 後半 | | 試行数 | 紙面位置 | 交互作用 |
| 良い | 1行目(77)† | .63(.49)‡ | .5(.59) | .7(.8) | .5(.51) | .5(.69) | .8(.52) | $F(2, 122) = .226$ | $F(1, 122) = .006$ | $F(2, 122) = 2.005$ |
| | 2行目(103) | .67(.56) | .57(.57) | .75(.55) | .8(.65) | .9(.55) | .68(.48) | $F(2, 138) = 1.456$ | $F(1, 138) = .903$ | $F(2, 138) = .643$ |
| 悪くない | 1行目(34) | .08(.28) | .42(.5) | .4(.5) | .5(.51) | .15(.37) | .05(.22) | $F(2, 122) = 7.183^{**}$ | $F(1, 122) = 2.282$ | $F(2, 122) = 3.006$ |
| | 2行目(26) | .04(.2) | .27(.45) | .3(.47) | .2(.41) | .05(.22) | .2(.41) | $F(2, 138) = 1.327a$ | $F(1, 138) = 2.049$ | $F(2, 138) = 2.351$ |
| 安定性 | 1行目(29) | .21(.41) | .04(.2) | .25(.44) | 0(0) | .65(.49) | .25(.44) | $F(2, 122) = 1.443^{***}$ | $F(1, 122) = 16.926^{***}$ | $F(2, 122) = 1.081$ |
| | 2行目(21) | .04(.2) | .2(.41) | .2(.52) | .12(.33) | .2(.41) | .12(.33) | $F(2, 138) = .182$ | $F(1, 138) = 0$ | $F(2, 138) = 1.68$ |
| 線 | 1行目(74) | .71(.55) | .79(.51) | .5(.51) | .3(.47) | .7(.57) | .4(.5) | $F(2, 122) = 5.008^{**}$ | $F(1, 122) = 2.257$ | $F(2, 122) = 1.627$ |
| | 2行目(86) | .67(.56) | .9(.55) | .35(.49) | .56(.51) | .7(.47) | .32(.56) | $F(2, 138) = 5.544$ | $F(1, 138) = .057$ | $F(2, 138) = 4.995^{**}$ |
| 形 | 1行目(75) | .75(.44) | .75(.53) | .75(.55) | .35(.49) | .55(.6) | .3(.47) | $F(2, 122) = 4.473^*$ | $F(1, 122) = 5.606^*$ | $F(2, 122) = 1.701$ |
| | 2行目(77) | .58(.58) | .63(.61) | .45(.6) | .44(.51) | .7(.47) | .4(.58) | $F(2, 138) = 1.024$ | $F(1, 138) = .823$ | $F(2, 138) = 1.279$ |
| 墨 | 1行目(16) | .08(.28) | .17(.38) | .1(.31) | .1(.31) | 0(0) | .3(.57) | $F(2, 122) = .204$ | $F(1, 122) = 4.228^*$ | $F(2, 122) = 1.97$ |
| | 2行目(13) | .29(.75) | 0(0) | .15(.49) | 0(0) | .15(.37) | 0(0) | $F(2, 138) = .575$ | $F(1, 138) = 9.445^{**}$ | $F(2, 138) = .575$ |
| 線質 | 1行目(30) | .25(.44) | .13(.34) | .3(.57) | .55(.83) | .05(.22) | .15(.37) | $F(2, 122) = 4.674^*$ | $F(1, 122) = .732$ | $F(2, 122) = 1.613$ |
| | 2行目(21) | .13(.45) | .07(.25) | .15(.37) | .32(.56) | .05(.22) | .16(.37) | $F(2, 138) = 1.855$ | $F(1, 138) = 1.279$ | $F(2, 138) = 1.154$ |
| 文字形態 | 1行目(21) | .13(.34) | .21(.51) | .25(.44) | .1(.31) | .1(.31) | .2(.41) | $F(2, 122) = .042$ | $F(1, 122) = .025$ | $F(2, 122) = 1.277$ |
| | 2行目(19) | .08(.28) | .17(.46) | 0(0) | .08(.28) | .05(.22) | .36(.57) | $F(2, 138) = 2.251$ | $F(1, 138) = 6.536^*$ | $F(2, 138) = 1.48$ |
| 文字サイズ | 1行目(39) | .42(.5) | .42(.65) | .25(.55) | .25(.55) | .1(.31) | .35(.67) | $F(2, 122) = 1.586$ | $F(1, 122) = .717$ | $F(2, 122) = .699$ |
| | 2行目(56) | .17(.38) | .57(.5) | .25(.44) | .6(.87) | .15(.49) | .48(.65) | $F(2, 138) = .393$ | $F(1, 138) = 13.362^{***}$ | $F(2, 138) = .047$ |
| 文字配置 | 1行目(21) | 0(0) | .25(.44) | .1(.31) | .1(.31) | .1(.31) | .45(.69) | $F(2, 122) = 2.361$ | $F(1, 122) = 8.223^{**}$ | $F(2, 138) = 2.119$ |
| | 2行目(23) | .08(.41) | .1(.31) | .25(.44) | 0(0) | .05(.22) | .48(.77) | $F(2, 138) = 2.144$ | $F(1, 138) = .822$ | $F(2, 138) = 7.08^{**}$ |

† 各行の生起数の合計, ‡ 各水準の平均とSD

* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

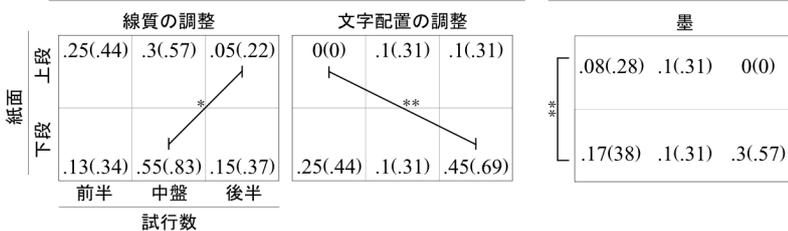
表5 試行数と紙面位置を要因とする2要因分散分析の結果 各カテゴリーに属する単語の生起数を, 試行数×紙面位置でクロス集計した代表値(平均とSD), および, 2要因分散分析の主効果と交互作用を記載した。

1行目の多重比較の結果



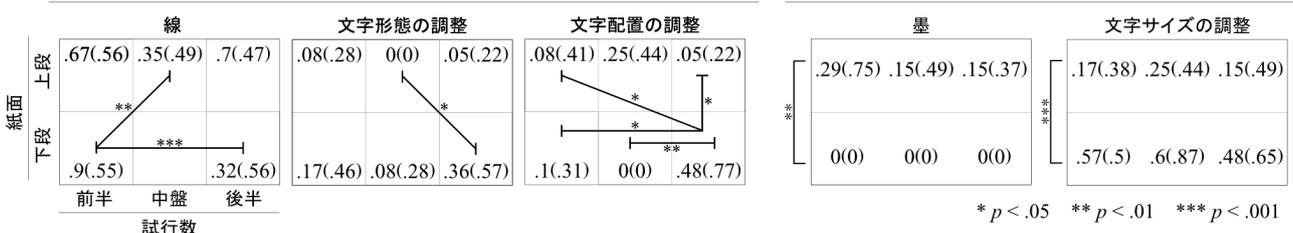
1行目の多重比較の結果

1行目で主効果のみ有意な組み合わせ



2行目の多重比較の結果

2行目で主効果のみ有意な組み合わせ



* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

表6 試行数と紙面位置を要因とする2要因分散分析の多重比較の結果 各カテゴリーに属する単語を試行数×紙面位置でクロス集計した, 代表値(平均とSD), および, 多重比較で確認された有意差を, 左右の行別に記載した. 主効果のみ有意な組み合わせも記載した。

対話エージェントの外見属性による自己開示への影響分析

Analysis of the effect of appearance attributes of dialogue agents on self-disclosure

藤堂 健世^{1*}, 大河 勇斗², 佐藤 元己², 岡本 将輝³, 丸山 雄平²,
北澤 正樹^{2, 4}, 高橋 聡⁵, 吉川 厚^{1, 2}, 山村 雅幸¹

Kense Todo¹, Yuto Okawa², Motoki Sato², Masaki Okamoto³, Maruyama Yuhei²,
Masaki Kitazawa^{2, 4}, Satoshi Takahashi⁵, Atsushi Yoshikawa^{1, 2} and Masayuki Yamamura¹

¹ 東京工業大学 情報理工学院

¹ School of Computing, Tokyo Institute of Technology

² 立教大学大学院人工知能科学研究科

² Graduate School of Artificial Intelligence and Science, Rikkyo University

³ 東京大学大学院医学系研究科

³ Graduate School of Medicine, The University of Tokyo

⁴ 北澤技研

⁴ Kitazawa Tech

⁵ 関東学院大学 理工学部

⁵ College of Science and Engineering, Kanto Gakuin University

*k_todo@ali.c.titech.ac.jp

Abstract

本研究は、対話エージェントの外見属性が機微情報開示に与える影響を明らかにすることを目的とし、インターネット調査を実施した。結果として、外見属性の中で、状況と合致した社会的役割が開示に最も影響を持つことを確認した。調査では、年齢や性別、社会的役割といった外見属性を変化させた対話エージェントを質問項目とともに表示させ、実験協力者が感じたストレスをアンケートで取得した。アンケートは機微情報の開示が重要な医療領域から勃起不全の疾患を持つ患者を対象とした。またアンケートでは、様々な外見属性をもつ5つのキャラクターで比較し、問診で利用する質問に対するストレスの感じ度合いを尋ねた。分析ではキャラクターの外見属性によってストレスが異なるのか、開示する情報によって差が出るのか、対話する行為の抵抗感を調べた。その結果、医療従事者という社会的役割を示す外見属性が最も自己開示に影響を及ぼすことが示唆された。

Keywords — 自己開示, 対話エージェント, 外見属性, 機微情報

1. 背景

ユーザーとの対話を通じて情報を提供し、様々なサービスを受けるための「対話エージェント」が、ナビゲーションなど多くの場面で使われている。その場面では、ユーザーは知りたいこと等自分の情報を開示していくことになる。例えばホテルを予約する場合、ユーザーは泊まり先、宿泊者、年齢、期間といった情報を開示することでサービスが提供される。ここでの情報開示はホテルの予約の必須項目として認識されてい

るので、誰も抵抗なく開示すると考えられる。しかしながら健康相談のような場面では、病歴など機微情報を開示する場面もあり得る。このような場面では対人であってもためらわれることもあることが想定できる。しかし Lucas らは、健診の問診場面で人よりもむしろ対話エージェントを用いることで、恐怖心を低下させて個人情報を開示することに人間は抵抗がなくなることを報告している[1]。すなわち、リアルな人間よりも対話エージェントの方がある意味で話しやすいという結果が示された。

一方で、人間は、ある人間が持っている外見に対するステレオタイプの解釈が他者に関する情報処理に影響を及ぼし、自他の行為まで作用することが知られている[2]。これは人間だけでなく、対話エージェントによっても引き起こされることが先行研究で報告されている[3,4]。特に性的な役割認識が社会的なジェンダーステレオタイプになっている。男性タスクと思われる職業には男性ロボットが、女性タスクと思われる職業には女性ロボットのほうが受け入れやすいとする認識[5]や、異性のロボットの方が魅力的であり、その結果信頼・信用するという対話エージェントであってもジェンダーバイアスがあるという報告[6]がある。しかし、性別よりも社会的受容性に関しては、性格ステレオタイプの方が社会的なスキーマになっており、影響が大きい[7]。以上のことから、対話エージェントをうまく機能させるためには、何らかの社会的に preset

されている性格を決定づける要素の導入が必要である。

しかしながら、エージェントの性格、すなわち行動に表れるものだけが社会的受容性に影響しているわけではない。Aimiらは、相手に影響を与える説得エージェントとしてロボットを用いて、顔の特徴が信頼や心理的な反応に影響を与えるが、それがロボットへの好感度により完全媒介されていることを調べている[8]。つまり対話エージェントといえども信頼される“顔”の特徴を持つようにデザインされていないと、思ったほどの効果が無いことが伺える。

このことから、対話エージェントは機微情報を扱う場合、リアルな人よりも心理的な抵抗感をすくなくするため活用すべきであるが、対話エージェントの設計において、性格を感じてしまう挙動に関する設計の他、外見属性（性別や年齢、職業等）にも注意を払う必要があると考えられる。そこで我々は、外見属性が機微情報の受け渡しに与える影響を調べることを研究目的とし、機微情報を、Lucasらの研究同様、医療情報にして調査を行った。

我々の研究は利用される状況や文脈を考慮した外見属性を持つ対話エージェントの設計指針構築を目指している。その中でも本研究は医療領域における勃起不全（Erectile Dysfunction, ED）の疾患を持つ患者を対象にして進める。この領域では患者自身の疾患や置かれている状態（例えば自身の勃起や性交の経験）などといった機微情報を多く扱う、医師や看護師など様々な外見の人が携わるといった特徴がある。そのため、対話エージェントの外見属性による影響を検討しやすいと考えた。

本研究では、外見属性を変化させた対話エージェントとともに質問項目を表示させ、実験協力者が感じたストレス量をアンケートで取得する。取得したデータを分析して、対話エージェントの外見属性が機微情報開示に与える影響を明らかにする。

なお本稿では、対話エージェントを、人間と対話をするソフトウェアである対話システムを持つ、外見属性を付与されている総合的なシステムと定義している。

2. 方法 研究対象

今回は、医療情報の中でも勃起不全（Erectile

Dysfunction, ED）というセンシティブな情報を具体的に扱うことにした。この領域では患者自身の疾患や置かれている状態（例えば自身の勃起や性交の経験）等を対話エージェントが質問することになる。

調査方法

調査期間や調査方法は表1に示す。なお、調査対象者は、調査会社の登録者の中からEDの疾患を持つ者を対象者とし、調査アンケートを開始する前に、自身の病気に関するセンシティブな内容が聞かれることで了解をいただいている方のみを対象としている。

表1 調査の概要

| | |
|------|----------------------------|
| 調査方法 | インターネット調査会社に委託したネットアンケート方式 |
| 調査期間 | 2021年5月25日～2021年5月28日 |
| 調査対象 | 一度でもEDと診断されたことがある方 |
| 調査内容 | 基本選択式。理由のみ自由記述 |

調査内容は、4つのステップで構成されている。ステップ①では被験者属性を訪ねるものであり、年齢、性別、ED治療中／過去診断されたかのステータスを開示してもらう。ステップ②で、図1に示すキャラクターA, B, C, D, Eをすべて提示し、信頼度や親しみ、自分との類似性を5つのキャラクターで順位付けを行ってもらった。ステップ③で、実験協力者毎にキャラクター2体をランダムに提示し、それぞれ別途示す問診項目のストレスの感じ度合いを5件法で尋ねた。また、話しやすさ／話しにくさの理由も尋ねた。最後のステップ④で、2つのキャラクターの内、どちらのキャラクターの方が答えやすかったのかを答えさせた。

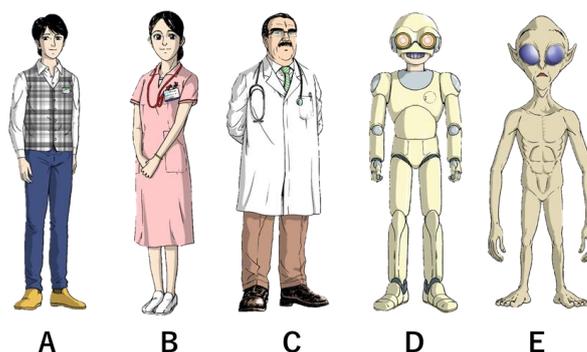


図1 作成したキャラクター一覧
評価対象となるキャラクター

用意したA, B, C, D, E 5体のキャラクターは、表2の外見属性を元にして設計した（図1）。キャラクター作成は専門のマンガ家に依頼した。

表2 キャラクター特徴

| | |
|---|---------------------|
| A | 中性的に見える若い男性で事務職（人間） |
| B | 若い女性で看護師（人間） |
| C | 中年の男性医師（人間） |
| D | ロボット（人間には見えない） |
| E | 宇宙人（人間には見えない） |

調査項目

ステップ③のストレスの感じ度合いは、キャラクターがアンケート協力者に語りかける形になるよう、質問項目を吹き出しに提示した（図2）。吹き出しに入れる項目は表3に示すものである。質問項目毎に「下記のようにキャラクターに尋ねられた場合、ストレスをどの程度感じますか。」と問いかけ、感じたストレスを5件法のリッカードスケール（1：ストレスを強く感じる，2：ストレスを感じる，3：どちらでもない，4：ストレスを感じない，5：ストレスを全く感じない）で選択していただいた。質問項目は「非ED項目」としてEDに関わらず広く医療問診で利用されている項目を3つ、「ED項目」としてEDの問診で利用されている項目を3つである（表3）。非ED項目は現役医師の監修を受け、ED項目は実際のEDの問診で用いられているSHIMスケール[9]の中から3つ選択した。



図2 提示した画面例

ステップ④で、キャラクターの答えやすさは、アンケート協力者に「上記の2種類のキャラクターに対して、どちらのほうが実際の問診で答えやすいと感じましたか？」と問いかけ、「一番はじめに提示されたキャラクター，二番目に提示されたキャラクター，両方のキャラクターに対して答えやすいと感じた，両方のキャラクターに対して答えにくいと感じた」の中から1つを選択していただいた。

調査結果

調査会社への委託したインターネット上での質問紙調査の結果、アンケート協力者は122人で、平均年齢

は43.4歳（SD=10.3）であった。最高齢は58歳であり、最低年齢は21歳であった。またアンケート協力者はすべて日本在住である。

表3 機微情報に関する質問項目

| | | |
|----|--|-------|
| Q1 | あなたの今日の体温を教えてください。 | 非ED項目 |
| Q2 | 家族の中で今までに“高血圧症・糖尿病・高コレステロール血症・気管支喘息・胃十二指腸潰瘍・前立腺肥大・緑内障・結核”といった病気を診断されたことはありますか？ | 非ED項目 |
| Q3 | あなたは今までに“高血圧症・糖尿病・高コレステロール血症・気管支喘息・胃十二指腸潰瘍・前立腺肥大・緑内障・結核”といった病気を診断されたことはありますか？ | 非ED項目 |
| Q4 | SHIM 項目 1 | ED項目 |
| Q5 | SHIM 項目 5 | ED項目 |
| Q6 | SHIM 項目 4 | ED項目 |

ステップ③で示した各キャラクターに対する回答数表は、Aが49人、Bが49人、Cが49人、Dが49人、Eが48人となった。

分析

外見属性が機微情報の受け渡しに与える影響を、(1)機微情報とそうではない情報では、キャラクターの外見属性によって伝達ストレスが異なるのか、(2)キャラクターの外見属性によって機微情報とそうで無い情報で答えやすさに差が出るのか、(3)キャラクターの外見属性によって、そもそも対話する行為に対する抵抗感に差があるのか、の3つに捉え直し、(1)をさらに、(1a)全キャラクターを通して非ED系項目とED系項目のストレスの感じ度合いの比較をすることとした。(2)は、(2a)キャラクターごとの非ED系項目とED系項目のストレスの感じ度合いの比較することと、(2b)質問項目個別でのキャラクターごとのストレスで、外見属性によって特異な結果がでるかに焦点を当てることにした。(3)は、(3a)としてキャラクターごとの問診の答えやすさの主観評価の比較とすることに設定した。

これらを分析することで、外見属性といっても、その内訳としてキャラクターに埋め込まれている、性別、年齢、社会的役割（職業）、人格などの影響でどの要素が

もっとも影響を与えているか推測することを考えている。

なお、アンケートの性質上ノンパラメトリック検定で、Steel-Dwass 検定を用いて比較することにした。

3. 結果

(1a) 非 ED 系項目と ED 系項目のストレスの感じ度合いの比較

全キャラクターをまとめた非 ED 系項目と ED 系項目のストレスの感じ度合いの割合を比較した (図 3)。非 ED 系項目では「ストレスを全く感じない」「ストレスを感じない」の回答割合がそれぞれ 18.7%, 26.0%と半数近く現れた。一方、ED 系項目質問では、上記の回答割合がそれぞれ 12.7%, 17.2%と減少し、反対に「ストレスを強く感じる」「ストレスを感じる」の回答割合が 15.0%, 28.1%と増加した。

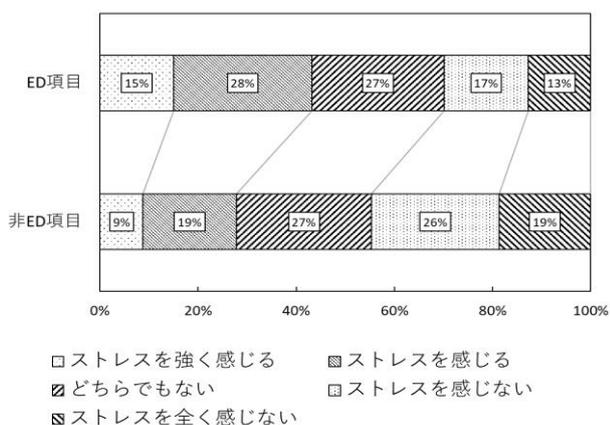


図 3 非 ED 系項目と ED 系項目のストレスの感じ度合いの比較

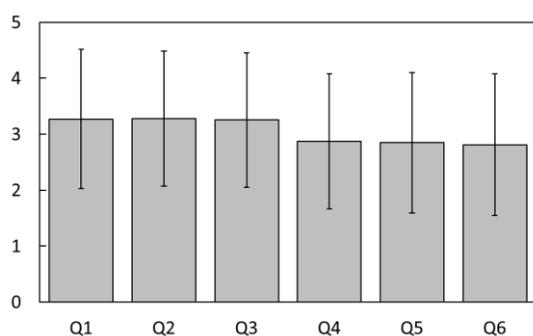


図 4 全キャラクターをまとめた質問項目のストレス度合いの平均と標準偏差

質問項目ごとで比較した場合、非 ED 系項目と ED 系項目で平均値の差が見られた。Steel-Dwass 検定では、Q1, Q2, Q3 に対してすべての ED 系項目で有意差が確認できた ($p < 0.01$)。このことから、アンケート協力者は質問項目として非 ED 系項目よりも、ED 系項目に強くストレスを受けた傾向が確認された。

(2a) キャラクターによる非 ED 系項目と ED 系項目のストレスの感じ度合いの比較

キャラクターごとの非 ED 系項目と ED 系項目のストレスの感じ度合いをそれぞれ平均化した値を比較した (図 5)。

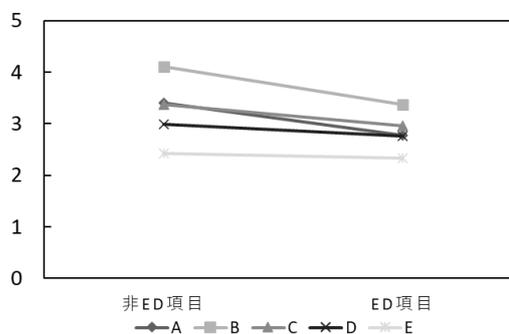


図 5 キャラクターごとの非 ED 系項目と ED 系項目の差

若さの属性を持つキャラクター A・B において、非 ED 項目と ED 項目間のストレスの感じ度合いの減少幅が大きい傾向が読み取れた。質問項目間で Steel-Dwass 検定を行ったところ、キャラクター A では、Q1 と Q6 に有意差が確認できた ($p < 0.05$)。キャラクター B では、Q1 と Q5・6 の間で $p < 0.05$ 、Q2 と Q4・Q5 の間で $p < 0.05$ 、Q2 と Q6 の間で $p < 0.01$ 、Q3 と Q6 の間で $p < 0.05$ とそれぞれ有意差が確認できた。

一方で、年齢が高いキャラクター C や人間以外で描かれたキャラクター D・E では非 ED 項目と ED 項目間のストレスの感じ度合いの減少幅が小さい傾向が読み取れた。また、これらのキャラクターでは有意差を確認できなかった。

(2b) 質問項目によるキャラクターごとのストレスの感じ度合いの比較

次に各質問項目におけるキャラクターごとのストレスの感じ度合いの比較を行った。図 6 に問診項目ごとのキャラクターによるストレスの感じ度合いを平均値と標準偏差で表した。

非 ED 系項目では、キャラクター B はストレスを特に感じにくく、他のキャラクターと異なる傾向がみられた。Steel-Dwass 検定を行ったところ、Q1 ではキャラクター B とキャラクター C・D・E の間に有意差が確認できた ($p < 0.01$)。また Q2 と Q3 では、キャラクター B と他のすべてのキャラクターとの間に有意差が確認できた ($p < 0.01$)。また、人間の属性を持つキャラクター A・B・C と人間の属性を持たないキャラクター E に Q1, Q2, Q3 の質問項目で有意差がそれぞれ確認できた。

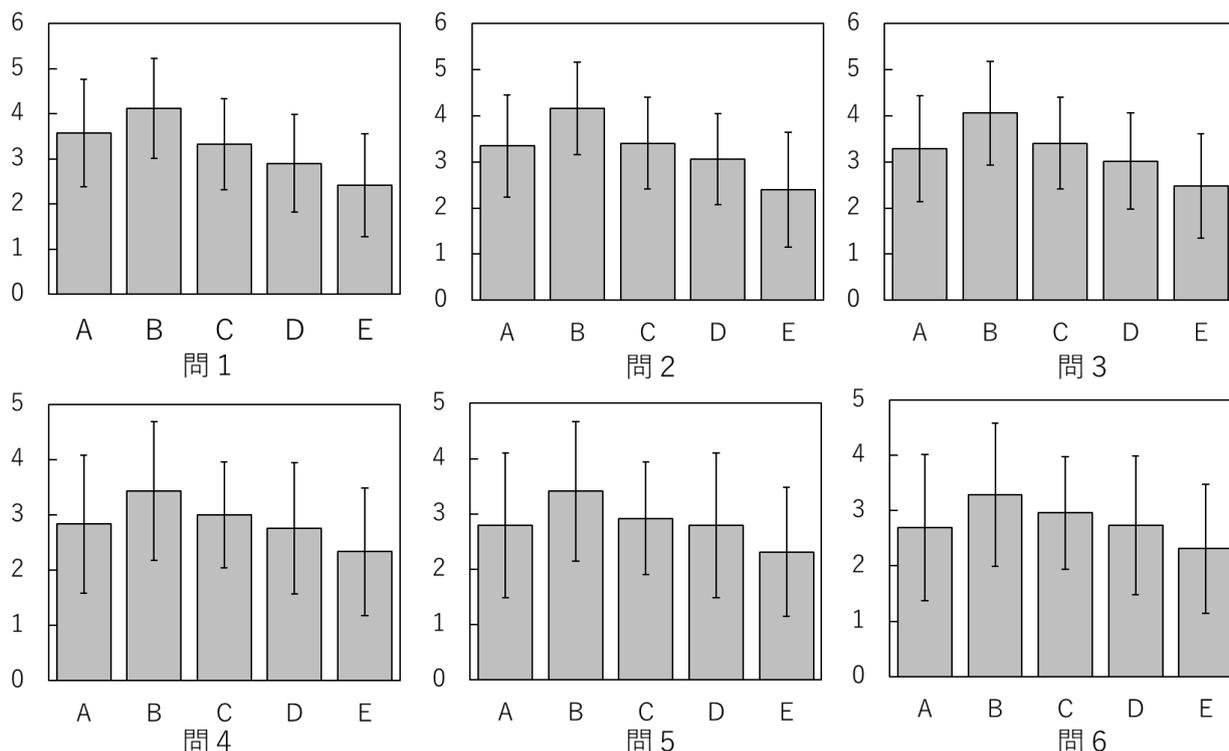


図6 各問診項目によるキャラクターのストレスの感じ度合いの平均値と標準偏差

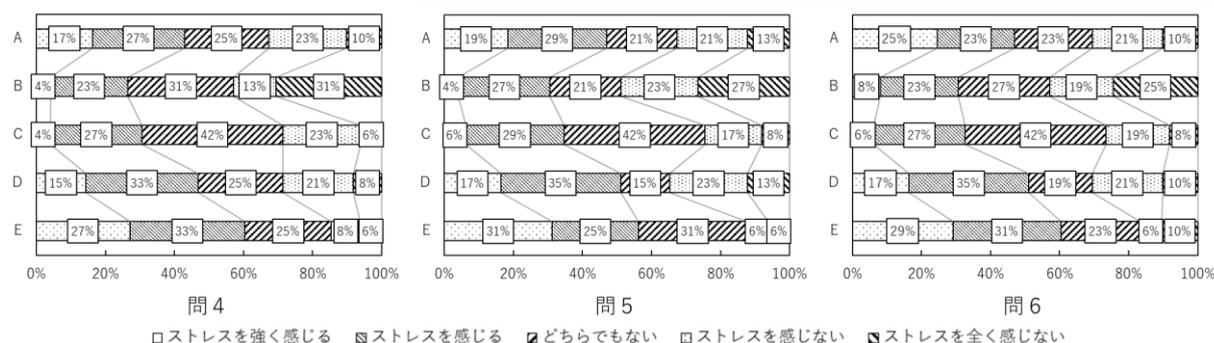


図7 ED系項目におけるキャラクターごとのストレスの感じ度合いの回答割合

($p < 0.01$). さらに Q2 では、同じ人間の属性を持たないキャラクターD とキャラクターE においても有意差が確認できた ($p < 0.05$).

ED 系項目では、非 ED 系項目と比較してキャラクター間のストレスの感じ度合いの差が小さいことが示された。Steel-Dwass 検定を行ったところ、Q4、Q5、Q6 でキャラクターB とキャラクターE の間に $p < 0.01$ で有意差が確認できた、また、キャラクターC にキャラクターE 間では、Q4、Q5、Q6 で $p < 0.05$ の有意差が確認できた。一方その他のキャラクター間では有意差を確認できなかった。

ED 系項目のストレスの感じ度合いの回答比率に注目すると (図7)、「ストレスを強く感じる」「ストレスを感じる」と回答した傾向が、医療従事者属性を持つキャラクターB・C が比較的少ない傾向であるのに対して、

医療従事者の属性を持たないA・D・E との間で異なっていた。図6のED系項目のキャラクターA とキャラクターC を確認すると、両者は近い値を取っており、統計的に有意な差を確認できなかった。にもかかわらず「ストレスを強く感じる」「ストレスを感じる」の回答に差が生じた。

(3a)キャラクターによる問診の答えやすさの評価

各キャラクターに対する問診の答えやすさを評価した (図8)。人間の属性を持つキャラクターA・B・C が人間の属性を持たないキャラクターD・E に比べて答えやすいという回答が得られた。中でも医療関係者として描かれたキャラクターB・C が答えやすいという傾向が得られた。

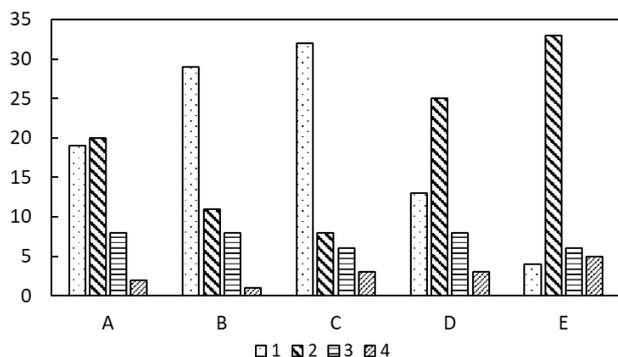


図8 キャラクターに対する問診の答えやすさ

1：当該キャラクターが答えやすい，2：当該キャラクター以外のキャラクターが答えやすい，3：両方答えやすい，4：両方答えやすすくない

4. 考察

実験結果から機微情報である ED 系項目の方が非 ED 系項目よりもストレスを生じさせることが明らかである。また、性別はアンケート協力者と反対であってもキャラクターBが ED 系項目でも最もストレスを感じさせないが、非 ED 系項目と比較すると有意差があるほどにストレスが増加している結果になった。これは一見反対の性ということで Eyssel らや Siegel らの研究とも整合するかのように見えるが、ED 系になると必ずしも良い結果になるとはいえないため、整合的であるとまではいえない。非 ED 系を含む問診全般としては医療従事者という社会的な役割が問診に対する答えやすさを促しており、これは非人間において応えにくいと回答していること、キャラクターAのように非医療従事者にみえるものでは応えやすいと応えにくいと拮抗していることから、外見属性の内社会的役割が大きな関与を示していると推測できる。これは Tay らの性格ステレオタイプの議論とも制動する結果になっている。

以上のことから、医療領域において医療従事者という外見属性が自己開示を引き起こす要因として特に影響を与えることが示唆された。これは利用状況に合致した社会的属性を有している対話エージェントが有効に働くことを意味している。だが、単に医療従事者の外見属性を持っているだけでは、機微情報の開示にストレスを感じてしまうことも明らかとなった。機微に関わる情報を開示する時には、性別や年齢といった他の外見属性の影響も排除できないことが考えられる。

5. まとめ

本研究では、対話エージェントの外見属性が機微情報開示に与える影響を明らかにした。その結果、文脈に合致した社会的役割を有しているキャラクターがストレスの感じ度合いや答えやすさに特に影響をしていることがわかった。しかし社会的役割以外の外見属性である、性別や年齢によって影響は変化することも明らかとなった。対話エージェントは機微情報を扱う場合、社会的役割を外見属性の中心に置くことは重要であるが、その対話エージェントの他の外見属性にも注意を払わなければいけない必要が確認できた。

今回の外見属性は、社会的役割や性別、年齢を中心にキャラクターを設計したが、顔の特徴を変化させることで人間の行動が変化してしまうことが予見される。今後の研究では、外見属性をさらに分類し、利用される状況でどの属性が主効果となるか、属性同士に交互作用が存在するかを評価することで、対話エージェントが人間の行動を変化させることを明らかにする。その上で人間に対して状況に合致した行動を促進する対話エージェントの属性設計の指針を作成する。

References

- [1] Gale M. Lucas et al., (2014) "It's only a computer: Virtual humans increase willingness to disclose", *Computers in Human Behavior*, Vol. 37, pp. 94-100.
- [2] 山本真理子, (2000) "顔の印象と対人的影響", *日本化粧品技術者会誌*, Vol. 34, No. 4, pp. 351-358.
- [3] 林勇吾, クーパーエリック, クリサノフビクター, 浦尾彰, and 小川均, (2012) "対話エージェントとのコミュニケーションにおける心理特性." *Planning Perspectives*: PP 45: 9-467.
- [4] 藤堂健世, 大河勇斗, 佐藤元己, 岡本将輝, 北澤正樹, 高橋聡, 吉川厚, and 山村雅幸, (2021) "対話エージェントの外見属性による被験者の対話変容の確認." *Human-Agent Interaction Symposium*. Accessed July 8, 2021. <https://haiconference.net/symp2021/proceedings/pdf/P-45.pdf>
- [5] Friederike Eyssel, and Frank Hegel, (2012) "(s)he's got the look: Gender stereotyping of robots", *Journal of Applied Social Psychology*, Vol. 42, Issue 9, pp. 2213-2230.
- [6] Mikey Siegel, Cynthia Breazeal, and Michael I. Norton, (2009) "Persuasive Robotics: The influence of robot gender on human behavior", 2009 *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2563-2568.
- [7] Benedict Tay, Younbo Jung, and Taezoon Park, (2014) "When stereotypes meet robots: The double-edge sword of robot gender and personality in human-robot interaction", *Computers in Human Behavior*, Vol. 38, pp. 75-84.
- [8] Aimi S. Ghazali et al., (2018) "Effects of Robot Facial Characteristics and Gender in Persuasive Human-Robot Interaction", *Frontiers in Robotics and AI*, Vol. 5, p. 73.
- [9] 日本性機能学会/日本泌尿器科学会, (2018) "ED 診療ガイドライン[第3版]", *リッチヒルメディカル*.

日本人における基本感情と表情の関係分析

斉藤 功樹[†], 中川 靖士[†]
Koki Saito, Nakagawa Yasushi

[†]日本ユニシス株式会社
Nihon Unisys, Ltd
koki.saito@unisys.co.jp

概要

基本的な感情に対して普遍的で固有の表情が対応づくとして報告されているものの、東洋人での検証は不十分であった。本研究では、加齢を考慮し30代以上の日本人を対象とし、写真条件とシナリオ条件それぞれの感情と表情の関係を分析した。その結果、写真条件では幸福、驚き、及び悲しみにおいて特定の表情が、シナリオ条件では幸福のみが特定の表情と対応づいた。幸福において、個人差が大きく、感情理解力の自己評価が高い人は特定の表情と対応づかない傾向が示唆された。

キーワード: 基本感情, 感情コンピューティング, FACS理論, 感情表現, シナリオ条件

1. はじめに

感情コンピューティング (affective computing) は, Picard[1]により提唱され, コンピュータに人の感情を理解させ, 表現させることを目的とする。感情コンピューティングは近年急速に発展し, 市場規模も拡大傾向にある。特に人間の感情を認識する製品は数多く開発されており, 様々な領域で活用が広がっている[2]。

感情認識において, 基本的な感情に対して普遍的な固有の表情が対応づくとして報告されている[3]。Ekman et al. [3]はFACS理論を提唱し, 基本的な感情に対応づく顔の表情を特定した。多くの研究がFACS理論を支持し, 顔の表情画像を基に感情推定を試みている。合わせて, 近年は画像解析や深層学習の発展と共に, 高精度な感情認識ツールの開発が進んでいる。

しかし, 感情と表情の研究の多くは西洋文化で実施され, 東洋文化における研究は少ないため[4], 東洋人においては同様に基本的な感情と普遍的な固有の表情が対応づかないという可能性が考えられる。Sato et al. [4]は, シナリオに基づく感情表現にて, 日本人は6つの基本感情の怒り, 恐怖, 悲しみ, 嫌悪にてEkmanの理論[3]とは異なる表情を生成すると指摘している。写真条件では, 表情と6つの基本的な感情(怒り, 嫌悪, 恐怖, 幸福, 悲しみ, 驚き)が明確に対応づくが, シナリオ条件では一部の感情では表情と明確に対応づかないと報告している。合わせて, 西洋人と東洋人の顔

の動きの文化的な違い[5]や, 個人差の違いなど様々な要因によって, 表情生成の結果が異なる可能性がある。したがって, 西洋人と東洋人において, 表情における感情表現が異なっており, 感情に対して普遍的で固有な表情が紐づかない可能性を示唆している。

さらに, 加齢によって表情筋が衰えることを考慮すると, 日本人においては加齢に伴い, 写真条件でも普遍的で固有であると報告されている表情を生成すること自体が難しくなる可能性が考えられる。Sato et al. [4]は日本人の若者を対象とし, 写真条件では, 6つの基本感情と表情が明確に対応づき, シナリオ条件では2つの感情(幸福, 驚き)と表情が明確に対応づくとして報告している。加齢に伴い, シナリオ条件で明確に対応づかなかった4つの感情(怒り, 嫌悪, 恐怖, 悲しみ)については, 写真条件でも普遍的で固有であると報告されている表情を明確に生成できない可能性がある。

合わせて, 表情生成においても個人差があることが報告されており, 個人特性と表情生成の関連も重要である。日本人においても幸福と驚きにおいてはシナリオ条件下でも特定の表情と対応づくとして報告されているものの, 幸福に対応づく笑顔の生成には個人差がある[6]。

そこで, 本研究では表情生成における加齢を考慮し, 30代以上の日本人を対象として写真条件とシナリオ条件にて表情生成を行い, 6つの基本感情と表情の関係を分析した。その後, 幸福の表情を対象として, 個人特性との関連を分析した。

2. 方法

2.1. 被験者

被験者は12名のIT企業で働く会社員であった(男性:9名, 女性:3名)。年齢は30代が5名, 40代が2名, 50代が5名であった。

2.2. 実験手続き

被験者は、シナリオ条件と写真条件それぞれで6つの基本感情に平常時を加えた7つの感情の生成を行い、感情表出時の写真を撮影した。最初にシナリオ条件を実施し、被験者は解説を基に表情を生成し、写真を撮影した。次に写真条件を実施し、男女の参考写真と解説を基に7つの感情について表情を生成し、写真を撮影した。参考写真はCK+[7], [8]を基に生成した。

実験終了後、被験者の性別、年代の他に、感情を表現する能力（感情表現力）と他者の感情を理解する能力（感情理解力）に関する自己評価を質問紙にて5件法にて調査した。

2.3. 表情解析ツール

生成した表情を Sightcorp 社の CrowdSight SDK 3.9 を用いて、6つの基本感情に平常を合わせて、7つの感情ごとに強度を算出した。強度は0-1の間の値で示され、7つの感情の強度の総和は1となるように正規化されている。CrowdSight は深層学習に基づき6つの基本感情を強度へスコア化しているため、それぞれの感情に対応する表情が Ekman の理論と必ずしも整合的とはいえない。しかし、深層学習においてはある特徴量を持つ表情画像が特定の感情に対応付くと学習しているため、Ekman の理論と同様に感情に対して特定の表情が対応づくと考えられる。したがって、本ツールは感情に対して普遍的な固有な表情が紐づくかを調査する上では、適していると考えられる。CrowdSight にはキャリブレーション機能がないため、個人ごとのキャリブレーションは実施しなかった。

3. 分析

3.1. 6つの感情と表情の関係

写真条件とシナリオ条件の違いを比較するため、6つの基本感情ごとの強度の比較を行った。各条件における感情ごとの強度の平均値を比較した結果を図1に、dunnett の多重比較検定を行い、ターゲットの感情とそれ以外の感情の強度を評価した結果を表1に示す。

その結果、写真条件では2つの感情（怒り、嫌悪）において、ターゲット感情とそれ以外の感情にて有意差がみられず、恐れにおいては驚きとは有意差があったもののそれ以外の感情とは有意差がみられなかった。

したがって、30代以上の日本人の3つの感情（怒り、嫌悪、恐れ）において、写真条件でのターゲット感情とその他の感情の強度の平均値に差がないという帰無仮説は棄却できないことがわかった。

シナリオ条件では、幸福においては恐れとの間で有意差がなかったものの、そのほかの感情とは有意差がみられた。Sato et al. [4]の研究で報告されていた4つの感情以外にも、驚きの表情はターゲット感情以外の感情との間に有意差がみられなかった。したがって、シナリオ条件において、4つの感情に合わせて驚きの感情でも、ターゲット感情とその他の感情の強度の平均値に差がないという帰無仮説は棄却できないことがわかった。

以上をまとめると、加齢を考慮すると日本人は、写真条件の場合は、Ekman の理論[3]の3つの感情（幸福、驚き、悲しみ）においてのみ対応付く表情が生成でき、シナリオ条件では幸福においてのみ対応付く表情が生成できる可能性が示唆された。したがって、30代以上の日本人においては6つの基本感情における幸福以外の感情では、普遍的な固有の表情と対応づかない可能性が考えられる。

各感情の強度においては写真/シナリオ条件共にばらつきが大きいことから個人差が大きいと考えられるため、個人差に影響を与える個人特性を明らかにすることも重要である。次の分析では、幸福の感情を対象として、強度と個人の感情表現力/感情理解力との間の関係を分析した。

表1 ターゲット感情とそれ以外の感情の dunnett の多重比較検定結果

| 条件 | 感情 | 結果 |
|------|-----|--|
| 写真 | 怒り | 怒り=他の全ての感情 <i>n.s.</i> |
| | 嫌悪 | 嫌悪=他の全ての感情 <i>n.s.</i> |
| | 恐れ | 恐れ≠驚き *; 恐れ=怒り/嫌悪/悲しみ/幸福/平常 <i>n.s.</i> |
| | 幸福 | 幸福≠怒り/嫌悪/悲しみ/驚き/平常 ***; 幸福≠恐れ ** |
| | 悲しみ | 悲しみ≠幸福/驚き/嫌悪 ***; 悲しみ≠恐れ/平常 **; 悲しみ≠怒り * |
| | 驚き | 驚き≠他の全ての感情 *** |
| シナリオ | 怒り | 怒り=他の全ての感情 <i>n.s.</i> |
| | 嫌悪 | 嫌悪≠悲しみ **; 嫌悪=怒り/嫌悪/恐れ/幸福/平常 <i>n.s.</i> |
| | 恐れ | 恐れ≠幸福 ***; 恐れ≠嫌悪/驚き **; 恐れ=怒り/悲しみ/平常 <i>n.s.</i> |
| | 幸福 | 幸福≠悲しみ ***; 幸福≠怒り/嫌悪/驚き/平常 **; 幸福=恐れ <i>n.s.</i> |
| | 悲しみ | 悲しみ≠幸福/驚き/嫌悪 ***; 悲しみ≠怒り/恐れ *; 悲しみ=平常 <i>n.s.</i> |
| | 驚き | 驚き=他の全ての感情 <i>n.s.</i> |

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; *n.s.* $p > 0.05$.

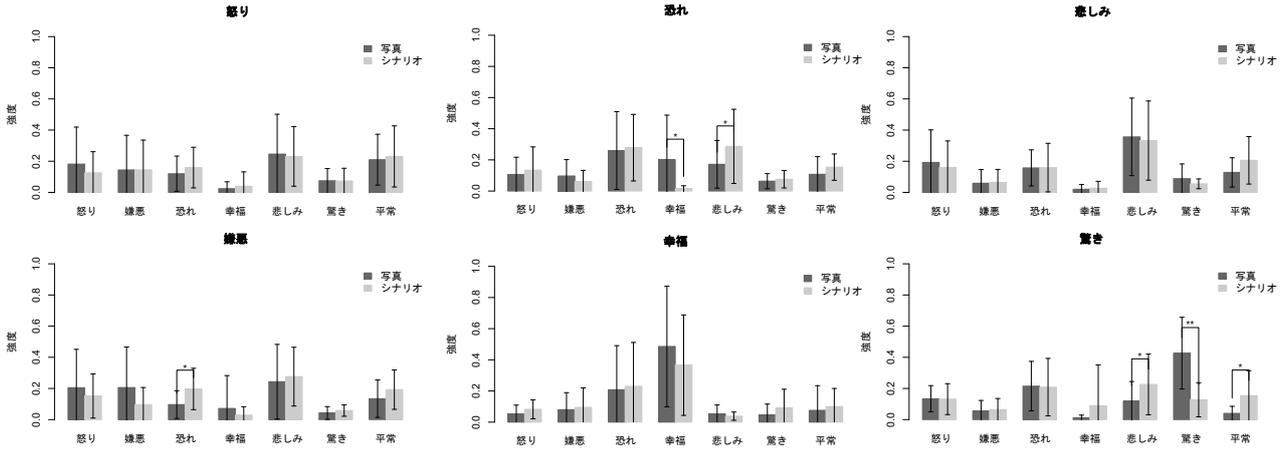


図 1 写真/シナリオ条件ごとの感情表現の強度 (** $p < 0.01$; * $p < 0.05$)

3.2. 幸福の表情と個人特性の関係

シナリオ条件での幸福におけるターゲット感情の強度と個人特性（感情表現力と感情理解力）との関係を分析するため、強度と個人特性の相関係数を算出した。ターゲット感情の強度と感情表現力との間には有意な相関はみられなかった一方、感情理解力との間に有意な負の相関がみられた（スピアマンの相関係数: -0.781, p 値<0.005）。その散布図を図 2 に示す。感情理解力は、1 が最も低く、5 が最も高いため、幸福の強度が高い人ほど感情理解力が低くなる。

幸福の感情には、笑顔の表情が対応づくため、感情理解力の自己評価が高い人は Ekman の理論に基づく笑顔とは異なる可能性が示唆された。

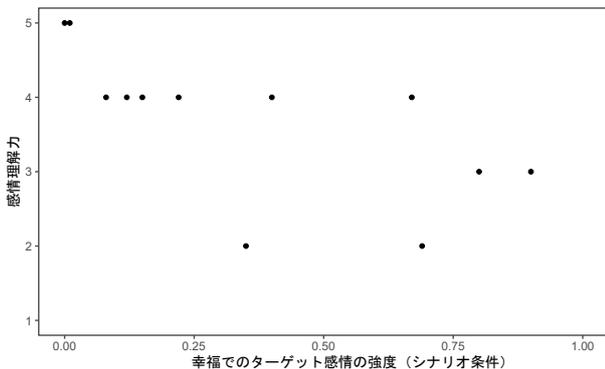


図 2 幸福でのターゲット感情の強度と感情理解力の散布図

4. 総合議論

30 代以上を対象にした場合は、写真条件では 3 つの

感情（幸福、驚き、悲しみ）においてのみ対応づく表情が、シナリオ条件では幸福においてのみ対応づく表情が生成できた。Sato et al. [4]の研究と比較すると、30 代以上の日本人では加齢の影響により、微妙な表情の違いを表現することが難しくなり、写真条件においても全ての感情において明確に対応づく表情を生成できていない可能性が示唆された。あわせて、シナリオ条件では幸福のみが明確に対応づく表情を生成でき、驚きにおいては明確に生成できなかった。驚きの表情は、写真条件では明確に表現できているため、有意差がみられなかった原因は表情筋の衰えなどの問題ではないと考えられる。

日本人を対象とした感情と表情の研究は少なく、30 代以上の日本人における写真/シナリオ条件ごとの感情と表情の対応付けに関する本知見は有用であると考ええる。

Ekman の理論において、幸福の感情には笑顔の表情が対応づく一方、笑顔が何を意味するかは文化によって異なる可能性が指摘されている。移民が多く歴史的に多様な社会では、笑顔は一般的に友好的な意図を示す一方で、日本や中国のように歴史的に均一な文化では、笑顔は社会的な秩序を乱さないことを示すほか、嘲笑や批判などを示すことに用いられることが報告されている[9]。したがって、歴史的な多様な社会においては幸福のようなポジティブ感情では、笑顔が多用されることが多く Ekman の理論に基づくと考えられるものの、日本においては幸福の感情において必ずしも笑顔が対応づくわけではないと考えられる。

これらの事実を基にすると、感情理解力の高い人は笑顔が多様な表現として用いられていることを暗黙的

に理解しており、笑顔を単に幸福の感情を表す表情として捉えていない可能性が考えられる。したがって、感情理解力の高い人は笑顔を単に幸福のようなポジティブな感情を示す表現として捉えていないため、幸福の感情においてはEkmanの理論に基づく笑顔の表情を示さず、かつ、他人の表情を基にして複雑な感情を理解できている可能性がある。

シナリオ条件においては幸福の感情は30代以上の日本人においてもEkmanの理論に基づく表情を生成することが示唆されたものの、笑顔に関する考察を考慮すると、幸福の感情でもEkmanの理論とは異なる表情を生成する可能性が考えられる。したがって、30代以上の日本人を対象とした場合、6つの基本感情においてEkmanの理論に基づいた表情と対応付かない可能性がある。ただし、本実験での被験者は12名であり、特定の企業で働く会社員を対象としているため偏りやバイアスが存在する可能性を否定できない。しかし、Sato et al. [4]の研究においては幸福と驚きのみが明確に表情と対応づく結果となっているため、顔の表情だけで感情を推定することには限界があると考えられる。事実、顔の表情のみで感情を推定することに対する懸念が高まっている[10]。

今後は文化や社会的背景も考慮し、声や文脈などのマルチモーダルな情報を基に感情推定を行うことが求められる。これらについては今後の課題とする。

文献

- [1] R. W. Picard, "Affective computing-MIT media laboratory perceptual computing section Technical Report No. 321," *Cambridge, MA*, vol. 2139, 1995.
- [2] 中川靖士, "感情コンピューティング製品調査レポート 2020," *人工知能*, vol. 36, no. 1, pp. 51-59, 2021.
- [3] P. Ekman, "Facial action coding system (FACS)," *A human face*, 2002.
- [4] W. Sato, S. Hyniewska, K. Minemoto, and S. Yoshikawa, "Facial Expressions of Basic Emotions in Japanese Laypeople," *Frontiers in Psychology*, vol. 10, p. 259, 2019.
- [5] C. H. J. Tzou, P. Giovanoli, M. Ploner, and M. Frey, "Are there ethnic differences of facial movements between Europeans and Asians?," *British Journal of Plastic Surgery*, vol. 58, no. 2, pp. 183-195, Mar. 2005.
- [6] 菅原徹, "笑顔の形状と表情筋活動の分析," *可視化情報学会誌*, vol. 34, no. 133, pp. 14-19, 2014.
- [7] T. Kanade, J. F. Cohn, and Y. Tian, "Comprehensive database for facial expression analysis," in *Proceedings Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (Cat. No. PR00580)*, 2000, pp. 46-53.
- [8] P. Lucey, J. F. Cohn, T. Kanade, J. Saragih, Z. Ambadar, and I. Matthews, "The Extended Cohn-Kanade Dataset (CK+): A complete dataset for action unit and emotion-specified expression," in *2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - Workshops*, 2010, pp. 94-101.
- [9] M. Rychlowska et al., "Heterogeneity of long-history migration explains cultural differences in reports of emotional expressivity and the functions of smiles," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, no. 19, pp. E2429-E2436, 2015.
- [10] K. Crawford, "Time to regulate AI that interprets human emotions," *Nature*, vol. 592, no. 7853, p. 167, 2021.

パターン認知と変換群構造の関係の分析

Analysis of the relationship between pattern recognition and transformation group structure

亀井 暁孝[†], 日高 昇平[†]
Akimichi Kamei, Shohei Hidaka

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

Abstract

人は様々なパターンから規則性を見出す傾向がある。今井ら [4, 5, 6] は、パターンの良さやパターン対の類似度に対する人の判断を説明する変換群構造説を提唱した。彼らの理論は、パターンが持つ変換群構造によってパターンの良さや類似度を予測することができるとする仮説である。本研究では、先行研究で報告されていないパターンに対しても仮説が成立するか追試実験により検証を行った。実験の結果、仮説を否定しないが強く支持する結果は得られなかった。加えて、元の仮説を修正した新たな二つの仮説を検証し、より好意的な結果が得られた。

キーワード：パターン認知 (pattern cognition), 変換群 (transformation group), 類似性 (similarity)

1. はじめに

人は、潜在的に複数の解釈が存在する現象から、特定の解を推定する傾向がある。例えば、オノマトペや錯視画像、比喻文の解釈などがある。こうした、人の認知的推論方法は、単に帰納推論では説明付けられないことが哲学的思考実験のクワス算 [1] で言及されている。つまり、帰納推論とは別に、曖昧さを孕む現象から解釈を特定する推論方法が人の認知処理に存在する可能性が考えられる。この推論方法を我々は「思い込み」と呼び、その定式化を目的に研究を進めてきた [2]。具体的には、画像課題を題材にしたモデルと事前制約の関係の分析である。モデルに事前制約を与える、つまり、どのような解を求めべきか事前知識を与えた場合、モデルは人と同様に少数の観測によって解を特定できるか数値実験を行い検証した。結果として、人の認識に一致する解に関して情報を持った制約を与えると少数事例の学習によって解を同定することが可能であることが確認された。さらに、与える制約の特徴として、群構造（巡回群）を課した場合に有効であることが確認された。

その他の関連研究に、曖昧図形の一つであるネッカーキューブを題材に、その知覚像を予測するモデルの研究 [3] が進められている。この研究では、幾何学図形を不変にする変換に着目し、それらの不変変換の群構造が図形の知覚像を予測するのに本質的であるとする理論を提示している。さらに、人のパターン認知を変換群の性質によって説明付けようとする学説に今井らの変換群構造説 [4, 5, 6] が存在する。これは、人がパターンを認知し、パターンそのものの良さやパターン対の類似性を判断する際に、パターンと変換群の関係によって、評価値の順序が予測できるとする仮説である。

以上で紹介した先行研究を総合すれば、人が現象から規則性やパターンを見出す認知過程には、変換とその群構造に関わる可能性が考えられる。従って、本論文で我々は、先行研究の変換群構造説を対象に、その追試を行い、さらにパターン認知と変換群の関係について新たな仮説を生成することを目的に研究を進めた。

2. 変換群構造説

今井らの先行研究 [4, 5, 6] では、パターン認知における類似性判断と良さ判断に、パターンの持つ変換群の構造に関わるとする変換群構造説が提案されている。その概要は以下の通りである。まず、認知系と世界の単純化として、 n 次元の二値パターン $\{0, 1\}$ を対象に、人は以下の認知的変換群を基本単位として変換を施すと考える。

恒等変換群 $I = \{e\}$: e は恒等変換である。

鏡映変換群 $M = \{e, m\}$: m は鏡映変換である。

位相変換群 $P = \{e, p_1, p_2, \dots, p_{n-1}\}$: p_i は位相変換である。

反転変換群 $R = \{e, r\}$: r は反転変換である。

こうした認知的変換をパターンに施すことで、認知系はパターンの性質を判定する。具体的に、パターンが

変換に対して不変性，もしくは変換可能性を示すか否かを判定することで，パターンが変換に対して持つ構造，つまり変換構造を認知するとしている．また，変換構造は単一パターンが持つパターン内変換構造と，パターン対が持つパターン間変換構造の二種類が存在するが，本研究では，パターン対の類似性に対して追試を行うため，以下では，パターン間変換構造のことを単に変換構造と呼ぶこととする．一般に，2つの認知的変換 T_i, T_j に対して，変換構造のタイプは以下の5タイプに類別され，3つ以上の変換に対しても同様に類別される．

$T_i \vee T_j$: T_i, T_j のいずれに対しても変換可能性を示すパターン対の構造で，(OR-結合) 変換構造 $T_i \vee T_j$ と呼ぶ．

T_i : T_i のみに対して変換可能性を示すパターン対の構造で，変換構造 T_i と呼ぶ．

T_j : T_j のみに対して変換可能性を示すパターン対の構造で，変換構造 T_j と呼ぶ．

$T_i \wedge T_j$: T_i, T_j のいずれに対しても変換可能性を示さないが， T_i と T_j を重ねて加えたとき変換可能性を示すパターン対の構造で，(AND-結合) 変換構造 $T_i \wedge T_j$ と呼ぶ．

E : T_i, T_j のいずれに対しても変換可能性を示さないパターン対の構造で，空変換構造 E と呼ぶ．

変換構造説では，上の変換構造の定義に基づいて，パターン対の類似度の順序関係を順序整合性の仮説 (1),(2) 式，順序保存の仮説 (3) 式によって予測する．ここで， $J(T)$ は変換構造 T を持つパターン対の類似度である．

$$J(T_i), J(T_j) \leq J(T_i \vee T_j) \tag{1}$$

$$J(T_i T_j \vee T_i T_k) \leq J(T_i) \tag{2}$$

順序保存の仮説は，順序関係

$$\begin{matrix} J(T_i) & R_1 & J(T_j) \\ J(T_i \vee T_k) & R_2 & J(T_j \vee T_k) \\ J(T_i T_k) & R_3 & J(T_j T_k) \end{matrix} \tag{3}$$

における不等号 R_1, R_2, R_3 が等しいことである．順序整合性の仮説と順序保存の仮説から，変換構造の間に順序関係が定まり，この順序は半順序となる．従って，階層構造をハッセ図で表現することができる．図3は， $\{T_i, T_j, T_k\} = \{M, P, R\}$ とした場合のパターン対の類似度を予測するハッセ図である．実践で結ばれる変換構造を持つパターン対は，類似度の順序が定まり，上の階層の変換構造を持つパターン対の方が下の

階層の変換構造を持つパターン対よりも高い類似度を有する．また，実践で結ばれない変換構造を持つパターン対の間の類似度は比較できないが，順序保存の仮説は成立している必要がある．本研究では，まず，このハッセ図の階層構造が実際に類似度を予測しているか追試実験を行った．

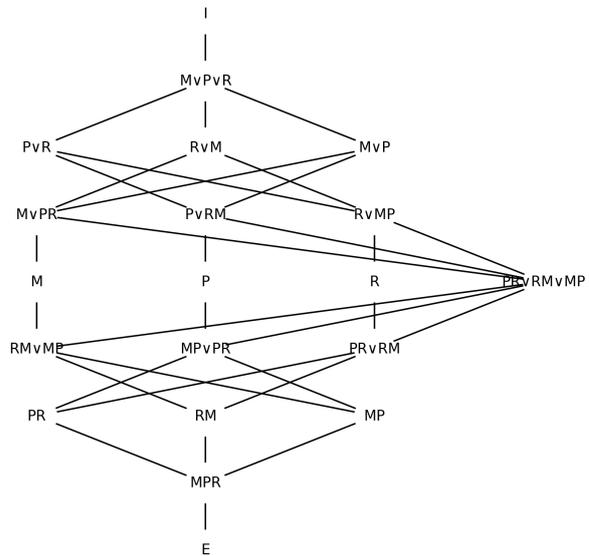


図1 2値パターンの類似度を予測するハッセ図

3. 実験と追試結果

先行研究では，ある変換構造を持つ特定のパターン対を用いて実験を行っていたが，本来は，パターン対の組み合わせは無数に考えることができる．よって，今回は，変換群構造説の追試実験と合わせて仮説生成型の分析を行うため，予備の実験として4ビットのパターン対，計136種類の組み合わせを網羅的に分析することにした．被験者の日本人大学院生10名（男性8

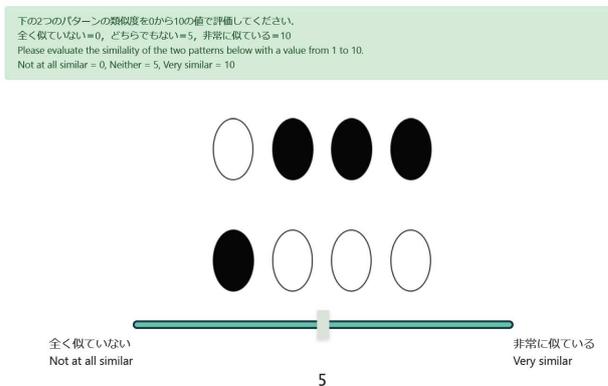


図2 パターン対の類似度を評価する実験環境のイメージ

名, 女性 2 名) を対象に実験を行った. 刺激としては, 136 パターン対を観測させ, 類似度を 0 から 10 の段階で評価を行った. 図 2 に実験刺激の例とともに実験環境のイメージを示す. WEB ブラウザ上で 2 値パターン対を観測してもらい, その類似度を評価してもらう. ここで, 簡単に分析の前提を整理する. 4bit のパターン集合を X とする. このとき, 置換 $f: X \rightarrow X$ は全てで 24 種類存在する. その中に, 恒等変換 $e: X \rightarrow X$, 鏡映変換 $m: X \rightarrow X$, 位相変換 $p_i: X \rightarrow X$ ($i = 1, 2, 3$) が存在し, その他の変換に, 反転変換 $r: X \rightarrow X$ が存在する. これらの変換を具体的な 2 値パターンに施した際のイメージを図 3 に示す. また, 置換と反転変換を重ねた変換の計 48 種類にラベルを付け, 行列表現にしたものを図 4 に示している. 実際の分析では, 先行研究を踏襲し以下の変換群を用いた.

$$I = \{e\} \tag{4}$$

$$M = \{e, m\} \tag{5}$$

$$P = \{e, p_0, p_1, p_2\} \tag{6}$$

$$R = \{e, r\} \tag{7}$$

$$MP = \{e, m, p_0, p_1, p_2, mp_0, mp_1, mp_2\} \tag{8}$$

$$PR = \{e, r, p_0, p_1, p_2, p_0r, p_1r, p_2r\} \tag{9}$$

$$RM = \{e, rm\} \tag{10}$$

$$MPR = \{e, p_0, p_1, p_2, rm, mp_0r, mp_1r, mp_2r\} \tag{11}$$

| 変換 | A ○●●○ 1234 | 掲示パターン B ○●●○ 1234 | C ○○○○ 1234 |
|-----|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| I | ○●●○ 1234 | ○●●○ 1234 | ○○○○ 1234 |
| M | ○●●○ 4321 | ●●●○ 4321 | ○○○○ 4321 |
| P | ○○●● ●●○○ ●●○○ 4123 3412 2341 | ●●○○ ○●○○ ●●○○ 4123 3412 2341 | ○○○○ ○○○○ ○○○○ 4123 3412 2341 |
| R | ●●●○ 1234 | ●●●○ 1234 | ●●●○ 1234 |

図 3 認知的変換による 2 値パターンの変化: 数字はインデックス, 下線は変換に対する不変性を示す ([4, 5, 6] を参考に作成)

追試として, 図 5 のハッセ図で示される順序が実験で得られた平均評定の順序と一致するかを確認した. 赤線が仮説の順序関係と実験で得られた評定平均の順序が一致する線である. 黒線は, 順序関係が一致していない. 変換構造の下に数字は, 変換構造を持つパターン対の類似度の平均値である. すべてのエッジの

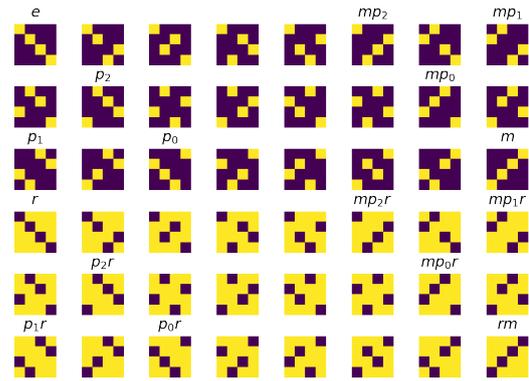


図 4 すべての置換行列 (上段 3 行目まで) と反転変換を重ねた変換 (下段 4 行目以降)

中で順序関係を満たすエッジの本数の割合を個人の正答率として算出した. さらに, 計 10 人の被験者の正答率の平均を最終的な正答率として算出した. その結果として, 約 69% の正答率が確認された. 均等な確率で一致・不一致が起こる場合をベースラインとし, その正答率が 50% であることを考慮すれば, この結果は, 仮説を否定しないが, 強く支持するとも言いきれない. その原因として, 網羅的にパターン対を分析したため, 仮説に対するノイズ的パターン対が存在する可能性がある. また, 先行研究とは違い, 4 ビットという小規模のパターンを用いたため, 評価に際して優劣がつけづらい状況が生まれた可能性が考えられる. いずれにせよ, パターンの変換群構造と人のパターンの類似性判断に一定の関係性があることが確認された.

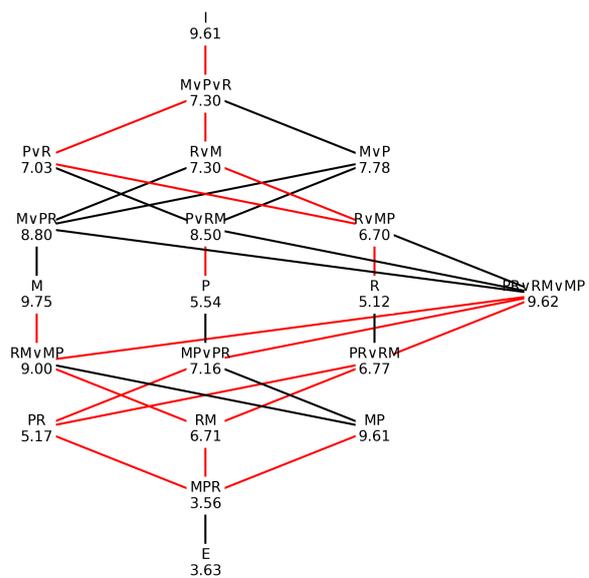


図 5 2 値パターンの類似度を予測するハッセ図 (数字は評定値の平均)

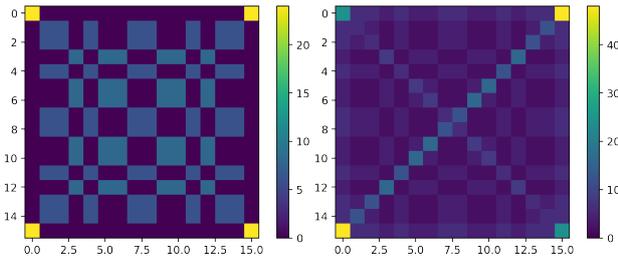


図6 パターン間を変換可能とする変換の位数：縦軸，横軸ともに16のパターンを表す。

図7 パターン対を不変にする変換の位数：縦軸，横軸ともに16のパターンを表す。

4. パターン間の変換集合の位数

先行研究の仮説とは異なる対立仮説の中で，類似性判断をより高い精度で説明する仮説が存在するか調査を進めた。先行研究の変換構造の定義では，通常の論理記号の使用法と若干のずれが存在すると考えられる。例えば，変換構造 MP に対する変換可能性の定義は，積変換群 MP の任意の元に対してではなく， MP に固有な部分集合 $\{mp_0, mp_1, mp_2\}$ に対して定義されていると考えられる。しかし，この定義では変換可能性を定義するために複数の変換群を考慮する必要がある。むしろ変換群の任意の元に対してパターン対の変換可能性を定義した方が直観的にわかりやすく，シンプルに分析を行うことができる，したがって，新たな仮説で分析を進めるに当たり変換構造に加えて，変換群 $\{M, P, R, MP, PR, RM, MPR\}$ の任意の元によって変換可能性を判定する場合を追加した。

パターン対には，その間を変換可能とする変換が複数存在する。このとき，変換可能性を示す変換の数が多ければ多いほど，その変換集合の構造は豊かであり，構造の豊かな変換集合を持つパターン対はより多くの情報を持つと考えられる。従って，パターン間の変換集合の位数と類似性判断が関係することが一つの対立仮説として考えられる。

4.1 パターン間を遷移可能な変換集合

図8は，変換可能性を示す変換集合と類似性の関係を示している。図から変換可能性を示す変換集合の位数が大きいパターン対ほど，その類似度が高く評価されていることが分かる。つまり，遷移可能な変換の種類が多いパターン対ほど似ていると判断されている。図8では，同じ位数を持つパターン対をひとまとめにして，類似度を平均しているが，先行研究同様に変換

構造を単位とした分類の余地が考えられる。従って，相関関係だけでなく，前節のハッセ図のような階層構造にて順序関係の予測ができるか分析を進めた。

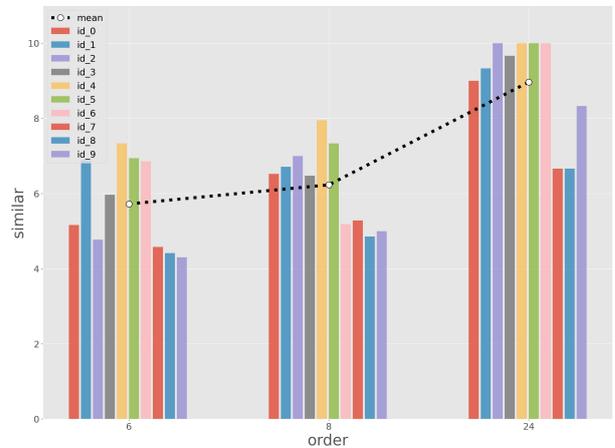


図8 縦軸が類似度，横軸がパターン間の変換可能性を示す変換の数

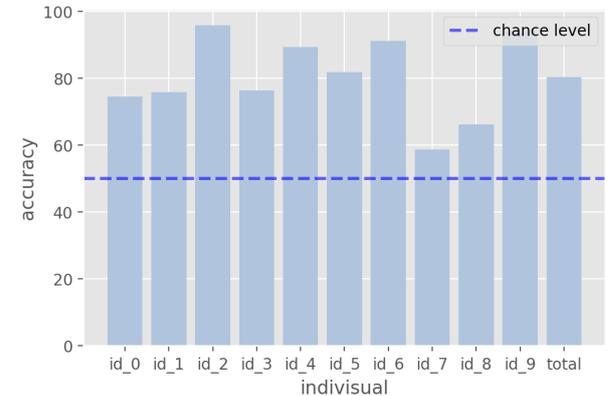


図9 各被験者の評定値に対する類似度予測の正答率：仮説1と変換構造に基づき作成したハッセ図による

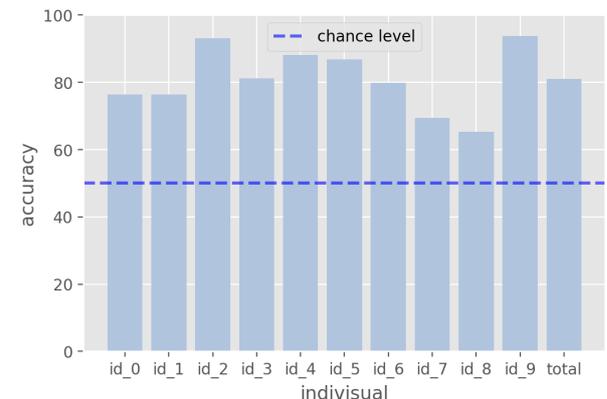


図10 各被験者の評定値に対する類似度予測の正答率：仮説1と変換群に基づき作成したハッセ図による

まず行なった分析は，パターン対に対して変換可能

性を示す変換集合の位数による階層で類似度を予測することである。一つ上位の階層に対して類似度が高くなると予測する。仮説は以下である。

仮説1：パターン対 (x, y) と遷移可能な任意の変換集合 S_i, S_j に対して、 $S_i < S_j$ ならば $J(S_i) < J(S_j)$ を満たす。

仮説1に基づく予測モデルにおいて、変換構造による分類を行うモデルを「遷移変換構造：パターン間を遷移可能な変換集合」、変換群による分類を行うモデルを「遷移変換群：パターン間を遷移可能な変換集合」と呼ぶ。

図9は、上記の仮説に基づき作成したハッセ図の類似度予測の正答率である。各被験者の平均としては、約75%の正答率であった。次に、同様の仮説で変換群を用いて分析を行なった結果として、図10を見ると、正答率の平均は約77%であった。変換構造、変換群に基づく予測ではともに追試結果よりも高い水準で予測できることが確認された。

4.2 パターン対を不変にする変換集合

次に、パターン対を一つの対象として捉え、パターン対をそのまま不変にするような変換を考える。こうしたパターンを不変にする変換の捉え方は、今井ら[4, 5, 6]でもパターンの良さ判断において重要な情報とされ、立体図形の知覚研究[3]においても重要な情報であること示唆される。従って、パターン対を不変にする変換集合の位数と類似性判断に関係性があると仮説を立て分析を行なった。今回の分析におけるパターン対を不変にする変換 g とは以下の変換を指す。

$$g: X \times X \rightarrow X \times X \quad (12)$$

$$P_2(g) := (x, y) \mapsto (x, y) \quad (\forall x, y \in X) \quad (13)$$

実際に、パターン対を不変にする変換集合と類似度の関係を表したのが図11である。常に単調とまではいかなくとも全体的に正の相関関係にあることを確認することができる。ここで、同じ位数を持つパターン対をさらに変換構造、変換群によって分類することでハッセ図による類似度予測ができるか分析を行なった。用いた仮説は以下である。

仮説2：パターン対 (x, y) とそれを不変にする任意の変換集合 S_i, S_j に対して、 $|S_i| < |S_j|$ ならば $J(S_i) < J(S_j)$ を満たす。

仮説2に基づく予測モデルにおいて、変換構造による分類を行うモデルを「不変変換構造：パターン対を

不変にする変換集合」、変換群による分類を行うモデルを「不変変換群：パターン対を不変にする変換集合」と呼ぶ。

図12を見ると、正答率は約75%程度であり、比較的高い値を得た。また、変換群に基づく予測である図13を見ると、正答率の平均は約73%でこちらも高い値を確認することができた。パターン対を不変にする変換に着目した分析は新たな着眼点であったが、結果として比較的高い予測精度を確認できた。このことは、パターン間の関係性そのものではなく、パターン対全体を一つの対象として保存する変換に類似性に関する情報が存在する可能性が示唆されたと言える。また、遷移可能な変換集合と合わせて、位数の階層による予測であれば、確実に集合サイズの異なるパターン対に対して分類を与えることができ、強い絞り込みができています。パターン対の分類に際して変換の位数に着目することは、強い制約の観点からも有効であると考えられる。

5. 総合議論

今回、先行研究を基に、パターン認知と変換群構造の関係性を分析した。先行研究の追試では、仮説を強く支持する結果とはならなかったが、少なくとも変換と類似度に有意な関係性があることを確認できた。また、新たな仮説として、パターン間の変換集合の位数と類似度の順序関係が整合的であるとして分析を進めた。さらに、変換構造だけでなく、変換群を用いた予測の分析を行なった。結果として、パターン間の変換集合には明らかな正の相関関係を確認することができた。また、パターン間を遷移可能とする変換とパターン対を不変にする変換という観点の異なる変換集合がともに位数の大きさに依存して類似度を予測できることが確認された。モデルごとに比較すると、遷移変換構造モデルと不変変換構造モデルでは、ともに75%程度の正答率であった。これは、今井らの提唱する変換群構造が少なくとも2種類の変換（遷移可能性と不変性）に対して、同等の情報を保持することを示唆していると言える。つまり、変換構造とはパターン対を取り巻く変換に対してある種の不変量を抽出する関数に近い性質を持つ可能性が考えられる。また、遷移変換群モデルは不変変換群モデルに比べ高い正答率で予測が行えており、4つのモデルの中では最も高い成績が確認された。この結果は、変換構造のような強い制約を科さずとも変換群のシンプルな構造だけでも十分予測が行えることを示している。さらに言えば、変換群を用いて類似性判断と関連するさらに本質的な構造を

定義できる可能性があると考えられる。以上から、人はパターンそのものだけでなく、パターンを取り巻く変換に着目して、類似性判断を行っている可能性が示唆されたと考える。今回、変換群間の関係を包含関係や大小関係に絞って分析を行なったが、群準同型写像に基づいて分析を行う方向も考えられる。今後は、さらに bit 数を増やしたパターン対を用いて実験を行い、さらに仮説を精緻化させうえて研究を進める必要がある。

文献

- [1] 黒崎宏. ウィトゲンシュタインのパラドックス：規則・私的言語・他人の心. 産業図書, 1983.
- [2] 亀井暁孝 & 日高昇平 (2020). 「思い込み」の認知過程の定式化に向けて：画像回転課題と事前制約の関係の分析 日本認知科学会第 36 回大会論文集, p-101, pp. 638-642.
- [3] 日高昇平, and 高橋康介. ”ネッカーキューブはなぜあの立体に見えるのか.” 認知科学 28.1 (2021): 25-38.
- [4] 天野要, and 今井四郎. ”パターンの変換構造と類似性認知に関する群論的研究.” 心理学研究 60.5 (1989): 297-303.
- [5] 天野要, and 今井四郎. ”パターンの変換構造と良さの認知に関する群論的研究.” 心理学研究 63.3 (1992): 181-187.
- [6] 今井四郎, and 天野要. ”変換と写像の概念に基づくパターン認知論.” 応用数理 8.1 (1998): 30-45.

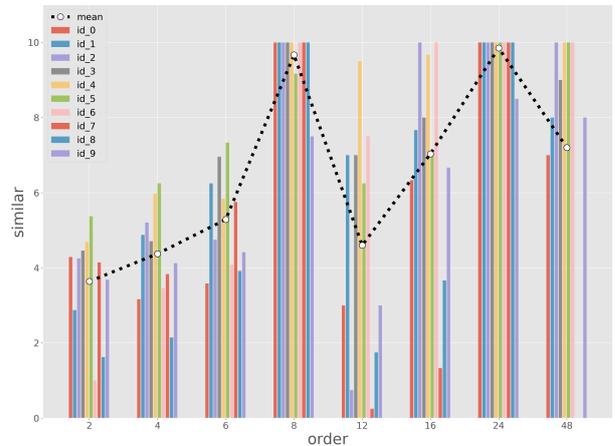


図 11 縦軸が類似度、横軸がパターン対を不変にする変換の数

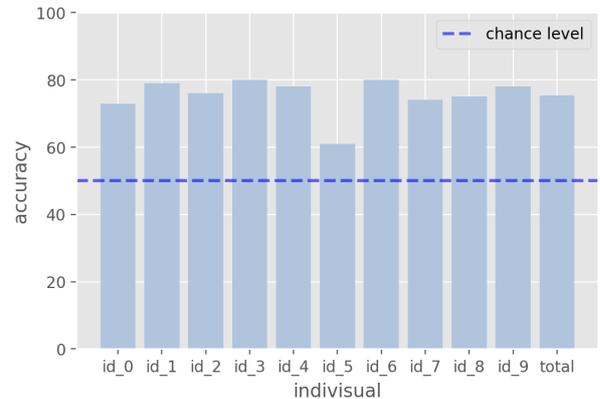


図 12 各被験者の評定値に対する類似度予測の正答率：仮説 2 と変換構造に基づき作成したハッセ図による

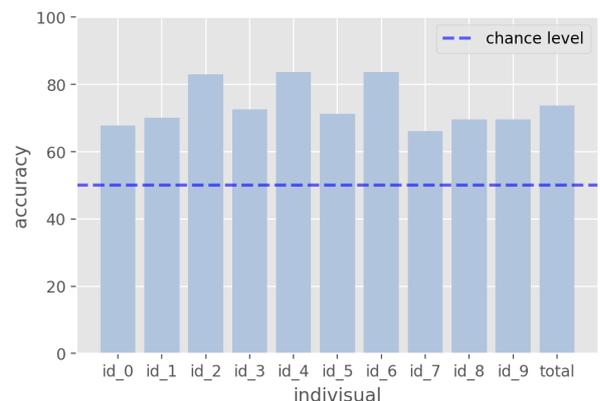


図 13 各被験者の評定値に対する類似度予測の正答率：仮説 2 と変換群に基づき作成したハッセ図による

高齢者の信頼性判断の学習を支援するのは同世代か異世代か： 対話内容の分析

澤田知恭¹, 岡部莉子², 中尾菜々子², 鷹阪龍太³, 原田悦子³

Tomoyasu Sawada¹, Riko Okabe², Nanako Nakao², Ryuta Takawaki³, & Etsuko T. Harada³

¹筑波大学大学院, ²筑波大学, ³筑波大学人間系

¹Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, ²University of Tsukuba, ³Faculty of Human Sciences, University of Tsukuba
s2021306@s.tsukuba.ac.jp

概要

高齢者は、顔の見た目の信頼性に基づく判断が有効でないと経験した後でも、顔信頼性に基づいて相手の信頼性を推測するバイアスが高く、詐欺被害に繰り返して遭うリスクを高めると指摘されている (Suzuki, 2018) [1]。これに対して原田他 (2020) [2]では、高齢者が若年成人と相談することで、顔信頼性依存度が低下し、制御焦点が変化する可能性を示した。しかし、原田他 (2020) は実験デザイン上、若年成人と相談することに効果があったのか、相談すること自体に効果があったのか区別できない。

そのため、本研究は実験条件を統制した上で原田他 (2020) の追試を行い、その知見を深めることを目的とした。ここでは、会話内容の側面から行った分析の結果を報告する。

キーワード：認知的加齢、信頼性の学習、社会的支援

1. 問題と目的

Suzuki (2018) は、投資ゲーム (見た目の信頼性の高低と実際の行動の良し悪しが直交的に操作された顔写真を見て、信頼して投資を行うかどうかを判断する課題) を用いて、高齢者は顔の見た目の信頼性 (顔信頼性) に基づく判断が有効でないと何度か経験した後でも、顔信頼性に基づいて相手の信頼性を推測するバイアスが高く、その結果、試行を繰り返しても投資ゲーム課題成績が向上しないことを報告した。また、このことが、高齢者が繰り返し詐欺被害に遭うリスクを高めると指摘している。

これに対し、原田他 (2020) では、現実的な高齢者支援の可能性として、高齢者が投資ゲームを若年成人と相談して行うことの効果を検討した。その結果、高齢者の投資ゲーム成績が、一人で行った時と比較して向上するが、それは「顔の記憶」が改善したためでなく、顔信頼性への依存度の低下による可能性があること、特に防止焦点から促進焦点への変化の可能性を示した。しかしこの実験では、実験デザイン

上、若年成人と相談することに効果があったのか、相談すること自体に効果があったのか区別できないという問題があった。また、ペア条件で参加した若年成人群の平均年齢が 44.25 歳とやや高めであった。

そこで本研究は、若年成人の年齢を 20 歳前後に統制し、若年成人・高齢者の同世代ペアを加え、原田他 (2020) [2]を追試し、その知見の考察を深めること、さらにそうした学習への効果をもたらす会話内容について分析を行うことで、どのような相談がなされて投資ゲーム成績が向上するか明らかにすることを目的とした。

本報告では、同世代・異世代ペアでの会話内容についての分析結果を報告する。

2. 方法

実験計画

3 要因混合計画であり、参加者間要因として参加者の年齢群 2 水準 (若年成人, 高齢者), ペアの種類 2 水準 (同世代ペア, 異世代ペア), 参加者内要因として投資ゲームの繰り返し (1~4 ブロック) を設定した。全てのペアは同性の初対面どうしで構成され、ペアの種類はランダムに割り当てられた。

参加者

若年成人群として、筑波大学の大学生 36 名 (男性 18 名, 女性 18 名, 平均年齢 20.61 ± 1.10 歳) と、高齢者群として、筑波大学「みんなの使いやすさラボ」のデータベース登録者から高齢者 36 名 (男性 18 名, 女性 18 名, 平均年齢 74.16 ± 4.64 歳) が実験に参加した。全ての参加者には規定の謝金が支払われた。

手続き

ペアでの参加があったことを除き、Suzuki(2018)と同一の手続きで行われた。事前の顔写真の信頼性判断課題、投資ゲーム課題、顔写真の再認課題、事後の顔写真の信頼性判断課題の 4 ブロックからなり、投資ゲーム課題のみ、二人で一つのモニター・キーボードを用いて課題に従事した。投資ゲーム課題では全試行で相

表1 発話カテゴリ概要

| カテゴリ名 | 内容と例 | |
|--------------|------|--|
| 判断材料 (印象) | 回答前 | 信頼性の直接的な判断ではなく、判断の材料となる発話の内、 呈示された顔写真の現在の印象に基づく発話 詐欺師っぽい感じします。 (高齢者-高齢者ペア 01 話者 2, 3 試行目) |
| | 回答後 | 徹夜かなんかしたんですかね。/人助けで。/ (高齢者-若年成人ペア 09 話者 2, 14 試行目) |
| 判断材料 (経験) | 回答前 | 信頼性の直接的な判断ではなく、判断の材料となる発話の内、 以前の試行で表示された顔写真の行動、フィードバックに基づく発話 これは一、あ、この人は眉毛がなんか変な人。 (若年成人-若年成人ペア 13, 話者 1, 63 試行目) |
| | 回答後 | 悪い人でしたよね。 (高齢者-若年成人ペア 07 話者 2, 24 試行目) |
| 判断 (印象) | 回答前 | 信頼性の直接的な判断の内、呈示された顔写真の現在の印象に基づく発話 この顔預けても大丈夫そうな気がするな。 (高齢者-若年成人ペア 08 話者 1, 10 試行目) |
| | 回答後 | でも良さそうな感じするけどね。 (高齢者-高齢者ペア 02 話者 2, 59 試行目) |
| 判断 (経験) | 回答前 | 信頼性の直接的な判断の内、以前の試行で表示された顔写真の行動、 フィードバックに基づく発話 悪い人でしたよね。 (高齢者-若年成人ペア 07 話者 2, 24 試行目) |
| | 回答後 | あれー? いい人だった。 (若年成人-若年成人ペア 13 話者 2, 9 試行目) |

手と相談をした上で、試行ごとに片方の参加者が最終的に回答をするように求められた。最終的な回答者は試行ごとに交互に割り振られた。それ以外の課題では、各参加者は個別のモニター・キーボードを使用して一人で課題に従事した。投資ゲーム課題は、顔情報データベース(渡邊他, 2007) [3]から抜粋された、信頼性の高い/低い顔写真各 12 枚が使用された。顔写真 24 枚は、信頼性の高い顔/低い顔各 4 枚の 8 枚を 1 セットとした 3 セットに分けられ、参加者ごとに良い投資者/悪い投資者/未使用顔写真に割り振られた。割り振りは参加者ごとにカウンターバランスがとられた。投資ゲームでは、1 試行ごとに 1 枚の顔写真が提示され、その顔写真の人物を信頼して 100 万円預けるか、信頼せず 100 万円預けないか判断をするよう求められた。預けた人物が良い人であった場合は 200 万円が返却され、投資した人物が悪い人であった場合は 100 万円を失うことが教示された。各試行での投資結果は参加者にフィードバックされた。投資ゲーム課題は 1 ブロック 16 試行、全 4 ブロック行われ、ブロックが終了する毎にブロックを通した収支結果もフィードバックされた。

3. 結果

投資ゲームの課題成績

Harada et al. (2021) [4]では、本実験の投資ゲームの課題成績について、ブロックが進むと、どちらのペア条件でも課題成績が向上することを示した(付録)。また、高齢者は若年成人と比較して課題成績が低いが、特に若年成人とペアを組むことで学習がより促進され、原田ら(2020)の結果を再現したと考えられる。

会話内容についての分析

全ての会話を書き起こし、話者間のターンが移行することを基準に分節化した。信頼性判断に関わる発話として、判断に直接的に言及する発話に加え、判断の根拠となりうる材料について発話がなされると考え、信頼性判断のカテゴリである、「判断」・「判断材料」を設定した。また、その下位カテゴリとして、その判断あるいは根拠に基づく情報源のカテゴリである、呈示された顔写真に対する現在の印象(顔信頼性)に関する「印象」と、以前の試行での当該人物の行動、フィードバックに関する「経験」を設定した(表1)。発話のタイミングとして、信頼性判断に至るまでの「回答

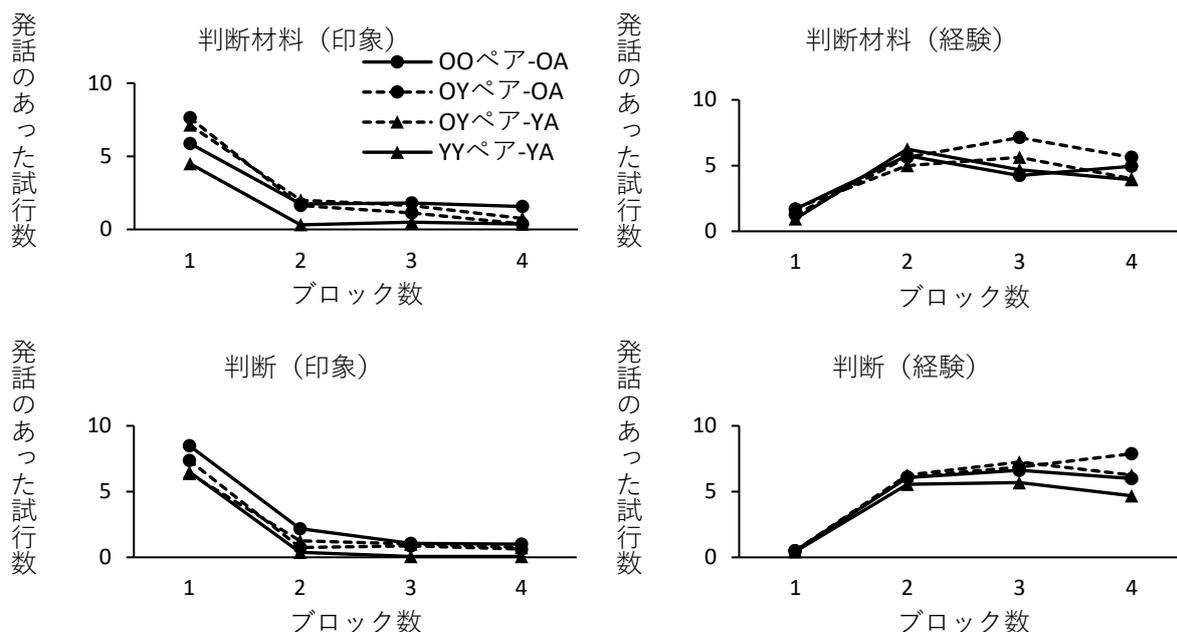


図1. フィードバック前の各カテゴリ発話数
 OO ペア；高齢者同世代ペア，OY ペア；異世代ペア，YY ペア；若年成人同世代ペア
 OA；高齢者，YA；若年成人

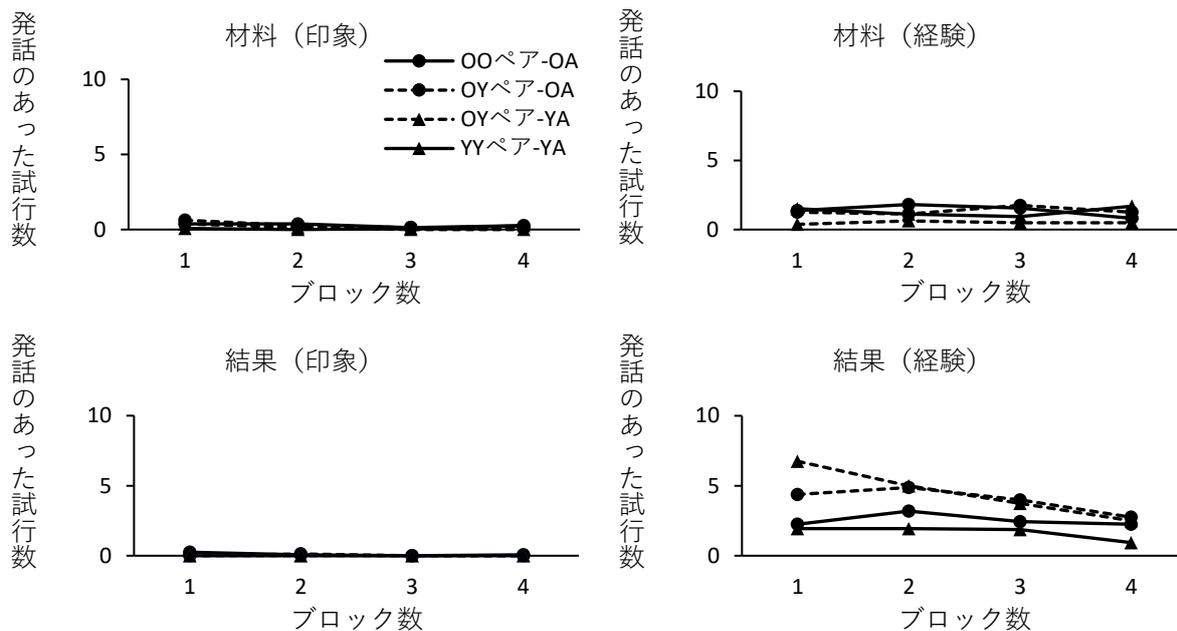


図2. フィードバック後の各カテゴリ発話数
 OO ペア；高齢者同世代ペア，OY ペア；異世代ペア，YY ペア；若年成人同世代ペア
 OA；高齢者，YA；若年成人

前」発話と、回答しフィードバックを受けた後の「回答後」発話では、性質が異なると考えられたため、回答前、回答後毎にそれぞれの発話について、各カテゴリについてラベリングを行い、カウントした。1 ブロック全 16 試行の内、各カテゴリが発話された試行数を図 1, 2 に示す。

ブロック中各カテゴリが発話された試行数を従属変

数、年齢群・ペアの種類・ブロック数の主効果とそれらの交互作用を固定効果、参加者 ID を変量効果とし、分布はポアソン分布を指定、リンク関数はロジット関数を用いた一般化線形混合モデルによる分析を行った。検定結果を表 2, 3 に示す。回答前のカテゴリでは、年齢群の主効果が、判断材料 (印象), 判断 (印象) において有意で、高齢者による発話が多かった。また、ブ

表2 回答前発話カテゴリ分析

| | 判断材料 (印象) | | 判断材料 (経験) | | 判断 (印象) | | 判断 (経験) | |
|--------------------------|-----------|------------|-----------|----------|---------|------------|---------|-----------|
| | 推定値 | z 値 | 推定値 | z 値 | 推定値 | z 値 | 推定値 | z 値 |
| 年齢群 | 0.78 | 2.30 * | 0.12 | 0.54 | 1.58 | 3.24 ** | 0.34 | 0.97 |
| ペアの種類 | -0.34 | -0.85 | -0.11 | -0.41 | -1.00 | -1.76 . | -0.17 | -0.34 |
| ブロック 2 | -1.67 | -10.27 *** | 1.42 | 9.74 *** | -2.03 | -11.44 *** | 2.52 | 11.12 *** |
| ブロック 3 | -1.69 | -10.72 *** | 1.36 | 9.34 *** | -2.68 | -9.24 *** | 2.61 | 11.57 *** |
| ブロック 4 | -2.27 | -10.47 *** | 1.21 | 8.14 *** | -2.85 | -9.49 *** | 2.54 | 11.21 *** |
| 年齢群 *ペアの種類 | 2.91 | 4.26 *** | -0.80 | -1.86 . | 4.14 | 4.24 *** | 0.53 | 0.75 |
| 年齢群 *ブロック 2 | 0.59 | 1.81 . | -0.11 | -0.37 | 0.42 | 1.18 | -0.03 | -0.08 |
| ペアの種類 *ブロック 2 | -0.53 | -1.63 | 0.29 | 0.98 | -0.15 | -0.41 | 0.00 | 0.01 |
| 年齢群 *ブロック 3 | 0.29 | 0.93 | -0.06 | -0.19 | 1.14 | 1.97 * | -0.02 | -0.04 |
| ペアの種類 *ブロック 3 | 0.01 | 0.03 | -0.19 | -0.64 | -1.37 | -2.36 * | -0.07 | -0.17 |
| 年齢群 *ブロック 4 | 0.20 | 0.46 | 0.16 | 0.53 | 1.08 | 1.80 . | 0.17 | 0.38 |
| ペアの種類 *ブロック 4 | 0.73 | 1.68 . | 0.09 | 0.30 | -1.08 | -1.81 . | -0.21 | -0.47 |
| 年齢群 *ペアの種類 *ブロック 2 | 1.73 | 2.66 ** | -1.12 | -1.93 . | 2.15 | 3.03 ** | -0.03 | -0.03 |
| 年齢群 *ペアの種類 *ブロック 3 | 1.46 | 2.31 * | -1.26 | -2.16 * | 2.84 | 2.45 * | 0.07 | 0.08 |
| 年齢群 *ペアの種類 *ブロック 4 | 1.92 | 2.22 * | -1.04 | -1.75 . | 2.82 | 2.35 * | -0.12 | -0.13 |

※：10%有意傾向*：5%有意，**：1%有意，***：0.1%有意

ロック 2・3・4 の主効果が有意で、1 ブロック目と比較して、印象カテゴリの発話は 2 ブロック目以降減少し、経験カテゴリの発話は 2 ブロック目以降増加した。加えて印象カテゴリの発話回数は、年齢群*ペアの種類*ブロック 2・3・4 の二次の交互作用が有意で、これは、1 ブロック目において、印象カテゴリの発話回数が、若年成人は同世代ペア<異世代ペア、高齢者は同世代ペア>異世代ペアであったことによる。

回答後のカテゴリについて、印象カテゴリの発話は殆ど見られなかったため、経験カテゴリの発話についてのみ分析を行った。その結果、判断 (経験) カテゴリの発話は 1 ブロック目と比較して 4 ブロック目のみ減少した。また、年齢群*ブロック 4 の交互作用が有意で、これは、発話された試行数が 1 ブロック目では若年成人<高齢者だが、4 ブロック目では差がないことによる。

4. 考察

回答前のカテゴリにおいて、高齢者は若年成人と比較して、印象に基づく発話の回数が多く、印象に基づく判断を行っていることが会話内容についての分析からも示され、投資ゲーム課題での課題成績の低さに繋がる要因と考えられる。また、2 ブロック目以降経験カテゴリの発話が増加し、印象カテゴリの発話が減少することは、信頼性学習による課題成績の向上と関連するものと考えられる。特に、若年成人とペアを組んだ高齢者は 1 ブロック目において印象カテゴリの発話回数が少なかったことは、その後のブロックにおいて、高齢者は若年成人とペアを組むことで学習がより促進される」ことに繋がると考えられる。これらから、高齢者は特に若年成人と相談することで、顔信頼性への依存度が低下する可能性が、発話の側面からも示された。一方で、高齢者とペアを組んだ若年成人は 1 ブロ

表3 回答後発話カテゴリ分析

| | 判断材料 (経験) | | 判断 (経験) | | |
|--------------------------|-----------|-------|---------|-------|-----|
| | 推定値 | z 値 | 推定値 | z 値 | |
| 年齢群 | 0.32 | 0.45 | 0.65 | 1.51 | |
| ペアの種類 | -0.48 | -0.44 | -0.02 | -0.03 | |
| ブロック 2 | 0.10 | 0.41 | 0.04 | 0.35 | |
| ブロック 3 | 0.07 | 0.29 | -0.16 | -1.32 | |
| ブロック 4 | -0.03 | -0.12 | -0.55 | -4.05 | *** |
| 年齢群 *ペアの種類 | -0.92 | -0.66 | 0.74 | 0.85 | |
| 年齢群 *ブロック 2 | -0.03 | -0.06 | 0.38 | 1.67 | . |
| ペアの種類 *ブロック 2 | -0.21 | -0.43 | 0.27 | 1.19 | |
| 年齢群 *ブロック 3 | 0.32 | 0.66 | 0.31 | 1.29 | |
| ペアの種類 *ブロック 3 | -0.48 | -0.99 | 0.36 | 1.52 | |
| 年齢群 *ブロック 4 | -0.47 | -0.94 | 0.63 | 2.33 | * |
| ペアの種類 *ブロック 4 | -0.35 | -0.70 | 0.37 | 1.36 | |
| 年齢群 *ペアの種類 *ブロック 2 | 1.18 | 1.23 | -0.06 | -0.13 | |
| 年齢群 *ペアの種類 *ブロック 3 | 0.55 | 0.57 | -0.39 | -0.81 | |
| 年齢群 *ペアの種類 *ブロック 4 | -0.35 | -0.36 | 0.20 | 0.37 | |

※: 10%有意傾向* : 5%有意,
** : 1%有意, *** : 0.1%有意

ック目において印象カテゴリの発話回数が増加しており、発話には参加者が相互に影響しあっていることが示された。

回答後のカテゴリにおいては、1 ブロック目で高齢者は若年成人と比較して、経験に基づくカテゴリの発話が多かった。しかし、その後のブロックを通じて高齢者の投資ゲーム課題成績は若年成人と比較して低い。そのため、高齢者の経験に基づく回答後カテゴリの発話が多いことは、自己の学習ではなく、ペア相手の学習の機会となる効果を持っていた可能性が考えられる。

本研究では、参加者の年齢属性とそのペアの相互作用を中心に検討を行ったが、今後さらに投資ゲームの顔信頼性に基づいた判断をするバイアスの変化と、相談内容の効果との関係を明らかにしていく必要性が示

された。

5. 文献

- [1] Suzuki, A., (2018) "Persistent reliance on facial appearance among older adults when judging someone's trustworthiness", *The Journals of Gerontology: Series B*, Vol. 73, No. 4, pp.573-583.
- [2] 原田 悦子・鷹阪 龍太・田中 伸之輔・水浪 田鶴・須藤 智, (2020) "他者との相談は高齢者の信頼性判断の学習を支援するか：投資ゲームの課題成績の分析", 日本認知心理学会・第15回大会論文集
- [3] 渡邊 伸行・鈴木 竜太・吉田 宏之・續木 大介・番場 あやの・Naiwala P. Chandrasiri・時田 学・和田 万紀・森島 繁生・山田 寛, (2007) "顔情報データベース FIND—日本人の顔画像データベース構築の試み—", *感情心理学研究*, Vol. 14, No. 01, pp.39-53.
- [4] Harada, E.T., Takawaki, R., Sawada, T., Okabe, R., & Nakao N. (2021) "Chattering with a young partner can facilitate older adults' trustworthiness learning: Comparing intergenerational communication with intragenerational one.", 62nd Annual meeting of Psychonomic Society.

6. 付録 投資ゲームの課題成績 (Harada et al., 2021)

付録として、本実験の投資ゲーム部分での「お金を預ける」行動の発生割合を図3に示す。ブロックが進むと、両年齢群、ペア条件で良い投資者に対しては預ける割合が増加し、悪い投資者に対しては預ける割合が低下する。特に若年成人とペアを組んだ高齢者でその傾向が顕著である。

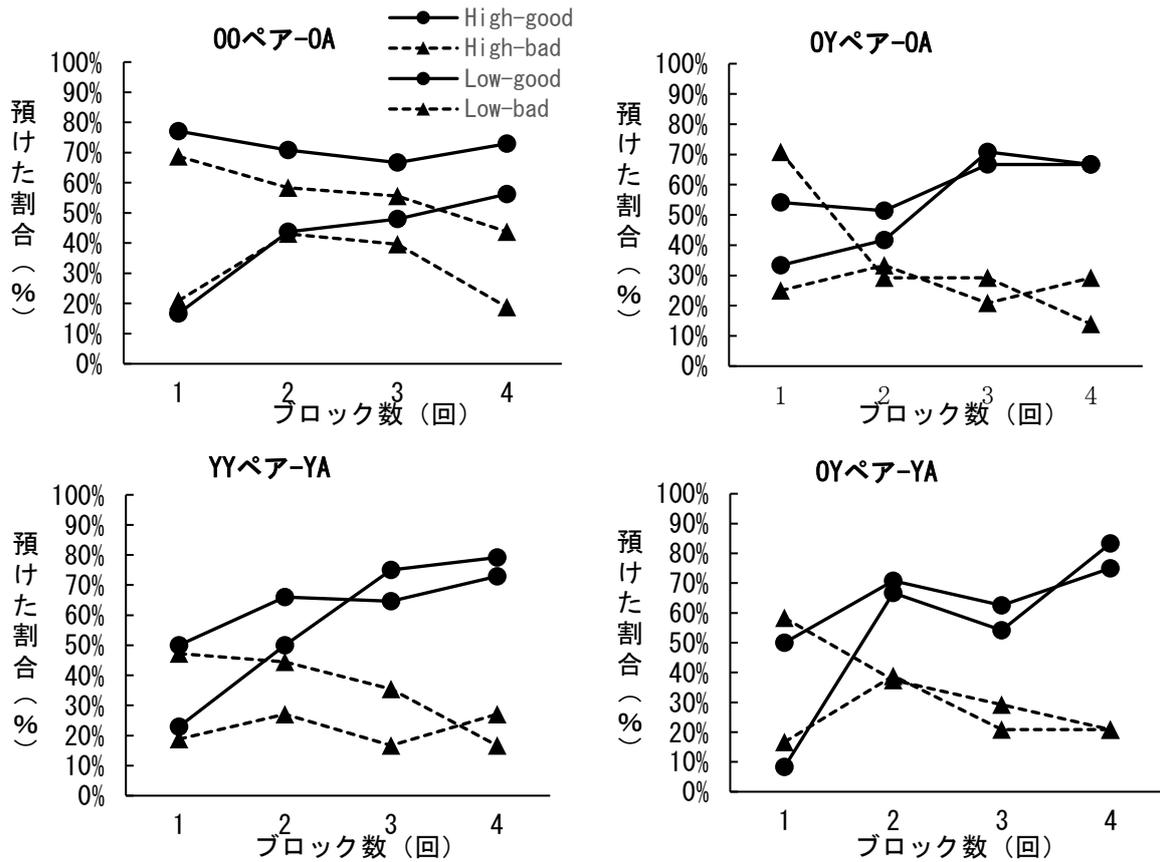


図3. 投資ゲームでお金を預けた割合
 High; 信頼性の高い顔, Low; 信頼性の低い顔
 good; 良い投資者, bad; 悪い投資者

授業動画におけるバーチャルアバターがもたらす学習者への効果 — バーチャルアバターの有無と動きに注目して

The Effect of Virtual Avatar in Video Lecture on Learners — Focusing on Virtual Avatar Presence and Movement

小島 隆次[†]

Takatsugu Kojima

[†]滋賀医科大学

Shiga University of Medical Science

kojima@kojima-lab.net

概要

本研究は、授業動画にバーチャルアバターを用いた場合の学習者への効果に関して、バーチャルアバターの有無及びバーチャルアバターの動きの有無のもたらす影響を検討した。その結果、バーチャルアバターの有無は授業動画の視聴しやすさ評価に効果があることが示された。

また、学習者が、授業内容（授業で伝達すべき情報）を重視するのか、映像コンテンツとしての魅力（興味・関心・印象）を重視するのかによって、アバターの有無に対する評価が異なることも示唆された。

キーワード：授業動画、バーチャルアバター、e-learning

1. はじめに

オンデマンド型の遠隔授業で用いられる動画教材は、概ね、プレゼンテーションソフトのスライドなどの授業資料を提示しつつ、1)教授者が音声のみで解説を行うもの、2)教授者が動画内に登場して解説を行うもの、の2種類に大別できる。そして、2)のケースでは、教授者本人が登場する場合のみならず、昨今では、バーチャルアバターを利用することで、学習者の教材への動機づけや興味関心の向上を狙ったものも見られる[1][2][3][4]。本研究は、授業動画にバーチャルアバターを用いた場合の学習者への効果に関して、バーチャルアバターの有無及びバーチャルアバターの動きの有無のもたらす影響に着目した。

2. 実験

2.1. 実験参加者

実験には、370名の大学生・大学院生が参加した。

2.2. 刺激（授業動画）

本実験で使用した授業動画は、長さが4分程度のものであった。内容は中学3年生向けの算数（俵杉算）に関するものであり、東京書籍の中学三年生用数学教科書「新編新しい数学3」の俵杉算の問題を参考に作成した[5]。授業動画で使用したアバターは、FaceRig というバーチャルアバターソフトに登場するキャラクターの中から、事前に行った、アバター選定のための予備実験結果に基づき、ノックスと呼ばれる博士タイプの人形型キャラクターを使用した（図1）。



図1. 実験で使用した授業動画のアバター

授業動画は、①スライドに音声のみを追加したもの（音声のみ；アバター無し）（図2）、②スライドに音声とアバターを追加しているが、アバターは所定の位置から動かないもの（アバター動き無）（図3）、③スライドに音声とアバターを追加しており、アバターは適宜説明内容に応じて画面内を動くもの（アバター動き有）（図4）、の3種類であった。但し、3種類の授業動画で使用した説明用音声は全て同じものであった。

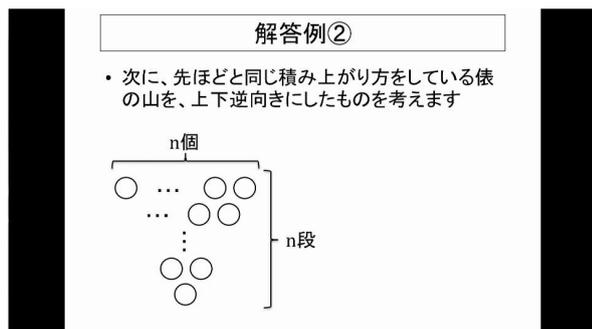


図 2. 授業動画の例（音声のみ）

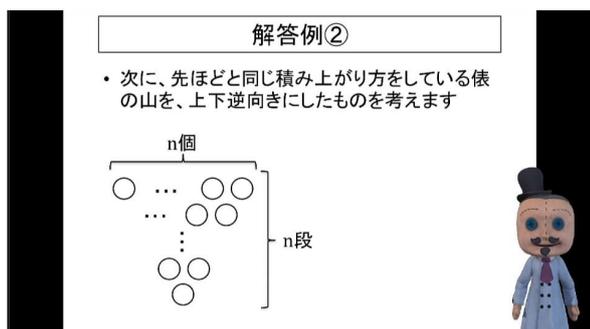


図 3. 授業動画の例（アバター動き無）

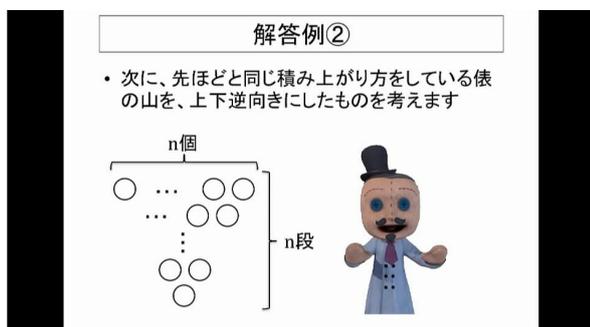


図 4. 授業動画の例（アバター動き有）

2.3. 手続き

実験はオンライン web サーベシステムである LimeSurvey を用いた、web ブラウザによるオンライン実験であった。実験参加者は、実験者から通知されたトークン付きの所定の URL にアクセスし、実験に参加した。実験では、まず参加者に今回の実験に関する諸注意の提示と参加の最終意思確認等がなされ、続いて、実験時の授業動画視聴のために、ブラウザ上での動画再生可否の確認と音量調整を実施した。これら確認作業の後、参加者は 3 種類の授業動画を順番に視聴した。

提示された 3 種類の動画の提示順は、参加者ごとにランダムであった。各動画は、必ず一通り視聴するように教示した。

参加者は、3 種類の動画を全て視聴し終えた後、二つの質問に回答することが求められた。一つ目の質問は、3 つの授業動画を、視聴しやすいと思った順に順位付けするというものであった。二つ目の質問は、一つ目の質問での順位付けの理由を、自由記述で回答するというものであった（字数制限は無し）。これら質問に回答するページでは、上部に、3 種類の授業動画が全て掲載されており、質問回答時に再度直接参照できるようにしてあった。質問への回答時における、3 種類の授業動画の参照回数や時間に制限は設けなかった。

2.4. 結果

授業動画の視聴しやすさの順位データに関しては、一番視聴しやすいという回答（第一位とした回答）が多かった順に、③アバター動き有（165 名）、②アバター動き無（125 名）、①音声のみ（80 名）という結果であった。順位データに対して、フリードマン検定を行った結果、有意水準 1% で統計的に有意な差が見られた ($\chi^2(2) = 54.00, p < .01$)。多重比較（シェッフエ法）の結果、有意水準 1% で統計的に有意な差が見られたのは「①音声のみと②アバター動き無」の組み合わせ ($\chi^2(2) = 51.91, p < .01$) と「①音声のみと③アバター動き有」の組み合わせであった ($\chi^2(2) = 23.19, p < .01$)。

自由記述回答に対して、所定の前処理を行った後に MeCab と RMeCab[6] を用いて対応分析を行った。対応分析では、3 種類の授業動画に対する選好順位の結果（6 通り）を回答者の属性として扱い、形態素解析の結果を回答傾向として扱った。図 5 は、自由記述内の一般名詞の内、出現頻度が 10 以上の 34 語の中から、授業動画の評価と無関係な 5 語を除いた 29 語を回答傾向とした場合の結果である。図 6 は、自由記述内の動詞（自立語）の内、出現頻度が 10 以上の 38 語の中から、授業動画の評価と無関係な 9 語を除いた 29 語を回答傾向とした場合の結果である。図 7 は、自由記述内の形容詞（自立語）の内、出現頻度が 10 以上の 8 語の中から、授業動画の評価と無関係な 3 語を除いた 5 語を回答傾向とした場合の結果である。図 5 から図 7 において、図中の A~F は 3 種類の動画に対する回答者の選好順位を示しており、次のように対応している。

- A: 1. 音声のみ 2. アバター動き無 3. アバター動き有
- B: 1. 音声のみ 2. アバター動き有 3. アバター動き無
- C: 1. アバター動き無 2. 音声のみ 3. アバター動き有
- D: 1. アバター動き無 2. アバター動き有 3. 音声のみ
- E: 1. アバター動き有 2. 音声のみ 3. アバター動き無
- F: 1. アバター動き有 2. アバター動き無 3. 音声のみ

*例えば、A は、音声のみの授業動画を第一位（一番視聴しやすい）、アバター動き無の授業動画を第二位、アバター動き有の授業動画を第三位としている

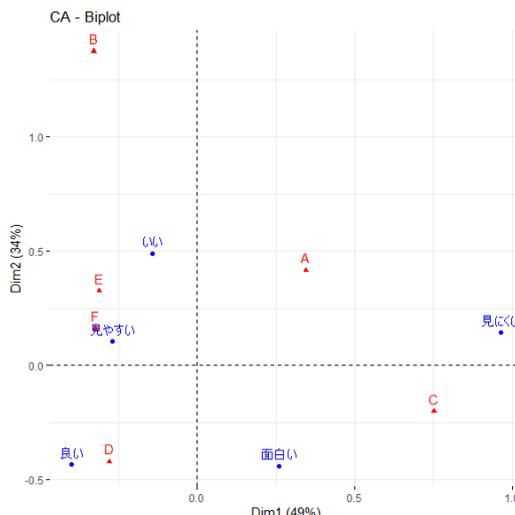


図7. 形容詞（自立語）を回答傾向とした結果

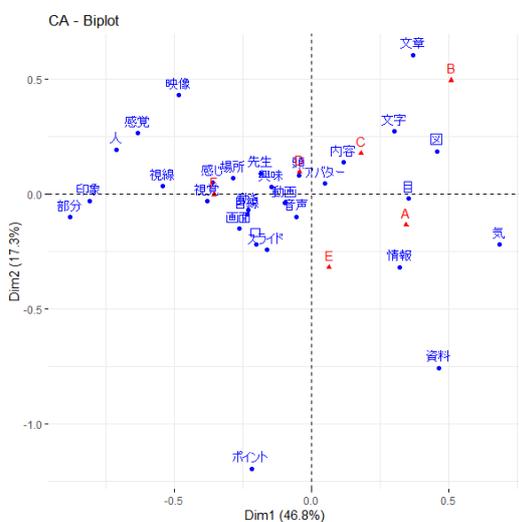


図5. 一般名詞を回答傾向とした結果

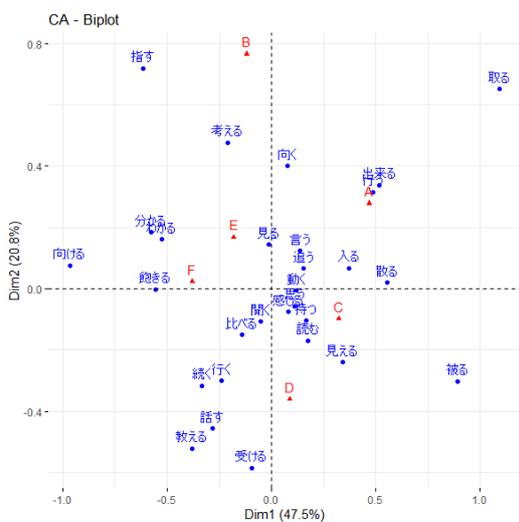


図6. 動詞（自立語）を回答傾向とした結果

3. 考察

3.1. 授業動画の視聴しやすさ評価とアバター及びその動きの有無の関係について

フリードマン検定と多重比較の結果から、アバターの有無が授業動画の視聴しやすさに影響することが示唆された。しかし、アバターの動きの有無については、授業動画の視聴しやすさに対する効果は明確にはならなかった。

3.2. 授業動画の視聴しやすさ評価と参加者の特性について

一般名詞を回答傾向とした対応分析の結果（図5）から、音声のみの授業動画を第一に好む回答者（A や B の回答者）は、授業動画内のスライド上の情報を重視していることが推察される。対して、アバターが授業動画に含まれることを好む回答者（D や F の回答者）は、映像全体に対する興味関心や印象を重視していることが推察される。

動詞（自立語）（図6）と形容詞（自立語）（図7）の対応分析の結果からは、あまり傾向性は見られないようだが、形容詞（自立語）を回答傾向とした対応分析の結果については、アバターが授業動画に含まれることを好む回答者（D や F の回答者）は、自由記述データの記述内容も踏まえて解釈すれば、アバターが存在することを好意的に評価する傾向が見られた。

4. まとめと展望

本研究では、授業動画にバーチャルアバターを用いた場合の学習者への効果に関して、バーチャルアバターの有無及びバーチャルアバターの動きの有無の影響について検討した。その結果、バーチャルアバターの有無は授業動画の視聴しやすさ評価に効果があることが示された。

また、授業動画の視聴しやすさ評価に対する理由の自由記述を分析した結果、学習者（回答者）が、授業内容（授業で伝達すべき情報）を重視するのか、映像コンテンツとしての魅力（興味・関心・印象）を重視するのかによって、アバターの有無に対する評価が異なることも示唆された。

授業動画にバーチャルアバターを導入することで、学習者の教材への動機づけや興味関心の向上を狙える可能性が十分にあるとしても、適正処遇交互作用[7]も考慮しながら、学習者の特性や要求に応じて、授業動画へのバーチャルアバターの導入の有無や導入時の態様を検討していくことが今後は重要となるだろう。

文献

- [1] ジョナタン・エズラ・藤川大祐・古林智美・小池翔太・鈴江織江 (2019). 教員養成学部における VTuber 授業の実践開発の試み 千葉大学大学院人文公共学府研究プロジェクト報告書, 346, 39-46.
- [2] 渡辺幸輝・安藤雅洋・湯川高志 (2019). 学習者の好みを反映した 3D アバターによる教材の評価 電子情報通信学会信越支部大会論文集, 192.
- [3] 渡辺幸輝・中川慶人・安藤雅洋・湯川高志 (2020). 講師の外見を好きなキャラクターに変更した講義における影響の検証 教育システム情報学会 2020 年度北信越地区学生研究発表会, 47-48.
- [4] 天野由貴・隅谷孝・岩沢和男・西村浩二 (2015). 情報セキュリティ教育の動画教材における実写映像とアバター動画の比較 大学 ICT 推進協議会年次大会論文集, 2015
- [5] 俵杉算 新編新しい数学 3[平成 28 年採用] (2015). 東京書籍 p. 88.
- [6] 石田基広 (2017). R によるテキストマイニング入門第 2 版 森北出版
- [7] Cronbach, L. J. (1957) The two disciplines of scientific psychology". *American Psychologist*, 12, 671-684.

人がかけがえのない存在だと感じるロボットとはどのようなものか — 一気持ちの共有に向けたロボットの感情評価実験

How Do Robots Make Us Feel Their Irreplaceability? : Experiment to Evaluate Robot's Emotion for Sharing Feelings

齋藤 宗一郎[†], 橋本 敬[†]

Saito Soichiro, Hashimoto Takashi

[†]北陸先端科学技術大学院大学 知識科学系

School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

s2010071@jaist.ac.jp

概要

人の生を充実させるロボットはユーザーにとってかけがえのない存在になることが重要であろう。本研究ではロボットがかけがえのない存在だと感じられるために必要な性質とインタラクションを明らかにすることを目的とする。そこで、ロボットと人がなにかを共有するあり方が両者の間の親密さを変化させ、それが人がロボットに対して感じるかけがえのなさに影響を与えるという仮説を設定する。感情の共有を目指した予備実験としてロボットの目の発光パターンを評価し、特定の感情を伝えられる可能性を示した。

キーワード: ヒューマンロボットインタラクション, かけがえのなさ, コミュニケーション, 感情評価

1. はじめに

現在、ロボットが人と同じ空間で人と相互作用しながら様々な場面で用いられるようになってきている。たとえば、公道で荷物を運ぶロボットや飲食店で配膳をするロボット、警備員の代わりに建物の警備を行うロボットが実用化されている[1](外菌・長倉, 2020)。またアニマルセラピーやペットの代替となるアザラシ型ロボットのパロのように、作業の代替ではなく人間のコンパニオンのようなロボットもある[2](柴田, 2011)。将来的には、ロボットが社会に当たり前存在するようなロボットとの共生社会が到来することは想像に難くない。そのようなロボットとの共生社会においては、人間の代わりに作業を行うだけでなく、人の暮らしを充実させ人間らしい生活を送るのにロボットが貢献できるようになるだろう。そのためのひとつの方向性として、人間と友人のような関係を築くことができるロボットが考えられる。そのようなロボットは、なんらかの目的のために利用するような替えの利く道具のような存在ではなく、そのロボットとつきあう人にとってかけがえのない存在だと感じられることが重要である。そこで本研究では、かけがえのない関係性を構築することのできるロボットの性質およびインタラクションについて、人とロボットのインタラクション実験を通して明

らかにすることをめざす。

Human-Robot Interaction (HRI)の分野ではロボットと人間が関係を持つモチベーションを人間に与えることが重要視されており、人が自然と関わりたくなるようなロボットが必要とされている[3](石黒, 2012)。本研究を通してかけがえのない存在だと感じられるロボットの性質を明らかにすることができれば、人が人と関わるように、人が関わりたいと感じられるロボットの実現に寄与することができるだろう。そのためには、ロボットがかけがえのない存在だと感じられるようになることを調べるための実験をデザインする必要がある。本研究でのアイデアは、友人のような関係における親密さ、および、他者となにかを共有することと、かけがえのなさを繋ぐというものである。そこで、実験ではロボットと人との間の親密さの変化が、人がロボットに感じるかけがえのなさに影響を与えるという仮説を検証する。

ロボットと共有するものの一つとして感情の共有を試みる。そのために目のLEDを動的に発光させるロボットに対して感じる感情を検討するための予備実験を行い、その結果を分析することで、ロボットの目の発光パターンによる感情表出を用いることの妥当性についての検討を行う。

2. 予定している実験について

2.1. かけがえのなさとの関連研究

清水(2012)[4]は、親密な他者に対するかけがえのなさを測定する尺度と、親密さを測定する尺度である関係の親密さ尺度(Relationship Closeness Inventory: RCI)に相関が見られることを示した。このことからかけがえのなさや親密さに因果関係がある可能性が考えられる。また、池田ら(2013)[5]は友人関係における親

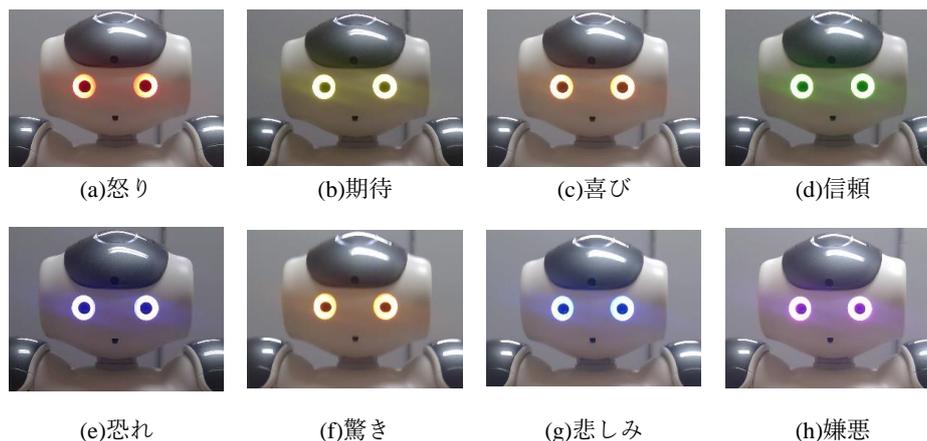


図1 感情表出を用いた発光色

密度と友だちと何かを共有している関係のあり様（これは「共有様式」と呼ばれる）の関係について調査し、関係、場、気持ち、意思、物品、感性という6項目の共有様式が抽出され、顔見知り程度の友人から親友のような親密な友人関係になるに伴い共有される項目が多くなることを示した。このことから、共有様式の違いが親密さを変化させる可能性が考えられる。

以上のかけがえのなさに関連する研究から、実験参加者がロボットと何かを共有することによって、人はそのロボットをかけがえのない存在だとより感じるようになるだろうという仮説を立てた。この仮説を検証するため、本研究では人とロボットのインタラクション実験を行う。

2.2. 予定している実験内容

本研究の実験では、ロボットの共有様式を操作することで、人とロボットの親密さを変化させ、その親密さの変化がロボットのかけがえのなさにどのように影響を与えるのかを明らかにする。具体的には、共有様式の有り無しの群間比較とインタラクション前後の群内比較を、2×2混合計画により行う予定である。

まず、ロボットが人と関係を築く能力を持つことを示すシナリオを参加者に提示する。次に、参加者はロボットと協力しなければならない課題の遂行を指示される。課題では6項目の共有様式(池田ら,2013)[5]の中で、HRI 実験を行う上で操作可能と考えられる「気持ち」「物品」「感性」の3つを共有する群と共有しない群に分ける。課題遂行後、かけがえのなさ尺度(清水,2012)[4]を用いて課題前後でかけがえのなさを評価する。そして、Kahn et al.(2012)[6]で行われたように質問紙の結果とインタラクション中の様子を解析し、共有様式、親密

さ、ロボットに対するかけがえのなさの間の関係を明らかにし、人と関わるためのロボットに求められる性質を検討する予定である。

3. 予備実験：ロボットの目の発光パターンの感情評価

ロボットとのインタラクション実験において、各共有様式を人とロボットの間で実現できることが前提となるが、そのためにロボットがそれぞれの様式で関係や感情を共有できるかを検証する必要がある。本稿では、共有様式の内、「気持ち」の共有を行うために必要な、ロボットの感情表出についての予備実験を行う。人とロボットのインタラクション実験では、Softbank Robotics社のNAOを用いる予定であるため、予備実験においても同じくNAOを用いた感情表出について検討する。

NAOは顔の表情を物理的に変化させる機能は搭載されていないものの、目のLED発光を用いて感情を表出できる可能性がある。そこで、ロボットとインタラクションをする人がロボットの目のLED発光パターンから特定の感情を実際にどの程度感じるかを調べる実験を行った。LEDの発光色や発光パターンと感情の間に想定する対応関係については、勅使らの研究[7]を基に決定した。

3.1. 実験目的

ロボットと人との間で「気持ち」の共有を行うために必要なロボットの感情表出の方法を検討するために、ロボットの目を特定の発光パターンで光らせた際に、

表1 感情表出に用いた発光色

| | 怒り | 期待 | 喜び | 信頼 | 恐れ | 驚き | 悲しみ | 嫌悪 |
|---------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| 色相値 | 0 | 57 | 16 | 106 | 257 | 16 | 248 | 299 |
| 周期(ms) | 361.4 | 2447.6 | 1101.5 | 375.4 | 1206.2 | 235.4 | 5000.0 | 2426.3 |
| 明滅速度(x) | 0.08 | 0.57 | 0.62 | 0.55 | 0.57 | 0.05 | 0.61 | 0.60 |

意図した感情を人に伝えることが可能かどうかを検証する。

3.2. 実験手法の検討

本稿で示す予備実験は勅使ら[7]を基に LED の発光色や発光パターンと感情の対応関係を、実験方法については山内ら[8]の研究を参考に決定した。実験で用いたロボットの発光パターンについて図1に示す。勅使ら[7]は、Plutchik の提案する基本8感情を表現するために適切な発光パターンを決定することを目的にした実験を行った。この実験では、本研究で用いる予定のロボットである NAO が用いられていること、さらに顔の表情を変化させる機能を持たない NAO に感情を表出させる手段として、搭載されているカラーLED を用いた感情表出を行っていることから、われわれが予定しているインタラクション実験において勅使ら[7]の研究を基にした表出手法が適当であると考えた。

勅使ら[7]は NAO の目の動的色発光による感情表出の方法を提案したが、その提案手法によって意図した感情を人に伝達可能かという検証は行われていない。そこで、本稿での予備実験において、ロボットの目の発光パターンを用いて、意図した感情を参加者に伝えられているのかについて検討を行う。使らの研究で示され、本稿の予備実験で感情表出に用いた色について表1に示す。彩度と明度に関してはともに最大値とした。明滅速度 x は周期内の輝度値の上昇・減衰の鋭さを表し、範囲は0から1である。

3.3. 実験方法

実験はロボットと参加者が向かい合って座る状況で行った。ロボットとタブレットがテーブルの上に置かれており、手前側にタブレット、奥側にロボットとなるように配置した。実験の様子について図2に示す。

まず、実験参加者に対して実験の内容と質問紙の説明が行われ、その後実験者が部屋から出た後、参加者とロボットが1対1の状態で行われた。参加者に

は実際にロボットの目の発光パターンを見ながらアンケートに回答していった。

評価対象とした感情については、NAO のカラーLED を用いた感情表出を行っていた先行実験で用いられていた Plutchik の基本8感情とした。加えて、ロボットの感情表出および感情生成で用いられている Russell の感情円環モデルを用いる。Russell の感情円環モデルは多くの感情を表す語が用いられているが、その中で谷寄ら[8]が用いた、「興奮」、「喜び」、「快」、「気楽」、「リラックス」、「困惑」、「怒り」、「不快」、「悲しみ」、「退屈」、「覚醒」、「眠気」の12種類の感情を表す語を対象とした。

タブレットで表示される質問紙には各評価感情に対して4段階(1:まったくあてはまらない, 2:あまりあてはまらない, 3:どちらかといえばあてはまる, 4:とてもあてはまる)の選択肢が提示された。この予備実験では感情というあいまいな対象を扱っているため、「どちらでもない」という回答が多くなることが予測された。そこで回答が集中するのを回避するため、「どちらでもない」という選択肢を除いた4段階の選択肢を用意した。感情状態について測定する尺度である一般感情尺度[9]、および多面的感情尺度[10]において選択肢が偶数個である事から、同じく感情を対象とする今回の予備実験において偶数個の選択肢にするのは妥当であると考えた。

実験参加者は北陸先端科学技術大学院大学の学生7名であった。

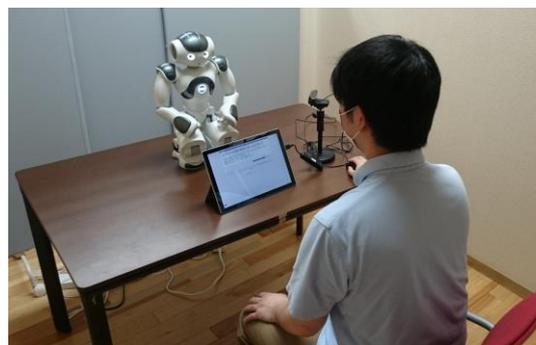


図2 予備実験の様子

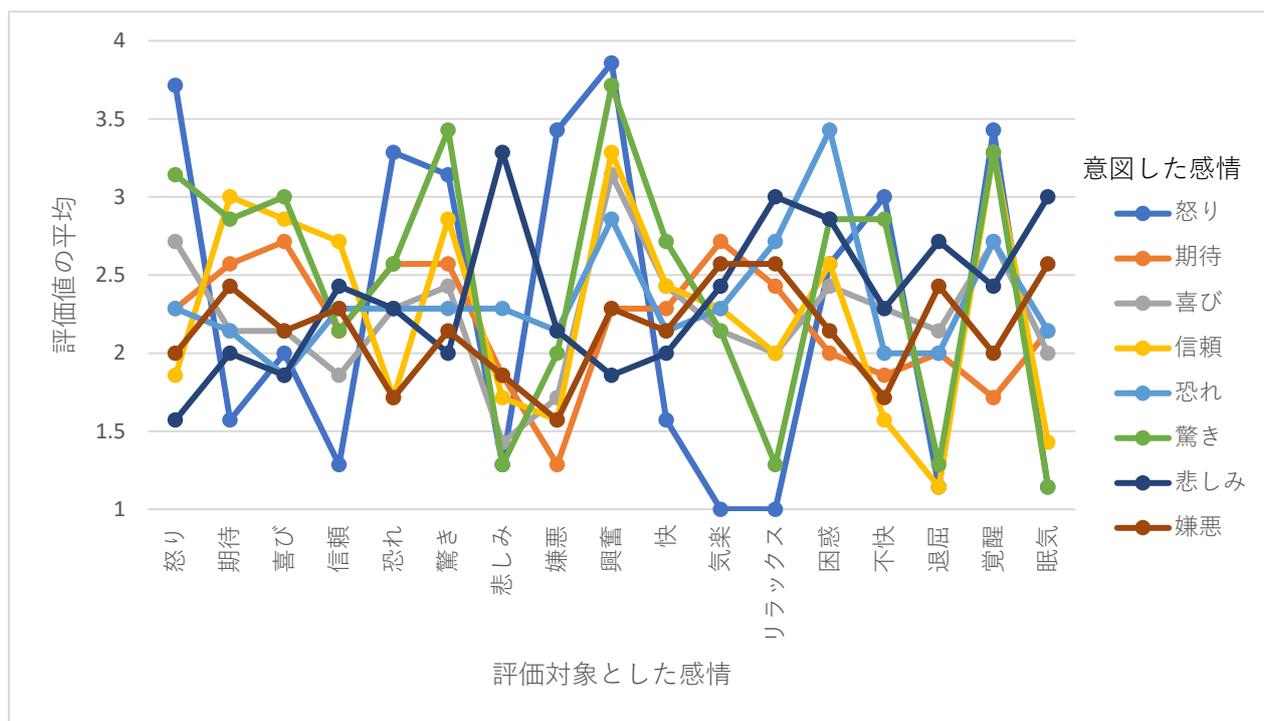


図3 評価対象とした感情に対する評価値の平均値

4. 結果

ロボットの目の発光パターンで意図した感情と評価対象とした感情に対する評価値の平均を図3に示す。意図した感情を表出するために用いた発光パターンによって、評価値の各平均値に有意差が生まれたかを判断するため、意図した感情ごとに評価対象とした感情の平均値に対して Kruskal-Wallis 検定をおこなった。その結果、「怒り」、「信頼」、「驚き」を意図して発光パターンを表出した際に、評価値の各平均値に有意な差が認められた。このことから「怒り」、「信頼」、「驚き」を表出する発光パターンは特定の感情を伝えられるという可能性を示した。

5. まとめ

ロボットが社会の多くの場面で使われるようになるロボット共生社会では、ロボットが道具として使われるだけではなく、われわれの生を豊かにする存在にもなり、そのようなロボットはユーザーにとってかけがえのない存在であってほしい。本研究では、ロボットがかけがえのない存在であると感じられるために必要な性質とインタラクションの方法について明らかにすることを目的とする。かけがえのなさや親密さについての先行研究から、ユーザーがロボットと何かを共有す

ることによって両者の間の親密さが変化し、親密さが上がることで、人はそのロボットをかけがえのない存在だとより感じるようになるだろう、という仮説を立てた。この仮説を検証するため、人とロボットの共有様式を操作し、親密さを変化させるインタラクション実験を行う予定である。本稿では、共有するもののひとつとして感情の共有を目指した予備実験として、ロボットの目の発光パターンを評価し、「怒り」「信頼」「驚き」については特定の感情を伝えられることを示した。

これは予備実験で実験参加者数が非常に限られており分析も十分ではないので、この結果をもって感情が伝えられると示されたわけではない。また感情の共有には、感情推定だけではなく参加者も同じ感情を持つことが求められる。さらに、かけがえのなさのような感覚には長期のインタラクションが必要と予想される。したがって、かけがえのなさを感じさせる性質を調べる上で必要なことは多いものの、ロボットが感情を持ち特定の感情を人が感じられる可能性を示したことは本研究の目的にむけて有益な進展だと考えられる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17H06383, JP19H00524 の助成を受けたものである。長滝祥司氏、柏端達也氏、金野武司氏、三浦俊彦氏、大平英樹氏、柴田正良氏、浅野樹里氏の有益な議論に感謝する。

文献

- [1] 外菌 祐理子・長倉 克枝 (2020) “ロボット共生社会”, 日経コンピュータ, 2020年10月1日号, pp. 6-32.
- [2] 柴田 崇徳 (2011) “アザラシ型ロボット・パロと人との相互作用に関する研究”, 日本ロボット学会誌, Vol. 29, pp. 31-34. <https://doi.org/10.7210/jrsj.29.31>.
- [3] 石黒 浩 (2012) “HRI と HRL”, 認知科学, Vol. 19, No. 3, pp. 269-275. <https://doi.org/10.11225/jcss.19.269>.
- [4] 清水 裕士 (2012) “親密な関係の構造と機能—親密性の理論と測定—”, 大坊郁夫(編著), 幸福を目指す対人社会心理学, pp. 49-69, ナカニシヤ出版.
- [5] 池田 幸恭・葉山 大地・高坂 康雅・佐藤 有耕 (2013) “大学内の友人関係における親密さと共有様式との関係”, 青年心理学研究, Vol. 24, pp. 111-124. https://doi.org/10.20688/jsyap.24.2_111.
- [6] Kahn, P. H., Jr., Kanda, T., Ishiguro, H., Freier, N. G., Severson, R. L., Gill, B. T., Ruckert, J. H., & Shen, S. (2012) “Robovie, You'll Have to Go into the Closet Now”: Children's Social and Moral Relationships with a Humanoid Robot”, *Developmental Psychology*, Vol. 48, No. 2 pp. 303-314. <https://doi.org/10.1037/a0027033>.
- [7] 勅使 宏武・寺田 和憲・伊藤 昭 (2015) “ロボットの目の動的発光が語り聞かせ時の人の感情認識に与える影響”, ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol. 17, No. 4, pp. 445-456. https://doi.org/10.11184/his.17.4_445.
- [8] 山内 厚志・寺田 和憲・伊藤 昭 (2011) “動的な発色によるロボットの感情表出”, ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol. 13, No. 1, pp. 41-52. https://doi.org/10.11184/his.13.1_41.
- [9] 谷寄 悠平・ジメネス フェリックス・吉川 大弘・古橋 武 (2017) “ロボットの表情変化と身体動作による感情表出法に関する印象実験”, 第33回ファジィシステム講演論文集, pp. 103-106. https://doi.org/10.14864/fss.33.0_103

数値推定の回答における数値選好と集合知への応用

On the preference of numbers in answering numerical estimations and its application toward the wisdom of crowds

本田 秀仁[†], 香川璃奈[‡], 白砂大[†]
Hidehito Honda, Rina Kagawa, Masaru Shirasuna

[†] 追手門学院大学, [‡] 筑波大学
Otemon Gakuin University, University of Tsukuba
hitohonda.02@gmail.com

概要

本研究では、数値推定の際に、回答フォーマットによって(数値で回答を求める vs. 尺度で回答を求める)、回答にどのような違いが生じるかについて、認知実験を実施して検討を行った。結果として、数値で回答を求めた際は特定の数値を用いて回答されやすくなることが明らかになった。また、このような回答傾向の違いは、よりよい集合知を達成する上で影響を与えることが計算機シミュレーションによって明らかになった。具体的には、グループサイズが小さい集団において、尺度で回答を求める場合のほうがよりよい集合知が達成できることが明らかになった。

キーワード: 数値推定, 回答フォーマット, 数値選好, 集合知

1. はじめに

私たちは、特定の数値に対して選好を持ち、それが数値の使用に影響を与えていることが知られている。例えば、round number (切りの良い数字), また prominent number (10 の累乗, その倍と 1/2, e.g., 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100...) などが好まれやすく、他の数値に比べ使用されやすいことが知られている (Converse & Dennis, 2018; Jansen, & Pollmann, 2001)。このような数値に対する選好は、私たちが何らかの対象に関する数値推定を求められた際の回答に影響を与えている可能性が考えられる。つまり、本質的な推定とは関係ない部分で、私たちは特定の数値で回答することを好むかもしれない。もし数値の使用に関する選好が存在するのであれば、回答は特定の方向へ歪められている可能性が考えられる。

これらの点は、異なる回答法で数値推定を求め、比較することで議論を進めることができる。回答法には、単に数値を回答させる方法 (e.g., “0~100 の間であなたが思う数値を回答してください” と数値で回答を求める), また尺度を用いて回答させる方法 (e.g., 0 と 100 を両端とする尺度を提示して “0~100 の間であなたが

思う数値を回答してください” と尺度上で回答することを求める) などがある。これらは論理的には全く同じことを求めているが、数値で回答する場合と尺度で回答する場合では、異なる回答になることがあり (e.g., Windschitl & Wells, 1996), 心理的には必ずしも同等ではない可能性がある。よって、回答法で得られた数値推定を比較することで、特定の数値に対する選好の有無を検討することができる。

以上の点は、「求めた回答は、回答者のどのような認知的・心理的側面を反映しているのか?」という測定観点から興味深いと同時に、集合知という側面からも大変興味深い。一般的に、集団のメンバー1人1人の推定値を平均すると、その値は正確になることが知られており (Surowiecki, 2004), それが例え2人でも正確になることが知られている (Herzog & Hertwig, 2009)。しかしながら、もし特定の数値への選好が回答を特定の方向へ歪めているのであれば、集合知 (i.e., 回答された数値の平均値の正確性) に負の影響を与えている可能性が考えられる。もし論理的には全く同じことを求めている場合であっても求める回答法を変えることで、より正確な集合知を引き出せるのであれば、応用的側面からも興味深い知見が得られると考えられる。先行研究では、これらの点についてほとんど検討されていない。

以上の考察に基づき、本研究では以下の2点について、約900名に対して実施した認知実験に基づいて検討を行った。

1. 数値推定の回答の際に特定の数値を使用することが好まれるのか?
2. 個々がどのような形で回答した時に、もっともよい集合知が達成できるのか?

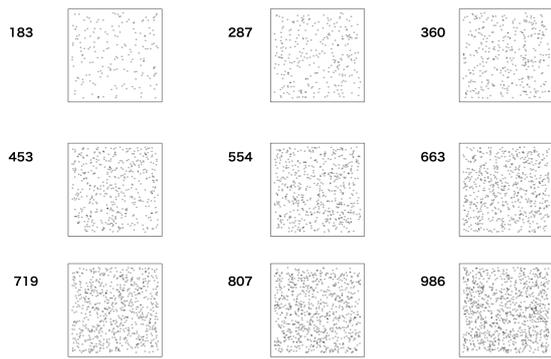


図1. 本実験で用いたドット数推定課題. 実験参加者は枠内のドット数の推定 (0~1000) が求められた. 図の左側に書いてある数値は正答のドット数.

2. 認知実験の内容と手続き

認知実験として, Horton (2010)に基づき, 図1に示すような, 枠内にあるドット数に関して, 0~1000 の間でいくつであると思うかについて, 推定するドット数推定課題を実施した. 実験参加者は回答の際, 図2に示すような7種類の回答法のうち, いずれかの方法で回答することが求められた. これらは, いずれも求めている回答内容は全く同じである. 違いは,

- 回答法: 尺度か数値か
- アンカー: 尺度の場合, 回答のアンカー (0) がついているか
- 尺度上の数値: 両端のみ, 両端+中央値, 両端+四分位数

以上の3点にまとめられる.

3. 認知実験の結果: 回答分布について

図3に結果 (回答分布のヒストグラム) を示す. このヒストグラムは, 回答0~1000を0~1上へ0.01幅でマッピングし, 作成した. 赤線はそれぞれの問題における正答を示している. 結果として, 数値で回答を求めた場合 (Number, 図2の一番下), 回答が特定の値に集中しやすいことが見て取れる. 特に, round numberを用いた回答 (100, 200, 300, ..., 900) が集中しやすいことが明らかになった.

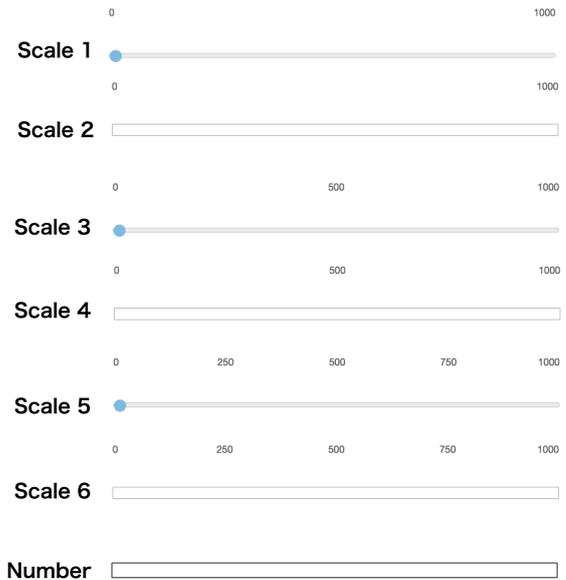


図2. 本研究で用いた回答方法. Number群はボックス内に数値を記入することが求められた.

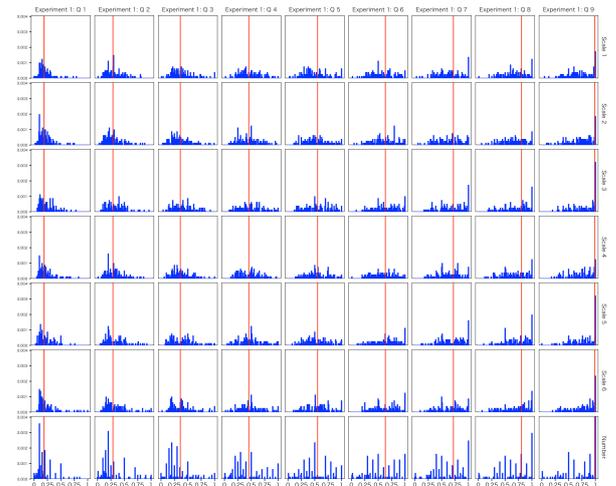


図3. 回答分布. 赤線はそれぞれの問題における正答を示している. 図は1行目から Scale 1, Scale 2, ..., Scale 6, Number群の回答を示しており, また各列は異なる問題 (左から右にかけて, 正答のドット数が増す) を示している.

4. 回答法の違いによる正答との誤差と集合知の関係

それでは, このような回答の集中は正答からどのような歪みを生じさせ, また集合知にどのような影響を与えるのであろうか. この点を検証するために, 以下

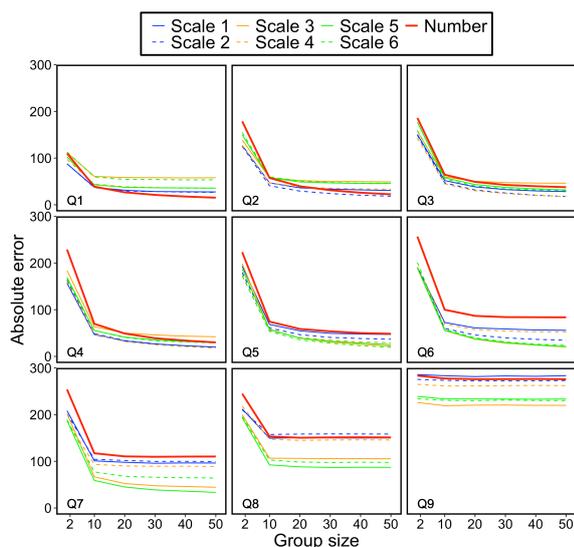


図 4. 回答と正答の誤差（絶対値）の平均値と推定人数（集合知）の関係。

のような分析を行った。まず個人の回答と正答の誤差（絶対値）について算出した。また集合知については、2人、10人、20人、30人、40人、または50人をランダムに選び出して、その平均値をグループの推定値とした上で、正答の誤差（絶対値）の大きさについて算出し、検討を行った（この手続はランダムに作成した合計 5000 グループに対して繰り返し行われた）。図 4 に結果を示す。結果は以下の 4 点にまとめることができる。

1 点目として、数値で回答を求めると（Number 群）、回答の誤差が大きくなりやすいことが示された。これは特定の数値を用いた回答が増えることによって、正答とのズレが生じやすくなる場合があることを意味する。

2 点目として、一般的に言われる集合知（個々の推定値の平均値はより真値に近づく）はどの実験群でも達成されることが示された。

3 点目として、集合知は尺度で回答を求めた場合のほうが達成されやすいことが示された。特に、グループサイズが小さい時、その効果はより大きいことが示された。

4 点目として、グループサイズが大きくなると、数値選好によるズレの影響は小さくなり、回答方法による集合知の違いは小さくなることが示された。

5. 結論

本研究の知見は以下の通りにまとめることができる。

1. 数値推定を求めた場合、数値による回答を求めると、特定の数値（e.g., round number）を用いて回答がされやすくなり、値が集中しやすくなる
2. スケールを用いて回答を求めた場合のほうが、数値で回答を求めた場合に比べ、よりよい集合知が達成される
3. 2 点目は特にグループサイズが小さい時に顕著に見られ、グループサイズが大きくなると回答法の影響は小さくなる

以上、本研究では、数値で回答を求めるとき、特定の数値が好まれやすくなることを、尺度による回答との比較から明らかにした。また、個々に尺度を用いた回答を求めるという簡単な工夫により、少ないグループサイズの集団ではより優れた集合知を達成できる可能性が明らかになった。

謝辞

本研究は JPSP 科研費 18H03501, JP19K19347, JST 未来社会創造事業 JPMJMI19G8 の支援を受けて実施された。

文献

- Converse, B. A., & Dennis, P. J. (2018). The role of “Prominent Numbers” in open numerical judgment: Strained decision makers choose from a limited set of accessible numbers. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 147, 94–107.
- Herzog, S. M., & Hertwig, R. (2009). The wisdom of many in one mind: Improving individual judgments with dialectical bootstrapping. *Psychological Science*, 20, 231–237.
- Horton, J. J. (2010). The dot-guessing game: A “fruit fly” for human computation research. Available at SSRN 1600372. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1600372
- Jansen, C. J. M., & Pollmann, M. M. W. (2001). On round numbers: Pragmatic aspects of numerical expressions. *Journal of Quantitative Linguistics*, 8, 187–201.
- Surowiecki, J. (2004). *The wisdom of crowds: Why the many are smarter than the few and how collective wisdom shapes business, economies, societies and nations*. Doubleday.
- Windschitl, P. D., & Wells, G. L. (1996). Measuring psychological uncertainty: Verbal versus numerical methods. *Journal of Experimental Psychology, Applied*, 2, 343–346.

tracrin: コミュニケーション研究で用いられる定性的記述「トランスクリプト」作成支援プログラム

tracrin: Program to support creating the qualitative descriptions used in communication research

牧野 遼作^{1,2}, 栗原 勇人², 谷貝 祐介², 門田 圭祐², 臼田 泰如³
Ryosaku Makino, Yuto Kurihara, Yusuke Yagai, Keisuke Kadota, Yasuyuki Usuda

¹広島工業大学, ²早稲田大学, ³ 国立国語研究所

Hiroshima Institute of Technology, Waseda University, National Institute for Japanese Language and Linguistics
rmakino19@gmail.com

概要

トランスクリプトは、人々のコミュニケーションを収録・録音し、定性的に分析するために欠かせない研究資源である。トランスクリプトの作成には膨大な時間を要するが、発表媒体などにあわせて調整するなど、研究にとって本質的ではない作業も多く含まれる。本発表で報告する tracrin は、発話の重なりインデント位置の自動調整を行うシステムである。本システムは、単に便利なツールだけでなく、定性的研究資源を利用した新たなデータベース研究の第一歩となりうるものである。

キーワード：会話分析(conversation analysis), 書き起こし(transcript), 会話データベース(conversation database)

1. はじめに

本稿は、社会学の会話分析研究など、人々のコミュニケーションをビデオ収録し、定性的な手法を用いてアプローチする際に作成・利用されるトランスクリプト(書き起こし)の作成支援プログラム“tracrin”の概要、利用方法、内部仕様について主に報告を行う。

現在人々がコミュニケーションする姿を収録し、その中でなされる発話から身体的な振る舞いまでを対象とした研究は、言語学、心理学、教育学、社会学、認知科学と数多くの領域でなされている。中でも録音・収録した音声/ビデオデータは、繰り返し観察することができる。この観察に基づいた定性的アプローチをもとにした研究も、談話分析[1], 文脈分析[2], 会話分析[3]などと数多く存在する。

このような音声/ビデオ観察に基づく人々のコミュニケーションに対する定性的アプローチ(以下、定性的アプローチ)では、“自身以外の研究者や読者”(以下、読者)に、観察したデータの概要をエビデンスとして示さなければならない。現在、多くのアプローチで作成・利用されるのがトランスクリプト(書き起こし)という方法である。トランスクリプトでは、データ内の発話や身体的振る舞いを時間順に書き起こすことで、データ

内の人々の振る舞いを読者に提示し、その順番やタイミングを論拠に分析を進めていく。

このトランスクリプトの中でも、発話のフィラーや笑い、引き伸ばしや発話間の重なりをどのように表現するかについて、様々な記法が開発されている。

本稿では、主に社会学の会話分析で利用される、Jefferson[4]に基づく(いわゆる Jefferson スタイルの)トランスクリプトの作成支援プログラムである“tracrin”の紹介を行う。Jefferson スタイルの特徴は、フィラーや笑いといった発話の種類分けを書き起こし時点では行わない点と、縦軸と横軸を用いて発話の重なりを視覚的理解しやすいうように提示できる点と考えられる。前者の特徴については小磯ら[5]による CSJ 方式の書き起こしと比較するとわかりやすいだろう。CSJ 方式では、フィラー発話は「(F_えーとー)」と記載するが Jefferson スタイルでは「え::と↑お」と記載する。前者は発話がフィラーであることが明確にしめされており、データベース内からフィラー発話を検索する際、利便性が高い。一方で後者は、フィラーか否かはわからないが、実際の発話をできるだけ表現しており、かつ(記法になれば)可読性が高い状態で表現している。

```
01 A k(.)こんばんわ::
02 B           [おつかれさま
03 C           [おつかれ
04 A           [そんな仕事してないよ
```

図1 Jefferson スタイルによるトランスクリプト作成例

後者の特徴を説明するため、実際のトランスクリプトを例示する(図1)。図1は左から行番号、発話者、発話内容が表記されている。発話内容の列では、発話をされた音声情報をできるだけ忠実にしめすため、笑いや呼気を示す“(h)”, 音の伸長を示す“:”, 沈黙を示す“(n.m)”

といった記号が利用される。本稿では、その中でも発話の重なり開始を示すために用いられる“[”という記号と、重なり終わりを示すために用いられる“]”という記号について着目する。

この重なりを示す記号を用いることによって、単純な縦軸以外の時系列を横方向に示すことができる。図1では、01行目のAの「こんばんは」という発話内の「んわ」と02行目のBの「おつかれさま」という発話が重なって産出され、続けて「おつかれさま」の「さま」と重なってCが「おつかれ」と発話し、さらにCの「おつかれ」の「れ」と重なってAが「そんな仕事してないよ」と発話している、という構造が縦横の時間軸を用いて、発話を単位ごとに平面上に示されている。このように、発話の時間構造を直感的に理解しやすく、可読性の高いトランスクリプトが作成できることがジェファソンスタイルの特徴といえるだろう。

ジェファソンスタイルおよび、それを拡張したトランスクリプトを作成し提示するときに重要なのは、可読性が高く、かつ研究の目的にそった適切なトランスクリプトを読者に提示することである[6]。

一方で、同じ内容のトランスクリプトであっても、可読性が高いトランスクリプトを提示するためには、プレゼンテーションか論文なのかによって、また論文であっても掲載されるページのサイズの違いといった公開媒体によって、文字の大きさ、行数の文字数などを微妙に調整しなければならない。例として図1のトランスクリプトのフォントサイズや種類をずらしたものが図2となる。図2の右側のトランスクリプトは、“[”の位置が微妙にずれるため、適宜調整が必要な状態となっている。

| | | |
|-------------------|---|-------------------|
| 01 A k(.)こんばんわ:: | | 01 A k(.)こんばんわ:: |
| 02 B [おつかれ]さま | → | 02 B [おつかれ]さま |
| 03 C [おつかれ] | | 03 C [おつかれ] |
| 04 A [そんな仕事してないよ] | | 04 A [そんな仕事してないよ] |

図2 フォントの種類・サイズ変更によるズレ

このように、媒体に合わせて“[”の位置を調整することは、研究や分析にとって本質的ではない作業であり、tracrin は、上記の“[”の位置調整を自動化することを目的とした記法とプログラムである。

2. チュートリアル

本節では、tracrin の仕様や詳細な使い方ではなく、プログラミングに触れたことがないことを想定して、も

っともシンプルに使うための方法を紹介する。なお tracrin は Python3 で作成されたプログラムであり、2020/6/30 の時点で macOS BigSur 環境の Python3.8.2 の利用を確認している。macOS ではデフォルトで Python2 が入っているため、Python3 への切り替えが必要である。Python3 への切り替え方法は、様々な手段があるが、もっとも簡単な方法として、Anaconda の導入が存在する。

Anaconda は Python の統合開発環境の一つであり、をダウンロード・インストールが GUI ベースで実施可能である²⁾。以下、anaconda ベースの Python3 が導入されていることを前提に説明を続ける。

ベースとなるプログラムは tracrin_beta.py ファイルである³⁾。tracrin を利用するためには、python3 の環境構築(ここでは Anaconda の導入)、tracrin_beta.py と ELAN から出力した text ファイルが必要となる。tracrin を利用することで ELAN から出力した text ファイルから、“[”の位置を調整した CSV ファイルと text ファイルを生成することができる。

本節では、まず ELAN ファイルから出力された text ファイルを入力とし、発話内容のインデントが自動調整された CSV ファイルを出力するまでの手順として、ELAN への記法、ELAN から txt ファイルの出力、そして tracrin の利用の3手順について順を追って説明する。

2.1 ELAN の記法と出力

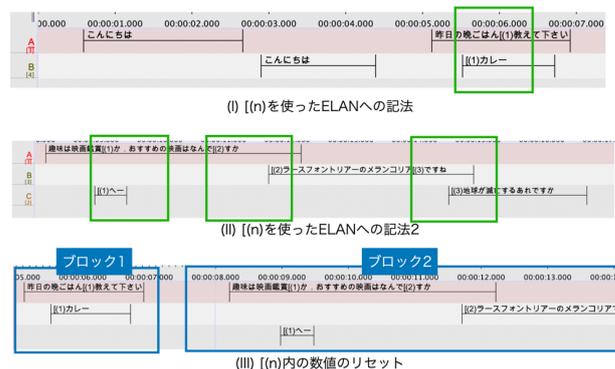


図3 ELAN 上での基本的な記法

まず tracrin を利用するために必要となる、ELAN 上での記法と出力設定について説明する。基本的に ELAN 上での発話の書き起こしは ELAN の基本機能を利用し[7]、発話内容を示すために使われる記号のほとんどは Jefferson スタイルに準ずる。本システムにおい

て、大きく異なるのは“[”記号の使い方のみである。発話の重なる開始を示すときには“[(n)”と記す(nには半角数値)を入れる(図 3-I)。nに入れる半角数値は任意であるが、同じ数値の入った箇所は重なった箇所を示す。例えば図 3-II)のように、3つの箇所で発話の重なりがあったときには“[(1)”, “[(2)”と“[(3)”のように異なる数値を使って、それぞれの重なる位置を示すことができる。なお、例ではすべて(1)から開始していたが、“[(20)”, “[(32)”のように(1)以外から開始したり、連番でなくても問題はない。

発話の重なりが続く限り、異なる数値を使う必要がある(図 3-II)。しかし、発話間の重なりが終わり、次の発話の重なりが開始されたときには、同じ数値を使っても構わない。このような発話の重なりが続く状態をブロックと呼称する。例えば図 3-III)ではAの「昨日の晩ごはん教えて下さい」とBの「カレー」の2つの発話が重なっているが、それ以降の発話とは重なっていない。そのため、この2つの発話のみでブロックが形成されている。続くAの「趣味は映画鑑賞...」、Cの「へー」、Bの「レースフォントリアーの...」の3つの発話は、前の「昨日の晩ごはん教えて下さい」と「カレー」の2つの発話とは時間的な重なりがまったくない。それ故図 3-III)内では、2つのブロックが形成されているとみなす。そして、それぞれのブロック内では、同じ数値を用いてはいけないが、異なるブロック間では、同じ数値を用いても構わない。つまり、ブロックごとに数値がリセットされているといえる。以上のようにして作成したELANファイルを図 5)の設定で、タブ区切り文書形式で保存する。

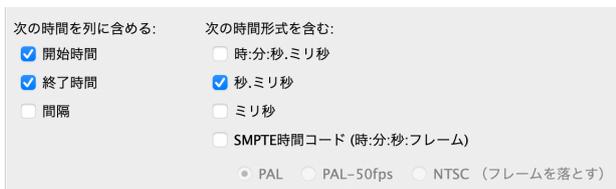


図 5 ELAN の出力設定

2.2 ターミナルによる tracin の操作

tracin_beta.py と上記の記法で用意したELANから出力したファイル(以下、dammy.txt とする)を同一ディレクトリに置いた状態を作る。ターミナルを操作し、そのディレクトリへ移動して、「python tracin_beta.py dammy.txt 04」と入力し実行する。実行後、同一ディレクトリ内に「dammy-notnum.csv」と「dammy-notnum.txt」

が生成される(図 5 と図 6)。「dammy-notnum.csv」では、右列から行数 (ID)、アノテーション種類(Label)、産出者(Speaker)、開始時間(Start)、終了時間(End)、発話内容(Content)となっている。発話内容箇所は前の行 “[” の位置までに文字数分の半角空白スペース⁴⁾が挿入されている。全角文字は半角空白スペース 2 つ分として計算して挿入されている。「dammy-notnum.txt」を word などに等幅フォントで貼り付けることで、“[” が適切な位置に調整されたファイルを作成することが可能となる。

| ID | Label | Speaker | Start | End | Content |
|----|---------|---------|-------|--------|-----------------------------|
| 1 | A_utter | A | 0.59 | 2.66 | 昨日の晩ごはん[教えて下さい |
| 2 | B_utter | B | 2.9 | 4.39 |[カレー..... |
| 3 | A_utter | A | 5.12 | 6.92 | 趣味は映画鑑賞[か、おすすめの映画はなんで[すか |
| 4 | B_utter | B | 5.525 | 6.725 |[へー..... |
| 5 | A_utter | A | 8.21 | 12.22 |[レースフォントリアーのメランコリア[ですな |
| 6 | C_utter | C | 8.98 | 9.48 |[地球が滅亡する[あれですか |
| 7 | B_utter | B | 11.71 | 14.935 |[見ると元気になるよな |

図 6 ファイル 4 notnum の CSV ファイル⁴⁾

```

1 A      昨日の晩ごはん[教えて下さい
2 B      .....[カレー.....
3 A      趣味は映画鑑賞[か、おすすめの映画はなんで[すか
4 B      .....[へー.....
5 A      .....[レースフォントリアーのメランコリア[ですな
6 C      .....[地球が滅亡する[あれですか
7 B      .....[見ると元気になるよな
    
```

図 7 ファイル 4 notnum の text ファイル⁴⁾

3. tracin 処理手順と応用的利用

本節では、tracin の処理手順を紹介すると共に、チュートリアル内では触れなかった応用的な利用と、想定した処理とはならない ELAN への記法と出力例について紹介する。

3.1 tracin における処理手順

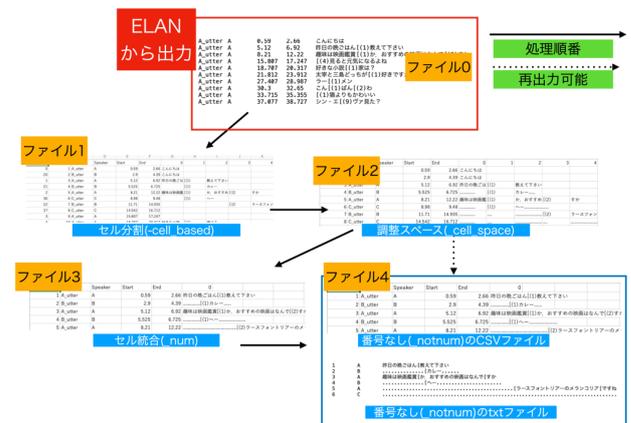


図 8 出力遷移とファイルの種類

tracin では、ELAN で出力したテキストファイルから 4 種のファイルの生成が可能である。これらのファイルは tracin の処理手順に対応している(図 8)。それぞれの

4.1 アップデート予定

今後のアップデートとしては(1)ファイル間の再出力に関するアップデート、(2) “[n]” 記号以外に対応させるアップデート、(3)1 行の文字数を指定して出力させるアップデートを予定している。

(1)現時点では、ELAN から生成されたファイル 0 からファイル 1, 2, 3, 4 への出力とファイル 2 からファイル 4 への出力のみを実装している。今後のアップデートで、ファイル 1 から 2, 3, 4, ファイル 2 から 3 への再出力を可能とする予定である。

(2)本システムでは、発話内容に含まれる “[n]” 記号を用いて、発話をセグメントとして区切り、先行発話内で同一記号のある箇所にセグメントを調整する。このとき “[n]” 以外の記号を指定できるアップデートを予定している。近年では、Mondada[8]によって、発話と身体的振る舞い間の時間的關係性を示すための記号が整理され、多くの研究で利用されている。Mondada のシステムで利用される記号は “*”, “+” などである。これらについても “[” と同様に、“(n)” をつけることで、インデントの自動調整が可能になると考えられる。また、“{A}” のような任意の記号で発話と振る舞いの開始時点を示すこともある。そちらについても、発話内容や既存の記号と重複しなければ、検索記号に “[n]” 以外の任意の記号を指定することで対応可能である。

(3)現時点では、ELAN 上の 1 注釈に記載された文字数を 1 行の文字数としている。だが前述のように、1 行の文字数は媒体によって変化しうる。現状ではファイル 2 を直接操作し、その後ファイル 4 を再出力することで 1 行の文字数が多すぎる箇所の調整が可能であるが、今後 1 行の文字数を事前に設定し、設定した文字数で行を分割した後に、インデント調整処理をする機能を実装する予定である。

4.2 今後追加実装予定のシステム

現状の tracin では、記号に基づいたセグメント分割と、分割後インデント調整により空白スペースの挿入を実施している。しかしながら、全角 2 文字、半角 1 文字として計算した半角空白スペース挿入によるインデント調整は、必ずしも綺麗に調整されるわけではない。今後はファイル 1 のセグメント区切りの状態から、発

表媒体に合わせた大きさの画像ファイルを出力することが望ましいと考えられる。

画像ファイルの作成方法としては、様々なものが考えられる。一つの方法として Python の GUI パッケージの利用が挙げられるだろう。図 6 は Python の GUI の一つである Kivy を用いて tracin の結果を出力したものである。今後は、GUI を用いることで、横幅などを任意に指定し、その幅に合わせた 1 行の文字数でのインデント調整を実施する可能性について検討していきたい。

| | | |
|----|---|---------------------|
| 10 | A | 好きな小説[家は？ |
| 11 | C |[武田泰[淳 |
| 12 | B |[ひかりごけの |
| 13 | A | 太宰と三島どっちが[好きですか |
| 14 | B |[どっちも友人にはしたくない |

図 6 GUI による出力

さらに、GUI によりトランスクリプトを出力する場合は、動画との連携が可能となる。例えば、該当行をクリックすることで、動画の該当箇所を再生する機能を実装可能である。会話分析においては、多人数によるデータセッションが重要である。近年では、遠隔でのデータセッションのやり方が模索されているが、動画再生のタイムラグなどが問題となっている。GUI システムを実装することで、新たな遠隔データセッションの形を提示することが可能になると考えている。

4.3 データベースへの利用可能性

最後に、tracin 内で生成されるファイル 1 (セグメントで区切られたファイル) が会話データベースで利用可能かについて議論する。Jefferson スタイルは、その特徴として可読性を重視しているものの、データベースでの検索には適さない。一方で、セグメントに区切られたファイル 1 には、セグメントごとに発話の種類 (たとえばフィラーや笑い) などのメタ情報を付与することができると考えられる。会話分析で用いられるトランスクリプトは、研究発表のための資料というだけではなく、論旨を突き進めるための資源と位置づけられるものである。そして、トランスクリプトを作成するためには、膨大な時間とデータセッションなど他者との共同作業を必要とする[8]。よって、会話分析のトランスクリプトは大変貴重な研究資源だといえよう。

現時点の tracin 自体では、これまで word などで作成されたトランスクリプトをデータベース化することはできない。しかしながら、このようなシステムを構築することは、様々な記法により作成され、貴重な研究資源である書き起こし様々な方式のデータと結びつけ、新たな研究を進めるために必要となりうる会話データベース構築の一步となりうると考えられる。

脚注

- 1) 日本語に対応した記号については西阪[10]が整理したルールが多く用いられている。
- 2) Anaconda については、以下の URL よりダウンロードが可能である。 <https://www.anaconda.com/>
- 3) tracin_beta.py については、以下の URL より配布している。 <http://makino.com/tracin/>
- 4) 本稿ではスペースは説明の可視性のため “.” に置き換えられている。実際の tracin_beta.py では空白(半角スペースが付与される)。
- 5) チュートリアルでは説明を簡略化・具体化するために同一ディレクトリ内のファイル指定のみを説明したが、相対パスを利用した指定も可能である。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 17K18330 の助成を受けたものである。

文献

- [1] 林宅男(2008). “談話分析のアプローチ 理論と実践”, 研究社
- [2] Kendon, A. (1990). “Coconducting interaction: patterns of behavior in focused encounters”, Cambridge University Press
- [3] Sacks, H., Schegloff, E. A., Jefferson, G., 1978. A simplest systematics for the organization of turn taking for conversation. , Schenkein, J. (Ed.), “Studies in the Organization of Conversational Interaction”, Academic Press, New York, pp. 7-55.
- [4] Jefferson, G (2004). Glossary of transcript symbols with an introduction. Lerner, G. H. (Ed.), “Conversation analysis: Studies from the first generation”, pp.13-23, Philadelphia: John Benjamins Pub.
- [5] 小磯花絵・西川賢哉・間瀬洋子(2006).転記テキスト, “日本語話し言葉コーパスの構築法” 国立国語研究所報告 124 pp.23-132 国立国語研究所.
- [6] Mondada, L., (2007). Commentary: transcript variations and the indexicality of transcribing practices, “Discourse Studies”, Vol.9 No. 6, pp.809-821.
- [7] 細馬宏通・菊地浩平(編)(2019). “ELAN 入門”, ひつじ書房

- [8] 串田秀也・平本毅・林誠(2017). 会話分析入門, 勁草書房.
- [9] Mondada, L., (2009). Emergent focused interactions in public places: A systematic analysis of the multimodal achievement of a common interactional space, “Journal of Pragmatics” Vol41, pp.1977-1997.
- [10] 西阪仰(2008). “分散する身体”, 勁草書房.

傘回しの一人称研究による身体知獲得過程の分析

An Analysis of the Process of Acquiring Bodily Knowledge of Umbrella Spinning with First-Person's View

渡邊 樹生[†], 小倉 加奈代[‡]
Tatsuki Watanabe, Kanayo Ogura

[†]株式会社リペア, [‡]岩手県立大学
REPAIR Inc., Iwate Prefectural University
ogura_k@iwate-pu.ac.jp

概要

本研究では, 教示言語化行為が, 身体知獲得の促進に繋がっており, 技能習得に取り組む人間が意識する課題や身体部位の違いにより成長度合いに変化が生じることを仮説とし, 一人称視点での傘回しに関する身体知獲得における教示言語化行為の影響を検討した. その結果, 言語化行為によって意識化に該当する記述が行われた直後は, 前回の成果よりも低下し無意識化の崩壊が行われること, 同じ練習段階でも練習中の意識対象が異なることで成果に幅が生じることが確認できた.

キーワード: 身体知, 一人称研究, 言語化行為, 傘回し

1. はじめに

技能習得において一人称視点による言語化行為は身体知の獲得を促進するとされている[1]. 身体知の獲得過程を統合失調症患者の視覚性失認の症状を逆に辿ることで考察している田中らの研究[2]では, 日常的な操作(無意識下で行うことが可能な操作)はできるにもかかわらず, その操作を意識的に行おうとするとできないという視覚性失認の観点から, 操作の無意識化は意識化の反芻の先に生まれるものであり, また無意識化操作は, 新しい意識化操作により既存の無意識化が崩壊し, 質の高い無意識化操作に繋がるとされている. また, 有富ら[3]は, 言語化行為について, 自身のモチベーションが上がるようなポジティブな発言や記述であり, 単純な筋力や持久力に大きく影響を与えるとされる「動機付け」と, 自身の操作についての意識的説明であり, 精密性や正確性に影響を及ぼすとされる「教示」の2種類に分類できると説明している. しかし, 教示言語化行為では, どの発言がどの操作に影響を与えているかが曖昧である. そのため, 常に技能習得の成果が上がるわけではない. 教示言語化行為は, 同じ操作を行っている場合でも, 個人の心的状態や意識している身体部位や外部環境に対する個々の解釈に差異があり, 普遍的な解を問うことは困難である.

本研究では, 教示言語化行為が, 身体知獲得の促進に

繋がっており, 技能習得に取り組む人間が意識する課題や身体部位の違いにより成長度合いに変化が生じることを仮説とし, 一人称視点での傘回しに関する身体知獲得における教示言語化行為の影響を検討する.

2. 関連研究

本稿では, 一人称研究の実践例に関する研究, 言語化行為の影響に関する研究, 身体知習得過程における身体図式に関する研究を取り上げる.

2.1. 一人称研究の実践

山田ら[4]は, けん玉の技の一つである「ふり剣」の習得を目指し, どのように技を習得していくのかを一人称の視点から記録し, 上達過程を観察した. 練習中の発話について, ふり剣試行を5つの段階に分類した結果, 第1期と第3期が成功率の停滞期であり, 軌道についての発話が多く, 第2期と第4期は成功率の上昇時期あり, 振り出しを意識することが多い事が観察された. この振り出しへの意識がふり剣成功の主要なポイントと考えられる.

2.2. 言語化行為が運動パフォーマンスに及ぼす影響

有富ら[3]は運動技能習得とセルフトークの関係について, クロールの400mのパフォーマンスにどのような影響を与えるかを調査した. その結果, ポジティブ感情生起を目的とする動機付けセルフトークにより, 実験参加者の意図によらず身体の運動が充進される可能性があること, 身体的運動強度や疲労度の知覚を抑え, 緩和する機能があることが示された.

2.3. 身体知習得過程における身体図式

田中ら[2]は、身体運動の記述に必要な3つの概念(身体図式, 身体イメージ, 指向弓)を析出し, メルロ=ポンティの考察を順序立てて逆方向に辿ることで運動学習の過程を再考している. その結果, 運動習得過程において身体イメージ→身体図式の型が当てはまり, スポーツ等においてコツと呼ばれるものは無意識化で行われるものがほとんどであり, それらの定着には類似の環境の経験, その反復が不可欠であると述べている.

3. 傘回しの身体知獲得のための実践

本研究では, 本研究を遂行する男子大学生 (20代) 1名が傘回しスキルを習得する. 傘回しは, 開いた和傘の上に手毬を載せて落とさないように回す芸である. 今回, 傘回しを選んだ理由は, 傘回し練習者 (以下, 練習者) が, 傘回しに取り組んだことがないこと, 傘回しの一連のスキルが単純であり, スキル自体が一意であるためである. また, 今回傘回しに使用する和傘は全長89cm, 直径90cm, 親骨40本, 重量300g, 手毬は直径10cmである.

3.1. 練習方法

パフォーマーによる傘回し解説動画[5]にある9つの段階に分割し(表1), STEP9の乱回しを最終目標とし, STEP1から順番に1回につき約30分(週3回程度)練習した. なお, 練習時には, 他者からの助言はもらわないこと, 過去のテスト記録(後述)は閲覧しないこととした.

表1 傘回しの9つのステップ

| 段階 | 操作内容 |
|-------|--|
| STEP1 | 傘上で手毬を前後に動かしバランスをとる |
| STEP2 | 傘上で手毬を1マスずつ動かす |
| STEP3 | 傘上で手毬を数マス動かして止める |
| STEP4 | 傘上に手毬をのせた状態で右手を左右に振る |
| STEP5 | 顔の高さで傘上に手毬をのせた状態で回す |
| STEP6 | 傘上に手毬をのせた状態で頭上に持ち上げる |
| STEP7 | 傘上に手毬をのせた状態で手毬と右手の位置を固定したまま頭上で傘を1回転させる |
| STEP8 | 傘上に手毬をのせた状態で傘を回しながら頭上に持ち上げる |
| STEP9 | 乱回し (STEP7+手毬回転) |



図1 STEP9乱回しの撮影内容

表2 自己評価項目

| 評価項目 | 内容 |
|------|-------------|
| 項目1 | 傘の軸がぶれない |
| 項目2 | 傘止まりの接地面が水平 |
| 項目3 | 傘の回転がなめらか |

練習後はビデオカメラによる撮影(図1)を行いながらその日に練習したSTEPのテストを3回行い, 成功回数(STEP5,6は秒数)を記録した. また, 自己評価項目(表2)をそれぞれ5段階(1:できなかった, 2:あまりできなかった, 3:普通, 4:十分にできた, 5:完璧にできた)で評価した. 最後にその日の練習(テスト含む)について練習中に行った動作についての記述や動作中の自身の心情, その変化の過程, 動作によって生じる傘の動きや鞆の動きについて, 次回の実践で自身が意識を向けるべき課題について言語記録を作成した(表3).

練習段階の移行については, 自己評価3項目をそれぞれ点数化し, 平均点が4点以上になったところで次STEPへ移行することとした.

表2 言語記録例

| |
|---|
| 例1 |
| 球の軌道が読めるようになってきた。足も使いバランスを崩した時に対応が取れるようになった。出来るだけ視線をキープするように意識し、球が転がる先をイメージしてある程度傾きを保つようにした。(2020/6/18) |
| 例2 |
| 前回と比べ傘の角度をうまく保てるようになり、落下がかなり少なくなった。回す位置は奥側で回すことは不可能だが、止めて手前に戻すことは可能。手前の中でも回しやすいのは正面、右、左の順だった。(2020/8/2) |

4. 傘回しの身体知獲得過程の分析

傘回しスキル獲得のための練習と記録は2020年6月1日から9月14日の期間に計35回行われた。前述の練習段階で区切ると、STEP1(1回)、STEP2(3回)、STEP3(3回)、STEP4(6回)、STEP5(2回)、STEP6(4回)、STEP7(1回)、STEP8(1回)、STEP9(14回)であった。STEP4とSTEP9については操作自体の難易度が他のSTEPよりも高く、練習日数が増える結果となった。言語記録でもミスについての記載が多く見られ(表3)、練習者の感覚としても高難易度であったことがわかる。

表3 STEP4, 9の言語記録(一部抜粋)

| |
|--|
| STEP4(2020/6/24) |
| Step4に入った。左右に振ることを初めて行ったので初期の印象を記述する。バランスの乱れが大きくなった。特に今までは傘の軸の自分側で球を回していたが、奥側でバランスをとることが多々あった。奥側はかなりの角度をつけないと復帰が難しいため、そのような意識の必要がある。 |
| STEP9(2020/8/13) |
| あまり成長を感じられなかった。目標は乱回しを連続してすること。現状ではまだ1回転させてはバランスを立て直して、という感じだった。傘の傾け方、角度にムラがあるせいで回転が不自然なのではないかと感じた。 |

4.1. 自己評価スコア推移

図2は練習期間中の自己評価スコア(前章の3つの自己評価項目を練習日の最後に3回テストした際の5段階評価の平均値)の推移を表したものである。試行日数の多かったSTEP4(6月24日~7月6日)やSTEP9(8月10日~9月14日)はスコアの上下が大きく、特にSTEP9は他のSTEPと比較してスコアの低さや停滞が確認でき、難易度が高かったことがうかがえる。

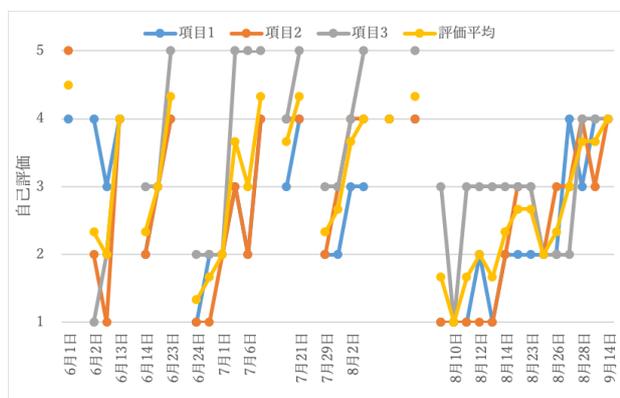


図2 練習期間中の自己評価スコアの推移

4.2. 言語記録の分析

言語記録内容を表4の項目別に分類した。

表4 言語記録の分類項目

| 項目 | 内容 |
|--------------|-----------------------|
| 推測 | 記録された内容が自身の推測によるものか |
| タイミング | 傘回し操作のどのタイミングで行われるものか |
| 何をした(する)か | 自身が意識的に行った操作 |
| 何が起きるか | 自身以外(傘や球)の事象の変化 |
| 何ができるようになったか | 自身に身についた、達成されたとされる事柄 |
| 意識対象 | 傘, 球, 身体部位 |

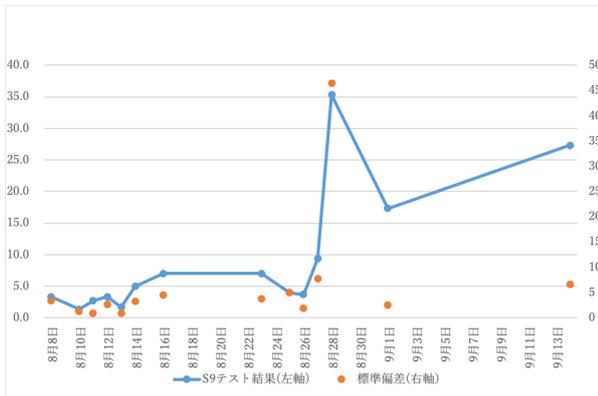
STEP9の言語記録内容を分析したものが表9(論文末)である。「何をした(する)か」は練習中に自身が意識的に行った操作についての記述で、田中らの研究[2]でいう「意識化」と呼ばれるものに該当する。また、「何ができるようになったか」は自身に身についた、達成したとされる記述で「無意識化」と呼ばれるものに該当する。言語化記録の分析では意識化についての記述が行われた後にそれらが達成される無意識化の記述が行われる流れが見られた。しかし、一部で意識化についての記述が行われたのにも関わらず、無意識化の記述では該当する記述が見られない部分も一部観察された。

意識対象については傘, 球, 身体部位の3項目に設けてはいたものの、球を意識対象とした記述はほとんど見られなかった。また身体部位に関しては手首や前腕、腕全体等意識の対象が期間ごとによって異なっていることがわかった。傘についての意識はしばしば見られたが、身体部位への意識ほどの記述が少なく、また傘への意識的操作を行う身体部位への意識的操作などは、身体部位への意識として分類したことも要因の一つとして考えられる。

4.3. テスト結果推移

難易度が高く、試行日数が多かったSTEP9のテスト結果を図3に示す。なお、考察の際に、テスト結果を8月8日から8月23日までの8回をSTEP9前期、8月25日から9月14日までの6回をSTEP9後期と2期に分けた。

図3 STEP9 のテスト結果推移



STEP9 前期はSTEP9 後期と比較すると、テストの成功回数が少なく、最高で13回連続で成功、1日の平均値では7回が最も高い値であった。また成長の過程としては8月10日、8月14日のように前回の結果よりも低下する日が見られ、8月14日以降は上昇を続け、以降STEP9 前期期間中、テスト結果の低下はなかった。

STEP9 後期はSTEP9 前期と比較すると、テストの成功回数が多く、最高で101回連続で成功、1日の平均値では35.3回が最も高い値となった。成長の過程では8月25日と8月26日の2日間にかけて前回の結果よりも低下する傾向が見られ、以降は大幅な上昇を見せた。8月28日は一度100回以上の結果が見られたが、その日の他の結果や標準偏差を見てもわかるように、一時的なもので平均値としては大きく外れる値となっている。STEP9 後期の方がSTEP9 前期よりも、結果低下後の上昇が多くなっていることも確認できた。

4.4. 言語記録内容とテスト結果の相関

本実験のSTEP9の練習過程をSTEP9 前期とSTEP9 後期に分けたが、それをテスト結果の過程から、8月8日から8月13日までをSTEP9 前期停滞期、8月14日から8月23日までをSTEP9 前期上昇期にわけ、STEP9 後期を8月25日から8月26日をSTEP9 後期停滞期、8月27日から9月14日までをSTEP9 後期上昇期にわけ、それぞれの期間の言語記録との対応を分析した。

4.4.1. STEP9 前期停滞期

STEP9 前期停滞期の言語記録を表5に示す。STEP9 前期停滞期ではタイミングに関して、回し始めでの感想が多く見られた。意識対象は傘と手首についてで、特に手首の柔軟性を意識することを重視していた。また

一度結果が上昇した8月12日は意識していた内容が体に馴染んできたというような記載も見られた。全体的には乱回し始めた後の期間であったためミスについての記載が目立ち、傘を回転させる際のバランスに苦戦する箇所が多く見られた。

表5 STEP9 前期停滞期の言語記録 (項目分類後)

| 日付 | 練習 | タイミング | 何がするか | 何が起きるか | 何ができる様になったか | 意識対象 |
|-------|----|-------|------------|--------|-------------|------|
| 8月8日 | 練習 | 回し始め | | | | 傘の位置 |
| 8月10日 | 練習 | | 手首の動き | ゆるりと回す | | 手首 |
| 8月11日 | 練習 | 回し終わり | ゆっくり回す | 安定する | | 傘 |
| 8月12日 | 練習 | | 手首を後ろ手に動かす | 乱回し始める | | 傘、手首 |
| 8月13日 | 練習 | | | | | |
| 8月14日 | 練習 | | | | | |
| 8月15日 | 練習 | | | | | |
| 8月16日 | 練習 | | | | | |
| 8月17日 | 練習 | | | | | |
| 8月18日 | 練習 | | | | | |
| 8月19日 | 練習 | | | | | |
| 8月20日 | 練習 | | | | | |
| 8月21日 | 練習 | | | | | |
| 8月22日 | 練習 | | | | | |
| 8月23日 | 練習 | | | | | |
| 8月24日 | 練習 | | | | | |
| 8月25日 | 練習 | | | | | |
| 8月26日 | 練習 | | | | | |
| 8月27日 | 練習 | | | | | |
| 8月28日 | 練習 | | | | | |
| 8月29日 | 練習 | | | | | |
| 8月30日 | 練習 | | | | | |
| 9月1日 | 練習 | | | | | |
| 9月2日 | 練習 | | | | | |
| 9月3日 | 練習 | | | | | |
| 9月4日 | 練習 | | | | | |
| 9月5日 | 練習 | | | | | |
| 9月6日 | 練習 | | | | | |
| 9月7日 | 練習 | | | | | |
| 9月8日 | 練習 | | | | | |
| 9月9日 | 練習 | | | | | |
| 9月10日 | 練習 | | | | | |
| 9月11日 | 練習 | | | | | |
| 9月12日 | 練習 | | | | | |
| 9月13日 | 練習 | | | | | |

4.4.2. STEP9 前期上昇期

STEP9 前期停滞期の言語記録を表6に示す。STEP9 前期上昇期では意識した内容よりも、乱回しの操作自体に慣れてきたような記述が多かった。前期停滞期と比べ「何ができるようになったか」の無意識化にあたる部分の記載が増加したが、逆に意識していた内容にはばらつきがあり、意識対象も最終日以外は記載が見られなかった。

表6 STEP9 前期上昇期の言語記録 (項目分類後)

| 日付 | 練習 | タイミング | 何がするか | 何が起きるか | 何ができる様になったか | 意識対象 |
|-------|----|-------|----------------------------|-----------------|-------------|------------|
| 8月14日 | | | | | | |
| 8月15日 | 練習 | | 今までより強めに回し、回す速度で逆向きに回転をかける | | | コブをつかんだ |
| 8月16日 | 練習 | | | 最後のブレが残り連続で行えない | | 回転させるコブを回す |
| 8月17日 | 練習 | | | | | |
| 8月18日 | 練習 | | | | | |
| 8月19日 | 練習 | | | | | |
| 8月20日 | 練習 | | | | | |
| 8月21日 | 練習 | | | | | |
| 8月22日 | 練習 | | | | | |
| 8月23日 | 練習 | | | | | |
| 8月24日 | 練習 | | | | | |
| 8月25日 | 練習 | | | | | |
| 8月26日 | 練習 | | | | | |
| 8月27日 | 練習 | | | | | |
| 8月28日 | 練習 | | | | | |
| 8月29日 | 練習 | | | | | |
| 8月30日 | 練習 | | | | | |
| 9月1日 | 練習 | | | | | |
| 9月2日 | 練習 | | | | | |
| 9月3日 | 練習 | | | | | |
| 9月4日 | 練習 | | | | | |
| 9月5日 | 練習 | | | | | |
| 9月6日 | 練習 | | | | | |
| 9月7日 | 練習 | | | | | |
| 9月8日 | 練習 | | | | | |
| 9月9日 | 練習 | | | | | |
| 9月10日 | 練習 | | | | | |
| 9月11日 | 練習 | | | | | |
| 9月12日 | 練習 | | | | | |
| 9月13日 | 練習 | | | | | |

4.4.3. STEP9 後期停滞期

STEP9 後期停滞期の言語記録を表7に示す。STEP9 後期停滞期では意識した内容が限定されており、腕全体で回すという意識の記載が一貫して行われていた。腕全体で回すという意識は前期上昇期の最終日から続けて行われており、体に身についていないためか、「力加減」に関しての記述が多く見られた。後期停滞期最終日は感覚として何か掴んだような記述は見られたが、結果自体には反映されていなかった。

表7 STEP9 後期停滞期の言語記録 (項目分類後)

| 日付 | 練習 | タイミング | 何がするか | 何が起きるか | 何ができる様になったか | 意識対象 |
|-------|----|-------|-------|--------|-------------|------|
| 8月25日 | | | | | | |
| 8月26日 | 練習 | | | | | |
| 8月27日 | 練習 | | | | | |
| 8月28日 | 練習 | | | | | |
| 8月29日 | 練習 | | | | | |
| 8月30日 | 練習 | | | | | |
| 9月1日 | 練習 | | | | | |
| 9月2日 | 練習 | | | | | |
| 9月3日 | 練習 | | | | | |
| 9月4日 | 練習 | | | | | |
| 9月5日 | 練習 | | | | | |
| 9月6日 | 練習 | | | | | |
| 9月7日 | 練習 | | | | | |
| 9月8日 | 練習 | | | | | |
| 9月9日 | 練習 | | | | | |
| 9月10日 | 練習 | | | | | |
| 9月11日 | 練習 | | | | | |
| 9月12日 | 練習 | | | | | |
| 9月13日 | 練習 | | | | | |

4.4.4. STEP9 後期上昇期

STEP9 後期上昇期の言語記録を表8に示す。STEP9 後期上昇期では意識的な記述が極端に減っていたが身についた動作についての記述が増加し、後期停滞期で意識内容の主だった「腕全体から回す」という意識からきている記述が多く見られた。また連続で成功することに安定してきていた時期では、技術的説明である教示の言語化行為よりも筋肉疲労などの物理的な疲れや、続ける精神力などについての記載が増加した。

表8 STEP9 後期上昇の言語記録 (項目分類後)

| 日時 | 練習 | タイムング | 何が出来るか | 何が出来るようになったか | 意識対象 |
|-------|--------|-------|-----------------|----------------|------|
| 8月27日 | 練習時 | | 練習時はあまり良い調子ではない | | |
| | 話し始め | | 腕全体から回す | 安定した回転 | |
| | テスト1回目 | | | | |
| 8月28日 | | | | 100回転動した | |
| | | | 肘と肩の動きを感じた | ゾーン構築 | |
| | | | 腕から回し始める意識 | 腕から回し始める意識が働いた | |
| 9月1日 | | | やや不安定な状態 | 安定した回転 | |
| 9月14日 | | | ミスが増加 | | |

4.5. 考察

前述の結果より、身体知習得過程における成果の停滞期では、教示言語化行為において、自身が意識する事象や対象についての記述が多く、一定の期間同様の意識を持つことが確認された。逆に上昇期では、意識する事象や対象についての記述がまばらであったり、そもそも記述がない場合も見られたりした。上昇期では自身の身体的操作の慣れについての記述が多く見られるようになり、意識化の操作が無意識化の操作に変化したことが考えられる。意識化の操作が行われている段階では成果の停滞が見られ、無意識化の操作に変化した後は成果の上昇が見られた。STEP9 前期で無意識化された操作はSTEP9 後期に行われた別の意識化操作によって既存の無意識化操作が崩壊し、一時的に成果が落ちていた。

また、STEP1~STEP8 の言語記録について、STEP9 のような停滞期と上昇期が見られなかった。これらの理由としては傘回しの中でも一部の限定的な操作であったこと、難易度が低く意識の違いによった成果の変化が少なかったことが考えられる。

STEP9 前期の身体知習得の過程とSTEP9 後期の身体知習得の過程での意識化を行う事象や身体部位について、前期は「手首の柔軟性」について多く意識を持って練習を行っており、STEP9 後期は「腕全体で回す」ことについての意識で練習が行われていた。STEP9 前期で無意識化された操作はSTEP9 後期の新しい意識化操作により意識化の崩壊が行われたと考えられる。

STEP9 前期とSTEP9 後期で意識化操作の違いがあり、またそれらの無意識化によって得た成果にもそれぞれ違いが見られ、前期よりも後期の無意識化操作が大きく成果をあげた。このことから、意識化操作の意識対象の違いによってその無意識化操作の成果にも違いが生まれ、その過程に相関があると考えられる。

5. おわりに

本研究では、実際に言語化行為の身体知獲得過程を分析し、実際に言語化行為によって意識化に該当する記述が行われた直後は、前回の成果よりも低下し無意識化の崩壊が行われたと考えられる流れが確認できた。

また教示の言語化行為における意識箇所の差異と身体知獲得の成果の成果に相関がみられるという仮説において、教示言語化行為の意識箇所の差異分析から見た身体知獲得過程の推移、成果の推移の相関について調査を行った。最終的な目標に設定された乱回しの練習段階では実際に言語化行為を行った練習で成果の流れに差異がみられ、さらにその意識対象が異なることで成果にも幅があることが確認された。

本研究では傘回しのスキル習得を9段階に分類して練習を行い、その都度テストや言語記録作成を行ってきたが、最終目標である乱回しのSTEP9以外の練習段階では、成長の過程に大きな上下が見られなかった。これらの理由としては、低難易度であったがために自己評価や成果が初めから高かった、次段階への移行を一定期間ではなく自己評価を基準としており、十分な練習期間が設けられなかったことが考えられる。

参考文献

- [1] 堀内隆仁, 諏訪正樹: 走りを追求するアスリートの物語 -身体で実践し, 気づき, 考え, 解り, 実践する-, 人工知能学会第30回全国大会, 1M4-OS-14a-5, 2016.
- [2] 田中彰吾: 運動学習におけるコツと身体図式の機能, パイオメカニズム学会誌, Vol37, No.4, pp.205-210, 2013.
- [3] 有富公教, 外山美樹, 沢宮容子: セルフトークが運動パフォーマンスに及ぼす影響, スポーツ心理学研究, Vol40, pp.153-163, 2013.
- [4] 山田陽平, 相田優希: けん玉の技を習得する過程の研究, 日本認知科学会第36回大会予稿集, pp.675-678, 2019.

表9 言語記録の分類結果 (STEP9)

| 日付 | 言語化行為 | 推測 | タイミング | 何をするか | 何が起きるか | 何ができる様になったか | 意識対象 |
|-------|---|----|----------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------|
| 8月8日 | 回し始める位置が特になかった。 | | 回し始め | | | | 球の位置 |
| | 以前のように、回しはじめと回し終わりの立ち位置や傘の角度に差異があるからだと思った。 | 推測 | 回し始め | | 始めと終わりで立ち位置が異なる | | |
| | 手首の動きが鈍く傘を滑らかに回せていない | | | 手首の動き | 鈍く、傘をなめらかに回せていない | | 手首 |
| 8月10日 | あまり変化がなかった。 | | | | | | |
| | ゆっくり回しながら回すのも意外と安定するなと思った。 | | | ゆっくり回す | 安定する | | 傘 |
| | 現状まだ回し終わりの傘が水平でなく、こぼれてしまう。 | | 回し終わり | | 水平にならず揺れる | | 傘 |
| 8月11日 | 傘のバランスを保つのが重要で手首を滑らかに動かせること回しやすい | | | 手首を滑らかに動かす | 回しやすい | | 傘、手首 |
| | 現状2回以上連続してはできない。 | | 2度目の乱回し | | 落球 | | |
| 8月12日 | やや手首の動きが柔らかくなり、練習時ではある程度連続できる時もあった。 | | | | | 手首の動きが柔軟に連続してできる様になった | 手首 |
| 8月13日 | あまり成長を感じられなかった。 | | | | | | |
| | 目標は乱回しを連続してすること。 | | | 乱回し | 連続して行う | | |
| | 現状ではまだ1回転させてはバランスを立て直して、という感じだった。 | | 乱回し | | 回転後にバランスを崩す | | |
| | 傘の傾け方、角度にムラがあるせいで回転が不自然なのではないかと感じた。 | 推測 | | | 角度にムラがあるため回転が不自然 | | 傘(角度) |
| 日付 | | 推測 | タイミング | 何をするか | 何が起きるか | 何ができる様になったか | 意識対象 |
| 8月14日 | ややコップを傾んだように感じた。 | | | | | コップをつかんだ | |
| | 今まで想定していたより傾きは激しい方が良く、回し切る直前でやや逆向きに回転をかけてと傘の傾きに沿って回転してくれることがわかった。 | | | 今までより強めに傾け、回し切る直前で逆向きに回転をかける | | | |
| 8月16日 | 回転させる時のコップが若干傾んだような気がした。 | 推測 | | | | 回転させるコップを傾む | |
| | まだ直後のブレは残って連続して行えるほどの安定性はないが、球を落とす時は特に回転を始めた後の裏側から手前に戻るタイミングに収束したような気がする。 | 推測 | | | 直後のブレが残って連続で行えない(ミス)裏から手前に戻す時に多い | | |
| | その瞬間の傾きがまだ未熟なのではないかと感じた。 | | | 傾きが強い(強める) | | | |
| 8月23日 | ややフランクが開いてしまったがあまりミスが目立つことや特に動きが鈍くなることもなかったように感じる。 | | | | | フランクの割に目立ったミスなく全体的に動きが身についた | |
| | 手首での動きより腕全体で回したほうがミスのリカバリーが働きやすくなった | 推測 | ミスのリカバリー | 腕全体で回す | | | 腕全体 |
| | 回す時の思い切りが良く、ある程度振り回しても強引に立て直したりできていたように感じた。 | | | | | 回すときの思い切りが良い立て直し | |
| 日付 | | 推測 | タイミング | 何をするか | 何が起きるか | 何ができる様になったか | 意識対象 |
| 8月25日 | 前回より硬くなってしまい回転が緩かったり、逆に強すぎて遠心力で落ちてしまうことも多々あった。 | | | | 前回より硬い 回転が緩かったり、強すぎて遠心力で落ちる | | |
| | 腕全体で回すイメージだが、手首よりも回転時の力加減が難しい | | | 腕全体で回す(力加減) | 力加減が手首より難しい | | 腕全体 |
| | 次回は足の移動も意識して、お見切りよく回し、リカバリーに対応できるようにする | | | 足の移動の意識 | | | 脚 |
| 8月26日 | テストの結果に反し、自分の中では何か傾んだような気がした。 | 推測 | | | 何か傾んだ気(テスト結果は低い) | | |
| | 腕全体からの意識で回しやすくなった。 | | 回し始め | 腕全体から動かす | | 回しやすくなった | 腕全体 |
| | まだ安定性には欠けるがこれを繰り返すことで上達すると感じた。 | 推測 | | 腕全体から動かす | | | |
| 日付 | | 推測 | タイミング | 何をするか | 何が起きるか | 何ができる様になったか | 意識対象 |
| 8月27日 | 練習時はあまり良い調子ではないという感覚だった。 | | 練習時 | | 練習時はあまり良い調子ではない | | |
| | 特に回し始めが良い安定した回転が生まれると感じた。 | | 回し始め | 腕全体から回す | | 安定した回転 | |
| | テストでは11回目が過去最高の20回に到達し、実際に傾んできたものがあると感じた | | テスト1回目 | | | | |
| 8月28日 | 初めてテストで100回超えをいきなり達成した。 | | | | | 100回成功した | |
| | いわゆる「ゾーン」のような感覚で、後半は正直手汗と筋肉疲労でうやむやのまま回っていた。 | | | | 手汗と筋肉疲労を感じた | ゾーンの感覚 | |
| | 続けている腕から回し始める意識も体に馴染んできたようであった。 | | | 腕から回し始める意識 | やや不安定さが残る | 腕から回し始める意識が馴染んできた | 腕 |
| 9月1日 | 練習の時点でかなり安定した回転ができるようになった。 | | | | | 安定した回転 | |
| 9月14日 | かなり安定して回すことができた。長時間回すことが多くなり、回している際の疲労が残る | | | | ミスの減少 | | |

ネコの数量弁別と鏡映像無視／利用に関する実験研究 An Experimental Study on Quantity Discrimination and Mirror Image Neglect and Usage in a Cat (*Felis catus*)

高橋 薫子^{†,1}, 川合 伸幸^{†,‡,2}
Kaoruko Takahashi, Nobuyuki Kawai

[†]名古屋大学, [‡]中部大学創発学術院
Nagoya University, Chubu University Academy of Emerging Sciences
¹ takahashi.kaoruko@j.mbox.nagoya-u.ac.jp, ² kawai@is.nagoya-u.ac.jp

概要

ネコは、目の前にある多い餌を獲得する能力、鏡を利用して、目の前にはない多い餌を選択する能力、さらに鏡に映った餌の量が無視する能力があるだろうか。本研究では数量弁別課題中に鏡で量の錯覚を生じさせたところ、ネコは鏡映像の餌の個数を無視できることがわかった。これに加え鏡映像のみを手がかりとした数量弁別課題において、数量が多い方を正しく選択できたことから、ネコは1) 数量弁別できること、2) 鏡映像を利用して数量が多い方を選択できること、3) ただし鏡に映った餌は数量に含めないことが示唆された。

キーワード：イエネコ (*Felis catus*)、鏡 (mirror)、数量 (quantity)、道具的利用 (instrumental use)

1. はじめに

心理学や認知科学において、動物の鏡映像認知に関して様々な研究が行われている。

1970年にGallupによって鏡像自己認知テストが開発されてから、多くの動物で鏡に映る映像を自己と認識可能か否かが検証された[1]。しかしこの鏡像自己認知テストを類人猿以外の霊長類が突破することは難しかった。しかし、新世界ザルのマーモセットが、自己認知テストは通過しないものの、鏡映像を道具として利用できることが2006年に明らかとなった[2]。さらに2020年には二種のサル（フサオマキザル、トンケアンモンキー）が二つのうち多い方の餌を選択する課題において、片方に鏡を挿入し、鏡映像により餌が実体より多く見えることを理解して、鏡映像に騙されず実体として多い方の餌を選択できることが示された[3]。鏡映像から形や空間の情報を利用できる可能性が示唆されている。

本研究ではネコを対象とし、鏡映像を理解しているかを検討する。その理由は、一般社団法人ペットフード協会による調査によれば、2017年以降日本においてネコがイヌより多く飼育されており[4]伴侶動物としての存在感を確立しているが、イヌに比べネコを対象とした研究は数少ないためである。伴侶動物の認識世

界を知ることは、ヒトと共存する家畜化においてどのような進化が生じたかを知るうえで重要である。しかし、ネコを対象とした数量弁別課題は3例しか実施されておらず、鏡映像の認識に関してはまったく明らかになっていない。

そこで本研究ではまずネコを対象に相対的数量弁別可否を検証する数量テストを行った。数量テストでは、二つの箱に異なる個数の報酬刺激を設置し、ネコにどちらかを選択させる課題を実施した。課題では個数と数量の差の比率を変えた五つの条件を設けた。これらに加えて、鏡映報酬無視テストでは数量弁別課題中に鏡映像を無視できるかを検討する試行をプローブテスト方式で挿入した。映像を用いた数量弁別テストでは鏡映像を利用可能か検討するため、鏡に映る二つの箱に異なる個数の報酬刺激を設置し選択させる数量弁別課題を実施した。ネコが数量弁別能力と鏡映像の認識能力、鏡映像の実体との区別が可能であれば、三つの実験においてチャンスレベルより有意に報酬刺激の多い方を選択すると予想された。

2. 方法

実験参加者

実験経験のないイエネコ1匹（およそ4歳、メス）

実験装置

高さ5cm×幅11cm×奥行き21cmの箱を二つ用意した(図1)。



図1. 数量テスト・鏡映報酬無視テストの実験装置

刺激

日常の餌である直径約 2cm の魚肉ソーセージを厚さ 1mm 程度に輪切りし、さらに 4 等分したものをを用いた。実験 3 のダミー刺激として日常のおもちゃであるプラスチック製のみかん (直径約 2cm) を用いた。

手続き

【数量テスト・鏡映報酬無視テスト共通】

被験体が見ている状態で実験装置の左右の箱にそれぞれ異なる個数の刺激を置き、被験体を実験装置の正面から近づけた (図 2)。

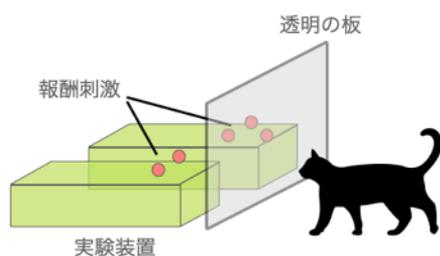


図 2. 被験体を実験装置に近づけた様子

実験装置の正面に設置した透明の板まで被験体が近づいてから、左右の箱を同じ時間だけ見るように不透明な紙で片方の箱を隠し左の箱から交互に 2 回ずつ提示した。その後透明の板を外しどちらかを選択させた。選択した方の刺激は報酬として与え、選択されなかった方の刺激は与えず回収した。

【数量テスト】

一度に連続で 4 回行い、4 試行を 1 セットとした。空腹状態で実験を行うため食事の時間から 4 時間以上あけて 1 日に 2 セット実施した。刺激の個数は左右で偏りが無いよう無作為に入れ替えた。刺激の個数を変えた五つの条件で実験を行った。各条件と実験期間、試行回数は表 1 に示した。

1 対 5 条件 (1 回目)、1 対 3 条件、2 対 3 条件 (1 回目)、3 対 4 条件、1 対 2 条件、2 対 3 条件 (2 回目)、1 対 5 条件 (2 回目) の順に実験を開始した。

1 対 5 条件 (1 回目)、1 対 3 条件の実施期間は少ない方の刺激を選択した場合、選択した刺激を与えた後にタイムアウトとして 5 分間実験装置に近づけないようにした。

3 対 4 条件は個数の差が相対的に小さいため、実験開始前に 1 対 2 条件を 5 回実施した。

【鏡映報酬無視テスト】

左右どちらか一方の装置の中央に、奥行きが同じに見えるように高さ 9cm × 幅 10cm の鏡を設置した。鏡判別の際の視覚的手がかりを減らすため、鏡と仕切り板の上部に高さ 3.5cm の不透明の紙を挿入した。

実験はプローブテスト方式で行い、数量テストの 2 対 3 条件を 4 試行実施する最中に、鏡映報酬無視テストの 1 試行を実施した。実施するタイミングが偏らないよう、何試行目に実験 2 を行うかは無作為に事前に決定した。

表 1. 数量テスト、鏡映報酬無視テスト各条件の実験期間、試行回数

| 条件 | 実験開始日 | 実験終了日 | 試行回数 |
|-----------|---------------------------|---------------------------|------|
| 1 対 5 | 2020年1月11日, 2021年4月28日 | 2020年1月14日, 2021年5月26日 | 224 |
| 1 対 3 | 2020年1月15日 | 2020年3月30日 | 84 |
| 2 対 3 | 2020年3月31日, 2020年11月1日 | 2020年7月19日, 2020年12月7日 | 172 |
| 3 対 4 | 2020年7月21日 | 2020年10月31日 | 612 |
| 1 対 2 | 2020年9月27日 | 2020年12月7日 | 496 |
| 2 (鏡) 対 3 | 2020年11月12日 | 2020年12月7日 | 23 |

【鏡映像を用いた数量弁別テスト】

筒状の箱の左右に二つの箱を設置し、正面に高さ 150cm × 幅 75cm の鏡を設置し、鏡映像を利用しないと報酬刺激の位置を確認できないようにした (図 3)。透明なプラスチック製の板で筒状の箱を塞ぎネコを箱の中で待機させ、報酬刺激とダミー刺激、もしくは異なる個数の報酬刺激を左右の箱に置いた。

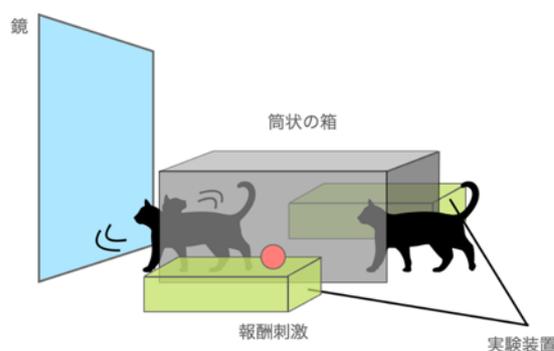


図 3. 鏡映像を用いた数量弁別テストの実験装置

一度に連続で 8 回行い、8 試行を 1 セットとした。刺激の個数は左右で偏りが無いよう無作為に入れ替えた。

刺激の個数を変えた三つの条件で実験を行った。各条件と実験期間、試行回数は表2に示した。

表2. 鏡映像を用いた数量弁別テスト各条件の実験期間、試行回数

| 条件 | 実験開始日 | 実験終了日 | 試行回数 |
|---------------------|------------|------------|------|
| 0 : 1 | 2021年2月15日 | 2021年4月18日 | 274 |
| ダミー : 1 | 2021年4月19日 | 2021年5月3日 | 120 |
| ダミー : 1 (サングラス+マスク) | 2021年5月13日 | 2021年6月2日 | 120 |
| 1 : 5 (サングラス+マスク) | 2021年5月28日 | 2021年6月15日 | 152 |

匂いの強さが選択に影響しないよう左右の実験装置の下に刺激を5個ずつ入れた。実験者の視線が選択に影響しないよう、サングラスとマスクを装着した状態で実施した(図4)。

ダミー餌条件は実験者がサングラスとマスクをしない状態と装着した状態で実施したものを区別した。0対1条件、ダミー餌条件、ダミー餌条件(サングラス+マスク)、1対5条件(サングラス+マスク)の順に実験を開始した。



図4. サングラスとマスクをした実験者

3. 結果

【数量テスト】

多肢選択数と右選択数についてそれぞれチャンスレベル(50%)との二項検定を実施した。また効果量についてCohen's h を算出した。現時点では各条件の試行回数にばらつきがあるため、最も多く実施した3対4条件と同じ試行回数となるようデータを追加する予定である。現時点での各条件の多肢選択数、右選択数の平均値および標準誤差を図5に示す。

二項検定の結果、すべての条件で多肢選択数がチャンスレベルより有意に多かった(1対5条件, $z = , p < .01, h = 0.58$; 1対3条件, $z = 3.93, p < .01, h = 0.63$; 1対2条件, $z = 11.23, p < .01, h = 0.75$; 2対3条件, $z = 6.25, p < .01, h = 0.70$; 3対4条件, $z = 5.98, p < .01, h = 0.35$)。ネコは1対5条件, 1対3条件, 1対2条件, 2対3条件, 3対4条件について数量が多い方を選択した。

また、すべての条件で右選択数がチャンスレベルとの差は有意ではなかった(1対5条件, $z = 0.94, p > .10, h = 0.09$; 1対3条件, $z = 0.43, p > .10, h = 0.07$; 1対2条件, $z = 0.27, p > .10, h = 0.02$; 2対3条件, $z = 1.37, p > .05, h = 0.15$; 3対4条件, $z = 0.81, p > .10, h = 0.05$)。選択において左右の偏りは見られなかった。

【鏡映報酬無視テスト】

鏡に映る4個(実際には2個)より3個を選択した数を多肢選択として、多肢選択数と右選択数についてそれぞれチャンスレベル(50%)との二項検定を実施した。また効果量についてCohen's h を求めた。現時点では実験1の各条件との試行回数にばらつきがあるため、最も多く実施した3対4条件と同じ試行回数となるよう試行回数を追加する予定である。現時点での多肢選択数、右選択数の平均値および標準誤差を図5に示す。

結果として、3個を選択した回数は有意に高かった($z = 2.71, p < .01, h = 0.85$)。鏡に映る数ではなく実際の刺激の個数が多い方を選択した。また右選択数については有意でなかった($z = -0.63, p > .10, h = -0.19$)。選択において左右の偏りは見られなかった。

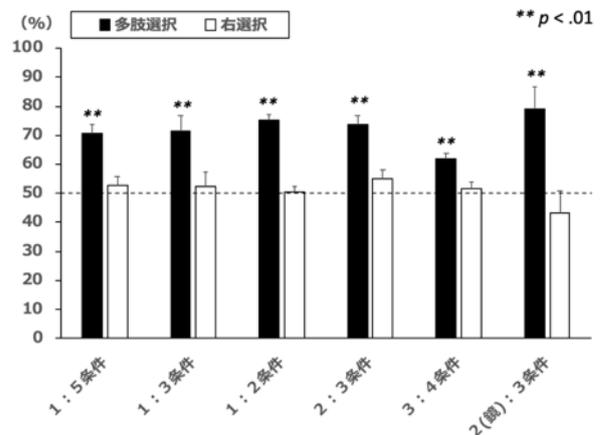


図5. 数量テスト, 鏡映報酬無視テスト各条件の多肢選択数, 右選択数の平均値(エラーバーは標準誤差, 点線はチャンスレベル)

【鏡映像を用いた数量弁別テスト】

多肢選択数と右選択数についてそれぞれチャンスレベル(50%)との二項検定を実施した。また効果量についてCohen's h を求めた。各条件の多肢選択数, 右選択数の平均値および標準誤差を図6に示す。

結果として、すべての条件において有意に多肢選択をした(0対1条件, $z = 10.63, p < .01, h = 0.99$;

ダミー餌条件, $z=5.48$, $p<.01$, $h=0.74$; ダミー餌条件 (サングラス+マスク), $z=6.02$, $p<.01$, $h=0.82$; 1対5条件 (サングラス+マスク), $z=3.73$, $p<.01$, $h=0.43$). またすべての条件で右選択数については有意でなかった (0対1条件, $z=1.57$, $p>.10$, $h=0.13$; ダミー餌条件, $z=0.00$, $p>.10$, $h=0.00$; ダミー餌条件 (サングラス+マスク), $z=0.55$, $p>.10$, $h=0.07$; 1対5条件 (サングラス+マスク), $z=1.14$, $p>.10$, $h=0.13$). 選択において左右の偏りは見られなかった。

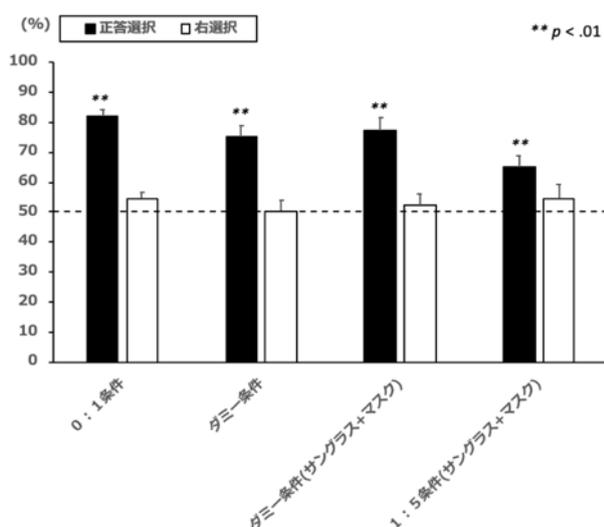


図6. 鏡映像を用いた数量弁別テスト各条件の多肢選択数, 右選択数の平均値 (エラーバーは標準誤差, 点線はチャンスレベル)

4. 考察

本研究の数量テストの結果より, イエネコは目の前に餌がある場合, より多い報酬刺激を有意に多く選択できることが示された. 次に鏡映像を用いた数量弁別テストの結果より, マーモセット同様にイエネコは鏡映像を利用して目の前に餌がない場合であっても, より多い報酬刺激を有意に多く選択できることが示された. そして鏡映報酬無視テストの結果より, サルと同様にイエネコは鏡映像を選択すべき数量から除外し, 実体のみを対象として有意に多い方を選択できることが示された. 今後試行回数を均等にするためデータを追加することで, より明白な結果が出ることが予想される. 数や量の大小を区別することは, 自然界においてより多くの餌を獲得したり, より大きく安全な群れに合流したりする上で重要だと考えられ[5], イエネコを用いた数量弁別の先行研究として, 訓練の結果2個

と3個のドットの区別が可能であったこと[6]や数やサイズの異なる餌の量を区別できること[7]が明らかとなっている. さらにBánszegiら(2016)の研究では1対4, 1対3など餌の個数の比率が0.5より小さい(比率<0.5)場合と2対3, 3対4など比率が0.5より大きい場合(比率>0.5)について正答率を比較し, 比率が0.5より小さい(比率<0.5)場合に有意に多い方を選択できたことを示した[8]. 本研究の結果ではBánszegiら(2016)の結果と異なり, 数量の比率0.20(1対5条件), 比率0.33(1対3条件), 比率0.50(1対2条件)に加え, 比率0.66(2対3条件), 比率0.75(3対4条件)の全ての条件で有意に多肢選択を行った. 本研究において比率の大きい数量の弁別においても正しい選択が可能となった背景には, 条件ごとの試行の順番が影響した可能性がある. イエネコにおいて比率の小さいものから順に学習を行うことで比率の大きい組み合わせの場合も数量の相対的な弁別が可能であることが示唆されたと考える.

また鏡映像を用いた数量弁別テストではイエネコが鏡映像のみを手がかりとして, 数量弁別課題(0対1条件, 1対5条件)とダミー餌条件で正しい選択をした. ダミー餌条件については実験者がサングラスとマスクで顔を覆った場合をそうでない場合と比較するとどちらも同じ程度の効果であり(ダミー餌条件 $z=5.48$, $p<.01$, $h=0.74$; ダミー餌条件(サングラス+マスク), $z=6.02$, $p<.01$, $h=0.82$), 実験者の視線が選択に与えた影響は小さいと考える. ダミー餌条件で有意に正しく選択できていることから, 食べ物ではないダミー刺激と報酬刺激の区別ができることが示唆された可能性がある. このことからイエネコが鏡映像について幾何学的に理解していることを示唆する結果であると考えられる.

そして鏡映報酬無視テストにおいてイエネコが実体の数量が多い方を有意に多く選択した平均値79.17%は, 二種類のサルによる先行研究全体の平均値72.81%[3]を上回っており, 同じ程度の水準で鏡映像を無視したことを示していると考えられる. このことからイエネコでも鏡映像を無視する能力があることを示唆する結果であると考えられる. これに加えて鏡映像を用いた数量弁別テストの結果より鏡映像を利用できると考えられる. このことから, イエネコは鏡映報酬無視テストの鏡映像について, 鏡映像内の刺激を認識した上で鏡映像の無視を行い, 実体が多い方を選択した可能性がある. 鏡のある方の刺激を見なかったのではなく, 鏡を利用して両方の選択肢を見なければ, この

課題で正しく選択できない。すなわち、イエネコは鏡を利用して二つの選択肢の多い方を選ぶことが可能であることを示している。

数量弁別課題、鏡映像を用いた数量弁別テスト、鏡映報酬無視テストにおいてチャンスレベルより有意に報酬刺激の多い方を選択したことから、ネコが数量弁別能力と鏡映像の認識能力、鏡映像の実体との区別が可能であると示されたと考えられる。

5. 文献

- [1] Gallop GG Jr. (1970). "Chimpanzees: self-recognition." *Science*, **167**, 86-87.
- [2] Heschl, A., Burkart, J. (2006). "A new mark test for mirror self-recognition in non-human primates." *Primates*, **47**, 187-198.
- [3] Hirel, M., Thiria, C., Roho, I., & Meunier, H. (2020). "Are monkeys able to discriminate appearance from reality?" *Cognition*, **196**, 104123.
- [4] 一般社団法人ペットフード協会 (2020). 2020年(令和2年)全国犬猫飼育実態調査 結果 2020年12月23日<<https://petfood.or.jp/topics/img/201223.pdf>> (2021年4月24日)
- [5] Irie, N., Hasegawa, M., & Kutsukake, N. (2018). "Unique numerical competence of Asian elephants on the relative numerosity judgment task." *Journal of Ethology*, **37**, 111-115.
- [6] Pisa, E. P., Agrillo, C. (2009). "Quantity discrimination in felines: a preliminary investigation of the domestic cat (*Felis silvestris catus*)." *Journal of Ethology*, **27**, 289-293.
- [7] Chacha, J., Szenczi, P., González, D. et al. (2020). "Revisiting more or less: influence of numerosity and size on potential prey choice in the domestic cat." *Animal Cognition*, **23**, 491-501.
- [8] Bánszegi, O., Urrutia, A., Szenczi, P., & Hudson, R. (2016). "More or less: Spontaneous quantity discrimination in the domestic cat." *Animal Cognition*, **19**, 879-888.

中高生を対象とした食品安全に対する理解度調査

An survey based study of understanding of food safety among junior and high school students

田村 昌彦¹⁾, 稲津 康弘²⁾, 江渡 浩一郎³⁾, 松原 和也¹⁾, 天野 祥吾¹⁾, 野中 朋美¹⁾, 松村 耕平¹⁾, 永井 聖剛¹⁾, サトウタツヤ¹⁾, 堀口 逸子⁴⁾, 和田 有史¹⁾

Masahiko Tamura, Yasuhiro Inatsu, Koichiro Eto, Kazuya Matsubara, Shogo Amano, Tomomi Nonaka, Kohei Matsumura, Masayoshi Nagai, Tatsuya Sato, Itsuko Horiguchi, Yuji Wada

¹⁾ 立命館大学, ²⁾ 農研機構, ³⁾ 産業技術総合研究所, ⁴⁾ 東京理科大学

Ritsumeikan University, National Agriculture and Food Research Organization, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tokyo University of Science
m-tamura@fc.ritsumei.ac.jp

概要

食に関する知識尺度を用い, 中高生に対して調査を実施することで, 食に関する知識獲得に対する探索的な検討を行った. 調査の結果, 中高生の添加物・安全性に関する知識は, 他の知識よりも尺度の基準集団である大人に近いことが示された. このことは, 一般消費者が高等学校卒業後, 添加物・安全性に関する知識をあまり獲得していないことを示唆するものである.

キーワード: 食品安全, 項目反応理論 (IRT)

1. はじめに

食の安全について社会的関心が寄せられるようになって久しい. しかし, 一般消費者の食に関する知識は十分であるとは言えず, しばしば, 誤った知識に基づく判断を行っている [1, 2]. このような現状は, 世界的な食糧不足が懸念される中 [3], フードロスの増加という深刻な社会問題を増大させる要因となっている.

食に関する知識におけるこれまでの研究では, 誤った知識に基づく判断の原因として, 二重過程理論 (たとえば, [4, 5]) に基づく思考様式が影響していることが示されてきた [6, 7]. つまり, 直感的な思考様式である System 1 を好んで用いる人よりも, 熟考的な思考様式である System 2 を好んで用いるの方が, 正しい知識を獲得しやすい. 著者らも, これまでの一連の研究において, 食に関する複数の知識尺度を作成し, 思考様式と知識獲得の関連を検討しており [8, 9], 先行研究と一貫した知見が得られている.

では, 何故, あるいは, どのような経緯で, 食に関する知識において, System 1 を好んで用いる人が誤った知識に基づく判断を行いやすいのだろうか. System 1 による意思決定は, ヒューリスティックや直感を用いた意思決定が影響を与えていることを考えると, 一

般消費者がこれまでに獲得してきた知識が影響を与えていることが考えられる. 仮に, 一般消費者が獲得してきた知識が, 食に関する知識を判断する上で有用でないか, 誤った知識であった場合, System 1 による意思決定は誤った判断を導きやすくするだろう.

これを検討する上で, 一般消費者が有している食に関する知識を測定する必要がある. そのため, 前述の通り, 著者らのこれまでの取り組みでは, 測定指標 (尺度) を作成した [9]. ただし, これらの尺度は一般消費者を基準集団とした, 相対的な評価を行うものである. 一般消費者の知識の偏りについて明らかにするためには, 他の集団と比較する必要がある. なお, 本稿で扱う一般消費者とは, 成人した社会人 (専業主婦・主夫を含む) を指す.

そこで, 本研究では当該尺度を用いて, 中学生, および, 高校生と比較することで一般消費者の知識の偏りを探索的に検討した. なお, 当該尺度は 4 種類あり, それぞれ, 食品に関する構成概念に基づいて作成されている. これら 4 種類の構成概念は, 食品・安全性 (食品に関する安全性やリスクに関する知識), 食品・一般 (食品に関する一般的な知識), 添加物・安全性 (添加物に関する安全性やリスクに関する知識), 添加物・一般 (添加物に関する一般的な知識) である.

中学生や高校生の食に関する知識が, 一般消費者である大人と比較して低くなることは容易に予測できる. その一方で, その差異, すなわち, 知識量の乖離の大きさは, 尺度間で異なるかもしれない. 本研究ではこの違いを明らかにすることが主な目的である.

2. 方法

2.1 調査対象者

中学生 251 人 (男性 119 人, 女性 132 人, 平均年齢 12.99 歳, $SD = 0.76$, 12 歳~15 歳), 高校生 122 人 (男性 35 人, 女性 87 人, 平均年齢 17.09 歳, $SD = 0.72$, 16 歳~18 歳) を対象に, 後述の課題を実施した。

2.2 課題

食の知識に関する尺度 [9] を用いた。この尺度は, 前述の通り, 4 種類の構成概念に基づき, 4 種類の尺度から構成されている。また, 各尺度は, 複数の問題項目で構成されており, 全ての問題項目は正解が設定された 3 者択一の選択問題である。

調査対象者は, 食品・安全性 (12 問), 食品・一般 (9 問), 添加物・安全性 (9 問), 添加物・一般 (10 問) の各尺度の問題, 合計 40 問と, 24 問の問題項目と同形のフィラー問題を加えた合計 64 問の問題に取り組んだ。

2.3 手続き

調査対象者は, Web システムを介した調査, もしくは, 紙媒体による調査のいずれかによって前述の課題に取り組んだ。

はじめに, 全ての調査対象者は調査に関する説明を受け, 調査の趣旨に同意した対象者のみが調査に協力した。調査では, 前述の課題 64 問に取り組んだ。なお, 問題項目の提示順はランダムであった。全ての問題項目に回答後, 調査対象者は認知反射テスト (CRT[10]) にも取り組んだが, CRT は予備的に取得したものであったため, 以降では CRT については扱わない。

3. 結果

本研究で用いた尺度は, 項目反応理論を適用して作成された尺度である。したがって, 尺度ごとに, 各問題項目の困難度と識別力 (これらを項目パラメタとよぶ) のパラメタ推定がされており, これらの項目パラメタを用いることで, 個人ごとのスコア (潜在特性値 θ) を推定することが出来る。つまり, 調査対象者ごとに, 各尺度に対応した 4 種類の潜在特性値 θ を算出することができる。なお, 潜在特性値 θ は基準集団の平均を $\theta = 0$ とし, 平均より高い対象者は正数で, 平均より低い対象者は負数で表現される。この尺度の基

準集団は成人社会人であり, これは本研究で対象とする一般消費者と等しい集団である。

本研究では, 各尺度の項目パラメタを用い, ベイズ推定により調査対象者ごとの潜在特性値 θ を推定した。潜在特性値 θ はモデルに基づく推定値であるため, 極端な回答パターンなどでは, 適合しないことがある。そこで, 推定された潜在特性値 θ ごとに適合度 $z3$ を求め, この適合度の絶対値が 2 より大きい ($|z3| > 2.0$) 尺度が 1 つでも存在した調査対象者を以降の分析から除外した。その結果, 中学生では 214 人, 高校生では 112 人が分析対象となった。

以上の分析により, 中学生の調査対象者における各尺度の潜在特性値 θ の平均は, 食品・安全性が $\theta = -0.57$ ($SD = .51$), 食品・一般が $\theta = -0.42$ ($SD = .47$), 添加物・安全性が $\theta = -0.22$ ($SD = .55$), 添加物・一般が $\theta = -0.75$ ($SD = .63$) であった。また, 高校生の調査対象者における各尺度の潜在特性値 θ の平均は, 食品・安全性が $\theta = -0.59$ ($SD = .55$), 食品・一般が $\theta = -0.50$ ($SD = .47$), 添加物・安全性が $\theta = -0.19$ ($SD = .54$), 添加物・一般が $\theta = -0.51$ ($SD = .61$) であった。対象グループ (中学生, 高校生) ごと尺度ごとの潜在特性値 θ の平均を図 1 に示した。

中学生や高校生の知識は, 基準集団とどの程度の差異があるのだろうか。また, その差異は尺度によってどのように異なるのだろうか。これを検討するために, 対象グループを参加者間要因 (対象グループ要因, 2 水準), 尺度を参加者内要因 (尺度要因, 4 水準) の 2 要因混合要因計画による分散分析を実施したところ, 対象グループ要因の主効果 ($F(1, 324) = 1.26$, $ns.$, $\eta_p^2 = .004$) は有意ではなかったが, 尺度要因の主効果 ($F(2.88, 933.84) = 37.82$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .105$), および, 交互作用 ($F(2.88, 933.84) = 5.00$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .015$) が有意であった。単純主効果の検定の結果, 添加物・一般における対象グループ要因の単純主効果が有意であり ($F(1, 324) = 10.39$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .031$), 中学生より高校生の方が潜在特性値 θ が高いことが示された (なお, 参加者内要因において球面性の仮定が棄却されたため, ϵ による自由度の調整を行った)。また, 中学生における尺度要因の単純主効果 ($F(2.89, 614.63) = 37.69$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .150$), および, 高校生における尺度要因の単純主効果 ($F(3, 333) = 13.00$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .105$) が有意であった。これらについて, Holm の方法による多重比較の結果, 中学生では添加物・安全性 > 食品・一般 > 食品・安全性 > 添加物・一般の順で有意に潜在特性値 θ の値が高かった ($ps < .05$)。また, 高校

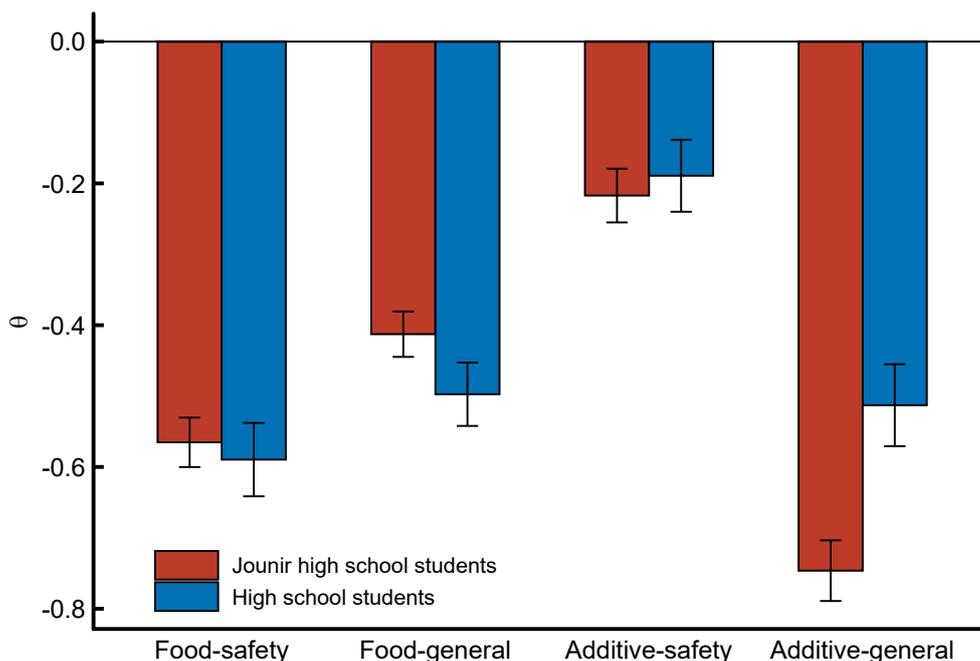


図1 対象グループごと尺度ごとの潜在特性値 θ の平均。エラーバーは標準誤差。

生では添加物・安全性が、他の3種類の尺度より有意に潜在特性値 θ の値が高かった ($p < .05$)。

4. 考察

分散分析の結果から、以下の2点が明らかになった。第1に、添加物・一般の知識について、効果量はあまり大きいとは言えないものの、中学生と高校生の間で違いがあるという点である。一般に、中学生や高校生が食に関する知識を獲得する機会が多いとは言えないだろう。このことは、添加物・一般以外の尺度では違いは認められなかったことから推察される。この違いについて、本研究では明確にすることが出来ないが、学校教育における科学的な学習効果が影響していることが考えられる。添加物に関する知識は、化学に関する知識と関連しているものも多く、中学校教育から高等学校教育における知識獲得が影響を与えていたのかもしれない。

第2に、中学生と高校生では尺度間の差異のパターンに違いがあるものの、添加物・安全性についての知識は他の知識と比較して明らかに高いという点である。この点を検討する上で、潜在特性値 θ が負数であるということが重要となる。すなわち、中学生や高校生は全体的に基準集団よりも潜在特性値 θ は低いものの、添加物・安全性については他の知識よりも基準集団に近いことを意味している。換言すると、一般消費

者が高等学校卒業後、添加物・安全性に関する知識をあまり獲得していないことを示唆している。

では、何故、添加物について学習する知識（一般）と、学習しない知識（安全性）があるのだろうか。仮に添加物についての知識が、日常的に接する、あるいは、直面する態度が影響を与えるならば（すなわち、中高生よりも大人の方がより生活に密着した食品に対する知識を要求されるならば）、食品の知識のように中高生と大人で差異がみられるだろう。実際、添加物についての一般的知識はこれで説明できるかもしれない。しかし、安全性に関しては上述では説明できない。安全性に関しては、何らかの学習を阻害する要因が存在し、これが影響を与えていることも考えられる。今後はこの点に焦点を当てて検討していく必要があるだろう。

謝辞

本研究は内閣府食品安全委員会「食品健康影響評価技術研究事業（1903）」（主任研究者：和田有史）の助成を受けた。

文献

- [1] 益山光一・堀口逸子・赤松利恵・丸井英二 (2012) “消費者に求める食の安全に関する知識－日本における食品リスク評価者を対象とした質的調査－” 日本食品化学学会誌, Vol.19, No.1, pp. 44-48.

- [2] 内閣府食品安全委員会事務局, “食品に係るリスク認識アンケート調査の結果について” (2015年5月13日) (https://www.fsc.go.jp/osirase/risk_questionnaire.html)
- [3] World Food Programme, “Global Report on Food Crises 2020” (20/April/2020) (<https://www.wfp.org/publications/2020-global-report-food-crises>)
- [4] Stanovich, K., E. and West, R., F. (2000) “Individual differences in reasoning: Implications for the rationality debate?” Behavioral and brain sciences, Vol.23, No.5, pp. 645-726.
- [5] Kahneman, D. (2011) “Thinking, Fast and Slow” Macmillan Magazines Ltd..
- [6] Honda, H., Ogawa, M., Murakoshi, T., Masuda, T., Utsumi, K., Park, S., Kimura, A., Nei, D., & Wada, Y. (2015) “Effect of visual aids and individual differences of cognitive traits in judgments on food safety” Food Policy, Elsevier, Vol. 55(C), pp. 33-40.
- [7] Honda, H., Ogawa, M., Murakoshi, T., Masuda, T., Utsumi, K., Nei, D., & Wada, Y. (2015) “Variation in risk judgment on radiation contamination of food: Thinking trait and profession” Food Quality and Preference, Vol. 46, pp. 119-125.
- [8] 田村昌彦・稲津康弘・江渡浩一郎・松原和也・天野祥吾・野中朋美・松村耕平・永井聖剛・サトウタツヤ・井上紗奈・堀口逸子・和田有史 (2020) “高校生における食品安全に関する理解度調査” 第37回日本認知科学会大会発表論文集, pp. 233-236.
- [9] 田村昌彦・稲津康弘・野中朋美・松村耕平・サトウタツヤ・永井聖剛・江渡浩一郎・堀口逸子・天野祥吾・松原和也・和田有史 (2020) “認知処理の違いが食品安全知識に与える影響の検討” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.120, No.169, pp. 40-44.
- [10] Frederic, S. (2005) “Cognitive reflection and decision making” Journal of Economic Perspectives, Vol.19, No.4, pp. 25-42.

ロボットの人間らしさを上げる概念融合を促進する対話の提案 Discourse to Promote Blending to Improve Robot's Human-Likeliness

周 豪特[†], 李 冠宏[†], 橋本 敬[†]

Haote Zhou, Guan hong Li, Takashi Hashimoto

[†]北陸先端科学技術大学院大学 知識科学系

[†]School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
kumaindex@jaist.ac.jp

概要

人間がロボットの心や社会性を理解できれば、ロボットと人間は長期的な関係を持てるようになるだろう。本論文は、長期的な関係を維持するために、新しい概念を生み出す思考の一つである概念融合を促すロボットと人間の対話を提案する。この対話は2つの概念についての説明と概念を結合したものについての説明が含まれている。本稿ではこの対話の効果を検討する実験の計画を示す。

キーワード：概念融合, ヒューマンロボットインタラクション, 人間らしさ, 対話構造

1. はじめに

Human-Robot Interaction (以下, HRI) 領域では, 人間と長期的な関係を持てるようにロボットの性質や相互作用の仕方を改善するため, 人間がロボットを人間らしく捉えられる要件に関する研究が行われている[1]. ロボットの人間らしさとは, 人間が思うロボットが持つ内面についての性質である(心[1], 社会性[2]など). 研究者の中には, 経験や知識を述べることができるロボットのほうが人間らしさを感じやすいと主張する人もいる[3]. その主張を踏まえると, 経験や知識を表すことはある程度ロボットの人間らしさを改善できると考えられる.

ロボットが既述の経験をを超えてそれまでに述べられていないことを会話の中で提示できれば, 長期的な関係を維持するに役立つと考える. 例えば, 対話の現場にいない第三者の経験を提示することでロボットの人間らしさがあがる[3]. しかし, 会話の現場にいない第三者の経験や知識を述べる際, そのデータをくわえないといけない. 新たにデータを加えるのではなく, 既存のデータを使って, 何か新しいものを生じる方法があれば, より豊かな対話が可能になるだろう.

既述の知識や言葉から新しい概念を生成するメカニズムの一つに概念融合という思考がある. 人間は, 簡単に既存の2つの概念を結合し, 新しい概念を生成・理解ができる. ロボットがそれを促進すれば, ボットの人間らしさが改善する可能性がある. 本研究は, そ

の1つの方法はロボットが人間に概念融合を促すことであると提案する. 概念融合を促すには様々な方法が考えられる. Stamenkovic(2015)は, 視覚の刺激が概念融合という思考を誘発するのに役立つことを示した[4]. 本研究は, ロボットと人間のインタラクション, とくに, 経験や知識をロボットが表すことを対象としているので, 対話を通じて概念融合を起こすと考える.

しかし, 概念融合を起こすには, 話題提出や対話能力が必要である. 即ち, ロボットは知識を持ち, 概念融合ができ, 対話構造を入れる必要があると考える.

本研究は, ロボットが対話の中で概念融合ができると思われるように, ロボットに知識と融合した概念を持たせ, 対話構造に入れることを実現する. そして, 人間とロボットのインタラクション実験をし, ロボットの人間らしさをはかる.

本論文の残りの部分は, 以下のように構成されている. 2節で, 基盤となる研究を紹介する. 3節で概念を表出する対話構造を提案する. 4節で実験デザインを紹介する.

2. 基盤となる知識

2.1 概念融合

概念融合という思考は, 認知上の操作であり, 2つの概念スペースから情報を取り出し融合したスペースを作ることである[5]. 2つの概念はそれぞれが持つ概念のスペース(図1の入力I1, 入力I2)を想定し, 両者に共通する属性が作るスペース(総称スペース)と, 新たに概念を融合するスペース(融合スペース)を作り, それぞれから融合スペースに属性をマップすることで結合した概念を作り出す[6]. 2語を典型例として概念融合を説明する. 例えば, 「屠殺業者のような外科医」を言う時, 入力1は屠殺業者であり, 屠殺業者のスペース(入力I1)には「肉を切る」, 「商売をする」, 「屠殺場で働く」, 「包丁を使う」という属性がある. 入力2は外科医であり, 外科医のスペース(入力I2)には「患者を対象とする」, 「治療する」, 「手術室で働く」,

「メスという刃物を使う」という属性がある。総称スペースには両者に共通する属性として「役割」「手段」「目的」「職場」「道具」がある。一つの可能性は、「手段」と「目的」を融合スペースにマッピングすることで、外科医は患者を救おうとしても肉を切る結果になるという概念を作ることである。そこで、「外科医は下手だ」という意味が生じた。

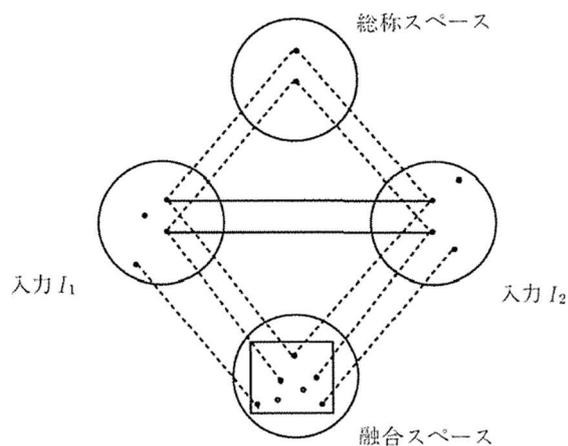


図1 概念融合の概略 ([5]より)

2.2 ロボットが持つ知識の表現

本研究でロボットが扱う知識は記述論理 (description logic, 以下 DL) に基づく。記述論理とは、知識表現と知識を対象とする推論手法のための論理言語であり、主に概念の分類とその関係を記述するためのものである。COCOS の DL 文法は OWL (Web Ontology Language) である。OWL は DL の文法形式の一種である。OWL は現在のセマンティック・ウェブの発展におけるオントロジーの基盤技術となっており、概念 (concept)、属性 (role)、個体 (individual) から構成されている。例えば、「田中さんは結婚した男の子である」という知識で、「人」「男の子」は概念であり、「男の子」は「人」の概念に属する。そして、「結婚した」は属性、「田中さん」は個体である。

2.3 概念融合の計算モデル

本研究では概念融合の一部を実現できる計算モデルとして Lieto and Pozzato (2019)による COCOS (concept combination system) というシステム [7] を用いる。このモデルは入力する語の概念についてのナレッジベースを持ち、2つの語の一方を主要部 (head)、他方を修飾語句 (modifier) として、結合された新しい概念を生成する。COCOS は DL に基づく計算モデルであり、概念融

合の問題を非単調記述論理問題として扱っており、概念を結合する際、属性を選択する困難問題を解決できる。以下に「pet-fish」という語を例として COCOS の解決する問題を説明する。「pet-fish」という概念は「pet」という概念と「fish」という概念を結合したものである。そして、典型的な pet はもふもふで触ると温かく感じるもの、典型的 fish は灰色だと考える。しかし、結合した「pet-fish」の典型例は赤または金色で、温かくなく、ふわふわではなく、灰色でもないものである。

このモデルを使って概念の結合の部分が計算できると考える。しかし、ここで実現できるのは概念結合であり、概念融合の一部だと考えている。概念融合という思考は入力スペースの検索とマッピング、総称スペースの検索、融合スペースにマッピングするなど様々な操作がある。COCOS は融合スペースにマッピングするという操作の一部を実現できるが、概念融合の特徴である創発性、すなわち、入力される概念のどちらにも無かった概念が結合された語に生じるという点 (「屠殺業者のような外科医」の例では「下手だ」という意味) は実現できていない。一方、ロボットに人間のような概念融合という思考を完全に実装することができないが、ロボットは人間に誘導して思考させることができると考える。

3. 対話構造

3.1 概念の構造

概念を表出する際に、OWL で記述されるような知識の構造が必要である。本研究で概念の構造は COCOS [6] の入力の構造に従って構成する。具体的には、概念名、リジッド属性、典型的な属性から構成される。概念名は概念の記号、リジッド属性は概念の個体が必ず持つ属性、典型的な属性は概念の個体に普遍的な属性である。外科医を例として説明すると、外科医の概念名は「外科医」、リジッド属性は「職業」、典型的な属性は「患者に向ける」「治療する」「手術室で働く」「メスという刃物を使う」である。

3.2 3種類の対話 概念対話、総称対話、融合対話

概念融合を誘発する対話の優位性を証明するために、本研究は、概念融合という思考を、入力スペースの検索とマッピング、総称スペースの検索、融合スペースへのマッピングという3つの思考パターンに分解する。

それぞれの思考パターンを対話で表出できるように 3 つの対話構造として、概念対話、総称対話、融合対話を作る。融合スペースへのマッピングは新しい概念を生成でき、話題提供になる可能性がある。本研究は融合対話がロボットの人間らしさを上げるために優位であることを示したい。

それぞれの対話は、ロボットによる 3 つの概念の説明とそれぞれに対する確認の質問、および、1 つの自由回答質問から構成される。「概念の説明」は、ロボットが概念について説明する。ここでは、3.1 節の典型的な属性を説明することとする。その後、ロボットは「この説明で合っていますか」という「確認の質問」をする。「自由回答質問」は対話によって変わり、以下のようになる。

概念対話において、3 つの概念について説明し、自由回答質問はそれぞれ概念の説明が正しいかどうかを聞く。例えば、2.1 節で挙げた屠殺業者の例では、「包丁を使う」という属性について、現代は包丁使わず機械で肉を切ると考え、自分の考えと合わないと思うかもしれない。そのような場合は、「機械を使う」と回答することが期待される。

総称対話においても同様に 3 つの概念の説明があり、自由回答質問では概念間の共通点について聞く。例えば、外科医は「患者に向ける」、屠殺業者は「肉を切る」という属性を持ちその共通点として、どちらも働く「対象」を持つという回答が期待される。

融合対話では、2 つ概念の説明をした後、3 つ目の概念はこの 2 つから COCOS を用いて結合した概念を説明する。自由回答質問は結合した概念がどういう意味を持つと考えるか聞く。例えば、外科医を主要部、屠殺業者を修飾語句とした場合は 2.1 節に述べた「外科医は下手だ」といった創発的な意味を持つ回答が期待される。

4. 対話の効果を確認する実験の計画

本研究の仮説は、ロボットが概念融合を促せばロボットの人間らしさが上がる、というものである。これを検証するために、ロボットが人間と対話する参加者間デザインの実験を行う。具体的には、一人の実験参加者が概念対話と融合対話、あるいは、総称対話と融合対話を経験し、そこで感じるロボットに対する印象を比較する。ロボットについての印象は各対話後にアンケートにより調査する。

図 2 は各条件での対話の流れを表す。実験はロボットの簡単な自己紹介から始まる。ロボットがそれぞれの説明と確認と質問をし、参加者が答えるという会話を、概念を変えて n 回繰り返す (3.2 節を参照)。

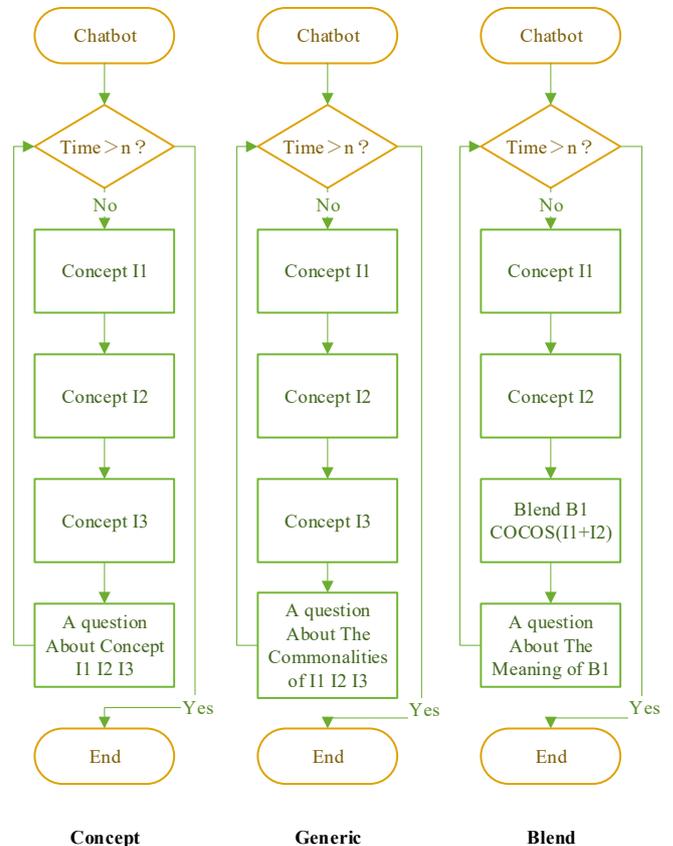


図 2 3 種類の対話の流れ

アンケートで調査する尺度は Fu ら(2009) [3]を基準に踏襲する。人間が思うロボットの人間らしさ、心に関する尺度として、Gray ら(2007) [1]の「心の知覚スケール」を使用してによりどんなものに心があると感じるかを測定する。人間が思うロボットの人間らしさ、擬人化 (anthropomorphism), アニマシー (animacy), 好感度 (likeability), 知覚された知性 (perceived intelligence), 知覚された安全性 (perceived safety) について、Bartneck ら(2009) [8]の尺度を使用する。人間が思うロボットの人間らしさ、社会性に関する尺度は Naito(2013) [9]より編集した質問を作る。人間がロボットの受容度に関する尺度は、Fu ら(2009)[3]より、「このロボットをどの程度受け入れられますか」を質問する。

文献

- [1] Gray, H., M., Gray, K., & Wegner, D.M. (2007). Dimensions of mind perception. *Science*, Vol. 315, No. 5812, pp. 619.
- [2] Gockley, R., Bruce, A., Forlizzi, J., Michalowski, M., Mundell, A., Rosenthal, S. ...Wang, J., (2005). Designing robots for long-term social interaction. In 2005 IEEE/RSJ International conference on intelligent robots and systems. pp. 2199-2204. Edmonton, Alta.:IEEE.
- [3] Fu, C., Yoshikawa, Y., Iio, T., & Ishiguro, H., (2020). Sharing experiences to help a robot present its mind and sociability. *International Journal of Social Robotics*. doi: doi.org/10.1007/s12369-020-00643
- [4] Stamenkovic, D. (2015). The effects of animated visual stimuli on the process of conceptual blending in riddle solving. *Linguistics and Literature* Vol. 13, no 1, 2015, pp. 11–19, Facta Universitatis, doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2496010>
- [5] Fauconnier, G. (1997). *Mappings in thought and language*. Cambridge: Cambridge University Press
- [6] Turner, M.B. (2015). Blending in language and communication. In E., Dabrowska, & D., Divjak (Eds.). *Handbook of cognitive linguistics* (pp.211-232). Berlin: De Gruyter Mouton.
- [7] Lieto, A., & Pozzato, G. L., (2019). Applying a description logic of typicality as a generative tool for concept combination in computational creativity. *Intelligenza Artificiale*. vol. 13, no. 1, pp. 93-106. doi: doi.org/10.3233/IA-180016
- [8] Bartneck, C., Kulić, D., Croft, E. et al. (2009). Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International Journal of Social Robotics*. Vol. 1, pp.71–81. doi: doi.org/10.1007/s12369-008-0001-3
- [9] Naito, Y. (2013). Congruence between self-evaluation and other-evaluation based on social skills. *Rissho Univ Annu Rep Psychol* .No.4 , pp.39–43

確率に基づく基盤化状態の予測モデル Probability-Based Prediction Model for Reaching the Grounding Criterion

浅野 恭四郎[†], 須藤 早喜[†], 光田 航[‡], 東中 竜一郎[‡], 竹内 勇剛[†]

Kyoshiro Asano, Saki Sudo, Koh Mitsuda, Ryuichiro Higashinaka, Yugo Takeuchi

[†] 静岡大学, [‡] NTT メディアインテリジェンス研究所
Shizuoka University, NTT Media Intelligence Laboratory
asano.kyoshiro.16@shizuoka.ac.jp

概要

対話における基盤化は対話者間における共通認識の形成を指し、円滑な進行と相互理解において重要な役割を果たす。基盤化しようとする対象の様相や構造が複雑な時、形状などの細部を明示する表現や、細部を明示しない比喻などの全体的表現が用いられるが、これらの違いが基盤化に与える影響の相違は十分に検討されていない。そこで本研究では前者の表現と後者の表現に異なる重みを与え基盤化された確率を予測するモデルを提案し、対話において基盤化された情報に対する確信度がどのように変化し得るのかを検討した。提案モデルをタングラムが基盤化される際の対話データに適用した結果、対話を通じて情報が基盤化される過程を高精度に予測することができた。

キーワード: 共通基盤, 基盤化, 相互理解, 予測モデル, 対話, 対象指示コミュニケーション, 確率

1. はじめに

共通基盤は、話者間における共通認識を指し [1, 2, 3, 4], コミュニケーションにおいて重要な役割を果たす。また共通基盤を形成することは基盤化と言われる。基盤化の対象物が複雑である場合、話し手はその形状などの細部を明示する表現 (Analytic) や、細部を明示せずに比喻などを使った対象物の全体的表現 (Holistic) を用いるとされている [5, 6]。例えば、図1のタングラムのように複雑な対象物を基盤化する際には、"the two triangle"のような形状に関する Analytic な表現や "It's a kind of animal" のような比喻による Holistic な表現が生じる。

これらの表現を話し手が伝えて、聞き手によって理解が示されるという過程を何度か経ることで、複雑な対象物は基盤化される。ここで、聞き手が Holistic な表現に理解を示す時、明示されなかった細部を推論するプロセスが働くため、Analytic な表現に理解を示す時とは異なる認知処理が働くと考えられる。

しかし、このような異なる表現が聞き手により理解される際の認知処理の違いが、基盤化に与える影響の相違は十分に検討されていない。また、話し手が意味したことを十分な基準で理解したと話者同士で信じ合えた際に基盤化は実現されるとされているが [7, 8], 先行研究における基盤化のモデル [7, 9, 10, 11, 12, 13] の中では、対話系列の中で基盤化の基準に到達した後に、基盤化が取り消され、再び基盤化の基準に到達するという動的な基盤化状態の変動を説明できるモデルは検討されてこなかった。

Holistic な表現を理解する際は、明示されなかった Analytic な情報も含めて理解されると考えられるため、Analytic な表現が理解された時に比較して、Holistic な表現が理解された時に基盤化の基準への到達度に対する影響は大きいと考えられる。そこで本研究では、行われた対話から基盤化の基準に到達した確率を予測するモデルを立て、Holistic な表現が理解された際の影響度が Analytic な表現が理解された際の影響度よりも大きくなるように設計した。また、表現の違いによる基盤化に与える影響の相違を検討するため、異なる表現に対して異なる重みが与えられていないモデル $p_{indistinct}$ をベースラインとし、異なる重みが与えられているモデル $p_{distinct}$ を設計した。

本モデルの検証のために、対話を通じて二人の実験協力者の間でタングラムに命名し基盤化する実験を行い、得られたデータにモデルを適用した。

その結果、先行研究で述べられている基盤化された確率との誤差が $p_{indistinct}$ よりも $p_{distinct}$ の方が小さいことが示された。更に、基盤化と基盤化の取り消しが生じた対話データに対してモデルを適用した結果、基盤化された確率の動的な変動も $p_{distinct}$ は予測することが示された。

これは、人同士が共通の認識を形成していく際に、明示されなかった情報を聞き手が推論してより多くの情報を基盤化するという認知処理があるということを示している。

示している。本研究はこのような人間が基盤化過程で暗黙に行っている認知過程の存在をモデリングを通じて示唆し、その構造を記述するモデルを提案した。

2. 共通基盤と基盤化理論

共通基盤は人同士の共通認識を指し [1, 2, 3, 4], コミュニケーションを含む様々な共同行為において不可欠となる [8]. Clark によると, 基盤化は話し手による情報の提示と聞き手による受理によって達成されるとされており [7]. このような基盤化過程のモデルを貢献モデルと呼んでいる。

特に, 基盤化の対象が複雑であるときに, 話し手は対象を小さな部分に分割して提示し, 小さな部分ごとに聞き手による理解を得ることで基盤化を行うとされている [8, 7, 14]. ただし, 小さな部分に分割するという表現方法だけでなく, 比喩などを使った全体的な表現も生じる。

実際に対象指示コミュニケーションにおける対話戦略には, Analytic な戦略と Holistic な戦略があるとされている [5, 6]. また, これらの研究で基盤化の対象, もしくは指示の対象として扱われた実験材料は, タングラムや無意味線画, 抽象的な図形などの複雑な形状の対象物が該当する [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]..

これらの表現を駆使して, 対話参加者は会話に貢献するために, 単に適切なタイミングで適切な発話をするだけでなく, 基盤化の基準 [8] で定義された次の段階に進むための十分な相互理解のレベルに達するまで, 自分の発話の提示と受理を調整する [7].

3. 異なる表現が理解される際の認知処理の違い

先述の通り, 基盤化が達成されるまでに, 話者は単一の表現方法だけを使うわけではない。また, Analytic な表現と Holistic な表現が聞き手によって理解された時, 聞き手は同様の認知処理を行ったとは考えられない。

聞き手が Holistic な表現に理解を示す時, 明示されなかった細部を推論する必要があるため, Analytic な表現に理解を示す時と異なる認知処理を行うことになる。実際に, 人が Holistic な表現のように意味のあるまとまりを得る際は, 分解された部分からチャンキングを行うとされている [22].

具体的に, タングラムが基盤化の対象となった対話においては, まず話し手がタングラムを知覚し, 形状などの細部をチャンキングした後, Holistic な表現によって聞き手に伝える。Holistic な表現を伝えられた

聞き手は, タングラムを知覚してチャンキングした後, Holistic な表現を言語化する。これを聞き手は話し手の Holistic な表現とほぼ一致するまで繰り返し, 一致した時点で聞き手から話し手に対して理解が示されるというプロセスを経ると考えられる。

したがって, Analytic な情報が理解された場合に対して, Holistic な情報が理解された際には Holistic な表現が暗黙に指し示す Analytic な情報も含めて理解されていると考えられる。加えて, このことから Holistic な表現に理解が示された場合は, Analytic な表現が理解された場合よりも, 基盤化の基準への到達度に与える影響は大きいと考えられる。

4. 先行研究のモデルと提案モデル

話者は様々な証拠から基盤化の基準に到達したかを推論している [8]. Clark の貢献モデル [7] と Traum の基盤化の状態遷移ネットワーク [9] では, いずれも聞き手が理解を示した際 (貢献モデルでは acceptance, 基盤化の状態遷移ネットワークのモデルでは ack) に, 話し手が基盤化の基準に到達したと推論して基盤化が実現されると考えられている。また, 一般的に基盤化のモデルは, 基盤化されていない状態, 基盤化されている途上の状態, 基盤化された状態の三つの状態から構成されるが, 貢献モデルも基盤化の状態遷移ネットワークも同様にこのような前提の基に構成されている。

しかし, タングラムや無意味線画のような複雑な対象物は, Analytic な表現が複数回用いられることで基盤化されたり, Holistic な表現が一度用いられるだけで基盤化されたりなど, 多様な基盤化の過程を経る。更に, 3. 章で述べた通り, 聞き手から理解された表現が異なる表現であれば, 基盤化の到達度に与える影響は異なると考えられる。

Horvitz は, 複雑な対象物が基盤化される際に, 情報が小分けにされて伝達されることから [8, 7, 14]. 確率モデルを用いて連続的に基盤化の過程を扱うモデルを構築している [10]. Horvitz のモデルのように連続的に基盤化過程を扱うことができれば, 多様な基盤化過程を肥大な状態遷移モデルや if-then ルールを用いることなく, 単一のモデルで扱うことができると考えられる。

ただし Horvitz のモデルは基盤化の基準に到達した時に, 聞き手からの修復 (repair) が生じなくなるということを中心に, 基盤化の基準に到達する過程をモデル化している。ここで, 修復とは相手の理解の誤解や誤解の可能性を補ったり訂正したりする行為を指す。

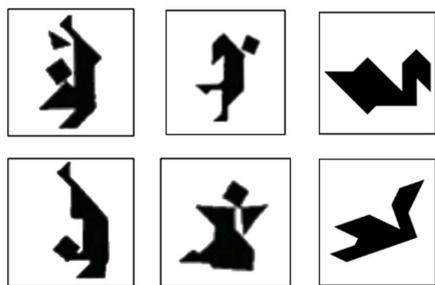


図1 使用するタングラム

よって、このモデルでは聞き手から修復を伴わない単なる否定のみを行われた時や、修復が暗黙であった場合に基盤化状態の動的な変動を扱うことが難しい。実際、現実の対話では貢献が暗黙的、間接的、非構造的、不確実または部分的な場合があるとされている [23]。

そこで本研究では、伝達された情報に理解が示された回数に基づいて確率を算出するモデルを構想する。理解を示す行為は、沈黙や話題の移行など暗黙である場合がある [7, 24] が、本モデルにおいて回数を計上する際はこのような暗黙の理解を含む。確率を $p_{indistinct}$ とすると、理解を示された回数 α によって増大し、否定など理解を示されなかった回数 β によって減少すると考えることができる。また $p_{indistinct}$ は確率であることから $0 \leq p_{indistinct} \leq 1$ となる。更に、基盤化が始まった初期に理解を示された場合に対し、何度も理解を示された後に追加で理解を示された場合は、基盤化の基準への到達度に与える影響は小さくなると考えられる。これらのことから $p_{indistinct}$ を式 (1) のようにモデル化した。ここで、 α , β の初期値は 1 とする。

$$p_{indistinct} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (1)$$

また、 $p_{indistinct}$ は Analytic な表現に理解が示されたのか、Holistic な表現に理解が示されたのかといった、どのような情報が理解されたのかを区別していない。これに対して、Holistic な表現に理解が示された回数、示されなかった回数をそれぞれ γ , χ として、Analytic な表現に理解が示された回数 α と示されなかった回数 β よりも高い重み $\omega (> 1)$ を与えられたモデル $p_{distinct}$ を式 (2) に示す。ここで、 α , β , γ , χ の初期値は 1 とする。本研究では $\omega = 4$ とした。

$$p_{distinct} = \frac{\alpha + \omega\gamma}{\alpha + \beta + \omega\gamma + \omega\chi} \quad (2)$$

5. 対話を通じて基盤化を行う課題

3. 章で考察したことから、 $p_{distinct}$ のモデルの方が $p_{indistinct}$ のモデルより高い精度で基盤化の基準への到達を予測できると考えられる。このように立てられたモデルの検証のために、基盤化を伴う対話データを得るための実験を行う。

対話を通じて、対象物を基盤化する課題は対象指示コミュニケーション課題を用いた先行研究の中で扱われてきた [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]。また、Analytic な表現や Holistic な表現が対話戦略として生じる状況も、上記の先行研究で扱われているようなタングラムや無意味線画を題材とした対象指示コミュニケーションにおいて生じるとされている [5, 6]。実際にタングラムパズルを用いた先行研究においても、“the leg”, “the square” などのような Analytic な表現が生じると報告されている [25]。

本研究では、 $p_{indistinct}$ 及び $p_{distinct}$ のモデルを適用できる対話データを、対象指示コミュニケーションを通じタングラムに命名する課題を実施することにより得る。

5.1 実験

知識や理解の齟齬が生じる対話が行われる実験環境を構想する。タングラムは複雑な形をしているため、対話者が発話だけでそれを表現する際には、形状などの Analytic な表現や、タングラム全体の形を比喻などを使って表した Holistic な表現が生じる。また、同じタングラムを話し手と聞き手が参照することができていたとしても、対話者によって見方や考え方が異なるため、聞き手が理解を示す際にも困難が生じると考えられる。

よって、知識や理解の齟齬が生じる対話が行われる状況として、タングラムに命名を行う課題を設定した。本研究ではこれをタングラム命名課題と記す。この課題において、タングラムが同定され命名が開始する直前が基盤化の基準への到達に相当し、それまでの過程が基盤化の基準に到達するまでのプロセスに相当する。

5.1.1 実験材料

タングラム命名課題には 6 枚のタングラムカードが使用された。使用されたタングラムカードは図 1 の通りである。

また各タングラムカードの配置と向きは図3のように二人の実験協力者間で異なる。これは実験協力者には伝えられていない。

5.1.2 実験手続き

タングラム命名課題はオンライン環境で実施された。実験環境のイメージ図を図2に示す。

まず、実験者はアプリケーションツールである Zoom を使ってオンラインのミーティングルームをホストとして立ち上げる。課題に取り組む時間の長さは30分が目安だと実験協力者は伝えられるが、課題を終わらせるのに必要だと思うだけ時間を費やすことができると実験者は実験協力者に伝えた。また、実験協力者はTFabTile というツールを使用して、ホストである実験者に対してのみ自身の画面を共有する。

課題が開始した後、実験者は課題中のトラブルに対応できるようにルームから退出せず、ミュートにした状態で課題中の対話を録音する。実験協力者は互いの画面が見えない状態で、Microsoft PowerPoint を使ってタングラム命名課題に音声のみで取り組む。

5.2 実験から得られたデータの集計方法

18歳から24歳の20人の協力者が実験に協力した。録音された対話はアノテーションツールである ELAN によって書き起こしされた。発話は1秒間の無音区間があれば異なる発話と見なされる。これらの書き起こし方法の基で、得られた対話データの基本統計量は表3の通りである。

更にどのような表現によって情報が伝達され、それらは何回理解されたかを抽出するために表1のようにタグを与えて発話にアノテーションを行った。加えて、指示されているタングラムカードが基盤化された発話

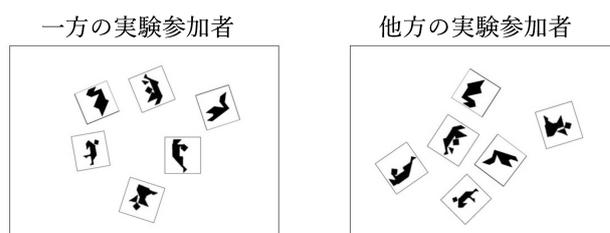


図3 タングラムカードの配置

と、基盤化が取り消された発話に関して表2のようにタグを与えてアノテーションを行った。

3人の評価者による評価から、アノテーションの一致率を算出した。それぞれの一致率と Kappa 値は表4の通りである。いずれのアノテーションも許容範囲内の一致を示した。

5.3 集計されたデータと回帰分析

実験を通じて得られたデータを集計して、非線形重回帰分析を行いモデリングした。基盤化過程における発話のタグは grounded タグがアノテーションされた発話までに生じた回数で集計される。ただし、grounded タグが与えられた発話が生じた後に canceled タグが与えられた発話が生じた場合、最終的に再度 grounded タグが与えられた発話が生じるまで、基盤化過程における発話のタグは集計される。

モデルとして *pindistinct* を使用する場合は、 α に ack analytic タグと ack holistic タグの個数の合算値に2が加算された値が、 β に deny analytic タグと deny holistic タグの合算値に2が加算された値が該当する。 $\alpha(M = 5.625, SD = 1.847)$ と $\beta(M = 2.500, SD = 2.330)$ のヒストグラムは図6に示すとおりで

表1 基盤化過程における発話のタグ

| タグ | タグ付けの対象になる発話 |
|---------------|------------------------|
| analytic | Analytic な表現が伴う発話 |
| holistic | Holistic な表現が伴う発話 |
| ack analytic | Analytic な表現に理解を示す発話 |
| deny analytic | Analytic な表現に理解を示さない発話 |
| ack holistic | Holistic な表現に理解を示す発話 |
| deny holistic | Holistic な表現に理解を示さない発話 |

表2 基盤化状態のタグ

| タグ | タグ付けの対象になる発話 |
|----------|--------------------|
| grounded | 基盤化の基準に到達したことを示す発話 |
| canceled | 基盤化が取り消されたことを示す発話 |

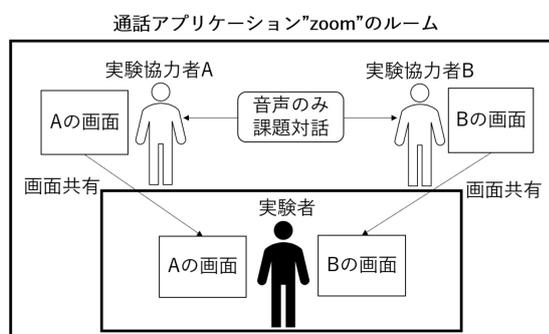


図2 実験環境

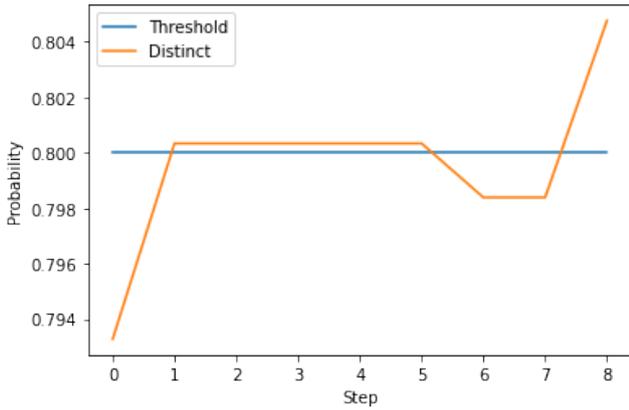


図4 $p_{distinct}$ による基盤化と基盤化の取り消しの予測

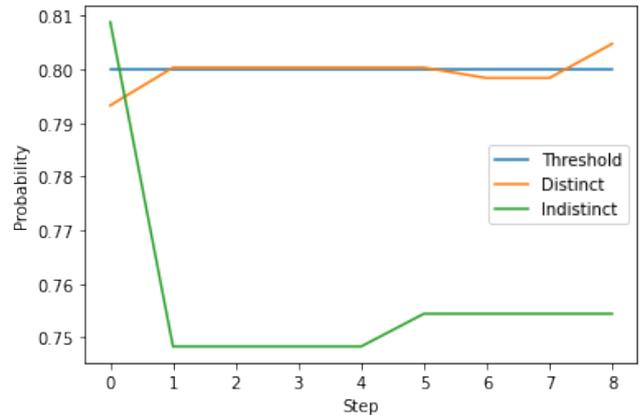


図5 $p_{indistinct}$ と $p_{distinct}$ による予測

ある。

モデルとして $p_{distinct}$ を使用する場合は、 α に ack analytic タグ, β に deny analytic タグ, γ に ack holistic タグ, χ に deny holistic タグそれぞれの個数に1が加算された値が該当する。 $\alpha(M = 2.875, SD = 0.835)$ と $\beta(M = 1.375, SD = 0.518)$, $\gamma(M = 3.750, SD = 2.315)$, $\chi(M = 2.000, SD = 2.138)$ の散布図は図7に示すとおりである。

これらのデータを基に、 $p_{indistinct}$ と $p_{distinct}$ それぞれに関して非線形重回帰分析を行った。本研究でも Horvitz らの先行研究で設定されている値 0.8 を閾値として設定した。つまり、モデルによって 0.8 以上の確率が得られた時点が基盤化の基準に到達し、基盤化された時点となる。

$p_{indistinct}$ と $p_{distinct}$ で基盤化された確率を予測した後、予めランダムにデータから抽出されたテストデータにモデルを適用した。予測された確率と 0.8 との誤差を計算してどちらのモデルがより高い精度で予測できているかを表5のように比較した。誤差には正負いずれの値も混在していたため、0.8 との差の平方和を誤差として計算した。

表3 対話データの統計量

| 統計量 | 値 |
|--------------|--------|
| 対話数 | 10 |
| 対話あたりの平均発話数 | 289.75 |
| 対話あたりの平均ターン数 | 233.25 |

表4 Kappa 値

| タグ | $P(A)$ | Kappa |
|----------------|--------|-------|
| 基盤化過程における発話のタグ | 0.87 | 0.73 |
| 基盤化状態のタグ | 0.88 | 0.81 |

表5より $p_{distinct}$ の方が高い精度で基盤化の確率を予測できていることが示される。更に、grounded タグが現れた後に canceled タグが現れ、再度 grounded タグが現れるデータが得られたため、このデータに対して基盤化の基準への到達が動的に変動する挙動を予測できるかを検証した。対話データはA付録の表7に示す対話である。

A付録の表7の Step が図4の横軸 Step に対応する。図4に示す通り、 $p_{distinct}$ のモデルから算出される確率が閾値 0.8 を超える Step と A付録の表7における grounded タグが現れる Step は一致している。

また、図5に $p_{indistinct}$ のモデルにより各 Step において予測された確率を描き入れて、 $p_{indistinct}$ の予測と $p_{distinct}$ の予測を比較した。

6. 議論

6.1 結果の解釈

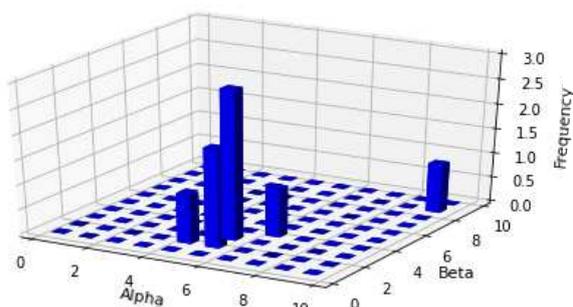
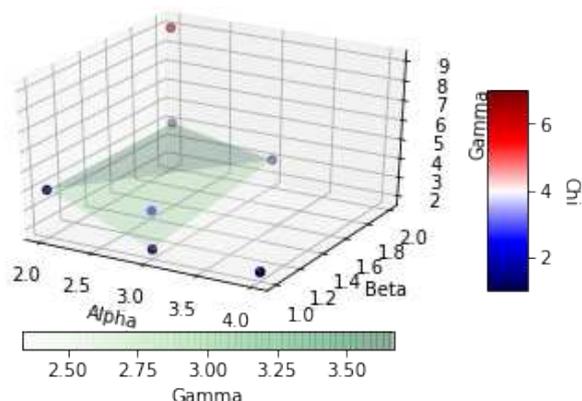
6.1.1 モデルの妥当性

基盤化の基準を表す閾値を 0.8 に設定すると、表5から $p_{distinct}$ の方が $p_{indistinct}$ よりも誤差が小さいと言える。これは $p_{distinct}$ の方が閾値 0.8 に近い確率をモデルが算出し、対話上で基盤化が実現されたことを高い精度で予測したことを示す。

また、図5より $p_{indistinct}$ に対して $p_{distinct}$ は、A付録の表7の対話データにおける基盤化の動的な変動を予測できていると言える。実際に対話上で基盤化と

表5 $p_{indistinct}$ と $p_{distinct}$ で予測された値の誤差

| モデル | 誤差 |
|------------------|--------------|
| $p_{indistinct}$ | 0.008747 |
| $p_{distinct}$ | 9.091837e-05 |

図6 $p_{indistinct}$ の入力データのヒストグラム図7 $p_{distinct}$ の入力データの散布図

基盤化の取り消しが生じた Step との齟齬が少ない状態で、基盤化された確率が変動している。

これらのことから、Analytic な表現に理解が示された場合と、Holistic な表現に理解が示された場合では、認知処理に違いがあり基盤化の基準への到達度と与える影響も異なるとした提案モデルは、基盤化された確率の予測モデルとして高い精度を示したと考えられる。

6.1.2 仮の基盤化の存在

A 付録の表 7 の Step5 において一度基盤化は完了し実験協力者が対話している内容は、タングラムの命名をどうするかについての内容に移行している。このように対話参加者が対話を次の段階に進める行為を、Clark らは Initiation of the relevant next contribution[7], Roque らは Move on[24] と定義し、話し手が伝えた内容を聞き手が理解した証拠だとしている。よって、基盤化が完了したことを推論する証拠となる行為が、A 付録の表 7 の Step5 の後に生じている。

しかし、Step6 から 1 つ前の発話や Step7 から 2 つ前の発話から示される通り新たに追加された情報によって基盤化は取り消され、再度基盤化に向けて情報が交換し合われている。つまり Step5 で基盤化は完了したが、実際には基盤化は完了していない状態であったと言える。

以上のことから、基盤化は完了していないが Move on される状態が、存在している可能性を考えた。実際、モデルが Step8 で算出している確率は Step5 よりも大きな値である。

6.1.3 仮の基盤化を仮定したことによる寄与

対象指示コミュニケーション課題は多くの場合に対象を指示する指示者と、指示者の指示表現から対象を同定する行為者に役割が与えられる。また、何度も同じ対象を指示者と行為者が指示する場合、その表現は短くなる傾向があるとされている [19, 26, 27, 28, 29, 30]。

Horton らは、このような役割分担を与えて不明確な画像に名前を与える課題を行った後、指示者が別の行為者と新たに同じ課題を行う実験を行い、指示者の表現が前の行為者に対する表現よりも長く詳しくなる傾向があることを示した [31, 32]。具体的には、"it looks like a ballet dancer, like stretching her leg..." といった表現が生じるとされている。

これは聞き手が理解可能なように話し手が表現の方法を調整する Audience Design[1, 33, 34] と呼ばれるプロセスだと考えられる。一方で、Yule[5, 6] が述べているように長く詳しい表現ではなく、短い比喩などの Holistic な表現だけの対話も少なくなく、本研究における実験でも A 付録の表 7 に示す通り、長い表現や詳しい表現が用いられることなく Holistic な表現が理解される対話が生じた。

ここで、6.1.2 節のように仮の基盤化を仮定すると、Horton ら [31, 32] が示したような長く詳しい表現が用いられない場合、話し手は仮の基盤化に至っていると想定しているため、Holistic な表現を用いたのだと考えることができる。ただし、ここで仮の基盤化に到達している情報は Holistic な表現が生成される際にチャンキングされる Analytic な情報だと仮定する。このように仮の基盤化という状態を仮定することで、長く詳しくなるはずの表現が、短い比喩などの Holistic な表現になるといった、Audience Design では説明が難

しい基盤化過程の説明に寄与すると考える。

6.2 先行研究との比較

対象指示コミュニケーションにおいて、指示対象の部分的な表現 (Analytic) と全体的な表現 (Holistic) は異なる対話戦略だとされており [5, 6], Holistic な表現に理解が示されている場合、聞き手はチャンキング [22] を内部で行う必要があると考えた。更にチャンキングの結果、聞き手から Analytic な表現に理解が示される時よりも、Holistic な表現に理解が示される時の方が基盤化の基準への到達度に与える影響は大きいと考えた。

本研究で提案したモデル $p_{distinct}$ は、これらの先行研究から述べられていることと齟齬の少ないモデルだと言える。よって、先行研究をサポートする結果が提案モデルにより示されたと考えられる。

6.3 研究の限界と今後の展望

$p_{distinct}$ モデルの限界や外挿に関して考察する。

モデリングの際に非線形重回帰分析を行ったが、単純に $p_{indistinct}$ に対して $p_{distinct}$ の方が変数の個数が多いため、これに起因して予測誤差が減少した可能性がある。これは基盤化された確率をモデリングする上で変数を増やすことが適切なアプローチだったからだと考えることもできるが、予測誤差の減少が変数の増加に起因したのか、人の認知処理を適切にモデリングできたためなのかは検討が必要である。

また、図7と図6において各変数の範囲は1から9の間に収まっている。しかしこれらのデータはタングラム命名課題で得られた対話データに基づくデータであり、タングラムよりも複雑な対象物などを使用した際には、発話量が増える可能性がある。

よって、タングラムや無意味線画のような対象物が題材となった対話状況ならば本モデルは適用できる可能性があるが、いかなる対話状況においても妥当なモデルだとは本研究の結果からは述べることはできない。具体的には、Analytic な発話や Holistic な発話が数十回生じるような対話や、基盤化の取り消しが複数回生じるような対話のデータも含めたモデリングが今後求められると考えられる。

更に、Holistic な表現により伝達される情報と Analytic な表現により伝達される情報に異なる重みを与えて、基盤化された確率をモデル化したが、モデルが

入力として扱うデータはあくまで発話に理解が示された回数と示されなかった回数である。

このことから、モデルにおいては話者がどのような Analytic な情報や Holistic な情報を参照しているかは扱うことができていない。具体的には実験から得られたデータの中に、タングラムに対して「船」という Holistic な表現が用いられた対話 (A 付録の表6) があるが、その後に「三角のやつが帆で」という Analytic な表現を伴う発話が生じ、聞き手から理解が示されている。この場合、「三角のやつが帆で」という Analytic な表現が生じる前と後では、同じ「船」という表現が指し示す情報の中に「三角のやつが帆で」という情報が明示的に含まれていない状態から、明示的に含まれている状態に変異していると考えられる。

本モデルでは、どのような Analytic な情報が参照されているのかまでは明確に記述することはできていない。今後は参照されている情報を記述するために、Minsky のフレーム理論 [35] に基づき対話の進行と対応させて、どのようにスロットが埋められているのかを分析するアプローチを考えている。

7. 結論

本研究では、対話を通じた基盤化過程において Analytic な表現と Holistic な表現の相違が基盤化に与える影響の相違を、先行研究では十分に検討されていなかったことを問題として提起した。これに対し、基盤化の対象物が複雑である場合において基盤化された確率を予測するモデルを提案した。その結果として高い精度で基盤化の基準への到達や、基盤化状態の動的な変動の予測を行ったため、Holistic な表現により明示されなかった Analytic な表現が推論されるという認知過程が、基盤化のプロセスにおいて働いているということを示唆した。また、基盤化が完了していないにも関わらず、対話を次の段階に進める対話が生じたことから、基盤化には到達していないが、対話が次の段階に進められるような状態が基盤化過程には存在するという仮説を論じた。

提案モデルは、発話に理解が示された回数を扱っているため、どのような情報が参照されているのかに基づいたモデリングには至っていない。今後は、Minsky のフレーム理論 [35] を基に、対話中で交換された情報をスロットやフレームに対応させて分析する。また、Analytic な表現を伴う発話や Holistic な表現を伴う発話が数十回に及ぶ対話状況からデータを得ることで、より精緻で外挿の小さいモデリングを目指す。

文献

- [1] Herbert H. Clark and Thomas B. Carlson. Hearers and speech acts. *Language*, Vol. 58, No. 2, pp. 332–373, 1982.
- [2] Herbert H. Clark and Catherine R. Marshall. Definite knowledge and mutual knowledge. In Aravind K. Joshi, Bonnie L. Webber, and Ivan A. Sag, editors, *Elements of Discourse Understanding*, pp. 10–63. Cambridge University Press, 1981.
- [3] David K. Lewis. *Convention: A Philosophical Study*. Harvard University Press, 1969.
- [4] Thomas C. Schelling. *The Strategy of Conflict*. Oxford University Press, 1960.
- [5] George Yule. *Pragmatics*. Oxford University Press, 1996.
- [6] George Yule. *Referential Communication Tasks*. Routledge, 2013.
- [7] Herbert H. Clark and Edward F. Schaefer. Contributing to discourse. *Cognitive Science*, 1989.
- [8] Herbert H. Clark and Catherine R. Marshall. Grounding in communication. In Lauren B. Resnick, John M. Levine, and Stephanie D. Teasley, editors, *Perspectives on socially shared cognition*, pp. 127–149. American Psychological Association, 1991.
- [9] David R. Traum. A computational theory of grounding in natural language conversation. Technical report, Department of Computer Science, University of Rochester, 1994.
- [10] Eric Horvitz and Tim Paek. Grounding criterion: Toward a formal theory of grounding. Technical report, Microsoft, 2000.
- [11] Steve Young, Milica Gašić, Blaise Thomson, and Jason D. Williams. Pomdp-based statistical spoken dialog systems: A review. *Proceedings of the IEEE*, Vol. 101, No. 5, pp. 1160–1179, 2013.
- [12] Jason Williams, Antoine Raux, and Matthew Henderson. The dialog state tracking challenge series: A review. *Dialogue & Discourse*, Vol. 7, No. 3, pp. 4–33, 2016.
- [13] Antonio Roque and David R. Traum. Improving a virtual human using a model of degrees of grounding. In *Proceedings of the 21st International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 207–216, 2009.
- [14] Herbert H. Clark and Deanna Wilkes-Gibbs. Referring as a collaborative process. In Philip R. Cohen, Jerry L. Morgan, and Martha E. Pollack, editors, *Intentions in Communication*, pp. 265–274. MIT press, 1990.
- [15] Jean Carletta and Amy Isard. Hrc dialogue structure coding manual. Technical report, Centre, University of Edinburgh, 1996.
- [16] Susan R. Fussell and Robert M. Krauss. The effects of intended audience on message production and comprehension: Reference in a common ground framework. *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol. 25, No. 3, pp. 203–219, 1989.
- [17] Nanda Poulisse, Theo Bongaerts, and Eric Kellerman. *The use of compensatory strategies by Dutch learners of English*. Foris Publications, 1990.
- [18] Misako Nambu and Etsuko T. Harada. Cognitive artifacts and conversation in referential communication tasks. *Cognitive Studies: Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*, Vol. 5, No. 1, pp. 139–150, 1998.
- [19] Herbert H. Clark and Deanna Wilkes-Gibbs. Referring as a collaborative process. *Cognition*, Vol. 22, No. 1, pp. 1–39, 1986.
- [20] Herbert H. Clark and Michael F. Schober. Understanding by addressees and overhearers. *Cognitive Psychology*, Vol. 21, No. 2, pp. 211–232, 1989.
- [21] Matthew J. Traxler and Morton A. Gernsbacher. Improving coherence in written communication. In Morton A. Gernsbacher and T. Givón, editors, *Coherence in Spontaneous Text*, pp. 215–237. John Benjamins Publishing Company, 1995.
- [22] Ian. Neath and Aimee M Surprenant. *Human memory*. Wadsworth Publishing, 2003.
- [23] Timothy Koschmann and Curtis D. LeBaron. Reconsidering common ground. In *ECSCW 2003*, pp. 81–98, 2003.
- [24] Antonio Roque and David R. Traum. Degrees of grounding based on evidence of understanding. In *Proceedings of the 9th SIGdial Workshop on Discourse and Dialogue*, pp. 54–63, 2008.
- [25] Takenobu Tokunaga, Ryu Iida, Asuka Terai, and Naoko Kuriyama. The REX corpora: A collection of multimodal corpora of referring expressions in collaborative problem solving dialogues. In *Proc. LREC*, pp. 422–429, 2012.
- [26] Michel Hupet and Yves Chantraine. Changes in repeated references: Collaboration or repetition effects? *Journal of Psycholinguistic Research*, Vol. 21, No. 6, pp. 485–496, 1992.
- [27] Robert M. Krauss and Sidney Weinheimer. Changes in reference phrases as a function of frequency of usage in social interaction: a preliminary study. *Psychonomic Science*, Vol. 1, No. 1, pp. 113–114, 1964.
- [28] Robert M. Krauss and Sidney Weinheimer. Concurrent feedback, confirmation, and the encoding of referents in verbal communication. *Journal of Personality and Social Psychology*, year=1966, volume = 4, number = 3, pages = 343-346.
- [29] Robert M. Krauss. The role of the listener: Addressee influences on message formulation. *Journal of Language and Social Psychology*, Vol. 6, No. 2, pp. 81–98, 1987.
- [30] John M. Carroll. *What's in a name?* Freeman, 1985.
- [31] William S. Horton and Daniel H. Spieler. Age-related differences in communication and audience design. *Psychology and Aging*, Vol. 22, No. 2, pp. 281–290, 2007.
- [32] Deanna Wilkes-Gibbs and Herbert H. Clark. Coordinating beliefs in conversation. *Journal of Memory and Language*, Vol. 31, No. 2, pp. 183–194, 1992.
- [33] Herbert H. Clark and Gregory L. Murphy. Audience design in meaning and reference. In Jean-François Le Ny and Walter Kintsch, editors, *Language and Comprehension*, pp. 287–299. North-Holland, 1982.
- [34] Allan Bell. Language style as audience design. *Language in Society*, Vol. 13, No. 2, pp. 145–204, 1984.
- [35] Marvin Minsky. A framework for representing knowledge. In Pat Winston, editor, *The Psychology of Computer Vision*, pp. 211–277. McGraw Hill, 1975.

A 付録

表 6 参照する Analytic な情報が変異する対話

| 話者 | 発話 | タグ | 基盤化状態 | Step |
|----|-------------------------|------------------------|----------|------|
| B | 船 | | | |
| B | 船っぽく見えないこともないですが | holistic | | |
| A | ああああ | | | |
| A | なんか | | | |
| A | 船に見たときに上に3つ物が乗ってるみたいなの？ | ack holistic, analytic | | 1 |
| B | あ、そうそうそうそう | ack analytic | | 2 |
| A | あ、なるほど | | | |
| A | これは、確かに船だね、言われれば | | | |
| B | で、その帆、帆 | | | |
| B | 帆でいいんだっけあれ | analytic | | |
| A | ああうんそう | ack analytic | | 3 |
| B | 三角のやつが帆で | | | |
| B | ちょっと後2個のやつはなんか浮いてるけど | analytic | | |
| A | 四角と三角だね | ack analytic | grounded | 4 |
| A | わかったわかった | | | |
| A | 船だね | | | |
| B | あ、船で良いんですかこれ | | | |
| A | いや、でも船に見えるよ | | | |
| A | そう言われれば | | | |
| B | じゃあ船で | | | |

表 7: 基盤化と基盤化の取り消しが生じた対話

| 話者 | 発話 | タグ | 基盤化状態 | Step |
|----|----------------------------|------------------------|-------|------|
| A | これ一番右上に | analytic | | |
| A | 何、白鳥みたいな、鳥みたいなのが | holistic | | |
| B | 一番右上？ | | | |
| A | なんか | | | |
| B | 左上っぽいけど | deny analytic | | 1 |
| A | ん | | | |
| B | 配置違うのかな | | | |
| A | 配置違う可能性ある | | | |
| A | わかんない | | | |
| B | うん | | | |
| A | だよ | | | |
| A | うーん | | | |
| B | いやまあでもどれのこと言ってるかはとりあえずわかるよ | ack holistic | | 2 |
| A | なんかそうそうそう | | | |
| A | 一点にいる | analytic | | |
| A | 鳥みたいな | | | |
| B | うん | | | |
| B | うんわかる、でもねっぼいのが二つない？ | ack analytic, holistic | | 3 |

表 7: 基盤化と基盤化の取り消しが生じた対話

| 話者 | 発話 | タグ | 基盤化状態 | Step |
|----|---------------------------|---------------|----------|------|
| A | ある | ack holistic | | 4 |
| B | うん, 似てる, 似てるっていうか | | | |
| A | あるある | | | |
| A | え, あのお | | | |
| A | 下向いてるのか上向いてるのかみたいな | analytic | | |
| B | そうそうそう | ack analytic | grounded | 5 |
| A | ああわかったわかった | | | |
| B | うん | | | |
| A | 鳥だよこれ | | | |
| B | いや, 鳥かどうかは知らんけどまあ | | | |
| B | まあそういうことにしましょう | | | |
| A | これあれでしょ, 印象, なんか印象を言う | | | |
| B | うん | | | |
| A | 決めてくの | | | |
| B | うん | | | |
| B | え, 何と | | | |
| B | そうだね | | | |
| B | え, 何, 鳥でいいの? | | | |
| A | なんか | | | |
| B | 白鳥とかじゃなくていいの? | | | |
| A | 白鳥でいくか | | | |
| B | 画面に書いといた方がいいのかな | | | |
| A | 書いとく | | | |
| B | ちょっと俺, キーボード使ったことないからちょっと | | | |
| B | なんかエラー音なる | | | |
| B | あ, そっかそういうことか | | | |
| A | 次どうしよっか | | | |
| A | 二個あるじゃん | | | |
| B | え. ちょっとまって一個目白鳥でいいんだっけ | | | |
| A | 上向いてる方 | analytic | | |
| B | いや違う, 横向いて, ん? 下向いてる方 | deny analytic | canceled | 6 |
| A | 下むいてる方? | | | |
| B | あ. え? | | | |
| B | 泳いでそうなやつ | analytic | | |
| A | ああ | | | |
| B | は? | deny analytic | | 7 |
| B | 白鳥でいいんだっけ? | | | |
| A | 白鳥でいいんじゃない | | | |
| B | あ, じゃあ白鳥で | | | |
| A | 下向いてるほうね | analytic | | |
| B | 下向いてるほうね | ack analytic | grounded | 8 |

専門学校の情報リテラシークラスにおけるオンライン授業 Remote Lectures for Computer Literacy Courses at Vocational Schools

森下 浩平

Kohei Morishita

大阪経済法科大学

Osaka University of Economics and Law

kohei@kobe-ocn.jp

Abstract

This study reports the students' responses to the questionnaires regarding remote lectures for computer literacy courses at two vocational schools compared with those at a university.

Keywords — Remote Lecture, Computer Literacy Course, Questionnaire

1. はじめに

2020年度は、新型コロナウイルス感染症拡大防止措置の影響で、各教育機関はオンライン授業の実施を求められるようになった。2021年度についても、高等学校以下の教育機関のほとんどは対面授業に戻ったものの、専門学校や大学の多くでは、引き続きオンライン授業を余儀なくされている。

複数の教育機関がウェブ上で公開している、オンライン授業についてのアンケート調査の結果によると、「対面授業に比べて課題が多い」「目や首や肩の疲労が大きかった」などのネガティブな意見と「講義の録画が何度も見られて、復習がしやすい」などのポジティブな意見が、いずれも共通して見られる [1][2][3]。

本稿では、2020年度に著者が教育機関4校で担当した授業のうち、専門学校2校でのアンケート調査の結果について、授業科目（情報科学）と授業内容（情報リテラシー）がこれらの専門学校と同じで、授業形態（対面とZoomによるオンライン vs Zoomによるオンラインのみ）が一部異なる大学1校との比較を行う。

2. 授業形態

上述した専門学校2校と大学1校での授業について、表1にまとめる。

表1 各教育機関の授業

| 教育機関 | 専門学校（2校） | 大学（1校） |
|------|----------|--------|
| 学年 | 1, 2年生 | 1年生 |
| クラス数 | 3クラス | 2クラス |

| | | |
|--------|------------------|----------------|
| 履修者数 | 99名（有効回答は86名分） | 92名（有効回答は78名分） |
| 授業回数 | 23回 | 15回 |
| 主な授業形態 | 対面とオンライン（リアルタイム） | オンライン（リアルタイム） |

情報リテラシークラスでは、パソコンを操作して基本的なコンピューターおよびワープロソフトや表計算ソフトなどの使用方法を習得することを目的としている。2020年4月に1回目の緊急事態宣言が発令された当初は、専門学校と大学はいずれもオンライン授業であったが、専門学校の場合は全校生の人数が少ない分、授業のカリキュラムが大学ほど複雑ではないためか、のちに対面授業が可能となった。

3. オンライン授業に関するアンケート調査

2020年度前期と後期の最終授業（後期は専門学校1校のみ）で、オンライン授業に関するアンケート調査を実施した。専門学校と大学でアンケート項目が一部異なっているため、共通する項目についてのみ、表2に示す。

表2 オンライン授業に関するアンケート調査
（一部抜粋）

| # | 質問項目 |
|---|--------------------------------|
| 1 | オンライン授業で困ったことや戸惑ったことはありましたか |
| 2 | オンライン授業の時間配分は適切だったと思いますか |
| 3 | オンライン授業と対面授業のどちらが良いと思いますか |
| 4 | 3で選択した理由を書いてください |
| 5 | 授業全体を通して気付いたこと、改善して欲しいことはありますか |
| 6 | 授業の感想や要望などを書いてください |

上記の1~6に対する回答について、大学生92名中78名および専門学校生99名中86名から、データを公表することに対する同意を得た。表2の質問1に与えられていた選択肢およびそれらを選んだ人数を、表3に示す。複数回答可としたため、延べ人数となっている（カッコ内は全体における回答者の割合）。

表3 オンライン授業で困ったことや戸惑ったこと

| | 専門学校 | 大学 |
|-----------------------------|----------------|----------------|
| ネットワーク環境が不十分 | 20名 (23.3%) | 28名 (35.9%) |
| コミュニケーションについての不安（意思疎通がしにくい） | 19名 (22.1%) | 10名 (12.8%) |
| パソコンやソフトウェアなどの学習環境が不十分 | 14名 (16.3%) | 11名 (14.1%) |
| 集中しにくい | 10名 (11.6%) | 13名 (16.7%) |
| 課題が多い | 4名 (4.7%) | 11名 (14.1%) |
| 特に問題はなかった | 38名 (44.2%) | 34名 (43.6%) |

特に問題はなかったと回答した学生が、専門学校、大学ともに40%強であった。ネットワーク環境が不十分であると答えた学生は、完全にオンラインで授業を行っていた大学のほうが多かった。一方、専門学校には学習管理システム（LMS; Learning Management System）がなかったためか、コミュニケーションについての不安が大学よりも大きい傾向が見られた。

質問2の回答について、表4に示す。

表4 オンライン授業の時間配分は適切だったか

| | 専門学校 | 大学 |
|----------|-------|-------|
| とても短く感じた | 0.0% | 1.3% |
| やや短く感じた | 0.0% | 1.3% |
| 適切だった | 79.1% | 78.2% |
| やや長く感じた | 15.1% | 15.4% |
| とても長く感じた | 5.8% | 3.8% |

専門学校からも大学からも、オンライン授業の実施時間は最大でも45分程度にしてほしいと言われていたが、通信環境が不安定な中で、対面であれば必要のないような操作上の説明をしながらテキストの内容を網羅しようとする、実際には80~90分程度かかってしまった。全体としては、専門学校と大学で同じような傾向が見られ、8割程度の学生が適切だったと答

えているものの、残りの2割程度の学生は長いと感じていた。

質問3の回答について、表5に示す。

表5 オンライン授業と対面授業のどちらが良いか

| | 専門学校 | 大学 |
|------------------|-------|-------|
| 対面授業が良い | 74.4% | 26.9% |
| オンライン授業（Zoom）が良い | 10.5% | 53.8% |
| 半々（隔週） | 4.7% | 6.4% |
| その他 | 10.5% | 12.8% |

2020年度の授業において、オンライン授業と対面授業を両方経験した専門学校生は対面授業のほうが良いと答え、対面授業を経験していない大学生はオンライン授業のほうが良いと答える傾向がみられた。

専門学校において対面授業のほうが良いとする意見としては、「質問しやすい」「隣同士で協力し合える」「ネット環境やパソコン環境が整っていない」など、コミュニケーション（意思疎通）に関しての意見が多かった。一方、オンライン授業のほうが良いとする意見としては、「コロナが心配」「家のパソコンの方が使いやすい」「集中できる」など、学習環境に関しての意見が多かった。これらの意見は、上述したウェブ上で公開されているアンケート調査の結果とも合致している。

4. まとめ

授業全体を通して気付いたこと、改善して欲しいことについては、「授業は対面の方が絶対に分かりやすい」「ネットワーク環境のトラブルを改善してほしい」「動画配信形式にしてほしい」「YouTubeもあればいい」など、動画配信を希望する学生が非常に多かった。そこで、2021年度前期は、通信回線の負担や身体的な負担を考慮し、StreamやYouTubeなどを利用した配信型（オンデマンドのみ）、あるいはリアルタイム授業の実施回数を減らした複合型（リアルタイムとオンデマンド）の授業形態を取ることにした。

専門学校2校では、2020年度はオンライン授業から対面授業に切り替えたことにより、学生は両方の授業形態を経験することになったが、2021年度は2校がそれぞれオンライン授業のみと対面授業のみになった。最終授業で新たにアンケート調査を実施し、その結果について比較・分析する予定である。

参考文献

- [1] utelecon: オンライン授業・Web 会議ポータルサイト@東京大学. 「2020 年度 S セメスター オンライン授業に関するアンケート結果概要 (学生版)」.
<https://utelecon.adm.u-tokyo.ac.jp/questionnaire/student/>,
(参照 2021-07-08)
- [2] 岡山大学 高等教育開発推進センター. 「第 1 回 オンライン授業に関するアンケートについて」.
https://www.iess.ccsv.okayama-u.ac.jp/hedi/kakusyusiryosurvey_onlineclasses/, (参照 2021-07-08)
- [3] 大正大学. 「オンライン授業に一定の教育効果～対面授業時のスコアと比較分析 「オンデマンド配信型」は大幅にスコア上昇～」.
https://www.ris.ac.jp/pressrelease/2020/press_001.html,
(参照 2021-07-08)

商品探索時に利用されるパッケージ情報 Packaging information used in product search

岩根 榛花[†], 原田 悦子[‡]

Haruka Iwane, Etsuko T. Harada

[†]筑波大学 人間総合科学学術院, [‡]筑波大学 人間系

Degree Programs in Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, Faculty of Human Sciences, University of Tsukuba

s2021302@s.tsukuba.ac.jp

概要

買い物行動のうち、目的の商品を見つけ出す「商品探索プロセス」に焦点を当て、そこで利用される商品パッケージ情報について検討を行った。高齢者と若年者はそれぞれ、模擬店舗において、看板(サイン)の呈示を操作した条件下で、指定した4つの商品を探る課題を行った。そこで得られた発話プロトコルを4商品で比較したところ、商品属性ごとに異なる結果が得られ、パッケージ情報によって、商品属性の誤った推論が行われる可能性が示唆された。今後、認知的加齢との関連性について更なる検討を行う必要があると考えられる。

キーワード：商品探索 (product search), パッケージ (package)

1. 問題

1.1 商品探索プロセス

買い物行動の研究は数多く行われているものの、目的の商品を発見するまでの商品探索プロセスに焦点を当てた研究は数少ない。スーパーマーケットにおける商品探索プロセスを発話思考実験から検討した研究 (Titus & Everett, 1996) では、その製品の機能等について推論する「商品の分析」の段階が指摘されている。

そのような商品分析時に、パッケージにおいてはどのようなパッケージ情報が利用されているのであろうか。

1.2 パッケージと商品探索プロセス

そもそもパッケージは、製品の保護だけでなく、視覚的手がかりとしての機能があり、購買行動への影響が指摘されている (Clement, 2007)。

その中でも、商品探索プロセスにおける「商品の分析」 (Titus & Everett, 1996) 時には、その製品の属性を推測するために、「情報処理価値 (石井・恩蔵, 2010)」が大きく関係すると考えられる。

パッケージの持つ視覚的手がかりとしての側面の内、製品の情報を正しく伝達するような、情報処理価値に関する研究は数少ない。特に、商品購買の意思決定時における検討ではなく、目的の商品を店内で探索する状況下で、どのようなパッケージ情報が注目され、どのような情報が伝達されるか検討する研究は必ずしも行われてこなかった。

2. 目的

以上のことから、本研究では、原寸大の写真で構成した仮想店舗内で目的の商品を探る商品探索実験において、利用されるパッケージ情報に関する探索的な検討、ならびにエラー事例の分析からパッケージの情報がもたらしうる情報エラーの可能性についての検討を目的として、分析検討を行った。

3. 方法

3.1 実験計画

年齢群 (参加者間：高齢者群/若年者群) ×サイン呈示 (参加者間：サイン無し群/通常サイン群/強調サイン群) ×探索商品 (参加者内：セルベール/温泡/ウナクル/ヘパリーゼ) の3要因混合計画であった。

3.2 参加者

高齢者群の参加者は、筑波大学みんなの使いやすさラボに研究協力者として登録をしている会員の中から、1) 70歳以上、2) MMSEが26点以上、3) 産総研式認知加齢検査の視覚探索課題において34点以上、の3条件に該当する会員に対して募集を行った。その結果として、30名 (男性15名、女性15名) が実験に参加した (平均年齢75.50歳, SD=3.42)。

若年者群の参加者は、心理系を除く大学生及び大学院生31名が実験に参加した (男性16名、女性15名、平均年齢21.00歳, SD=1.46)。1名のデータに機器不良による欠損が認められたため、その1名のデータについては分析対象から削除された。

合計61名 (分析対象60名) の参加者は、年齢群ごとに10名ずつ、サイン呈示の3条件に割り当てられた。

3.3 実験状況

岩根・中村 (2020) と同様に、模擬的に再現した店舗で実験を行った。棚は、実際の店舗の陳列棚を撮影し、それをA0サイズのポスターに印刷したものをパネルに貼付し、並べることで再現した (図1)。また探索行動におけるサイン呈示の効果を検討するため、一般的な店舗に相当する「通常サイン群」、サインが設置されていない

「サインなし群」, サインの効果を明示化するために, サインを設置した上で商品棚に布を掛け, 商品棚を直接確認できないようにした「強調サイン群」の3条件を設け, 参加者は3条件のいずれかにランダムに割り振られた. サインに表示されるカテゴリラベルは, 実際の店舗と同じ表現を用いた.

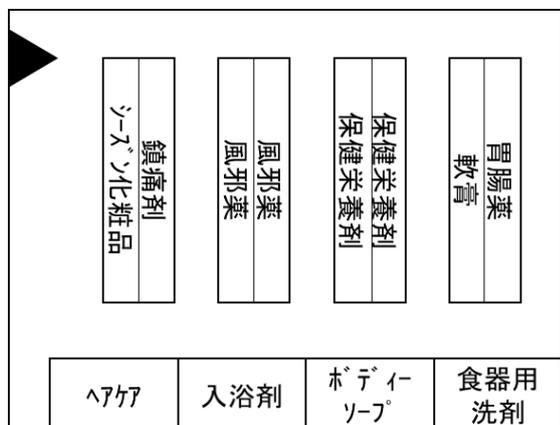


図1 実験状況

3.4 探索商品

岩根・中村 (2020) と同様の「セルベール整胃錠 12錠 (以下セルベール)」に加えて, 「温泡ぜいたく果実紅茶 (以下温泡)」, 「ウナコーワクール 30ml (以下ウナクール)」, 「ヘパリーゼプラス II 180錠 (以下ヘパリーゼ)」の計4商品を探索商品に設定した (図2).

セルベールと温泡は, それぞれ「胃腸薬」と「入浴剤」と分類された場に陳列されており, 商品情報から容易にカテゴリが推測できる商品として選定した. このように, 商品とサインとの関連性が強いものを本研究ではサイン一致と定義した.

一方で, ウナクールとヘパリーゼは, それぞれ「軟膏」「保健栄養剤」というカテゴリに属する商品であり, 商品とサインの関連性が低い商品として選定し, サイン一致に対しサイン不一致と定義した.

| サイン一致 商品とサインの結びつきが強い | | サイン不一致 商品のサインの結びつきが弱い | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| | | | |
| セルベール整胃錠 12錠 (エーザイ株式会社) | 温泡 ぜいたく果実紅茶 (アース製薬株式会社) | 新ウナコーワクール 30ml (興和株式会社) | ヘパリーゼプラスII 180錠 (ゼリア新薬工業株式会社) |

図2 探索商品

3.5 手続き

参加者は, 実験に関する説明の後, 書面で実験参加の意思確認をしたのち, 事前質問紙に回答し, 次に発話と行動を録画録音するためのウェアラブルカメラとマイクを装着後, 発話思考の説明と訓練を行った.

商品探索課題では, 実際の店舗で, とある商品を買いに来たと仮定して探すこと, 開始のカード読み上げと終了の合図を行うように教示された.

参加者は, 各試行での商品探索開始にあたり, 探索対象商品の空箱を呈示された後, その商品の前面のパッケージの写真が掲載されたカード (図3) を渡され, 上部に書かれている課題文 (「これを探してください」) を読み上げて探索を開始した. 実験最中は発話思考を行い, 実験者は適宜発話のプロンプトを行った. 目的商品が見つかった際には, 「見つかりました」等の終了の合図を行った.



図3 探索商品の教示カード

以上を計4試行行った後, 事後質問紙調査とインタビューを実施した. 実験は高齢者群で60分, 若年群で30分程度で終了した.

各試行において, 参加者が, 問題解決のデッドロックに陥っていると判断された場合は, 実験者が介入を行っ

表1 パッケージ情報の分類

| | セルベール | 温泡 | ウナクール | ヘパリーゼ |
|-----------------|---|---|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 商品名 | セルベール 整胃錠 | 温泡 | 新ウナコーワ クール | ヘパリーゼ プラスII |
| キャッチコピー | 胃もたれ・胸やけに効く | 発泡入浴 とろり炭酸湯 ぜいたく果実紅茶 | つめた〜いかゆみどめ かゆみ・虫さされ | 疲れやだるさに |
| 説明 ^a | 弱った胃を粘液のベール で整える 粘液のベールで胃を守る 胃運動を高める | 紅茶をひきたてる4種類 の果実紅茶の香り かりん紅茶/ゆず紅茶/ もも紅茶/りんご紅茶 おやすみ前の身体ケア 肩こり/腰痛/疲労/冷 え症 | かゆみを止めるW作用 すばやく効く!かゆみの もとにはたらく! | 肝臓水分解物/イノシトール 滋養強壮胃腸障害時の栄養 補給 |
| 内容量 | 12錠 1回1錠 分包タイプ | 12錠 | 30ml | 180錠 |
| リスク分類表示 | 第2類医薬品 | 飲み物では ありません | 第2類医薬品 | 第3類医薬品 |
| 製薬会社 | Eisai | EARTH | Kowa | ゼリア新薬 |
| 色 ^a | 黄色 | 赤 | 水色 | 白 |

注) ^a今実験で追加した項目。

表2 発話回数のカイ二乗検定結果

| | セルベール | 温泡 | ウナクール | ヘパリーゼ |
|---------|-------|-------|-------|--------|
| 商品名 | 102 | ▼59** | 140 | △205** |
| キャッチコピー | ▼9** | 29 | △62** | 54 |
| 説明 | ▼1** | △20** | 13 | 22 |
| 内容量 | △16** | 12 | 13 | ▼5** |
| リスク分類表示 | 0 | 3 | 1 | 3 |
| 製薬会社 | 1 | 0 | 0 | △4* |
| 色 | △22** | △14* | ▼4** | ▼6** |

注) △有意に多い, ▼有意に少ない
**p<.01, *p<.05.

た(問題解決を再開するために最少の情報として、商品の空箱を再表示する、何に使う商品であるか、何に類似した商品であるかといった説明情報を提示した)。

4. 結果と考察

本報告ではパッケージ情報に関する分析を中心とし、サイン条件による効果については割愛する。

4.1 発話の分類

医薬品パッケージの全面における各要素の停留時間を測定した研究(崔ら, 2012)を参考に「商品名」「キャッチコピー」「説明」「内容量」「リスク分類表示」「製薬会社」

社」「色」に分類した(表1)。本研究においては、商品パッケージの前面の全情報を対象としたため、「キャッチコピー」に該当しない医薬品としての説明部分を「説明」、商品探索時に手掛かりの一つとなるパッケージの色を「色」として追加し分類した。

4.2 発話のカウント・分析

以上に分類された情報の発話をカウントし、カイ二乗分析を行った結果、有意な差が見られた($\chi^2(18)=120.39$, Cramer's V=.22(.19-.26), p<.01)(表2)。残差分析(いずれもp<.05のものを報告)の結果、セルベールにおいては、「キャッチコピー」や「説明」が少なく、「内容量」「色」

が多かった。これはセルベールのパッケージには、胃の絵が記載されており、その絵から容易に「胃に係る薬である」と推測が出来るため、「キャッチコピー」や「説明」の発話が少なかった可能性が考えられる。

温泡においては、「商品名」が少なく、「説明」「色」が多かった。商品名が少ないという結果は、崔ら（2012）の結果とは異なり、購買を目的とした際のパッケージ情報の利用と、商品探索を目的とした際のそれとの違いを示唆する結果であると考えられる。

ウナクールにおいては、「色」が少なく、「キャッチコピー」が多かった。またヘパリーゼにおいては、「内容量」と「色」が少なく、「商品名」と「製薬会社」が多かった。ウナクールやヘパリーゼのようなサイン不一致商品は、サインを手掛かりにすると、容易に辿りつくことが出来ない。しかし、サインを必ずしも手掛かりにせず、今自分が探している棚にはどのような商品が並んでいるのかを走査する「環境の評価」（Titus & Everett, 1996）の際に、キャッチコピーや商品名から推測した商品属性（かゆみどめ、虫刺され、栄養剤等）と照合することで、迷いながらも発見することが可能になっていたと考えられる。

4.3 エラー事例の分析

全参加者の内、介入を必要とするエラーが生じた計7回のうち、パッケージ情報の誤認が原因であった3つのエラー事例（いずれも温泡探索時：高齢者群）を検討した。

1) OA2は、「色で分かる」と考え開始し、保健栄養剤の棚にて停留した。しかし発見が困難であったため、「丸いぐじゅぐじゅ」つまりパッケージに記載されている入浴剤が溶ける絵を手掛かりに探索を継続した（表3）。

2) OA12は、商品パッケージの「紅茶」などに関する説明から、「栄養剤かな」と保健栄養剤に関連する商品であると誤認していた（表4）。

3) OA30は、「とろり炭酸湯、ぜいたく果実紅茶」というキャッチコピーや説明から、「紅茶です」と、商品を紅茶として誤認した（表5）。

このように、温泡については、本来であれば「入浴剤」である商品を、キャッチコピーや説明から「紅茶」であると誤認してしまう可能性が示唆された。商品の分析段階（Titus & Everett, 1996）では、特に未知の商品である場合に、既知知識やパッケージの情報から何の商品であるかを推測すると考えられる。本実験で探索商品とした温泡では、フレーバーとして「紅茶」を説明する情報が多く、また紅茶の説明としても理解可能な「炭酸湯」「お休み前の身体ケア」といった情報も存在した。これらは「商品を魅力的に思わせる」ために、多くの情報を詰め込ん

表3 OA2の発話プロトコルと視認対象

| 視認棚 | 発話 |
|-----------------|----------------------------|
| シーズン化粧品 風邪薬1 | ... |
| | 赤 |
| | 違う |
| | これ、これ全然違うな あこれ違う |
| 鎮痛剤 | 赤 |
| | 赤でもなく |
| | 色で分かる、パッと見てわかる |
| 保健栄養剤1 風邪薬2 | ... |
| | 色が注目だなこれ |
| | ... |
| 胃腸薬 | ... |
| | これは、まるまる |
| | まるまる |
| カード | 丸の小さいぐじゅぐじゅぐじゅぐじゅぐじゅってなってる |
| | ... |
| | この色、丸を |
| | 紅茶の効いた |
| 風邪薬2 | えーっと |
| | 赤色、赤色 |
| | これやっぱ違うな、箱じゃないもん えーっと |
| 入浴剤 | 赤 |
| 鎮痛剤 | 分かりにくいなあこれは |
| | ... |
| 実験者介入 | |

でしまい、結果として最も重要な商品属性の情報が伝わらなかった可能性が考えられる。

パッケージの文字の小ささや、情報の詰め込みによる混乱はすでに指摘されており（Mitchell & Papavassiliou, 1999）、特に高齢者においては、見えづらさの問題が与える影響も大きいと、改善する必要性が示されている（Meneely et al., 2009）。今回は、見えづらさによるエラーではなかったものの、商品属性を説明する情報の少なさや、その誘目性の低さによる誤認エラーであったため、パッケージ上の情報をより端的な形にするか、商品属性の説明情報の誘目性を高めるなどの改善が考えられるだろう。

5. 総合考察

本研究では店舗での商品探索過程において、商品パッケージが果たしている役割について探索的に検討をするために、4商品の探索過程におけるパッケージ情報の利用について、情報カテゴリ間への注目の変動ならびにエラー事例について報告をした。

表4 OA12の発話プロトコルと視認対象

| 視認棚 | 発話 |
|---------|------------|
| | これを探してください |
| | これは何かな |
| カード | かりん紅茶 |
| | 紅茶 |
| サイン見て | 入浴剤 |
| | ヘアケア |
| | シーズン |
| | ボディソープ |
| | 食器洗い洗剤 |
| カード | 冷え性肩こり |
| | 透明油 |
| | 紅茶を引き立てる |
| | 温泡 |
| | 温泡とすると |
| サイン見て | 保健栄養剤 |
| 保健栄養剤2 | 栄養剤かな |
| 保健栄養剤1 | |
| | あれ |
| | 入浴剤か |
| 入浴剤 | あ、これもないな |
| ヘアケア | ヘルスケア |
| シーズン化粧品 | おかしいな |
| | これもないな |
| シーズン化粧品 | おかしいな |
| | ... |
| 実験者介入 | |

先行研究では、目的の商品がどこに並んでいるかが分かりやすい店舗が好まれることが指摘されており (Backstrom & Johansson, 2006), 商品探索の支援の一つには、その商品のパッケージから正しく商品の属性を推測できるようなデザインであることが挙げられると考えられる。パッケージ・デザインにおいて、購買を目的とした場合における商品品質やイメージなどとの関係性だけでなく、商品情報の正しい伝達との関係性も検討していく必要があるだろう。

本研究の結果がもつ制約として、そもそも発話におけるパッケージ情報の分類が必ずしも適切でなかった可能性が挙げられる。崔ら (2012) においては、記載されているすべての情報が分類されていた訳ではなく、「説明」「色」などは本研究で追加した項目であった。そのため、分類後の情報量に大きく差があり、また一貫性についても検討が必要であったと考えられる。今後、商品探索のための包装パッケージ情報として、より適切な分類方法を開発する必要があるであろう。

また、本研究は、商品探索課題中に発話されたパッケージ情報の読み上げ回数から、商品ごとに利用される要素を探索的に検討したものである。そのため、情報量や要素ごとの誘目性を操作したパッケージを利用して、商品探索課題を実施し、どのようなパッケージがより適切

表5 OA30の発話プロトコルと視認対象

| 視認棚 | 発話 |
|--------|------------|
| | これを探してください |
| | 何、温泡っていうの |
| | とろり炭酸湯 |
| | 贅沢果実紅茶 |
| | 紅茶？これ |
| | 紅茶か |
| | じゃあ飲み物、ですね |
| サイン見て | 鎮痛剤、入浴 |
| | 化粧品 |
| | ボディソープ |
| | 保健栄養剤 |
| | 保健栄養剤 |
| | 向こう |
| | 食器用洗剤 |
| | ボディソープ |
| 保健栄養剤2 | 栄養剤 |
| | 保健栄養剤 |
| | 温 |
| | 発泡？ |
| | 温泡 |
| 保健栄養剤1 | これには |
| | 保健栄養剤 |
| | 保健栄養剤 |
| | 温泡 |
| | ... |
| | ない |
| 風邪薬2 | パブロンじゃない |
| | ... |
| | 紅茶 |
| | あれ、ないね |
| | ... |
| | 保健栄養剤 |
| | 胃腸薬じゃないもんね |
| 保健栄養剤1 | アリナミン |
| | ないね |
| | ... |
| 実験者介入 | |

であるかについて検討する必要もあるだろう。

最後に、本研究では、商品探索時に利用されるパッケージ情報を検討したが、特に介入を必要とするエラーを示したのは、高齢者群であった。買い物行動は一連の知的な行動で、特に高齢者にとっては認知機能維持のためにも重要と指摘されている (Hayashi & Abe, 2018)。今後、パッケージ情報の認知過程について、認知的加齢の影響も検討し、発展させていく必要があると言えよう。

文献

- [1] Backstrom, K. and Johansson, U. (2006) "Creating and consuming experiences in retail store environments: comparing retailer and consumer perspectives", Journal of Retailing and Consumer

- Services, Vol. 12, No. 6, pp. 417-430.
- [2] 崔 庭瑞・小山 慎一・泉澤 恵・白神 誠・赤澤 智津子・日比野 治雄 (2012) “眼球運動計測を用いた一般用医薬品外箱記載項目に対する注目度の評価”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 69-78.
 - [3] Clement, J. (2007) “Visual influence on in-store buying decisions: an eye-track experiment on the visual influence of packaging design”, *Journal of marketing management*, Vol. 23, No. 9-10, pp. 917-928.
 - [4] Hayashi, Y., & Abe, A. (2018) “Cognitive Content Generation for Healthy Ageing”, *Journal of robotics, networking and artificial life*, Vol. 5, No. 3, pp. 153-156.
 - [5] 石井 裕明・恩藏 直人 (2010) “価値視点のパッケージ・デザイン戦略”, *マーケティングジャーナル*, Vol. 30, No. 2, pp. 31-43.
 - [6] 岩根 榛花・中村 奈良江 (2020) “商品探索における店舗内サインの有用性の検討”, 日本認知科学会第 37 回大会発表論文集, pp. 270-272.
 - [7] Meneely, L., Strugnell, C., Burns, A. (2009) “Elderly consumers and their food store experiences”, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 16, No. 6, pp. 458-465.
 - [8] Mitchell, V., & Papavassiliou, V. (1999) “Marketing Causes and Implications of Consumer Confusion”, *Journal of Product & Brand Management*, Vol. 8, No. 4, pp. 319-342.
 - [9] Titus, P., A., & Everett, P., B. (1996) “Consumer wayfinding tasks, strategies, and errors: An exploratory field study”, *Psychology & Marketing*, Vol. 13, No. 3, pp. 265-290.

情報処理プロセスの可視化による説明活動の向上

Improving explanatory activities by visualizing information processes

山川 真由[†], 小島 一晃[‡], 横山 真衣[‡], 三輪 和久[†]
 Mayu Yamakawa, Kazuaki Kojima, Mai Yokoyama, Kazuhisa Miwa

[†]名古屋大学, [‡]帝京大学
 Nagoya University, Teikyo University
 yamakawa.mayu@nagoya-u.jp

概要

本発表では、大学の認知心理学の授業における学習者の説明活動に関する実践について報告する。系列位置効果を題材とし、その情報処理プロセスを可視化したグラフを提示することの効果を検討した。その結果、学習者にこのグラフを観察させることにより、情報処理プロセスに基づく説明が促進されることが示された。

キーワード：科学教育 (science education), 説明 (explanation), 可視化 (visualization)

1. はじめに

科学において「なぜ」その現象が生じるのかを説明することは重要である[1]。科学教育においては、主に自然科学の領域において、科学的説明の習得に関する様々な教育実践が行われてきた[2][3]。本研究では、大学の認知心理学の授業における学習者の説明活動に関する実践について報告する。

認知心理学における説明では、ある現象が観察される背景に人のどのような情報処理プロセスが生じているのかを考える必要がある。本研究で題材とした記憶の系列位置効果実験と二重貯蔵モデル[4]を例に説明する。まず、現象である系列位置効果実験は、人は順番に提示された単語を記憶すると、系列の最初の方の単語と、最後の方の単語で再生率が高くなり、中盤の語は再生率が低くなるというものである。これを、二重貯蔵モデルに基づいて説明すると次のようになる。まず、最初の方に入力された語は、短期記憶に入り、リハーサルを繰り返すことで長期記憶に情報が符号化される。長期記憶に移行しているため、のちの再生フェーズでも再生することができる。一方、中盤の語は、短期記憶に入ってもリハーサルが困難になり、長期記憶に符号化されず、忘却してしまう。そのため、のちの再生フェーズでは再生できない。そして、最後の方に提示された語は、短期記憶には入ってすぐに再生フェーズになるため、忘却する前に再生することができる。

学習者は、現象(系列位置効果実験の結果)を観察し、なぜそのような結果になるのかを、情報処理プロセス(二重貯蔵モデル)に基づいて説明することが求めら

れる。こうした情報処理プロセスに基づく説明を促すためには、そのプロセスを追跡しやすくなるような可視化が有効ではないかと考えられる。本研究では、系列位置効果に関するシミュレーションを活用して、記憶の活性値の推移を可視化するグラフを作成した。学習者にこのグラフを観察させることにより、プロセスに基づく説明が促進されるかを検討する。また、活性値の推移プロセスは、動的に示すことが効果的であると考えられるため、動画で示す場合と、静止画で示す場合を設定し、その効果の差についても検討する。

2. 方法

2.1. 参加者

大学生 109 名が参加した。認知心理学に関する授業の受講者であった。

2.2. 条件

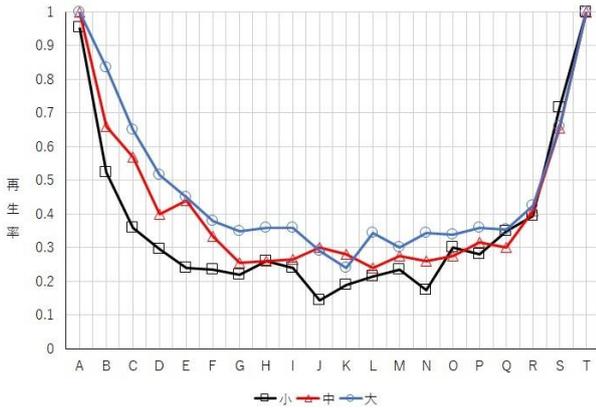
参加者は 3 条件のいずれかにランダムに割り当てられた。U-shape 条件は 29 名、プロセス静止画条件は 32 名、プロセス動画条件は 48 名であった。なお、課題を完了しなかった 1 名(プロセス動画条件)のデータは分析には使用しなかった。

2.3. 手続きと材料

本研究は、授業 1 コマ分を使用して実施された。授業のはじめに、前の回に行った「記憶」の講義内容の復習を行った(20分)。次に、プレテストに回答を求めた(10分)。その後、学習フェーズとしてグラフを観察する演習を行った(15分)。その際、配布したワークシートに「グラフを観察しながら気づいたことや考えたこと」を記入するように求めた。最後にポストテストに回答を求めた(10分)。ポストテストのあと、別の課題にも回答を求めたが、本稿では割愛する。

学習フェーズで提示したグラフ 条件によって異なるグラフを使って学習を行った。図 1 の (a) は U-shape 条件で提示したグラフである。グラフの説明として「このグラフは系列位置効果のシミュレーションの結果です。横軸は提示された順の単語、縦軸は再生率です。再

(a) U-shape 条件



(b) プロセス静止画面条件

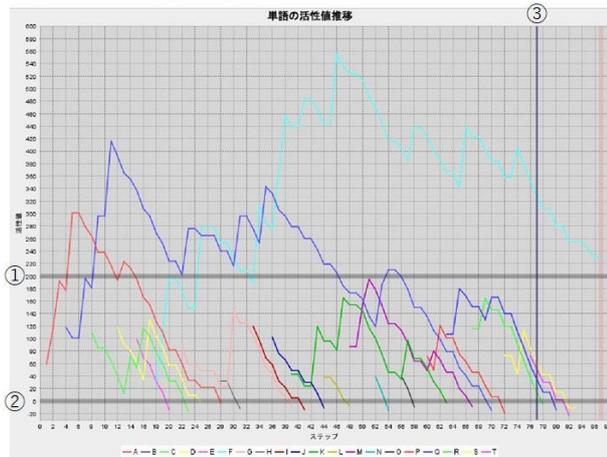


図 1 提示したグラフ

再生率は、実験に参加した人の中で、その語を再生した人の割合を示しています。このシミュレーションでは、1回のリハーサルによる活性値の上がり方が小さい場合（黒線）、中程度の場合（赤線）、大きい場合（青線）の3パターンを行っています。それぞれの場合で、200回のシミュレーションの結果を平均してグラフ化しています。」を示した。

図1の(b)はプロセス静止画面条件で提示したものである。グラフの説明として「これから見ていただくグラフは、短期記憶に入力された各単語の活性値の推移を表しています。このグラフは1試行中の単語の活性値の推移についてのシミュレーションの結果です。横軸は時間経過を、縦軸は単語の活性値を表しています。200のところ引かれた太線(線①)は、長期記憶に転送される閾値を表しています。0のところ引かれた太線(線②)を下回ると完全に忘却することを意味しています。右側の濃い青の太線(線③)は、単語の提示が終了し、単語の再生を始めるタイミングを表しています。」を示した。

プロセス動画条件では図1の(b)の動画バージョンをPC画面上に示した。静止画面条件と同じ説明に加えて

「動画を止めたり、戻したりすることが可能ですので、自由に操作して観察してください。」と教示した。

説明課題(プレ・ポストテスト) 系列位置効果が生じる理由について説明する課題を使用した。学習フェーズの前後で同じであった。問題の説明として、「系列位置効果の実験について、ここでは便宜上、提示された20個の単語を順にA~Tと表します。以下の3つの質問に回答してください。」と提示した。各問の内容は次の通りである。問1「2番目に提示された単語「B」は再生率が高くなりました。なぜでしょうか。」、問2「11番目に提示された単語「K」は再生率が低くなりました。なぜでしょうか。」、問3「19番目(最後から2番目)に提示された単語「S」は再生率が高くなりました。なぜでしょうか。」であった。

3. 結果

説明課題の記述について、表1に示す採点項目に従って第一著者が採点を行った。各項目と一致する記述があれば1、なければ0として採点した。

表2に、項目毎の記述人数を条件別に示した。条件間で記述した人数に偏りがみられるかを確認するため、Fisherの直接確率法による検定を行った。この検定により有意な偏りが確認された場合、どの条件間に差があるのかを明らかにするため、Hochberg法によるp値調整済み多重比較を行った。

プレテストについて、問3-項目2「忘却する前に再生する」という項目のみ有意傾向であり、それ以外の項目では、人数に有意な偏りはみられなかった。有意傾向であった問3-項目2について多重比較を行ったが、

表1 説明課題の採点項目

| 問 | 項目 | 採点項目 |
|----|-----|---------------------------|
| 問1 | 項目1 | リハーサルが十分できる |
| | 項目2 | 活性値が閾値を超過し、長期記憶に転送される |
| 問2 | 項目1 | リハーサルが困難である |
| | 項目2 | 活性値が閾値を超過せず、長期記憶に転送されない |
| | 項目3 | 活性値が減衰し、忘却する |
| 問3 | 項目1 | 短期記憶にある |
| | 項目2 | 忘却する(活性値が0を下回る)前に再生できる |
| | 項目3 | 活性値が閾値を超過し、長期記憶に転送される(誤答) |

表2 項目毎の記述人数 (カッコ内は各条件における割合)

| | | プレ | | | | ポスト | | | | 多重比較 ²⁾ |
|----|-----|-------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-------|-------------------------|
| | | U-shape N = 29 | プロセス 静止画 N = 32 | プロセス 動画 N = 47 | p 値 ¹⁾ | U-shape N = 29 | プロセス 静止画 N = 32 | プロセス 動画 N = 47 | p 値 | |
| 問1 | 項目1 | 9 (31.0%) | 13 (40.6%) | 14 (29.8%) | 0.612 | 15 (51.7%) | 14 (43.8%) | 20 (42.6%) | 0.730 | |
| | 項目2 | 2 (6.9%) | 6 (18.8%) | 6 (12.8%) | 0.444 | 13 (44.8%) | 21 (65.6%) | 38 (80.9%) | 0.006 | U-shape < 動画(p = 0.007) |
| 問2 | 項目1 | 10 (34.5%) | 11 (34.4%) | 10 (21.3%) | 0.307 | 10 (34.5%) | 9 (28.1%) | 12 (25.5%) | 0.711 | |
| | 項目2 | 3 (10.3%) | 3 (9.4%) | 1 (2.1%) | 0.285 | 8 (27.6%) | 15 (46.9%) | 29 (61.7%) | 0.015 | U-shape < 動画(p = 0.015) |
| | 項目3 | 5 (17.2%) | 7 (21.9%) | 8 (17.0%) | 0.860 | 6 (20.7%) | 14 (43.8%) | 22 (46.8%) | 0.062 | U-shape < 動画(p = 0.085) |
| 問3 | 項目1 | 3 (10.3%) | 5 (15.6%) | 8 (17.0%) | 0.785 | 6 (20.7%) | 12 (37.5%) | 25 (53.2%) | 0.019 | U-shape < 動画(p = 0.023) |
| | 項目2 | 4 (13.8%) | 1 (3.1%) | 1 (2.1%) | 0.075 | 5 (17.2%) | 11 (34.4%) | 28 (59.6%) | 0.001 | U-shape < 動画(p = 0.001) |
| | 項目3 | 1 (3.4%) | 0 (0.0%) | 1 (2.1%) | 0.740 | 3 (10.3%) | 0 (0.0%) | 0 (0.0%) | 0.018 | U-shape > 動画(p = 0.052) |

1) Fisherの直接確率法による検定を実施, 2) 多重比較はHochberg法によりp値を調整。

どの条件間にも差はみられなかった。

ポストテストについては, 問1 - 項目2, 問2 - 項目2, 問2 - 項目3, 問3 - 項目1, 問3 - 項目2, 問3 - 項目3で条件間の記述人数に有意な偏りが見られた(問2 - 項目3は有意傾向であった)。多重比較の結果, 問1 - 項目2, 問2 - 項目2, 問3 - 項目1, 問3 - 項目2は, U-shape条件よりもプロセス動画条件の方が記述した人数が有意に多かった。問2 - 項目3はU-shape条件とプロセス動画条件の間の差が有意傾向であった。また, 誤答の項目である問3-項目3は, 有意傾向ではあるが, プロセス動画条件に比べて, U-shape条件の方が多かった。

4. 考察

本研究では, 心内での記憶の活性値の推移プロセスを可視化したグラフを提示することがプロセスに基づく説明を促進するかを検討した。その結果, プレテストでは条件間に差は見られなかったが, ポストテストでは, U-shape条件, プロセス静止画条件, プロセス動画条件の順にプロセスに基づく説明を記述した人数の割合が多く, いくつかの項目でプロセス動画条件とU-shape条件との間には有意差が見られた。このことから, 活性値の推移プロセスを可視化したグラフを提示することによって, U-shapeのグラフを提示するよりも, プロセスに基づく説明を促進することが示された。

活性値の推移プロセスのグラフでは, 長期記憶に移行するラインと, 忘却するラインを明示しており, 活性値がそれらのラインを上回ったり下回ったりする様子

が可視化されていた。このグラフを観察した学習者は, 該当する単語の活性値の推移から, 心内でのリハーサル, 符号化, 忘却というプロセスを追跡しやすくなったのではないかと考えられる。

また, 活性値の推移は, 静止画で提示するよりも動画で提示する方が, プロセスを表現するのに適していると考えられることから, 静止画と動画の効果の差についても検討した。多重比較の結果ではプロセス静止画と動画の間には有意な差はみられなかったが, プロセス静止画条件よりもプロセス動画条件の方がプロセスに基づく説明を記述した人数の割合が多くなっていることから, 活性値の推移プロセスは, 静止画で提示した場合にも一定の効果があるが, 動画で提示した場合の方が, より有効である可能性が示唆された。

5. 文献

- [1] Simon, H. A. (2000). Discovering explanations. In F.C. Keil & R.A. Wilson (Eds.), *Explanation and Cognition*, pp.21-59. MIT Press.
- [2] Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science education*, 95, 639-669.
- [3] Manz, E., Lehrer, R., & Schauble, L. (2020). Rethinking the classroom science investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 57, 1148-1174.
- [4] Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence, & J. T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation*, pp.89-195. New York: Academic.

クジ比較における反事実への懸念と認知ポテンシャル

Worrying About Counterfactuals in the Lottery Comparison and the Cognitive Potential

犬童 健良[†]

Kenryo Indo

[†] 関東学園大学

Kanto Gakuen University

kindo@kanto-gakuen.ac.jp

概要

本研究では反事実がクジ選におけるリスク態度に与える変化として認知的ポテンシャルをモデル化し、仮想的なクジのペアから選択する質問において選ばなかったクジの結果がどの程度気になるかを聞いた実証的データを用いて分析した。

キーワード: 反事実, 気になる程度, アレの背理, 12-6ポテンシャル

1. はじめに

選択問題においてある一つの代替案が選ばれるとき、反事実(counterfactuals)としての選ばれなかった案はどのように影響しているだろうか。仮想的なクジ選択において選ばなかったクジの結果がどの程度気になるかについて、反事実条件文を用いて直接回答者に聞く方法は、[2]で最初に報告された。[2]ではアレの背理(Allais' paradox) [1]を対象としたリスク態度への影響が調べられ、後悔・安堵に基づく解釈が試みられた。実験データは[3]の付録として公開されている。また同実験データを再解釈した[3][4]では、認知的な最適化のメカニズムが推測された。[5][6][7]はデータ分析によってアレの背理と関連する阻止関係を見出し、ネットワークの複雑現象との類比が考察された。先行研究のモデルでは主な変数として気になる度合いの差が用いられたが、本研究では[3]のデータから反事実の気になる度合いを直接用いてアレの背理の発生を阻止するマーカーを抽出した。阻止マーカーによってよりシンプルな予測が可能となると同時に、化学ポテンシャルとの類比からリスク態度に影響する相反する認知的要因が示唆される。

2. アレの背理と反事実的結果の質問

先行研究[2]では、アレの背理の例題を用いたウェブアンケート方式の予備的実験が行われた。この実験は、仮想的なクジペアの選択問題を問うと同時に、選んだクジの可能な結果と選ばなかったクジの結果の組み合

わせがそれぞれどの程度気になるかを質問した。

より具体的には表 1a に示した 4 つのペア比較問題の A~H の計 8 オプションにおけるペア比較の選択、および表 1b に示した仮想的に選んだオプションの各結果 X_i と選ばなかったオプションの各結果 Y_j の間の組み合わせ計 26 ペアについての気になる程度を、表 1 における順序で質問した(回答者数 96 名)。表 1b 中の C_k : X_i : Y_j は、仮想的に選択したオプションの結果 X_i と選ばなかったオプションの反事実的な結果 Y_j との組み合わせである(カッコ内は賞金金額を万円単位で示す)。

表 1a 実験で用いられた選択問題と反事実の質問

| 問 | オプション 1 | オプション 2 | 反事実 |
|----|-------------------------------|-------------------|------|
| Q1 | A. 400 万円(80%) | B. 300 万円(100%)* | 4 ペア |
| Q2 | C. 400 万円(20%)* | D. 300 万円(25%) | 8 ペア |
| Q3 | E. 500 万円(10%) 100 万円(89%) | F. 100 万円(100%)** | 6 ペア |
| Q4 | G. 500 万円(10%)** | H. 100 万円(11%) | 8 ペア |

注 *印は共通比効果, **印は共通結果効果の選択パターン

表 1b 実験で用いられた反事実の質問

| 選択問題 | 仮想選択 1 | 仮想選択 2 |
|------|--|--|
| Q1 | C1. A(400): B(300) C2. A(0): B(300) | C3. B(300): A(400) C4. B(300): A(0) |
| Q2 | C1. A(400): B(300) C2. A(0): B(300) C5. A(400): B(0) C6. A(0): B(0) | C3. B(300): A(400) C4. B(300): A(0) C7. B(0): A(400) C8. B(0): A(0) |
| Q3 | C1. E(500): F(100) C2. E(100): F(100) C3. E(0): F(100) | C4. F(100): E(500) C5. F(100): E(100) C6. F(100): E(0) |
| Q4 | G. 500 万円(10%)** | H. 100 万円(11%) |

注 C_k : X_i : Y_j は仮想的な選択の結果 X_i と反事実的な結果 Y_j とのペア。カッコ内は結果の金額(単位は万円)。

以降、選択問題 Q_h における k 番目の反事実の質問を $Q_h_C_k$ と書く。また各ペア比較 Q_h における反事実 Ch_k についての「気になる程度」の回答変数 ρ_{hk} とする。[2]では各選択問題の後に ρ_{hk} の実証値を取得するための質問を行っている。例えば、反事実 $Q2_C1$ の質問は、「Q2 で 20% の 400 万円のクジの方を選んで、400 万円が当たったとします。このとき選ばなかった 25% の 300 万円のクジを別の人が選んで 300 万円が当たったとすると、どのくらい気になりますか？」

回答は「1:とても気になる」～「5:まったく気にならない」から選択され、その回答を ρ_{hk} 値とする。

ちなみに $Q1$ における B 選択、および $Q3$ における F 選択の両回答は、いわゆる確実性効果[1]である。アレの背理は確実性効果を示した回答者が、 $Q2$ や $Q4$ ではより大きな金額のオプションを取る現象であり、表 1 では BC と FG の両選択パターンに相当する。選択パターンの組み合わせ BC は、 C と D の当選確率が A と B の $1/4$ であることから共通比効果(common ratio effect; CRE)とも呼ばれる。また FG の組合せを選択するパターンは、 G と H では、 E と F からそれぞれ 89%分の 100 万円の部分クジが消去されていることから、共通結果効果(common consequence effect; CCE)とも呼ばれる。

付録 A として[2]の追試結果を再集計した。なおこの実験では選択結果として「無差別」を許しており、集計では“tie”と記されている。本論文では B と $Q2$ における tie の組み合わせや F と $Q4$ における tie の組み合わせもアレの背理を示すケースとして数えることとする。

3. 共通比効果を阻止する反事実

以降の分析では、選択問題の回答を数値化し、数値化された選択問題間の回答変数の差 ω をリスクシフトと呼ぶ。正のリスクシフトは賞金金額の絶対値のより大きなオプションを選ぶようになる変化を表す。例えば $Q1$ で「400 万円当たるクジを選ぶ」回答を 1、「現金 300 万円を選ぶ」回答をマイナス 1 とする。同様に $Q2$ において「400 万円当たるクジを選ぶ」回答を 1、「300 万円のクジを選ぶ」回答をマイナス 1、無差別の回答 (tie) は 0 とした。

図 1 に $Q1$ と比べた $Q2$ におけるリスクシフト ω_{12} の平均値のグラフを示した。横軸は反事実の質問 $Q2_C1$ における気になる度合いの回答値 ρ_{21} である。

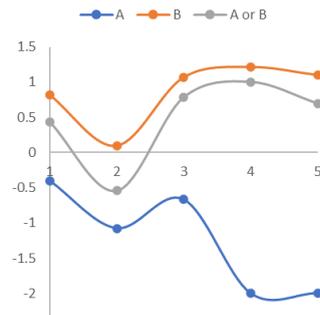


図1 $Q2_C1$ の気になる度合い ρ_{21} と $Q1$ - $Q2$ 間のリスクシフト ω_{12} .

図 1 中の 3 系列 A , B , A or B は $Q1$ での実際の選択に対応する。図 1 の横軸は反事実の質問 $Q2_C1$ (表 1b 参照) の気になる度合い ρ_{21} である。図 1 の縦軸は $Q1$ と比べた $Q2$ でのリスクシフト ω_{12} である。

$\omega_{12} > 0$, つまり $Q1$ と $Q2$ の間のリスクシフトが正のときかつそのときだけ共通比効果が観測される。ちなみに A 選択者については $Q2$ でリスク取得が増大することはないため、つねに $\omega_{12} \leq 0$ であり、縦軸は正の値にならない。各質問のリスクシフトを付録 C にグラフ化しておく。

以上をまとめると、図 1 から分かることとして、(1) $Q2_C1$ における回答値 2 ではアレの背理(共通比効果)が起きにくい。(2)とくに $Q1$ における B 選択者については強い抑制が見られ、(3)逆に、反事実の質問 $Q2_C1$ が「気にならない」とき、あるいは「気になりすぎるとき」にアレの背理が観測される。

本研究の以降の部分では、小さい ω 値を誘導する反事実の質問を阻止マーカーとして活用する。 $Q2_C1=2$ 回答は共通比効果の阻止マーカーである。付録 A 表 2a の行 B のグループ ($B \& C$, $B \& D$, $B \& \text{tie}$) より、 B を回答した 71 件中 40 件が $Q2$ では C または tie であり、このうち $Q2_C1=2$ 回答 11 件中では「 $B \& \text{tie}$ 」($Q1$ で B かつ $Q2$ で無差別)の 1 件のみである。逆に、阻止マーカーの不在から共通比効果を予測すると、同上表より $Q1$ で B 回答 71 件の 49 件 (69%) が該当する。

$Q2_C1$ に加えて $Q4$ における反事実の質問 $Q4_C2$ を加えると予測力が向上する。また $Q2_C1$ は共通結果効果にかんしても予測力を持つ。この予測モデル改良については、この後続く二つの節で述べる。

しかし一体なぜ、ごく少数の反事実的質問の値だけでアレの背理を 7 割程度以上予測でき、しかも直接関係しない選択問題にまでその予測力が及ぶのだろうか。次節ではポテンシャルモデルを導入しこれを解釈する。

4. ポテンシャル

図1は、反事実の「気になる程度」 ρ を認知的な「距離」と考えたとき、化学ポテンシャルのグラフ形状とよく似たものになる。これによってアレの背理の発生にかかわる相反する認知的効果をモデル化する。

Lennard-Jones[11][12]によって提案された関数形は

$$f(\rho) = \frac{1}{\rho^n} - \frac{1}{\rho^m} \dots (1)$$

の形であり、ここで ρ は気体分子間の距離を表す。その化学結合の強さ $f(\rho)$ は、引力項 ρ^{-n} と斥力項 ρ^{-m} の和として表現される。とくに $n = 12, m = 6$ とした場合は 12-6 ポテンシャルとも呼ばれ、このケースを Lennard-Jones モデル (あるいは L-J ポテンシャル) とする文献もある(SklogWiki “Lennard-Jones_model”参照)。

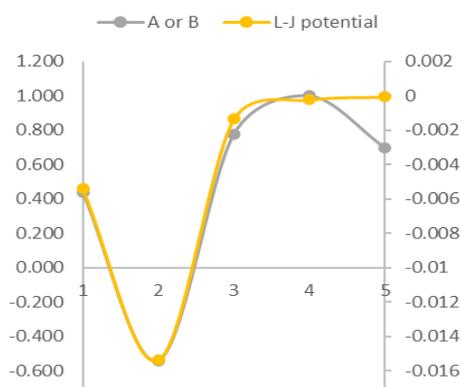


図2 ρ_{21} に対するリスクシフト ω_{12} を近似する 12-6 ポテンシャル。

図2では横軸を $r = \rho_{21} + 0.0009$ 、左縦軸を96件全体(系列名 A or B)のリスクシフト ω_{12} の平均値、右縦軸を(1)式の 12-6 ポテンシャル $f(r)$ とした。

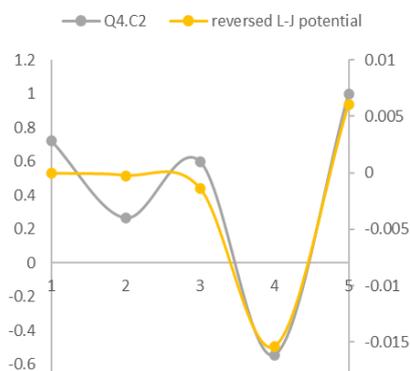


図3 リスクシフト ω_{12} を近似する 12-6 ポテンシャル $f(r)$ (横軸 $r = \omega_{12} = \rho_{21} + 0.0009$)。

図2から分かるように、スケールを無視すれば、 $f(\rho)$ は $\omega_{12}(\rho)$ のグラフ形状をよく近似する。なお、 $r = \rho_{21}$ として(1)の右辺の分数の分子を1.0085, 1.0179に変えることによっても図2と相似のグラフが得られる。マイナス0.3未満のピークを有する反事実には、Q2_C1の他、Q2_Q8とQ4_C2がある(付録C参照)。

具体的にはQ4_C2では次のように質問される。「Q4で10%の500万円の方を選んで、0円の結果だったとします。このとき、選ばなかった方の11%の100万円の方を別の人が選んで100万円当たったとすると、どのくらい気になりますか？」

Q4_C2の気になる度合い ρ_{42} についてもポテンシャル近似が可能である(図3参照)。図3の右縦軸は、横軸を反転し、 $r = (5 - \rho) + 0.001$ とした $f(r)$ である。図3から分かるように回答値4がその負のピークである。反事実の質問Q4_C2=4と組み合わせて阻止マーカーとして予測すると、付録A表2bから、B選択者のうち55件、約77%について共通比効果の有無を言い当てる(5節の決定木による分析も参照)。ちなみにロジスティック回帰を用いると84%まで改善する(付録B)。

5. 決定木帰納による予測モデル抽出

反事実の質問のペアQ2_C1とQ4_C2は、決定木学習アルゴリズムを用いると自動抽出される(図4)。図4にRのrpartパッケージを用いデフォルトの条件で適用した結果を示す(作図はpartykit)。

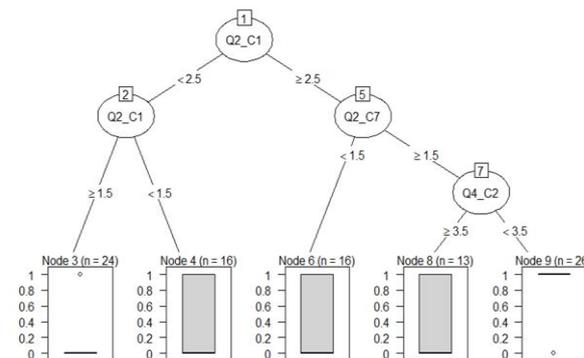


図4 共通比効果を予測する決定木

反事実のマイナスピークを検出するマーカーを説明変数とすることによっても、前述の予測ルールが得られる(図5)。図5でmarker_2は $\rho_{21}=2$ のケースを検出し、marker_5は $\rho_{42}=4$ のケースを検出する。

なお図4はRのrpartパッケージを用いた(cp=0.06)。

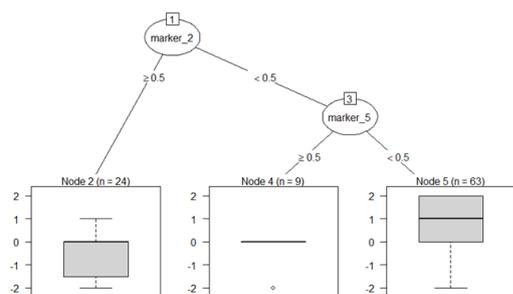


図5 マーカーを用いた予測：共通比効果

図5と同様の負のポテンシャルマーカーによる決定木抽出を共通結果効果の予測に対して適用した結果を図6に示す。

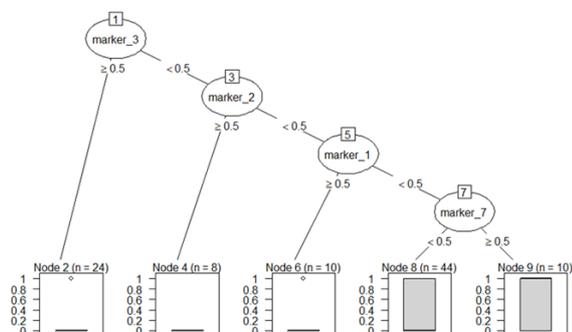


図6 マーカーを用いた予測：共通結果効果

図6の決定木における先頭3マーカーは、 $\rho_{21} \leq 2$ (marker_3), $\rho_{14} = 1$ (marker_2), $\rho_{13} = 4$ (marker_1) である。これら3マーカーの選言を共通結果効果の阻止マーカーとすると、Q3のF選択者が共通結果効果を起こすかどうか45件中38件(82%)で正しく判定する(付録A表2c)。ちなみにロジスティック回帰では79%である(付録B)。

6. 反事実と統計的因果推論

政策などの効果検証の文脈において介入の効果を推定する際、RCT(ランダム化比較試験)が実施できない場合、選択バイアス(交絡)に対処する必要がある。介入確率がサンプルの特微量に依存すると、選択バイアスが生じるからである。例えば結果の変数が傾向スコアと順相関すると選択バイアスが生じ、介入効果が過大に評価される。そこで傾向スコア、すなわち介入確率をサンプルの特微量から推定した値を用い、傾向スコアマッチング(PSM)や逆確率ウェイト付け

(IPW)による調整が行われる[13]。効果検証の介入群/非介入群の各ケースはそれぞれ非介入/介入の条件が直接観察されない反事実である。本研究の対象とする問題は効果検証の問題ではなく、直接的な適用はできないが、本研究で考察したデータは反事実を直接質問しており、CRE予測値の近いケースの平均を調べてみることは興味深いと思われる。反事実の質問と事実的条件の質問は予測値の級ごとにばらついており、素朴にPSMのような反事実の補正を適用してアレの背理を予測することはむずかしいと考えられる。

7. まとめ

本研究では反事実の「気になる程度」 ρ を認知的な「距離」として、リスクシフト ω の反応傾向をポテンシャル関数で近似した。これによってアレの背理についてのよりシンプルな予測と直観的解釈が同時に得られた。すなわちポテンシャルの引力項が「気にならないこと」と斥力項が「気になりすぎること」に対応する。相反する2つの作用間のバランスが崩れて不安定化することによって、正のリスクシフトを阻止できなくなる。直接関係しない設問であっても、両作用が拮抗する反事実の質問における ρ 値はリスク態度の正変化を阻止するマーカーないし特微量として解釈しうる。先行研究[5][6][7]では反事実間の気になる度合い ρ の差が分析され、上記の事実が見落とされた。その理由は、マーカーとしての反事実の質問Q2_C1やQ4_C2が後悔や安堵のように直観的な解釈をしにくいためであろう。また一点で不連続に反応するため、ロジスティック回帰において有意になりにくい(興味深いことに、両者の混合は予測を改善する)。なお[6][7]でもポテンシャル概念を論じているが、本研究とは異なり、混雑ゲームと類比された。両モデル間には直観的な関係があると考えられるが別の機会に論じたい。ちなみにQ2_C1ポテンシャルではむしろ共通結果効果の方が予測がよい。一方[10]の累積プロスペクト理論では共通結果効果の予測は共通比効果に比べて難しい[8]。また[9]で論じられたランダムウォークによる確率ウェイト関数の構成との関連も論じてみたい。

付録A. アレの背理と認知的変数

本付録は、認知的な変数で選択問題回答を集計した表2abc、およびQ3-Q4間のリスクシフト図6とそれを12-6ポテンシャルで近似した図7を掲載する。

表 2a Q1~Q4 の選択と反事実の質問 Q2_C1

| 選 択 パ タ ン | Q2_C1 の回答値 ρ_{21} | | | | | 計 |
|-------------|------------------------|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Q1&Q2/Q3&Q4 | | | | | | |
| A | 5 | 13 | 3 | 1 | 3 | 25 |
| A & C | 4 | 5 | 2 | | | 11 |
| A & D | 1 | 6 | 1 | 1 | 3 | 12 |
| A & tie | | 2 | | | | 2 |
| B | 11 | 11 | 15 | 14 | 20 | 71 |
| B & C | 3 | | 6 | 7 | 9 | 25 |
| B & D | 5 | 10 | 5 | 4 | 7 | 31 |
| B & tie | 3 | 1 | 4 | 3 | 4 | 15 |
| E | 8 | 11 | 3 | 9 | 14 | 45 |
| E & G | 6 | 5 | 3 | 8 | 13 | 35 |
| E & H | 2 | 6 | | 1 | | 9 |
| E & tie | | | | | 1 | 1 |
| F | 7 | 10 | 14 | 5 | 9 | 45 |
| F & G | 2 | 1 | 10 | 4 | 5 | 22 |
| F & H | 5 | 9 | 3 | 1 | 3 | 21 |
| F & tie | | | 1 | | 1 | 2 |
| Tie | 1 | 3 | 1 | 1 | | 6 |
| tie & G | | | | 1 | | 1 |
| tie & tie | 1 | 3 | 1 | | | 5 |
| 計 | 16 | 24 | 18 | 15 | 23 | 96 |

注 行を選択問題ペアの回答の組み合わせでグループ化した。

表 2b Q1 と Q2 の選択と反事実の質問 Q4_C2

| 選 択 パ タ ン | 阻 止 マ ー カ ー x, y | | | | 計 |
|-----------|------------------|----|----|----|----|
| | xy | x | y | - | |
| Q1, Q2 | | | | | |
| A | 9 | 3 | 12 | 1 | 25 |
| C | 5 | 1 | 5 | | 11 |
| D | 4 | 2 | 5 | 1 | 12 |
| tie | | | 2 | | 2 |
| B | 54 | 6 | 10 | 1 | 71 |
| C | 25 | | | | 25 |
| D | 15 | 6 | 9 | 1 | 31 |
| tie | 14 | | 1 | | 15 |
| 計 | 18 | 34 | 25 | 11 | 96 |

注 x は $\rho_{21}=2$, y は $\rho_{42}=4$.

表 2c Q3 と Q4 の選択と認知的阻止マーカー

| 選 択 | 認 知 的 阻 止 マ ー カ ー 1, 2, 3 | | | | | | | 計 |
|-----|---------------------------|---|---|----|---|----|----|----|
| | Q3, Q4 | - | 1 | 2 | 3 | 13 | 23 | |
| E | 16 | 6 | 4 | 14 | 2 | 3 | | 45 |
| G | 15 | 5 | 4 | 10 | | 1 | | 35 |
| H | 1 | | | 4 | 2 | 2 | | 9 |
| tie | | 1 | | | | | | 1 |
| F | 24 | 3 | 1 | 11 | 4 | 1 | 1 | 45 |
| G | 18 | 1 | | 3 | | | | 22 |
| H | 4 | 2 | 1 | 8 | 4 | 1 | 1 | 21 |
| tie | 2 | | | | | | | 2 |
| tie | 2 | | | 4 | | | | 6 |
| G | 1 | | | | | | | 1 |
| tie | 1 | | | 4 | | | | 5 |
| 計 | 42 | 9 | 5 | 29 | 6 | 4 | 1 | 96 |

注 マーカー1, 2, 3 は $\rho_{13}=4$, $\rho_{14}=1$, $\rho_{21} \leq 2$ である。

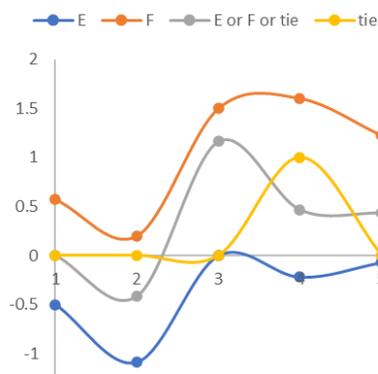


図 7 Q2_C1 の気になる度合い ρ_{21} に対する Q3-Q4 間のリスクシフト ω_{34} .

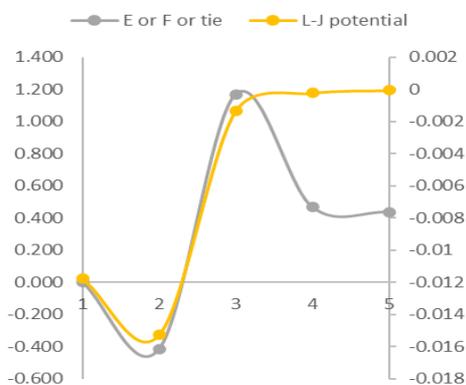


図 8 リスクシフト ω_{34} と 12-6 ポテンシャル (横軸 $r = \omega_{34} + 0.002$ とした)。

付録B. ロジスティック回帰による予測

本付録は予測値の級ごとに反事実の回答平均が実際の選択によってどの程度変わるかを調べる。

なお全反事実の質問を用いた Q1 のロジスティック回帰 (R の glm 関数) の回帰係数及び統計量は表3のようである。なお Q2_C1 は有意ではない。表4に示すように選択予測は 84%の的中率である。CCE について同様の結果を表5と表6に示す (的中率は 79%)。

表3 CRE のロジスティック回帰係数

Coefficients CRE model:

| Estimate | Std. | Error | z value | Pr(> z) | Signif. |
|-----------|----------|---------|---------|----------|---------|
| Intercept | -2.73224 | 1.2057 | -2.266 | 0.02344 | 0.05 |
| Q1_C1 | -0.06411 | 0.36578 | -0.175 | 0.86088 | |
| Q1_C2 | -1.29491 | 0.67965 | -1.905 | 0.05675 | 0.1 |
| Q1_C3 | 0.56949 | 0.51683 | 1.102 | 0.27051 | |
| Q1_C4 | 0.22464 | 0.37076 | 0.606 | 0.54458 | |
| Q2_C1 | -0.03644 | 0.67222 | -0.054 | 0.95677 | |
| Q2_C2 | -1.35583 | 0.74558 | -1.818 | 0.06899 | 0.1 |
| Q2_C3 | -1.96708 | 0.75467 | -2.607 | 0.00915 | 0.01 |
| Q2_C4 | -0.74125 | 0.59964 | -1.236 | 0.2164 | |
| Q2_C5 | 0.97405 | 0.57547 | 1.693 | 0.09052 | 0.1 |
| Q2_C6 | 0.99112 | 0.63588 | 1.559 | 0.11908 | |
| Q2_C7 | 2.48555 | 0.89858 | 2.766 | 0.00567 | 0.01 |
| Q2_C8 | 0.69868 | 0.39558 | 1.766 | 0.07736 | 0.1 |
| Q3_C1 | 2.32513 | 0.83456 | 2.786 | 0.00534 | 0.01 |
| Q3_C2 | -0.34839 | 0.5952 | -0.585 | 0.55833 | |
| Q3_C3 | 2.66317 | 0.82043 | 3.246 | 0.00117 | 0.01 |
| Q3_C4 | 0.17067 | 0.47083 | 0.362 | 0.71699 | |
| Q3_C5 | -0.93138 | 0.63885 | -1.458 | 0.14486 | |
| Q3_C6 | -0.74827 | 0.50768 | -1.474 | 0.14051 | |
| Q4_C1 | 0.70853 | 0.75278 | 0.941 | 0.34659 | |
| Q4_C2 | -1.90049 | 0.77316 | -2.458 | 0.01397 | 0.05 |
| Q4_C3 | 0.20313 | 0.4312 | 0.471 | 0.63759 | |
| Q4_C4 | -1.2229 | 0.82989 | -1.474 | 0.1406 | |
| Q4_C5 | -0.40557 | 0.62776 | -0.646 | 0.51825 | |
| Q4_C6 | -0.83189 | 0.49894 | -1.667 | 0.09546 | 0.1 |
| Q4_C7 | 0.21602 | 0.57081 | 0.378 | 0.7051 | |
| Q4_C8 | 0.20969 | 0.60416 | 0.347 | 0.72853 | |

*AIC: 123.38 Fisher Scoring: 7 iterations
 deviance: 130.405 (95 d.f.) for null
 69.383 (69 d.f.) for residual

表4 CRE 選択の予測(glm)

| class id | glm | Q1=A | Q1=B | total | hit |
|----------|------|------|------|-------|-----|
| 1 | 0.10 | 13 | 13 | 26 | 25 |
| 2 | 0.20 | 5 | 9 | 14 | 11 |
| 3 | 0.30 | 5 | 2 | 7 | 6 |
| 4 | 0.40 | 1 | 4 | 5 | 3 |
| 5 | 0.50 | 1 | 3 | 4 | 3 |
| 6 | 0.60 | 0 | 7 | 7 | 5 |
| 7 | 0.70 | 0 | 7 | 7 | 3 |
| 8 | 0.80 | 0 | 6 | 6 | 6 |
| 9 | 0.90 | 0 | 5 | 5 | 4 |
| 10 | 1.00 | 0 | 15 | 15 | 15 |
| total | | 25 | 71 | 96 | 81 |

表5 CCE のロジスティック回帰係数

Coefficients for CCE model:

| Estimate | Std. | Error | z value | Pr(> z) | Signif. |
|-----------|----------|---------|---------|----------|---------|
| Intercept | -2.95156 | 1.2124 | -2.434 | 0.0149 | 0.05 |
| Q1_C1 | -0.50522 | 0.35532 | -1.422 | 0.1551 | |
| Q1_C2 | -0.31741 | 0.44927 | -0.706 | 0.4799 | |
| Q1_C3 | -0.01218 | 0.34559 | -0.035 | 0.9719 | |
| Q1_C4 | 0.38099 | 0.2955 | 1.289 | 0.1973 | |
| Q2_C1 | 0.14992 | 0.50918 | 0.294 | 0.7684 | |
| Q2_C2 | -0.01766 | 0.54557 | -0.032 | 0.9742 | |
| Q2_C3 | 0.32701 | 0.46709 | 0.7 | 0.4839 | |
| Q2_C4 | -0.82522 | 0.44854 | -1.84 | 0.0658 | 0.1 |
| Q2_C5 | 0.52657 | 0.40949 | 1.286 | 0.1985 | |
| Q2_C6 | 0.60136 | 0.4395 | 1.368 | 0.1712 | |
| Q2_C7 | 0.04793 | 0.52377 | 0.092 | 0.9271 | |
| Q2_C8 | 0.12751 | 0.32787 | 0.389 | 0.6974 | |
| Q3_C1 | -0.2139 | 0.51927 | -0.412 | 0.6804 | |
| Q3_C2 | 0.03256 | 0.51283 | 0.063 | 0.9494 | |
| Q3_C3 | 0.36469 | 0.49312 | 0.74 | 0.4596 | |
| Q3_C4 | 0.31746 | 0.41155 | 0.771 | 0.4405 | |
| Q3_C5 | -0.48646 | 0.59718 | -0.815 | 0.4153 | |
| Q3_C6 | 0.0523 | 0.46878 | 0.112 | 0.9112 | |
| Q4_C1 | 0.64513 | 0.62261 | 1.036 | 0.3001 | |
| Q4_C2 | -0.30283 | 0.5134 | -0.59 | 0.5553 | |
| Q4_C3 | -0.72105 | 0.42222 | -1.708 | 0.0877 | 0.1 |
| Q4_C4 | -0.4156 | 0.58641 | -0.709 | 0.4785 | |
| Q4_C5 | 0.2432 | 0.50987 | 0.477 | 0.6334 | |
| Q4_C6 | 0.26136 | 0.41349 | 0.632 | 0.5273 | |
| Q4_C7 | 0.12602 | 0.53104 | 0.237 | 0.8124 | |
| Q4_C8 | 0.04217 | 0.51093 | 0.083 | 0.9342 | |

*AIC: 137.48 Fisher Scoring: 6 iterations
 deviance: 110.111 (95 d.f.) for null
 83.484 (69 d.f.) for residual

表6 CCE 選択の予測(glm)

| class id | glm | Q3≠F | Q3=F | total | hit |
|----------|------|------|------|-------|-----|
| 1 | 0.10 | 18 | 16 | 34 | 20 |
| 2 | 0.20 | 10 | 2 | 12 | 10 |
| 3 | 0.30 | 7 | 5 | 12 | 7 |
| 4 | 0.40 | 7 | 9 | 16 | 4 |
| 5 | 0.50 | 4 | 1 | 5 | 2 |
| 6 | 0.60 | 3 | 5 | 8 | 4 |
| 7 | 0.70 | 2 | 3 | 5 | 6 |
| 8 | 0.80 | 0 | 2 | 2 | 6 |
| 9 | 0.90 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 10 | 1.00 | 0 | 2 | 2 | 13 |
| total | | 51 | 45 | 96 | 76 |

付録C リスクシフト

本付録は各反事実的質問の回答値 ρ ごとのリストシフト ω_{12} と ω_{34} のグラフを掲載する。

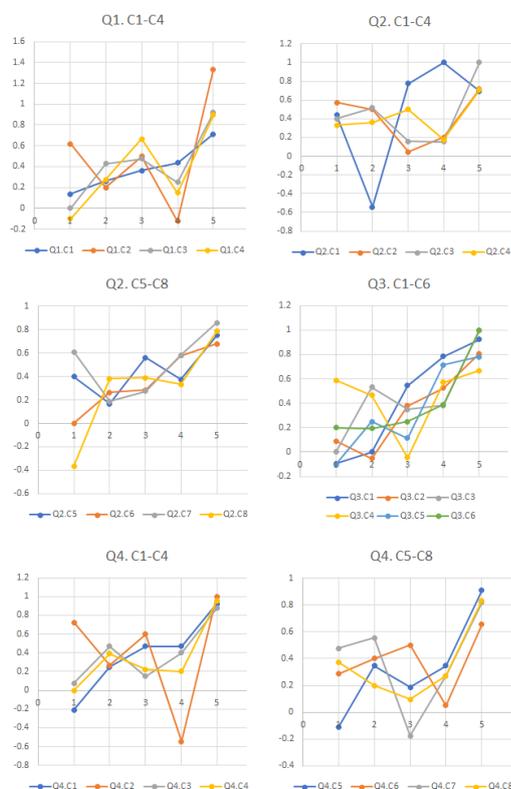


図9 Q1とQ2の間のリスクシフト ω_{12} .

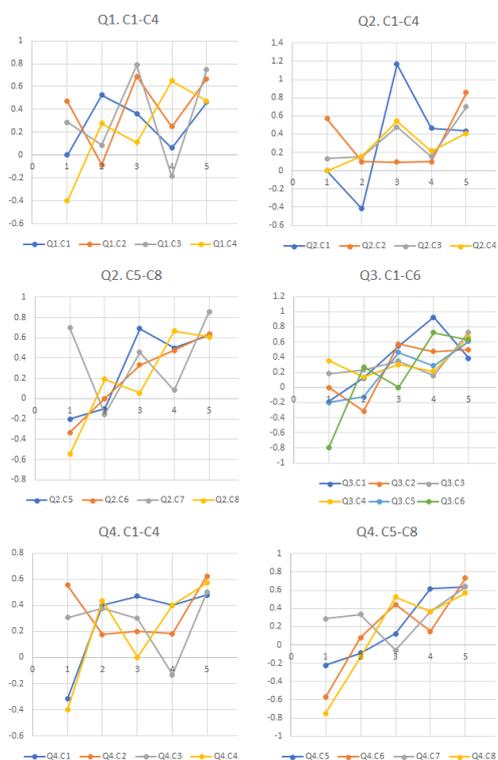


図10 Q3とQ4の間のリスクシフト ω_{34} .

文献

- [1] Allais, M. (1953) “Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école américaine”, *Econometrica*, 21, 503-546.
- [2] 犬童健良 (2013) “アレの背理における注目と注目の流れ”, *行動経済学*, Vol. 6, pp. 70-73. doi:10.11167/jbef.6.70
- [3] 犬童健良 (2014a) “アレの背理における反事実的注目とリスク選好の認知的安定性”. *関東学園大学経済学紀要*, Vol. 39, pp. 53-80. doi:10.20589/kantogakueneconomics.39.0_53
- [4] 犬童健良 (2014b). “リスク下の選択における認知的資源配分: 注目の枠組みの最適性”, *日本認知科学会第31回大会論文集*, 864-872.
- [5] 犬童健良 (2016b) “認知的ネットワークによるアレの背理におけるリスク態度変化の説明”, *行動経済学*, Vol. 9, pp. 81-84. doi:10.11167/jbef.9.81
- [6] 犬童健良 (2016a). “ポテンシャルゲームを用いてクジ比較における認知をモデル化する”, *日本認知科学会第33回大会論文集*, pp. 864-872.
- [7] 犬童健良 (2017) “ポテンシャルゲームを用いたリスク選択の認知モデル”, *関東学園大学経済学紀要*, Vol. 42, pp. 1-20. doi:10.20589/kantogakueneconomics.42.0_1
- [8] 犬童健良 (2018) “共通比効果と共通結果効果を共に予測するプロスペクト理論のシミュレーション研究”, *関東学園大学経済学紀要*, Vol. 44, pp. 19-43. doi:10.20589/kantogakueneconomics.44.0_19
- [9] 犬童健良 (2021) “ベータ分布を用いた累積プロスペクト理論における確率ウェイト関数についての一考察”, *関東学園大学経済学紀要*, Vol. 47, pp. 1-29. doi:10.20589/kantogakueneconomics.47.0_1
- [10] Lennard-Jones, J.E. (1924) “On the Determination of Molecular Fields. I. From the Variation of the Viscosity of a Gas with Temperature”, *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character* 106, pp. 441-462.
- [11] Lennard-Jones, J.E. (1924) “On the Determination of Molecular Fields. II. From the Equation of State of a Gas”, *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character* 106, pp. 463-477.
- [12] Tversky, A., & Kahneman, D. (1992) “Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*”, Vol. 5, No. 4, pp. 297-323.
- [13] 安井翔太(2020). “効果検証入門”,技術評論社.

人とコンピュータによる数の整列プロセスの 時間的な共起分析による比較

Sort Process: Comparison between Humans and Computers by Temporal Co-occurrence Analysis

山口 琢[†], 新美 礼彦[‡], 大場 みち子[‡]

Taku Yamaguchi, Ayahiko Niimi, Michiko Oba

[†]フリー, [‡]公立はこだて未来大学システム情報科学部

Independent Researcher, Faculty of Systems Information Science, Future University Hakodate
study.yamahige@gmail.com

概要

人とコンピュータで数の整列プロセスは似てるのか? 9個の数の整列プロセスを、移動対象の時間的な共起関係で分析した。まず9行9列の共起行列を目視で比較し、次に目視の結果をクラスタリングで機械的に再現できるか試みた。目視比較では、桁数が少ないとき人による整列は選択ソートに似ていた。クラスタリングでは、桁数が少ないとき人による整列はクラスターを作ったが、人による整列が選択ソートに似ているとは言えなかった。

キーワード: 数の整列, 整列プロセスのクラスタリング, 時間的な共起分析, 時間的な共起行列, 整列アルゴリズム, 学習分析, 知的プロセスの分析

1. はじめに

論理的思考力への関心の高まりとともに、学習分析(Learning Analytics)研究では近年、プログラミングのプロセスを測定・分析する研究が増えている。

本稿では、それよりもシンプルな思考課題として数の整列(並べ替え、sorting)を題材とし、整列プロセスを分析する。

2. 問い

人による整列のプロセスは、コンピュータによる整列とどこが似ているだろうか? このとき、どのような測定や分析を行うと「似ている」と判断できるだろうか?

コンピュータによる整列は、アルゴリズムが複数考案されてきた。人による整列プロセスが、それら既知のアルゴリズムによる整列プロセスと似ているなら、人の思考過程にはそのアルゴリズムと共通するものがあるかもしれない。そのようなアルゴリズムや比較・分析手法を見つければ、それを名義尺度として人の思考過程を外部から推定/評価する手がかりになると期

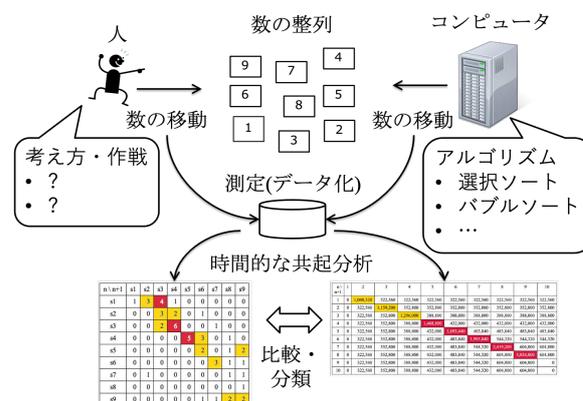


図1 アプローチの概要

待できる。

3. アプローチ

本稿では、整列処理を外部から観察して、数を移動する操作を記録することでプロセスの測定とし、整列の手順に着目して比較・分析する(図1)。

3.1 整列プロセスの測定

整列の手順の測定では、整列プロセスで数の位置を移動するとき、移動対象の数と時刻を記録する。測定データは、移動対象となった数の時系列データである。

3.1.1 人による整列

人による整列を測定するには、並べ替えパズルのWebアプリケーション「ジグソー・テキスト」を使う[1](図2、図3)。ジグソー・テキストは、文章の順序を並べ替えるプロセスを測定して、ユーザの考え方や、人にとっての文章の意味を分析するツールとして開発した。文章に書く内容の順序が重要であることを

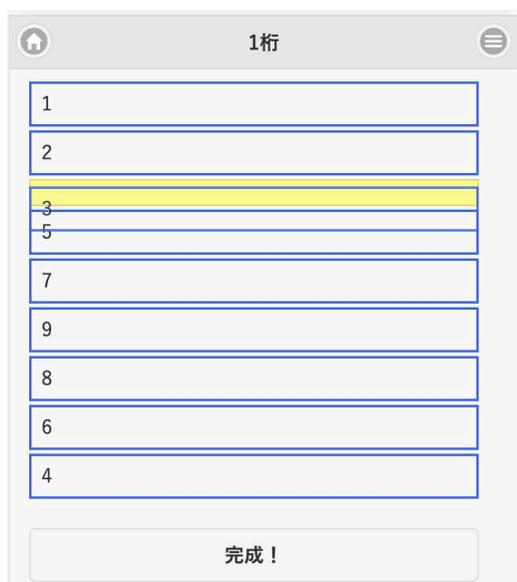


図2 ジグソー・テキストは文章の並べ替えパズル・アプリケーション。ドラッグ&ドロップで並べ替える。これは数の整列問題。

学ぶためのツールとして、大学の授業や社会人向けセミナーでも使われてきた。

3.1.2 コンピュータによる整列

コンピュータによる整列を測定するには、一般に知られた整列アルゴリズム [2] を Python 言語で実装し、交換 (入れ替え、swap) やマージなど数を移動するタイミングで移動対象の数を出力する。アルゴリズムによって数を移動する方法が異なるので、どの数をどの順序で動かしたと見なすか、アルゴリズムごとに決める [3]。この決め方によって結果が異なることに留意する。

3.2 測定実験の実施

それぞれのデータがどのようにして取られたか説明する。

人による整列もコンピュータによる整列も共に、一部のデータとして既存の研究の測定データを利用する。そのため、共起行列 (次の節で説明する) を目視で比較する分析 (「3.4.1 時間的な共起行列を目視」) では、人による整列は9個の数、コンピュータによる整列は10個の数で、数の個数が異なる。この違いは影響しないと、現時点では考えている。

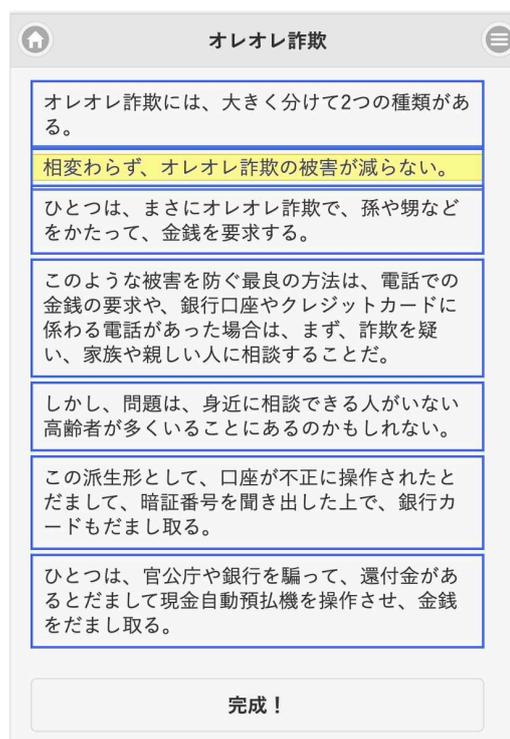


図3 ジグソー・テキストは文章の並べ替えパズル・アプリケーション。ドラッグ&ドロップで並べ替える。これは文章の並べ替え問題。

3.2.1 人による整列

ジグソー・テキストを使って、1桁から5桁の9個の数がシャッフルされたものを人が整列し、並べ替え操作を記録した。

9個の1桁の数とは、例えば { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 } である。9個の5桁の数とは、例えば { 15743, 21789, 34785, 47932, 51845, 69430, 71463, 83046, 97324 } である。

対象者は、情報系の大学で情報システムや複雑系科学や知能システムを学ぶ、学部2年生10名であった。実験より前に「アルゴリズムとデータ構造」の講義があり、その中で整列を扱っていて、被験者の半数にとって必須科目であった。

このデータは本研究に先立って、人による数の整列プロセスと、人がプログラム・コードを並べ替えて完成させるプロセスとを比較した文献 [4] の研究で得られたものである。

3.2.2 コンピュータによる整列

コンピュータについては2種類の測定データを用意する。1つは、1から10の10個の数の全順列を問題

として整列を実行し、ソートアルゴリズムごとに共起行列(次の節で説明する)を集計する。このデータは、コンピュータによる整列を人とは比較せずに分析した文献 [3] の研究で得られたものである。

もう1つは、1から9の9個の数の列をシャッフルして10個の順列を問題として整列を実行し、個々の整列処理について共起行列を求める。

前者は共起行列を目視で比較するため(「3.4.1 時間的な共起行列を目視」)であり、後者は共起行列を階層的クラスタリングするため(「3.4.2 共起行列の階層的クラスタリング」)である。

3.3 測定データの分析手法

測定データの可視化および比較にあたって、操作対象の時間的な共起に着目する [5]。

時間的な共起に着目する理由は、テキスト分析における従来の共起分析と同様である。時間的/順位的に近くで頻繁に起きる、すなわち共起するならば、それら出来事の間には何らかの関係があると考えられるからである。

分析では、ある数を n 番目に動かした直後に ($n+1$ 番目に) 別の数 (n 番目に動かした数自身も含む) を動かした回数を、操作対象のすべての数について集計して、数の一覧を昇順で縦横軸に設定した共起行列で表現する。共起頻度の標準偏差を求めて、平均+標準偏差、および平均+標準偏差*2をしきい値として、セルの背景をそれぞれ黄(薄い背景色)、赤(濃い背景色に白抜き文字)で色分けする(図4、図5、図6、図7、図8)。

これらの図では、 $s_1 \sim s_9$ はアプリケーションが内部的に持っている数のIDで、本稿では s_1, s_2, \dots, s_9 の順に、数が昇順に割り当てられている、すなわち「 s_1 の数 < s_2 の数」である。行列の縦軸が n 番目に動かした数、横軸が $n+1$ 番目に動かした数である。例えば、図4では、 s_3 の数を動かした直後に s_4 の数を動かした回数が9回あったことが分かる。

3.4 分析手順

次の2つの分析を行う。これら2つの方法のそれぞれについて、人のみのデータ、コンピュータのみのデータ、人とコンピュータの両方を含むデータの3種類でクラスタリングを行う。

| $n \setminus n+1$ | s_1 | s_2 | s_3 | s_4 | s_5 | s_6 | s_7 | s_8 | s_9 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| s_1 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| s_2 | 0 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| s_3 | 0 | 0 | 0 | 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| s_4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| s_5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 2 |
| s_6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| s_7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| s_8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| s_9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

図4 1桁の数の人による整列の時間的な共起行列

3.4.1 時間的な共起行列を目視

まず、時間的な共起行列を目視で比較する。時間的な共起行列を使うこれまでの研究、例えばプログラミング・パズル「ジグソー・コード」で問題を解くプロセスを分析した研究 [6][7] などでは、共起頻度の大きい (\geq 平均+標準偏差*2) 順序対が共起行列中に現れるパターンを見つけるのが有効であった。

3.4.2 共起行列の階層的クラスタリング

次に、共起行列に対し階層的クラスタリングを行う。整列プロセスのログが似ているならば、アルゴリズム/思考過程が似ているのかもしれない。共起行列をクラスタリングの対象とすることで、整列の操作回数/手数の違いによらず時系列データを分析対象とできる。操作回数が多かったプロセスでは、共起行列のセルの値の合計値が大きくなる。

クラスタリングは2つの方法で行う。

方法の1つは、9個の数の整列に関する9行9列の行列を81要素のベクトルとみなして、ユークリッド距離を使ってワード法でデンドログラムを描く。

方法のもう1つは、対角線周辺の頻度を重視する。共起行列の各行のうち対角線、対角線の左隣(あれば)、対角線の右隣(あれば)を取り出した25要素のベクトルを抽出して、同様にデンドログラムを描く。対角線周辺を重視するのは、「3.4.1 時間的な共起行列を目視」の結果「4.1.1 人による整列」と、その考察「5.2 比較結果の考察」を踏まえたものである。

| n \ n+1 | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 | s6 | s7 | s8 | s9 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| s1 | 1 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| s2 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| s3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| s4 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| s5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 |
| s6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| s7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| s8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| s9 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

図5 2桁の数の人による整列の時間的な共起行列

| n \ n+1 | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 | s6 | s7 | s8 | s9 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| s1 | 0 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| s2 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| s3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| s4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| s5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| s6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| s7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| s8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| s9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

図7 4桁の数の人による整列の時間的な共起行列

| n \ n+1 | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 | s6 | s7 | s8 | s9 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| s1 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| s2 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| s3 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| s4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| s5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| s6 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| s7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| s8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| s9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

図6 3桁の数の人による整列の時間的な共起行列

| n \ n+1 | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 | s6 | s7 | s8 | s9 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| s1 | 1 | 3 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| s2 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| s3 | 0 | 0 | 2 | 6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| s4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| s5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| s6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 |
| s7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| s8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| s9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 |

図8 5桁の数の人による整列の時間的な共起行列

4. 結果

4.1 時間的な共起行列の目視

4.1.1 人による整列

人による整列では、数の桁数が少ない場合、時間的な共起行列は対角線から1つ右隣のセルにまとまる。桁数が多くなると他のセルに散らばる(図4、図5、図6、図7、図8)。

4.1.2 コンピュータによる整列

コンピュータによる整列の時間的な共起行列を示す。

選択ソートでは、対角線から1つ右隣のセルにまとまる、すなわち次に1つ大きな数を動かすことが多い(図9)。マージソートも選択ソートと同様だが、選択ソートほどにはまとまらない(図10)。バブルソートは対角線上のセルに集中、すなわち同じ数を続けて動かすことが多い(図11)。ヒープソートは、対角線から1つ左隣のセルに集中、すなわち次に1つ小さな数

を動かすことが多い(図12)。他の整列アルゴリズム、特にクイックソートでは、バブルソートのような極端な集中が見られない(図13、図14)。

4.2 共起行列の階層的クラスタリング

共起行列を階層的クラスタリングした結果を示す。

4.2.1 81要素によるクラスタリング

共起行列の全セル81個を使ったクラスタリングの結果を示す。

図15(本稿の最終ページに掲載)は、人とコンピュータとを合わせてクラスタリングした結果である。最後が"-1"になっている赤色のラベルが人による1桁の数の整列、"-2"となっている黄色のラベルが人による2桁の数の整列、"selection-"で始まる青色のラベルが選択ソートである。人による1桁の数の整列(赤)がクラスタを作っている。このクラスタの近くに選択ソ-

| n \ n+1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 1 | 0 | 1,048,320 | 322,560 | 322,560 | 322,560 | 322,560 | 322,560 | 322,560 | 322,560 | 322,560 |
| 2 | 0 | 322,560 | 1,159,200 | 352,800 | 352,800 | 352,800 | 352,800 | 352,800 | 352,800 | 352,800 |
| 3 | 0 | 322,560 | 352,800 | 1,296,000 | 388,800 | 388,800 | 388,800 | 388,800 | 388,800 | 388,800 |
| 4 | 0 | 322,560 | 352,800 | 388,800 | 1,468,800 | 432,000 | 432,000 | 432,000 | 432,000 | 432,000 |
| 5 | 0 | 322,560 | 352,800 | 388,800 | 432,000 | 1,693,440 | 483,840 | 483,840 | 483,840 | 483,840 |
| 6 | 0 | 322,560 | 352,800 | 388,800 | 432,000 | 483,840 | 1,995,840 | 544,320 | 544,320 | 544,320 |
| 7 | 0 | 322,560 | 352,800 | 388,800 | 432,000 | 483,840 | 544,320 | 2,419,200 | 604,800 | 604,800 |
| 8 | 0 | 322,560 | 352,800 | 388,800 | 432,000 | 483,840 | 544,320 | 604,800 | 3,024,000 | 604,800 |
| 9 | 0 | 322,560 | 352,800 | 388,800 | 432,000 | 483,840 | 544,320 | 604,800 | 604,800 | 0 |
| 10 | 0 | 322,560 | 352,800 | 388,800 | 432,000 | 483,840 | 544,320 | 604,800 | 604,800 | 0 |

図 9 選択ソートの共起行列: 選択ソートでは、対角線から1つ右隣のセルにまとまる、すなわち次に1つ大きな数を動かすことが多い

| n \ n+1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|----|
| 1 | 952,560 | 1,337,490 | 990,045 | 724,455 | 525,450 | 377,820 | 252,090 | 176,370 | 92,505 | 0 |
| 2 | 544,530 | 771,120 | 1,289,610 | 939,960 | 670,705 | 466,536 | 297,978 | 178,730 | 93,925 | 0 |
| 3 | 556,815 | 431,130 | 627,480 | 1,239,750 | 886,175 | 611,404 | 385,965 | 209,150 | 94,975 | 0 |
| 4 | 562,665 | 433,560 | 334,470 | 502,200 | 1,185,585 | 826,260 | 530,001 | 281,718 | 109,899 | 0 |
| 5 | 556,125 | 429,930 | 328,600 | 251,985 | 383,400 | 1,123,136 | 742,560 | 409,456 | 152,408 | 0 |
| 6 | 529,395 | 412,548 | 315,422 | 237,779 | 179,456 | 264,960 | 1,034,640 | 604,320 | 235,680 | 0 |
| 7 | 472,830 | 372,246 | 286,254 | 214,534 | 156,896 | 110,160 | 155,520 | 877,200 | 372,360 | 0 |
| 8 | 374,940 | 298,380 | 231,348 | 173,460 | 124,512 | 80,160 | 53,520 | 60,480 | 574,560 | 0 |
| 9 | 222,390 | 178,830 | 139,890 | 105,234 | 74,736 | 43,440 | 26,760 | 10,080 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

図 10 マージ・ソートの共起行列: マージソートも選択ソートと同様だが、選択ソートほどにはまとまらない

ト(青)のクラスタがある。また、バブルソートやヒープソートが明確にクラスタを作っている。

4.2.2 対角線系の25要素によるクラスタリング

対角線を重視して共起行列から抜き出した25個の要素のクラスタリング結果を示す。

人とコンピュータとを合わせてクラスタリングした結果では、人による1桁の数の整列(赤色)がクラスタを作っている。このクラスタに選択ソート(青色)が一部入っているが多くはない(図16、本稿の最終ページに掲載)。

| n \ n+1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|----|
| 1 | 13,063,680 | 595,200 | 670,880 | 616,896 | 507,360 | 382,848 | 263,520 | 158,400 | 70,560 | 0 |
| 2 | 1,128,960 | 10,160,640 | 661,178 | 709,932 | 646,340 | 515,808 | 365,760 | 222,720 | 99,360 | 0 |
| 3 | 529,200 | 1,411,200 | 7,620,480 | 910,176 | 737,500 | 616,288 | 448,416 | 276,384 | 123,600 | 0 |
| 4 | 272,880 | 730,800 | 1,411,200 | 5,443,200 | 1,286,880 | 684,688 | 505,368 | 314,664 | 141,312 | 0 |
| 5 | 154,920 | 395,280 | 806,400 | 1,209,600 | 3,628,800 | 1,645,168 | 524,316 | 328,216 | 148,644 | 0 |
| 6 | 92,784 | 224,208 | 464,352 | 745,920 | 887,040 | 2,177,280 | 1,791,420 | 300,068 | 138,728 | 0 |
| 7 | 55,758 | 129,192 | 267,408 | 446,400 | 569,520 | 524,160 | 1,088,640 | 1,574,748 | 98,378 | 0 |
| 8 | 31,310 | 70,758 | 146,136 | 249,600 | 331,920 | 327,600 | 201,600 | 362,880 | 953,498 | 0 |
| 9 | 13,699 | 30,714 | 63,660 | 110,400 | 150,120 | 152,880 | 100,800 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

図 11 バブル・ソートの共起行列: バブルソートは対角線上のセルに集中、すなわち同じ数を続けて動かすことが多い

| n \ n+1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 3,938,756 | 2,908,320 | 3,908,456 | 3,505,804 | 2,414,256 | 2,213,716 | 1,630,812 | 2,159,600 | 1,103,232 | 1,233,976 |
| 2 | 6,360,968 | 1,728,344 | 2,661,264 | 2,016,332 | 2,219,548 | 1,787,904 | 1,656,784 | 1,537,396 | 1,412,516 | 1,386,012 |
| 3 | 6,411,964 | 6,324,196 | 695,640 | 622,256 | 1,083,552 | 1,165,272 | 1,295,364 | 1,059,988 | 1,421,492 | 1,406,268 |
| 4 | 3,982,384 | 3,593,440 | 5,625,328 | 390,768 | 409,000 | 645,736 | 848,116 | 725,644 | 1,267,180 | 1,320,916 |
| 5 | 2,505,680 | 2,451,816 | 2,708,272 | 5,911,952 | 185,088 | 283,208 | 522,440 | 507,368 | 1,007,816 | 1,176,104 |
| 6 | 1,983,464 | 1,853,640 | 1,791,968 | 2,055,544 | 6,042,056 | 67,200 | 250,292 | 363,092 | 704,852 | 1,023,092 |
| 7 | 1,582,248 | 1,495,800 | 1,409,064 | 1,449,136 | 1,738,564 | 6,004,612 | 17,280 | 267,552 | 456,192 | 915,552 |
| 8 | 954,864 | 1,212,352 | 1,248,080 | 1,206,900 | 1,263,408 | 1,609,152 | 5,972,352 | 0 | 302,286 | 907,086 |
| 9 | 532,392 | 640,392 | 709,352 | 749,112 | 825,678 | 1,085,046 | 1,646,046 | 6,273,006 | 0 | 401,056 |
| 10 | 392,112 | 492,912 | 589,632 | 681,352 | 772,648 | 876,256 | 1,005,856 | 1,199,056 | 4,513,696 | 0 |

図 12 ヒープ・ソートの共起行列: ヒープソートは、対角線から1つ左隣のセルに集中、すなわち次に1つ小さな数を動かすことが多い

| n \ n+1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 533,400 | 404,520 | 664,220 | 709,792 | 627,770 | 569,382 | 521,569 | 430,344 | 377,547 | 334,896 |
| 2 | 55,512 | 330,792 | 393,940 | 591,884 | 643,412 | 612,126 | 572,400 | 465,422 | 401,321 | 347,040 |
| 3 | 191,408 | 154,180 | 323,848 | 428,540 | 628,932 | 711,788 | 687,245 | 544,890 | 455,513 | 366,040 |
| 4 | 581,762 | 343,798 | 204,750 | 253,388 | 402,562 | 605,533 | 713,512 | 586,496 | 481,105 | 358,200 |
| 5 | 420,714 | 410,502 | 341,188 | 212,100 | 209,086 | 391,977 | 626,804 | 651,199 | 531,405 | 359,352 |
| 6 | 470,138 | 433,990 | 415,608 | 336,266 | 134,819 | 192,840 | 498,395 | 674,131 | 647,392 | 414,012 |
| 7 | 483,562 | 426,628 | 462,432 | 439,514 | 273,830 | 157,665 | 234,206 | 573,350 | 683,807 | 466,740 |
| 8 | 419,436 | 394,330 | 426,916 | 452,942 | 391,489 | 288,112 | 128,844 | 199,219 | 482,283 | 478,560 |
| 9 | 410,208 | 370,108 | 391,506 | 425,446 | 401,518 | 407,129 | 257,670 | 87,842 | 105,982 | 217,680 |
| 10 | 429,644 | 381,696 | 384,936 | 402,712 | 354,246 | 445,546 | 396,119 | 226,613 | 73,238 | 0 |

図 13 クイック・ソートの共起行列: 他の整列アルゴリズム、特にクイックソートでは、バブルソートのような極端な集中が見られない

5. 考察

可視化の手法として時間的な共起行列は整列プロセスの特徴を捉えていると考えられる。比較の手法として時間的な共起行列を使うには、さらなる研究が必要である。

人とコンピュータの比較では、共起行列を目視すると、桁数が少ないときの整列では人は選択ソートと似ている。クラスタリングでは、桁数が少ないとき人による整列はクラスターを作ったが、人による整列が選択ソートに似ているとは言えなかった。

| n \ n+1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| 1 | 0 | 410,553 | 405,513 | 398,313 | 387,873 | 372,321 | 348,075 | 307,179 | 226,980 | 0 |
| 2 | 410,553 | 0 | 396,853 | 390,373 | 380,773 | 366,205 | 343,117 | 303,591 | 225,023 | 0 |
| 3 | 396,853 | 396,853 | 0 | 381,196 | 372,556 | 359,116 | 337,360 | 299,416 | 222,740 | 0 |
| 4 | 381,196 | 381,196 | 381,196 | 0 | 362,604 | 350,508 | 330,348 | 294,312 | 219,936 | 0 |
| 5 | 362,604 | 362,604 | 362,604 | 362,604 | 0 | 339,384 | 321,240 | 287,640 | 216,240 | 0 |
| 6 | 339,384 | 339,384 | 339,384 | 339,384 | 339,384 | 0 | 308,280 | 278,040 | 210,840 | 0 |
| 7 | 308,280 | 308,280 | 308,280 | 308,280 | 308,280 | 308,280 | 0 | 262,080 | 201,600 | 0 |
| 8 | 262,080 | 262,080 | 262,080 | 262,080 | 262,080 | 262,080 | 262,080 | 0 | 181,440 | 0 |
| 9 | 181,440 | 181,440 | 181,440 | 181,440 | 181,440 | 181,440 | 181,440 | 181,440 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

図 14 挿入ソートの共起行列: 他の整列アルゴリズム、特にクイックソートでは、バブルソートのような極端な集中が見られない

5.1 時間的な共起分析の考察

時間的な共起行列は、それぞれの整列プロセスの、ある特徴を表していると言える。

共起行列の見出しは数の昇順に上から下、左から右に並んでいる。人による整列で桁数が少ない場合には、共起行列の対角線の1つ右隣のセルに高い頻度が現れる。ある数の次にそれより1つ大きい数を動かすことが多いということで、これは、小さい数から順番に動かしていることに対応していると考えられる。

コンピュータによる整列の共起行列は、それぞれのアルゴリズムから理解しやすいものもある。選択ソートは、まず全体から最小のものを見つけて先頭(1番目)と交換し、次に2番目以降から最小のものを見つけて2番目と交換し、…を繰り返す。すると、最小の数から順に、1つずつ大きい数を動かすことが多くなる。すなわち、「1」の次に「2」、「2」の次に「3」、…を動かすことが多くなる。「1」の次に「2」を動かさない場合があって、それは、「1」の隣に「2」があった場合である。「1」の次に「2」がある場合の数は、ない場合の数よりも小さいので、選択ソートの共起行列は図9のようになる。

5.2 比較結果の考察

人とコンピュータとの共起行列の目視比較では、桁数が少ないときの人による整列は、(こちらは桁数に関係ないが)選択ソートによる整列に似ている。人による整列では、桁数が少ないと対角線の1つ右隣に高い頻度が現れ、小さい数から順番に動かしていることに対応している。コンピュータによる整列では、選択ソートに同様の傾向がある。これは選択ソートのアルゴリズムからも理解できる。これは同時に、整列プロセスの特徴が対角線周辺に現れる可能性を示唆している。

このことは、整列プロセスの特徴が対角線周辺に現れる可能性を示唆している。

一方、クラスタリングの結果は、対角線重視を支持しているとは言い難い。81要素でのクラスタリングでは、「桁数が少ないときの人による整列は似ている」とは言えそうである。しかし、「桁数が少ないときの人による整列は、選択ソートによる整列に似ている」と言うのは難しい。これは、対角線周辺のセルに絞った25要素でのクラスタリングでも同様であった。

「桁数が少ないときの人による整列」は、今回のクラスタリング結果の範囲でも何らかの特徴を持ってい

ると期待できる。

「桁数が少ないときの人による整列は、選択ソートによる整列に似ているか？」については、目視判断とクラスタリング結果が不一致であった。「対角線周辺を重視する」ことが、25要素というセルの選び方では不十分なのか、距離やクラスタリング方法の選び方の問題なのか、今後の研究が必要である。

5.3 その他

選択ソートと似ているからといって、桁数が少ない場合に人が選択ソートのアルゴリズムで整列しているとは限らない。これは体重が同じでも別人であることと同様である。例えば、頭の中で完成した整列結果をジグソー・テキスト上に出力しているだけなら、外から観察できたのはその「出力」プロセスであり、頭の中で行われた整列プロセスではない。

本稿は、時間的な共起行列を採用し共起頻度の大小に着目した。他の分析手法によって異なる結果が出るならば、それは別の観点による新たな知見として期待する。

謝辞

渡邊雄之介氏には、人による整列プロセスを測定したデータを提供していただいた。本研究はJSPS科研費17K01085の助成を受けたものである。

文献

- [1] 山口琢, 小林龍生, 高橋慈子, 大場みち子, パズル操作の測定・分析による思考の推定, 日本認知科学会 第35回大会 sP2-17, 2018
- [2] 奥村晴彦, [改訂新版] C言語による標準アルゴリズム事典, 技術評論社, 2018
- [3] 山口琢, 大場みち子, コンピューターの整列処理におけるデータ操作の時間的共起分析, 情報処理学会 研究報告コンピュータと教育 (CE), 2020-CE-156(1), 2020
- [4] 渡邊雄之介, 大場みち子, 中村陽太, 山口琢, 異種パズル操作の時系列データ分析, 情報処理学会 第82回全国大会講演論文集, 2021
- [5] 山口琢, 大場みち子, 編集操作の時間的共起分析の提案, 情報処理学会 研究報告コンピュータと教育 (CE), 2019-CE-151(9), 2019
- [6] 中村陽太, 大場みち子, 山口琢, 伊藤恵, 学習進度に対応するパズルを利用したプログラミング思考過程の分析, 情報処理学会 研究報告コンピュータと教育 (CE), 2019-CE-151(1), 2019
- [7] 藤井沙苗, 松澤芳昭, パズル型問題を利用したプログラミング初学者の理解度と思考過程の分析, 情報処理学会 第82回全国大会講演論文集, 2021

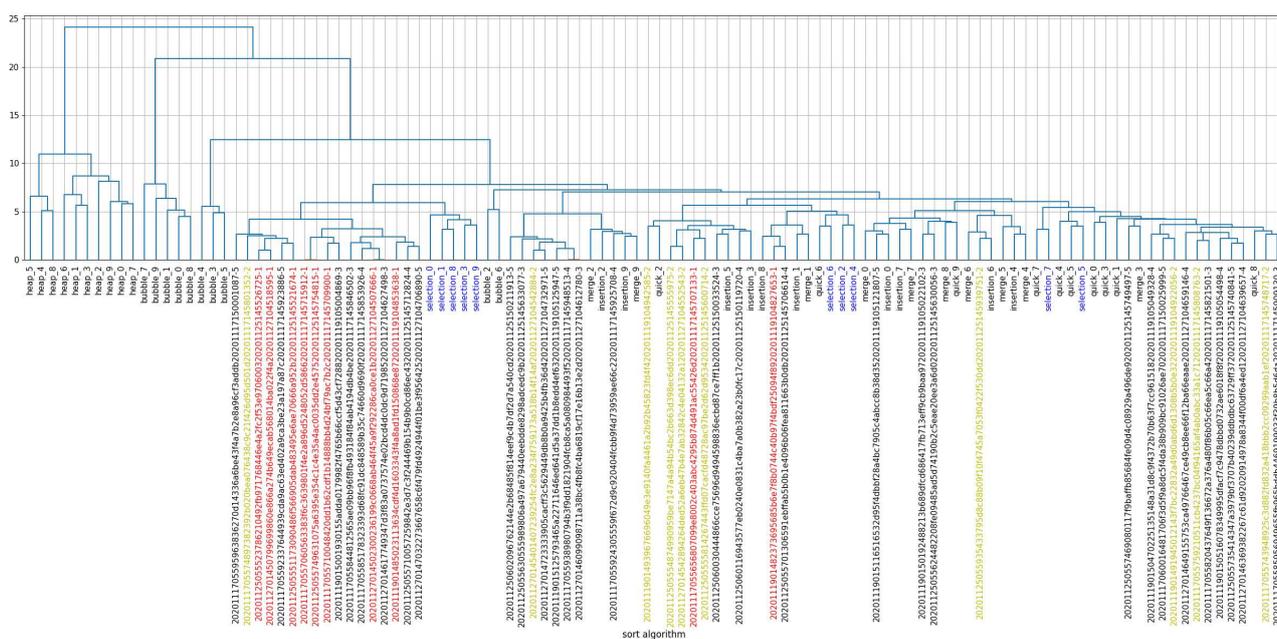


図 15 共起行列の全セル 81 個を使ったクラスタリングの結果。人とコンピュータによる整列を合わせたもののデンドログラム。人による 1 桁の数の整列 (赤色) がクラスタを作っている。このクラスタの近くを選択ソート (青色) のクラスタがある。ここでも、バブルソートやヒープソートが明確にクラスタを作っている。

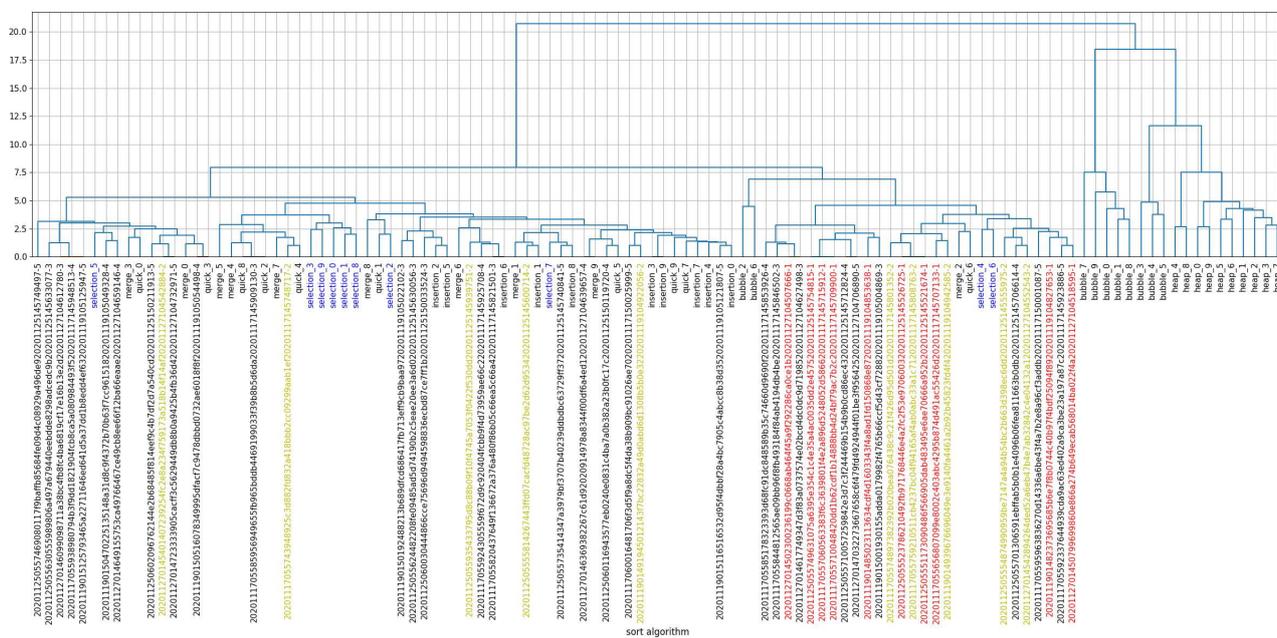


図 16 対角線を重視して共起行列から抜き出した 25 個の要素のクラスタリング結果。人とコンピュータによる整列を合わせたもののデンドログラム。人による 1 桁の数の整列 (赤色) がクラスタを作っている。このクラスタに選択ソート (青色) が一部入っているが多くはない。

月経サイクルを通し、認知機能とイライラの原因ホルモンは、 関連しているのだろうか。

Is the cognitive function affected by the hormones that cause irritation during the menstrual cycle?

鈴木 友美子[†], 大平 英樹[†]
Yumiko Suzuki, Hideki Ohira

[†]名古屋大学大学院情報学研究科
Nagoya University Graduate School of Informatics
suzuki.yumiko@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

Abstract

Premenstrual syndrome (PMS) affects 50-80% of all women. The psychological symptoms of PMS include irritation and depression, and there are many studies how stress affect subjective emotions.

Social stress causes an increase in cortisol level, but PMS is associated with blunted cortisol reactivity to the stress.

we explored the influence on the emotional cognitive function under stress by examining reaction time during emotional stroop task and measuring cortisol changes due to stress induction.

In this study, women with PMS are compared with healthy women to examine the influence of sex hormone cycle. It has been suggested that stress can affect emotional cognitive function and cortisol response with stress is prolonged in women with PMS even though the subjective stress levels are not significantly different from those of healthy women. That may mean the long-term influence on the emotional cognitive function brought by stress is one of the properties of PMS.

Keywords — Cognitive function, Premenstrual syndrome, Stress, cortisol

1. はじめに

月経による性ホルモンの変動により、多くの女性が心身の違和感を体験する。黄体期特異的に、身体症状ならびに、イライラ、憂うつといった精神諸症状により、日常生活に影響が及ぶ状態を「月経前症候群 (以下、PMS)」と呼び、全女性のおよそ50~80%が該当する[1]。

PMS とストレスは密接に関係しており、主観的な感情の変化を中心に多くの研究が行われている[2]。ストレス反応は、他者からの評価といった社会的な脅威により心理的ならびに生理的に起こることが、繰り返し示されてきた[3]。先行研究では、PMS を有する女性のグループ(以下、PMS 群)は、PMS でない女性のグループ(以下、健常女性群)に比べると、特に黄体期において、ストレス曝露時のコルチゾール上昇が鈍化することが報告された[4]。ここで、コルチ

ゾールは、急性ストレス時に上昇するストレスホルモンの1つである。ストレスは認知機能を抑制し[5]、コルチゾール濃度との関連も示唆されている [6]。このことから、コルチゾールの認知的な側面への関連も示唆される。一般に、ストレス下では、視床下部-下垂体-副腎皮質系 (hypothalamus - pituitary-adrenal cortex axis 以下、HPA 系) の活性化により、血中ならびに唾液中のコルチゾールが上昇する[7]。この上昇は、ストレス曝露からおよそ 20 分以降にピークが見られ、その後 60 分後には、ストレス前の状態にまで回復する[8]。PMS 群では、こうしたコルチゾールの上昇ならびに回復が鈍化している[4]。

機能的磁気共鳴画像法(functional magnetic resonance imaging、以下、fMRI)を用いた研究では、PMS 群と健常女性群を比較し、黄体期における Regional Homogeneity が検討された。Regional Homogeneity により、脳内でまとまった部位が同期して活動している様子が観察され、その部位が特定の脳機能と関連があることが示される。PMS 群は、健常女性群に比べ、右前帯状皮質の活性が減少し、機能異常の可能性が考えられる。臨床上的見解からは、右前帯状皮質の PMS の重症度との関連も示唆された[9]。ここで、前帯状皮質は、2 つ以上の行動を同時に惹起しうる状況(葛藤)を抑制する際に高い活動を示す部位である。

そのため、本研究では、PMS に関連した認知機能として、情動ストロープ課題を用いた。この課題では、PMS の特徴である感情への影響から、情動的な抑制機能の検討を行った。

一方、近年では、月経サイクルにより認知的な変容が示唆され、月経関連ホルモンが認知機能に及ぼす影響が検討されている[10][11]。PMS と認知機能の関係においては、情動的な認知処理ならびに選択的注意機能、作業記憶において健常女性との違いが見

出されたものもある[12][13][14]。しかし、月経サイクルを厳密に捉えることは難しく、捉えたとしてもその認知的な違いはわずかであるという意見もある[15]。加えて、月経サイクルを司る内分泌ホルモンが複数あることも、この問題をより複雑にしている。そのため、いまだ一定した結論に至っていない[16]。

これらのことから、月経関連ホルモンの変容のみで認知機能への影響を検討するのではなく、ストレス誘導による介入を行い、ストレス下という条件のもとで、認知的な影響を検討することは妥当であると考えた。本研究では、社会的ストレスを誘導し、PMSを有する女性に特徴的なストレス曝露時のコルチゾール応答の鈍化が、認知機能へ及ぼす影響を検討した。そのため、ストレス誘導の前ならびに、ストレス誘導直後、20分後、60分後における認知機能を比較した。

ここでは、PMSを有する女性は、健常女性に比べ、コルチゾールの変化ならびに情動ストループ課題におけるストレス誘導の影響が長く続くことを予想した。

2. 方法

参加者

実験時に、黄体後期に該当する、18歳から45歳までの健常な女性を募集した。認知課題では32人の女性、コルチゾールの解析では、15人のデータを分析に用いた。コルチゾールは、残り17人も解析を行っていく。尿中の黄体形成ホルモン(LH)のLHサージを捉え、黄体後期を推定し、後日、実験後の月経開始日を確認し、黄体後期を確定した。(年齢:19-25歳、mean=22.3歳、平均月経周期:31.9日、PMS該当参加者10人、PMS非該当参加者22人)名古屋大学の倫理審査で承認された手続きに基づいて実験の概要を説明し、参加者から実験参加の同意書の記入を得た上で、実験を実施した。実験後には、デブリーディングを行なった。

情動ストループ課題

刺激: AIST 顔表情データベース(産業技術総合研究所)から、喜び表情と怒り表情の画像(男女モデル4名ずつ)を選び、各画像の中央に、「喜び」と「怒り」という単語を合成して刺激を作成した(図1)。図1の例は、表情と単語の情動価が一致した一致刺激(表情:喜び+単語:喜び)と、一致しない不一致刺激(表情:喜び+単語:怒り)を図示し

ている。

課題: 単語を無視して、できる限り早く正確に表情を判断することを求めた。課題は、計120試行から成り、一試行につき一つの刺激が呈示された。実験参加者は、表情または単語が「喜び」であるか「怒り」であるかをキー押しで反応した。

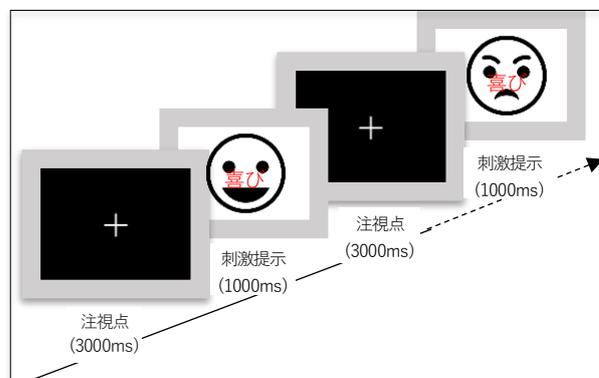


図1. 情動ストループ課題: 書かれた文字を無視して、顔が示す表情を判断する。

トリーアの社会ストレステスト(Trier Social Stress Test 以下、TSST)

ビデオカメラを設置し、審査者の前でスピーチを行うことを求める。社会的ストレスの誘導において信頼性が担保されたプロトコルである[16]。スピーチでは、自分のことを上手に紹介することを求めた。5分間のスピーチ準備、5分間のスピーチ、5分間の計算課題で構成されている。

質問紙

実験期間中の主観的ストレス尺度として、0% (まったくストレスを感じない) から 100% (非常にストレスを感じる) とした Visual Analogue Scale (VAS) と、PANAS(The Positive and Negative Affect schedule) 日本語版への回答を求めた。

唾液中コルチゾール

唾液中のコルチゾール濃度を計測するため Passive Drool 法を用いて実験参加者の唾液を採取した。Passive Drool 法は、自然分泌された唾液を2分間口の中で貯め、短いストローを使って収集容器に移す採取方法である。採取された唾液試料は-33°Cで凍結保存した後、解析時に解凍して 3,000 rpm で15分間の遠心分離を行う。唾液中コルチゾールは、酵素免疫吸着測定法(ELISA)により専用キット(Enzo life sciences社製)を用いて解析し、コルチゾール濃度を算出した。

手続き

入室後、7分間安静にし、1回目の質問紙の回答と唾液の採取、ならびに認知課題を行った(ストレス誘導前)。その後、TSSTにより社会的ストレスの誘導を行った。TSST直後に、2回目の質問紙の回答と唾液の採取、ならびに認知課題を行なった(ストレス誘導直後)。TSST20分後は、質問紙の回答と唾液の採取のみ行い(ストレス誘導20分後)、TSST60分後に4回目の質問紙の回答と唾液の採取、ならびに認知課題を行なった(ストレス誘導60分後)。

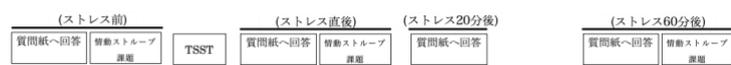


図2. 実験の手続き

データ解析

ストループ課題では、反応時間をデータとする。誤答の反応時間を分析から除き、反応時間が200ms以下の反応時間と各実験者の平均反応時間+3SDを超える反応データは、分析から除外した。表情判断における、不一致刺激の正答試行の平均反応時間を分析に用いた。

急性ストレス反応の確認

各測定時点における主観的ストレスを測定した。TSST直後に、主観的ストレスのスコアが上昇していることを確認し、ストレス誘導が行われたと判定した。

3. 結果

TSSTによる社会的な急性ストレス反応が生起されたことを確認するため、主観的ストレスを、ストレス誘導の前ならびに、ストレス誘導直後、20分後、60分後の4点で計測し、PMS群と健常女性群において比較した。その結果、経時的な主効果は見られたが、 $(F(3,84) = 49.65, p < 0.001)$ 、PMS群と健常群のストレススコアに有意な差は見られなかった $(F(1,28) = 4.061, p = 0.054)$ 。

情動ストループ課題の不一致条件での反応時間を、PMS群(図ではPMS)と健常女性群(図ではHC)で比較した(図3)。課題は、ストレス誘導前ならびにストレス誘導直後、ストレス誘導60分後に行なった。その結果、経時的な主効果に、有意な差は見られなかった $(F(2,56) = 3.22, p = 0.052)$ 。

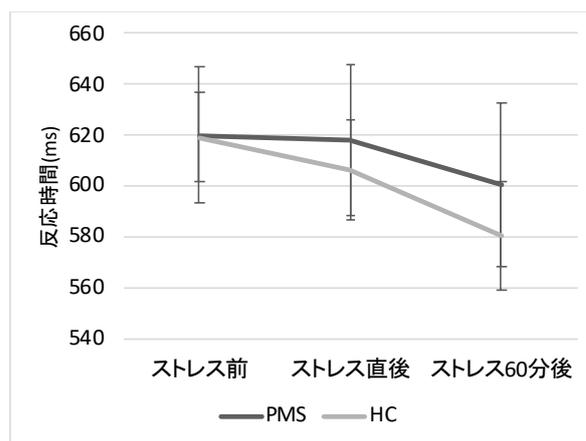


図3. 情動ストループ課題の平均反応時間：表情と単語の情動価が一致していない不一致刺激の反応時間をPMSにおける平均とHCにおける平均で比較した。1回目の後にTSSTによるストレス誘導を行った。Trial1はストレス誘導の前に、Trial2はストレス誘導直後、Trial3はストレス誘導20分後、Trial4はストレス誘導60分後を示す。

生理的反応と認知機能との関連を検証するため、3回の情動ストループ課題の実施前ならびにストレス誘導20分後の計4回で唾液を採取し、唾液中コルチゾールの濃度を測定した。3回の情動ストループ課題の実施前には、ストレス誘導の前ならびに、ストレス誘導直後、60分後が該当する。これらをPMS群と健常女性群において比較した(図4)。その結果、経時的な主効果 $(F(3,36) = 2.95, p = 0.065)$ ならびにPMS群と健常群に有意な差は見られなかった $(F(1,12) = 0.404, p = 0.537)$ 。また、交互作用もなかった $(F(3,36) = 0.116, p = 0.908)$ 。

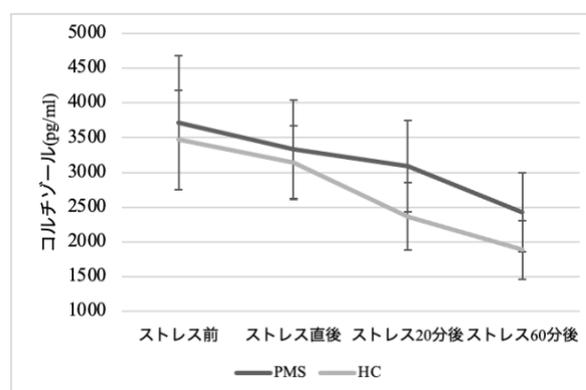


図4. 唾液中コルチゾールの濃度：ストレス誘導による影響を生理的応答で検証した。

4. 考察

社会的ストレスによる影響として、主観的ストレススコアの経時的変化において有意な差が見られたが、情動ストレス課題における反応時間と、唾液中コルチゾール濃度でも、時間によって変化していく可能性が考えられる結果となった。

Limitation は、PMS 群と健常女性群では、実験参加者数に違いがあり、PMS 群のデータの少なさから、十分な検証には至っていない。また、本実験は、午前10時から午後1時の間に行われており、この実験時間がコルチゾール濃度の評価を難しくしていることも推測される。前者は、引き続き実験参加者を収集し、特に PMS 群のデータ数を増やしていくことで、解決し得るものである。後者は、午前中に TSST が行われ唾液中コルチゾールの変化を検証した先行研究と比較することで、本実験における唾液中コルチゾールの変化の妥当性を検証していく。

先行研究では、PMS 群はストレス曝露時にコルチゾール上昇が鈍化した。本研究では、コルチゾール変化の鈍化の様態が推察し得る結果となった。同様に、認知課題の結果を比較すると、PMS 群では、健常女性群と比較し、反応時間の短縮が鈍い傾向が見られた。これらのことから、ストレスに対する生理的応答と認知機能への影響は、同じような変化をし得る可能性が示唆された。

参考文献

- [1] 大坪 天平, (2018) “精神科からみた PMS/PMDD の病態と治療”, 女性心身医学 J Jp Soc Psychosom Obstet Gynecol Vol. 22, No. 3, pp. 258-26,
- [2] Bäckström T, Bixo M, Johansson M, et al. “Allopregnanolone and mood disorders.” *Prog Neurobiol.* 2014;113:88-94.
- [3] Dickerson, S. S., & Kemeny, M. E. (2004). “Acute stressors and cortisol responses: A theoretical integration and synthesis of laboratory research.” *Psychological Bulletin*, 130(3), 355–391.
- [4] Huang Y, Zhou R, Wu M, Wang Q, Zhao Y. “Premenstrual syndrome is associated with blunted cortisol reactivity to the TSST.” *Stress.* 2015;18(2):160-168.
- [5] McEwen, Bruce S. Sapolsky, Robert M. (1995) “Stress and cognitive function.” *Cognitive neuroscience.* 5:205-216.
- [6] Brian K. Lee, MHS; Thomas A. Glass, PhD; Matthew J. McAtee, BA; Gary S. Wand, MD; Karen Bandeen-Roche, PhD; Karen I. Bolla, PhD; Brian S. Schwartz, MD, MS (2007) “Associations of salivary cortisol with cognitive function in the Baltimore memory study”. *Archives of General Psychiatry.* 2007;64(7):810-818
- [7] Terfehr K, Wolf OT, Schlosser N, et al. “Hydrocortisone impairs working memory in healthy humans, but not in patients with major depressive disorder.” *Psychopharmacology (Berl).* 2011;215(1):71-79.
- [8] Dedovic K, Duchesne A, Andrews J, Engert V, Pruessner JC. “The brain and the stress axis: The neural correlates of cortisol regulation in response to stress.” *Neuroimage.* 2009;47(3):864-871.
- [9] Kirschbaum C, Hellhammer DH. “Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: recent developments and application.” *Psychoneuroendocrinology.* 1994;19(4):313-333.
- [10] Liao H, Pang Y, Liu P, et al. “Abnormal Spontaneous Brain Activity in Women with Premenstrual Syndrome Revealed by Regional Homogeneity.” *Front Hum Neurosci.* 2017
- [11] McCormick CM, Teillon SM (2001) “Menstrual cycle variation in spatial ability: relation to salivary cortisol levels.” *Horm Behav* 39:29–38
- [12] Heister G, Landis T, Regard M et al (1989) “Shift of functional cerebral asymmetry during the menstrual cycle.” *Neuropsychologia* 27:871–880
- [13] Eggert, L., Kleinstäuber, M., Hiller, W., & Witthöft, M. (2017). “Emotional interference and attentional reprocessing in premenstrual syndrome.” *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 54, 77–87.
- [14] Keenan, P. A., Stern, R. A., Janowsky, D. S., & Pedersen, C. A. (1992). “Psychological aspects of premenstrual syndrome I: Cognition and memory.” *Psychoneuroendocrinology*, 17(2–3), 179–187
- [15] Slyepchenko, A., Lokuge, S., Nicholls, B., Steiner, M., Hall, G. B. C., Soares, C. N., & Frey, B. N. (2017). “Subtle persistent working memory and selective attention deficits in women with premenstrual syndrome.” *Psychiatry Research*, 249, 354–362.
- [16] Sundström-Poromaa, I. (2018). “The Menstrual Cycle Influences Emotion but Has Limited Effect on Cognitive Function.” *In Vitamins and Hormones.*
- [17] Kirschbaum, C., Pirke, K. M., & Hellhammer, D. H. (1993). “The ‘Trier social stress test’ - A tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting.” *Neuropsychobiology*, 28(1–2), 76–81.

コミュニティ・アートのボランティアについての尺度開発の試み A Test of Developing the Scale of Peer Support in Community Art

佐々木 美加

Mika Sasaki

明治大学

Meiji University

mikasa@meiji.ac.jp

概要

本研究ではコミュニティ・アートのボランティアの心理過程の測定尺度の開発を試みた。コミュニティ・アート(美術館教育普及活動と地域芸術祭)のボランティアに対するインタビューの内容分析(佐々木, 2020ab)を基に尺度項目を作成し, 全国の美術館と地域芸術祭のボランティアの参加経験者に対して調査を行った。分析の結果, 芸術コミュニティのボランティアの態度として「地域愛着・交流」「非日常的豊かさ」「人生の転機と創造性」の3因子が見出され, 構造的妥当性が確認された。

キーワード: コミュニティ・アート(community art), ボランティア(peer support), 心理尺度 (psychological scales)

1. はじめに

本研究は, コミュニティ・アートのボランティアの心理的側面を解明を目的としている。芸術コミュニティについては, 芸術家ムラなどアーティストのコミュニティは, 古くから存在していた。これに対し, 近年ではコミュニティ・アートが広がりを見せている。増山(2001)によれば, コミュニティ・アートとは, アートの享受者と創造者が相互転換する過程で, 人と人を結び付け, アクティブな場, コミュニティを形成していくと解説している。佐々木(2020a)は, こうしたコミュニティ・アートに類する芸術関連コミュニティについて, アートの位置づけと参加者の行動や特徴に基づいて分類した(図1 コミュニティ・アートの分類)。

まず, アートをサポートの道具として位置づけるコミュニティとして, アート・セラピーの機能をもつコミュニティを分類した。具体的には, 病院アートやコミュニティ・センターが挙げられる。ここでは癒しや精神面での支援を必要とする人々に対し, アートがサポートの道具として機能していると考えられる。

また, ユニバーサルアートについても, 障害者のアクティビティの支援としてアートが道具的に機能していると考えられ, アートがサポート機能を果たすコミュニティと位置づけた。これらをサポート機能型コミュニティ・アートと呼ぶことにする。

一方, アートが共同作業の機能をもつコミュニティとして, アート・プロジェクトと美術館の美術教育普及活動を分類した。アート・プロジェクトは, 地域芸術祭や震災復興のアート・プロジェクトが挙げられる。これらは, 芸術祭や復興アート・プロジェクトの作品の制作に, ボランティアが参加する。

また, 美術館の教育普及活動では, 教育等の活動を地域ボランティアなどがサポートを行う。すなわち, 美術教育に美術館のコミュニティのメンバーがボランティアとして共同参加する。そのため, こうした芸術祭や美術館の活動を, 共同作業型のコミュニティ・アートと名付ける。先ほどサポート機能型のコミュニティ・アートに分類したユニバーサルアートは, 障害者施設や特別支援学校などで行われることが多い。この場合, アート

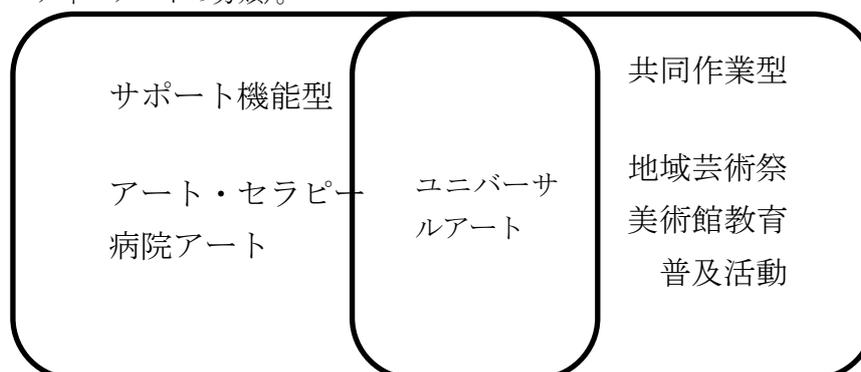


図1 コミュニティ・アートの分類

作品を制作する障害者とそれを支援する職員や教員は制作に参加することになる。従って、サポート機能型であると共に、共同作業型のコミュニティ・アートであり、両方にまたがるものと考えられる。

今回は、サポート機能型とは独立の、アート・プロジェクトと美術館の教育普及活動の共同作業型のコミュニティ・アートについて取り上げる。というのも、増山(2001)が指摘する「アートの享受者と創造者が相互転換する」ところが明確だからだ。こうした観点から、コミュニティ・アートのボランティアの心理過程を研究において、地域芸術祭と美術館の教育普及活動を選定した。

しかし美術館ボランティアと地域芸術祭ボランティアは、いずれも芸術に関するサポート活動であるにも関わらず、統合して論じられることはほとんど無かった。美術館のボランティアは生涯学習の観点から注目されることが多く(岡庭, 2012; 栗田, 2013), 地域芸術祭のボランティアは地域再生や地域と人のつながりの再構築と捉えられることが多かった(北川, 2014, 2015)。こうした芸術関連ボランティアは、芸術作品の鑑賞や制作のサポートという違いはあっても、両者に共通する点と相違点があることが、インタビュー調査によって明らかになった(佐々木, 2020ab)。本研究では、美術館のボランティアと地域芸術祭のボランティアの活動の心理的特徴を明らかにし、測定尺度を作成する。このコミュニティ・アートのボランティアの測定尺度が、芸術に関連するサポート活動を求める人が、自分に適したコミュニティ・アートのサポート活動に参加するための支援ツールとなることを目標とする。なお、本研究の実施にあたり明治大学ヒト・動物を対象とした研究等に関する研究倫理委員会(商学部)の承認を受けて行っている(商-2)。

2. 予備調査

目的 美術館ボランティアと地域芸術祭ボランティアの参加者を選定するスクリーニング調査を目的として予備調査を行った。

実施時期 2020年12月3日～12月8日

調査対象 全国の都道府県の成人男女 30000人(男性14615人・女性15385人, 平均年齢49.89歳, $SD=16.08$)。地域の比率は北海道地方4.8%, 東北地方5.3%, 関東地方43.2%, 北陸地方3.1%, 中部地方10.8%, 近畿地方19.0%, 中国地方4.7%, 四国地方2.3%, 九州地方6.8%

であった。また、年齢層は20代14.3%, 30代17.6%, 40代17.5%, 50代17.7%, 60代17.1%, 70代15.9%であった。

方法 モニターリサーチ会社(株)マイボイスコムを通してインターネット調査を行った。調査の冒頭に調査の目的としてボランティアに関する調査であることが記載され、調査に答えたくない場合は答えなくてよいこと、途中でやめても構わないことが記載された。調査参加者への謝礼は、(株)マイボイスコムによってモニター謝礼によって支払われた。

調査項目 質問項目のうち、年齢・性別・居住地域・職業分類は、モニターの登録項目として調査への使用することが承諾されていたため設問から省かれた。設問1では参加したことがあるボランティア活動について、複数回答を求めた。選択肢は、平成30年度都民等のボランティア活動等に関する実態調査の1-2「ボランティア活動の参加経験」の項目を用いた。設問1の選択肢のうち、「スポーツ・文化・芸術・学術に関連した活動(東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会関連を除くスポーツ関連のボランティア、観光ガイドボランティアなど)」を選択した場合にのみ設問2に進んだ。設問2では、美術館関連のボランティアと地域芸術祭ボランティアの参加者を選定するため、「美術館や博物館が主催する展覧会や行事(美術教育普及活動や美術館主催ワークショップなど)のボランティア活動」「地方自治体や公益法人等が主催する芸術祭(音楽祭・映画祭を除くビエンナーレ, トリエンナーレなど会期20日以上, 開催日数11日以上)の芸術祭」の2つの項目について、参加の経験を尋ねた。

結果 予備調査の結果、美術館に関するボランティアのみ参加経験者106人, 地域芸術祭のみ参加経験者102人, 両者に参加経験者217人の計322人が選定された。

3. 本調査

目的 芸術関連ボランティアの心理測定尺度を開発することを目的としている。調査は、美術館ボランティアと地域芸術祭ボランティアに対して実施し、その特徴を明らかにするものである。

実施時期 2020年12月17日～12月21日

調査対象 予備調査で選定された調査対象者326人で(男性183人, 女性143人, 平均年齢46.41歳,

SD=16.79), 美術館ボランティア, あるいは地域芸術祭ボランティアのいずれか一方, または両方の参加経験者であった。

方法 モニターリサーチ会社(株)マイボイスコムを通してインターネット調査を行った。調査の冒頭に調査の目的としてボランティアに関する調査であることが記載され, 調査に答えたくない場合は答えなくてよいこと, 途中でやめても構わないことが記載された。調査参加者への謝礼は(株)マイボイスコムによってモニター謝礼によって支払われた。

調査項目 予備調査でも用いた美術館ボランティアと地域芸術祭ボランティアの参加を尋ねた。また, それらのうち, より長い参加あるいは深くかかわっていると思うものをどちらか一つ選択を求めた。選択した回答により, 選択した芸術関連ボランティアについての設問に進んだ。芸術関連ボランティアについての設問では, 態度測定項目 87 項目に対して 7 件法 (全くそう

思わない〜非常にそう思う)で回答を求めた。芸術関連ボランティアの態度測定項目は, コミュニティ・アート (美術館教育普及活動および地域芸術祭) のボランティアに対して行ったインタビューの内容分析 (佐々木, 2020ab) をもとに作成された 87 項目であった。項目の内訳は, アート愛着・創造性 10 項目, 個人的変化・内発性・創造性 27 項目, 地域愛着 18 項目, 人間関係・対人距離 32 項目であった。

4. 結果

芸術関連ボランティアの態度測定項目に対し, 因子分析 (最尤法, プロマックス回転) を行い, 固有値 1 を基準として因子を抽出した。その結果, 17 因子が抽出されたが, 複数の因子に因子負荷量が分割された項目が多く見られたため, これらを排除して再度因子分析を行う作業を繰り返した。最終的に 3 因子解が得られた (see Table.1.)。

Table. 1. 芸術関連ボランティア尺度

| | 因子 | | | 共通性 |
|-------------------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | I | II | III | |
| 地域愛着・交流 ($\alpha = .814$) | | | | |
| 活動地域の素晴らしさを伝えたい | .739 | -.067 | .017 | .504 |
| 活動する地域に愛着がある | .670 | -.016 | .029 | .456 |
| 活動で地域の魅力を伝えたい | .667 | .038 | .036 | .504 |
| 活動によって地域の人たちと交流することが出来る | .666 | .010 | -.040 | .425 |
| 活動で地域に貢献したい | .661 | .051 | -.026 | .463 |
| 非日常的豊かさ ($\alpha = .779$) | | | | |
| 活動では, 普段会えないタイプの人と出会えた | -.061 | .716 | .003 | .464 |
| 活動でアートに触れることができるのが良い | -.062 | .688 | -.035 | .417 |
| 活動で普段できない仕事ができるうれしい | .055 | .676 | .034 | .520 |
| 活動の場は人生を豊かにしてくれる | .130 | .630 | -.015 | .505 |
| 人生の転機と創造性 ($\alpha = .801$) | | | | |
| 活動の影響で作品を制作するようになった | -.061 | -.069 | .844 | .641 |
| 活動が生活の中心を占めている | .059 | -.047 | .746 | .585 |
| 活動が人生の転機となった | .027 | .140 | .676 | .550 |
| | | | | |
| | 寄与率 (%) | 37.886 | 14.817 | 9.721 |
| | 累積寄与率 (%) | 37.886 | 52.703 | 62.425 |
| | 因子間相関 | | | |
| | I | 1.000 | .599 | .519 |
| | II | | 1.000 | .266 |

これに対し共分散構造分析を実施した結果、適合度指標は、 $\chi^2(51)=72.240$, $p=.027$, $GFI=.965$, $CFI=.984$, $RMSEA=.036$ であった。モデルの当てはまりは良好であると考えられ、構造的妥当性が確認された。第1因子は「地域愛着・交流」、第2因子は「非日常的豊かさ」、第3因子は「人生の転機と創造性」と命名した。

5. 考察

本研究では、美術館ボランティアと地域芸術祭ボランティアのインタビューの内容分析から作成した質問項目を全国の美術館ボランティア・地域芸術祭ボランティアの経験者に対して調査を行った。その結果、構造的には妥当性の高い尺度を開発することが出来た。この尺度を用いて、美術館ボランティアと地域芸術祭ボランティアの特徴を明らかにすることが出来るだろう。

しかし、これまで芸術関連ボランティアについての測定尺度は研究されてこなかったため、併存的妥当性については検討することが出来なかった。今後の課題としては、芸術関連の活動やコミュニティの測定尺度との併存的妥当性を検討すること、また芸術関連以外の種類のボランティアの測定尺度との比較検討も行い、精度の高い尺度を作成しなければならないだろう。

文献

- [1] 北川フラム(2014). 美術は地域をひらく 大地の芸術祭10の思想. 現代企画室
- [2] 北川フラム(2015). ひらく美術—地域と人間のつながりを取り戻す. ちくま新書
- [3] 栗田真司 (2013). 生涯学習としての「博物館における教育普及活動」. 大学改革と生涯学習: 山梨学院生涯学習センター紀要, 45-73.
- [4] 増山尚美(2001). コミュニティ・アートに関する一考察. 北海道浅井学園大学生涯学習システム学部研究紀要, 77-91.
- [5] 岡庭義行(2012). 博物館法改正と学芸員養成. 帯広大谷短期大学紀要, 49, 1-10.
- [6] 佐々木美加(2020a). 美術館ボランティアのコミュニティ形成の心理過程(1): 世田谷美術館実施アンケートの内容分析. 日本コミュニティ心理学会第23回大会発表論文集, 46-47.
- [7] 佐々木美加(2020b). 地域芸術祭におけるボランティア活動の心理過程: 大地の芸術祭ボランティアに対するインタビューの内容分析. 日本社会心理学会第61回大会発表論文集, 2407.
- [8] 東京都生活文化局(2018). 都民等のボランティア活動等に関する実態調査.
https://www.seikatubunka.metro.tokyo.lg.jp/chiiki_tabunka/chiiki_katsudo/kyoujo/files/0000000849/h30_volunteer_report.pdf

適切な文脈の欠如と推論

Reasoning from Uncommon ground

山森 良枝
Yoshie Yamamori

同志社大学
Doshisha University
yy080707@gmail.com

概要

本稿では、直説法条件文では成立する前件と後件の間の論理的依存関係が成立しない擬似条件文と誤謬推論を取り上げ、両者を比較しながら、「適切な文脈の欠如」という従来の前提に関する概念を相対化し、誤謬推論が<既存の文脈/世界と並行的な関係にある、それとは別の種類の文脈/世界の創設する>コミュニケーション機能を持つことを主張する

キーワード: 誤謬推論、擬似条件文、(Un)common ground

1. はじめに

条件文には、‘*If p, q*’の形式を持ちながら、標準的な条件文/直説法条件文 (e.g. (1), (2)) では成立する *p-q* 間の論理的依存関係が成立しない擬似条件文 (e.g. (3)) や、「論理的に誤った推論」と言われる誤謬推論 (e.g. (4), (5)) がある。

- (1) 時間があれば (*p*)、行く (*q*)
- (2) 雨が降らなければ、外で食事をしよう
- (3) 空腹なら(*p*)、サイドボードの上にビスケットがあるよ(*q*) (→ ビスケットを食べてよい (*r*))
- (4) 排ガス規制を導入すれば、日本の自動車産業は衰退する
(実際は、ホンダが CVCC エンジンを開発し、衰退しなかった)
- (5) PCR 検査を増やせば、医療が崩壊する
(実際は、PCR 検査数が世界 150 位前後の低水準であるにも拘らず、医療崩壊が生じた)

(3)~(5)は、文脈から文/発話の理解に必要な情報/前提が明示的に補充されないまま使用される点で共通する。一般的に、そうした文/発話の理解には多くの困難を伴うことが予測される。ところが、実際には、この種の文/発話がしばしば会話で使用され、そのまま会話が続く

のはなぜなのだろう。

本稿では、(3) (擬似条件文) と(4), (5) (誤謬推論) を比較して、「適切な文脈の欠如」という従来の前提に関する概念を相対化し、(3)~(5)、とりわけ、誤謬推論のコミュニケーション機能が<既存の文脈/世界と並行的な関係にある、それとは別の種類の文脈/世界の創設>にあることをメタ意味論的視座から明らかにする。

2. 擬似条件文

擬似条件文には標準的な条件文にはない論理的特徴がある (Austin, 1956)。まず、擬似条件文では、標準的な条件文の前件と後件の間に (条件—結果の) 論理的依存関係が成立しない。そのため、標準的な条件文の (6)=(1)は、その前件命題と後件命題を否定し、両者の順を逆にした(7)の対偶に言い換えることができるが、(3)の擬似条件文は言い換えられない(cf. (8))。

- (6)=(1) 時間があれば、行く
- (7) 行かない、時間がなければ
- (3) 空腹なら、サイドボードの上にビスケットがあるよ
- (8)? サイドボードの上にビスケットがないよ、空腹でなければ

また、擬似条件文では、前件の条件命題の真偽とは無関係に、後件命題の値は常に真になることが知られている (Austin, 1956)。

擬似条件文については、Franko(2007)が、擬似条件文の意味を(9)のように記述することを提案している。

$$(9) c+ \text{“if } p, q\text{”} = (c \cap p \cap q) \cup (c \cap \neg p)$$

(9)は、*p* による context set *c* の update の結果、仮定的文脈 *c + p* が生じ、*q* が *c + p* において評価され、その後、*c* に再統合されることを示しており、擬似条件文は *p* による *c* の update により *q* を最適化する機能を持つ、

ことを表している。

このような Franke の分析にはいくつかの問題がある。まず、*c* (common ground) は談話参加者の間で真であるとして共有されている情報によって構成される (Stalnaker, 1978)。そのため、*c* に付加される命題は真でなければならない。ところが、(9) には (真であるとして共有されているとは限らない) *p* が *c* に付加されている。また、例えば(3)は「ビスケットを食べてよい」という「容認」の読みを持つ。ただ、擬似条件文は「容認」の含意を持つ一方、他方で、SFの世界を仮定すれば、標準的な条件文として解釈することができる。しかし、(9)から、擬似条件文に容認の含意や解釈の曖昧性がなぜ生じるのかを説明することはできない。

これに対して、Yamamori(2018)、山森 (2020) では、*q*ではなく、容認の含意「ビスケットを食べて良い」(*r*)を推論の結果と見なし、擬似条件文の意味を次のように記述することを提案する。

(3) 空腹なら(*p*)、サイドボードの上にビスケットがあるよ(*q*) (→ ビスケットを食べてよい (*r*))

(10) $p \cap (c \cap q) \rightarrow r$

(10)は、前提条件として *p* が導入されると、続いて (*p* + *q*) のように継続して前提が投射され、*r* が導出された時点で投射が完結することを表している。

ちなみに、(10)では、*c* に付加される命題は、真である *q* に限定されている¹。

山森 (2020) で触れた通り、*p* の真偽が定まらないことについては、日本語の条件節の主要部である「なら、たら、ば、と」の4形式のうち、擬似条件文の条件節の主要部には専ら「なら」が選択されることによって確認できる。例えば、(11a-d)が示すように、標準的な条件文では4つの条件表現を使うことができるが、擬似条件文の(12a-d)では「なら」以外の条件表現は使えない。

(11) a. 雨が降れば、外で食べない

b. 雨が降ったら、外で食べない

c. 雨が降ると、外で食べない

d. 雨がふるなら、外で食べない

(12) a.*空腹ならば、サイドボードの上にビスケットがあるよ

b.* 空腹であつたら、サイドボードの上にビスケットがあるよ

c.* 空腹であると、サイドボードの上にビスケットがあるよ

d. 空腹なら、サイドボードの上にビスケットがあるよ

益岡(1997)によれば、擬似条件文と共起できない「ば、たら、と」が前件と後件の間の「論理的、時間的、一般的」な関係、つまり、論理的な依存関係を表す形式であるのに対して、擬似条件文と唯一共起可能な形式である「なら」は「話者の判断」を表すモーダルな意味、つまり、後件との論理的な依存関係が明らかではない関係を表す、と述べている。先述した通り、*c* は談話参加者の間で真であるとして共有されている情報によって構成されるため、談話参加者間の共有情報ではない話者の判断を表す「なら」節命題 *p* は、(10)の通り、*c* に付加されない、ということになる。

しかし、SFの世界が仮定される場合には、*p* から直接 *q* が導出されるので、*q* が導出された時点で前提の投射は完結し、標準的な条件文と同じ(13)の解釈を得る。

(13) $p \rightarrow q$

つまり、(10)が示しているように、擬似条件文は、真偽不定命題 *p* を談話に新規導入することにより、(*c* に含まれない)新たな文脈を設定するとともに、談話参加者の知識のアンバランスを考慮して、(話者が真であることを知っている¹) *q* を明示的に *c* に付加し更新する

¹ (10)の *p* の真偽の定まらないことについては、後述する。また、(10)の *q* が話者情報であることは、日本語の擬似条件文後件と終助詞の共起可能性によって確認できる。日本語の終助詞「ね」「よ」は共起する命題情報の帰属先を示す機能をもち、(a)のように「よ」は聴者が知らない話者だけが知り得る情報と共起し、(b)のように「ね」は話者と聴者が共有する情報と共起する (神尾, 1990)。

a. (電話で、遠く離れた北海道の知人に対して)

今日は暑い {よ/*ね}

b. (道で出会った知人に対して)

今日は暑い {*よ/ね}

以下の *c* が示す通り、擬似条件文は「よ」と共起できるが「ね」とは共起できないことから、後件(*q*)は聴者が知らない話者情報であることが分かる。

ことにより、 p と q が協働して、結論 r (ビスケットを食べてよい) を導出する前提を形成すると考えられる。

3. 誤謬推論

一方、誤謬推論は、しばしば、以下の(14)(=4)、(15)(=5)のように、最も選好される前件 p が、 p と対立関係にある選好されない後件/結果 q の生起確率を高める方向に作用する、という推論パターンを示す。

- (14) 排ガス規制を導入すれば (p)、日本の自動車産業は衰退する(q)

(実際には、ホンダのCVCCエンジンの開発により、日本の自動車産業は衰退しなかった)

- (15) PCR検査を増やせば (p)、医療が崩壊する(q)

(実際には、PCR検査数が世界150位前後の低水準であるにも拘らず、医療崩壊が生じた)

(14)(15)の p 、 q は相反する関係にあり、擬似条件文同様 p - q 間に論理的依存関係はない。

誤謬推論について、Volokh (2003)が「正解(推論結果)が分からない場合に生じる推論の形態」と述べているように、誤謬推論では q の導出に p 以外の何がしかの前提が関係していると考えなくてはならない。先述した通り、擬似条件文では、(10)が示す通り、 p と q が協働して前提を形成し、その結果 r が導かれる。しかし、誤謬推論の後件 q は結論であり、前提にはなり得ない。そのため、 p とは別に、Volokh (2003)がヒューリスティクスと呼ぶ何がしかの前提(x)が p と q の間に介在し q を導出すると考えてはば間違いない。

(14)に戻ると、この発話の背景に、日本車が米国への輸出をはじめていた1970年代、スモッグの影響を大きく受けていたカリフォルニア州で排ガス規制が実施されれば、日本車の販売は大きな打撃を受けるという事情があった。このことを考慮すると、(14)の隠れた前提 x が「規制対策(としてのCVCC)の開発」の可否にあることは容易に推測できる。そして、その場合に可能な p 、 q 、 x の命題の組み合わせをリストアップすると、(16)のようになる。また、表1はその真理値表である。

- (16) 排ガス規制を導入すれば (p)、日本の自動車産業は衰退する(q)

- c. 空腹なら、サイドボードの上にビスケットがある {よ/*ね}

$$\frac{p \quad \cap \quad x \quad \rightarrow \quad q}{}$$

- a. 排ガス規制導入 \cap CVCC 開発 \rightarrow 衰退しない
 b. 排ガス規制導入 \cap CVCC 未開発 \rightarrow 衰退する
 c. 排ガス規制非導入 \cap CVCC 開発 \rightarrow 衰退しない
 d. 排ガス規制非導入 \cap CVCC 未開発 \rightarrow 衰退する

表 1

| p | x | r |
|---|---|---|
| T | T | T |
| T | F | F |
| F | T | T |
| F | F | F |

(16a-d)と表1を見てみると、「論理的に誤った」推論である誤謬推論に対応する命題の組み合わせは(16b)のラインだけで、「論理的に正しい」結論である「衰退しない」を引き出す命題の組み合わせは(16a)と(16c)の2つのラインであることが確認できる。このことは、「排ガス規制の導入」(p)の成否/真偽にかかわらず、「CVCCエンジンの開発」(x)の成否/真偽が「日本の自動車産業の盛衰」を決する条件である、ということの意味している。

以上から、(14)における推論プロセスは、(17)のようなものであると考えることができる。

- (17) 排ガス規制が実施されれば (p)、日本の自動車メーカーは十分な対策を立てられず(x)、その結果、日本の自動車産業は衰退する(q)

そして、(17)のような推論プロセスをベースに誤謬推論の意味を記述すると、(18)のようになる。

$$(18) (c \cap p) \cap x \rightarrow q$$

「論理的に間違った推論結果」を表す誤謬推論では、前件の条件命題 p の真偽とは関りなく、間違った前提 x に依存して、「衰退する」か否かという q の真偽が決定される。間違った前提 x に依存して導かれる結論 q は偽であり、前提 x こそが、間違った推論を導出する主要因である。

4. 擬似条件文と誤謬推論

一方、擬似条件文では、(10)(以下に再掲)に示した通り、“ $p \cap (c \cap q)$ ”を前提に r (ビスケットを食べよう) という容認の含意が導出される。

$$(10) \quad p \cap (c \cap q) \rightarrow r \quad (\text{擬似条件文})$$

表2は(10)の3つの命題 p 、 q 、 r の可能な組み合わせの真理値表である。

表2

| p | q | r |
|---|---|---|
| T | T | T |
| T | F | F |
| F | T | T |
| F | F | F |

擬似条件文の前提条件を構成する p 、 q のうち、真偽が確定しているのは q である。従って、擬似条件文を構成する p 、 q 、 r の命題の組み合わせは、「論理的に正しい」結論を引き出す1行目と3行目のラインであることが分かる。つまり、擬似条件文においても、 p の成否/真偽にかかわらず、 q が結論 r の真偽を決定する主要因である、ということである。しかも、擬似条件文では、常に真の値を持つ q に依存して導出される r の値も常に真になり、このことが、 r から容認の含意が生じる主たる要因だと考えることができる。これは、隠れた前提 x が常に偽の値を持ち、論理的に間違った推論結果を導出する誤謬推論の場合と明確な対照をなしており、少なくとも、結論の前提となる命題の真偽に、条件文の形式を持つ擬似条件文と誤謬推論は敏感であるということを示していると言えるだろう。これについて、どう考えればよいのだろう。

真理条件的意味論では、命題 ϕ が真であるのは可能世界 w においてであり、 w と異なる世界ではその限りではないように、条件文はある命題 ϕ をある可能世界 w に文脈依存的に対応付ける選択関数 $f(w, \phi)$ として解釈される。(19)はその意味規則である。

$$(19) \quad (\phi > \psi) \text{ is true in possible world } w \text{ if and only if } \psi \text{ is true in } f(\phi, w).$$

(Stalnaker, 2014:150)

(19)の規則は所与の可能世界における条件文の真理条件を規定すると同時に、条件節の含まれる文脈を制限するものでもある。つまり、 C を **common ground**と整合的な **context set**と仮定すると、条件節 ϕ の含まれる文脈は $\{f(w, \phi) : w \in C\}$ であり、直接法条件文の前件/条件節は先行文脈と整合的である、ということになる。

繰り返して述べているように、擬似条件文と誤謬推論はどちらも前件と後件の間に論理的依存関係がなく、直説法条件文とは区別される。しかし、少なくとも、擬似条件文においては、(それを結論と見なすと) r が真であるのは q が成立する文脈であり、真の値を持つ q が C あるいは先行文脈と整合的であることは明らかである。すると、結論 r の前提となる命題と C /先行文脈/**common ground**との整合性に関して言うと、擬似条件文は直説法条件文と同じく「整合的」だが、誤謬推論は「整合的」ではない、ということになる。しかし、誤謬推論が c (**common ground**)との共起可能性のない「論理的に間違った推論」だからといって、日常会話から排除されるわけではない。次のセクションでは、**common ground**と隠れた前提との関係について考えてみよう。

5. Common ground と前提

繰り返して述べているように、誤謬推論の前提 x は明示されない隠れた前提である。隠れた前提を持つものには、例えば、(20)のような三段論法の2つある前提の1つの(20a)が省略された(21)の省略三段論法がある。

- (20) a. 哺乳類は脊椎動物である
 b. 象は哺乳類である
 c. ゆえに、象は脊椎動物である
- (21) a. 象は哺乳類である
 b. ゆえに、象は脊椎動物である

(20a)は、真であるとして一般的に共有されている情報である。そのため、(20a)が(21)で省略されていても容易に想起することができる。

一方、誤謬推論の場合、隠れた前提 x を特定することは容易ではない。例えば、冒頭(5)(以下に再掲)の隠れた前提 x に該当する命題には (23a-c)などがある。しかし、どれか1つの命題に限定することは困難である。

- (22)(=5) PCR 検査を増やせば、医療が崩壊する
 (23)a. PCR 検査の精度が低く、擬陽性者を多く出す
 b. 検査数が増えると感染者数も増大する
 c. PCR 検査では感染者がすり抜ける

(23a-c)の命題内容とは逆に、PCR 検査がコロナ・ウィルスの感染抑制に有効な手段であることは、世界の共通認識となっている。このような状況を考えると、実際に(23a-c)が流布されているとしても、それらが(22)の隠れた前提 x になり得る言説として広く認知されているわけではない。(19)の規則を適用すれば、このような(22a-c)を前提条件として導出された(22)の結論(「医療が崩壊する」)も間違った推論結果だ、ということになる。ところが、 c と並行的な関係にある別の文脈として(24)を仮定すると、(22)の発話に、字義通りの意味とは別の意味を読み取ることができるようになる。

- (24) 「感染症村」の利権の保持が最優先課題である世界

ここで、(24)を背景に(25)が発話されたと仮定してみよう。

- (25) PCR 検査を増やせば、「感染症村」の利権が保持できなくなる

(25)では、前件と後件の間に、隠れた前提 x として、例えば(26a,b)のような命題を挿入することができる。

- (26) PCR 検査を増やせば、
 a. 保健所には PCR 検査を十分に行うキャパがない
 b 保健所の検査能力が(民間の検査会社などに比べて)低い
 ということが露呈し、(保健所という)「感染症村」の利権が保持できなくなる

(26a,b)と(23a-c)の違いは、(23a-c)が発話の背景となる現行の c と共起し得ない情報であるのに対して、(26a,b)は c と共起可能な情報である、という点にある。そのため、(25)は、論理的に正しい推論だ、ということになる。

次に、(24)の文脈に基づいて、(22)の意味を改めて考えてみよう。すると、(22)とその対偶である(27)の意味は、字義通りの意味から、それとは別の種類の(28)の

ような解釈に調整(accommodate)される。

- (27) PCR 検査を増やさなければ、医療は崩壊しない (= (22)の対偶)
 (28) PCR 検査を増やさなければ、「感染症村」の利権(保健所)は保持できる (= (22)の潜在的命題)

(28)は、PCR 検査が感染抑制に有効な手段であるという情報が共有されている c とは別の種類の((24)が成立するような)世界/文脈に由来する意味である。

同様の図式は次の例でも観察することができる。

- (29) Make America great again. Vote Trump.
 = If you want to make America great again, vote Trump.
 (30) Trump makes America great again.

(29)の条件文では、前件と後件の間に、 c には含まれない(30)のような隠れた前提 x を想起することができる。

(19)の規則に戻って言うと、直接法条件文は、条件節命題をある可能世界に文脈依存的に対応付ける選択関数としての側面と同時に、条件節は先行文脈 c と整合的でなければならない。そのため、先述した通り、条件節 ϕ の含まれる文脈には(31)のような制約がある。

$$(31) \{f(w, \phi) : w \in C\}$$

一方、隠れた前提 x が c と並行的な関係にある別の文脈(cf. (24))に対応づけられる誤謬推論については、 C が与えられない。

$$(32) \{f(w, \phi) : w \notin C\}$$

そこで、誤謬推論は論理的に間違った推論だ、ということになる。

6. 誤謬推論の論理特性とコミュニケーション機能

実際、真理条件的意味論における(22)や(29)の分析結果が以上のようなものであるからといって、これらの文や発話のコミュニケーション上の妥当性が否定されることはない。誤謬推論の隠れた前提 x には、 c が与えられないとしても、それは発話時の一般的な背景とし

ての c であって、ここまでの分析は、それ以外に、 c と並行的な関係にある別の文脈を規定する素地が誤謬推論にあることを示唆するものである。例えば、(22)や(29)は、(25)や(30)のように、先行文脈や発話文脈とは別の文脈を示唆する読みを持つ。そこで、誤謬推論の論理特性とコミュニケーション機能を次のように規定することができるだろう。

- (33) 誤謬推論は、 c には含まれない隠れた前提 x に依存して結論を導出する論理構造を持つが、 x の背景として、 c と並行的な関係にある別の文脈/世界 c' を規定し示唆することにより、話し手と聞き手の間に新たな共通基盤を創設し、当該発話の字義通りの意味を c' に由来する別の種類の意味へと調整(accommodate)する機能を持つ。

このように考えると、誤謬推論が論理的に間違った推論とされる最大の要因は、誤謬推論には C が与えられないという1点に集約されることが分かる。

従って、Jaszczolt (2016)が、言語表現の意味は、標準的な文脈パラミタとの関係だけでなく、当該表現の使用目的やその作用、社会文化的知識との関係も参照して決定されるというように、話し手と聞き手の間に C とは別の共通基盤 c' が創設されれば、 c' と整合的などという意味で、誤謬推論においても論理的に正しい推論が行われ得るということを示している、と言えるだろう。

7. まとめ

本稿では、直説法条件文では成立する前件と後件の間に論理的依存関係が成立しない擬似条件文と誤謬推論について、意味分析を行い、それらの共通性と相違点を明らかにする作業を通じて、「適切な文脈の欠如」という従来の前提に関する概念の相対化を試みた。

まず、両者の意味は以下のように記述されることを示した。

- a. $p \cap (c \cap q) \rightarrow r$ (擬似条件文: $p \rightarrow q$)
 b. $(c \cap p) \cap x \rightarrow q$ (誤謬推論: $p \rightarrow q$)

どちらの場合も p の真偽にかかわらず、a では q 、b では x に依存して結論 r および q の真偽が決定される。ただし、擬似条件文では、 q が常に真の値を持つため r も常に真になり、誘導推論では x が常に偽の値を持つため r も常に偽になる。ここに、 r から容認の含意が生

じ、誤謬推論が間違った推論を導く要因があることを提案した。次に、擬似条件文では、結論 r の前提となる q が真の値を持ち先行文脈/*common ground* と整合的であるのに対し、誤謬推論では、結論 q の前提となる x が偽の値を持ち先行文脈/*common ground* と非整合的であるという違いがあり、前提命題に先行文脈/*common ground* が与えられない点に誤謬推論の最大の特徴があることを示した。そのうえで、誤謬推論の隠れた前提 x には、 c が与えられないとしても、誤謬推論には、先行文脈/*common ground* と並行的な関係にある別の文脈/世界 c' を示唆することにより、話し手と聞き手の間に新たな共通基盤を創設し、当該発話の字義通りの意味を c' に由来する別の種類の意味へと調整(accommodate)する機能がある、というのが本稿の分析の核心である。本稿の議論に関連する問題として、真理条件的意味論の枠組みでは捉えられない意味表示のための理論的枠組みを検討することが挙げられる。直近の課題としては、誤謬推論の字義通りの意味と新たな共通基盤に由来する別の意味へと調整された発話の解釈の違いを明示的に表示する必要がある。今後の課題として、検討を進めていきたい。

謝辞

本研究は、科学研究費基盤研究 C (課題番号 20K00557) による支援を受けている。

参考文献

- [1] Austin, John L. (1956) If and cans. *Proceedings of the British Academy* XLII:107-132.
- [2] Franke, Michael (2007) The pragmatics of biscuit conditionals. *16th Amsterdam colloquium*: 91-96.
- [3] Jaszczolt, Kasia (2016) Slippery Meaning and Accountability. F. Poggi and A. Capone (eds.) *Pragmatics and Law*. Dordrecht: Springer.
- [4] 神尾昭雄 (1990) 『情報のなわ張り理論-言語の機能的分析』東京：くろしお出版。
- [5] 益岡隆志 (1997) 『復文』東京：くろしお出版。
- [6] Stalnaker, Donald (1978) Assertion. Peter Cole (ed.) *Syntax and Semantics, Volume 9: Pragmatics*: 315-332. Academic Press.
- [7] Stalnaker, Robert (2014) *Context*. Oxford: Oxford University Press.
- [8] Volokh, Eugene (2003) The mechanisms of the slippery slope. *Harvard Law Review* 116(4): 1026-1137.
- [9] Yamamori Yoshie (2018) Presupposition and implicature in chimerical conditionals. Time Lichte and Christian Wurm (eds.), *Workshop on Ambiguity: Perspectives on Representation and Resolution*, 30th European Summer School in Logic, Language and Information.
- [10] 山森良枝 (2020) 「擬似条件文と文脈調整」『神戸大学言語学論叢』12: pp.131-143.



構文選択と焦点化

Syntactic Selection and Focalization

本多 明子[†]

Akiko Honda

[†]神戸女子大学

Kobe Women's University

a-honda@yg.kobe-wu.ac.jp

Abstract

The aim of this paper is to examine how young children select constructions-form and meaning (function) pairings- from the Usage-based Construction Grammar point of view. In this paper, we show that the English Caused-Motion Construction (CMC) and the Verb-Particle Construction (VPC), which are formally and semantically similar, are used as distinct constructions in the speech of young children in the early stages of language acquisition from the CHILDES (the Child Language Data Exchange System) database. When young children encode a change in position involving things to put on (or take off) and body parts, they select not CMCs but VPCs. We show that focalization and empirical bases are involved in the selection of these two constructions.

Keywords — **Caused-Motion Construction, Verb-Particle Construction, Syntactic Selection, Focalization, Language Acquisition**

1. はじめに

英語には位置変化を表す使役構文として、(1) に見る Caused-Motion Construction (使役移動構文, 以後, 本稿では, CMC と記す) と(2) に見る Verb-Particle Construction (動詞・不変化詞構文, 以後 VPC) と呼ばれる構文が存在する。

- (1) He put his glasses on. (VPC)
- (2) He put his glasses on the desk. (CMC)

ここでは, 形式的に VPC を(3)のように, CMC を(4)のように示す。

- (3) [NP V NP P]
- (4) [NP V NP PP]

NP は Noun Phrase(名詞句), V は Verb(動詞), P は Particle(不変化詞), PP は Prepositional Phrase(前置詞句) を表している。V に前置する NP が主語として, V に後置する NP が目的語としての役割を担う。不変化詞 P と前置詞句 PP は共に目的語 NP の最終的な結果を表す。Goldberg

(2016)は, 認知言語学の用法基盤理論である構文文法論(Construction Grammar)の立場から, 構文間の関係を捉える継承リンク(Inheritance link)という考えに基づき(Goldberg (1995), (2006)), VPC は CMC から継承された構文であると論じている。Goldberg は, この結び付きにより, VPC と CMC が形式的, 意味的に類似している点だけでなく, なぜ VPC が構文全体の意味として使役の意味を持ち得るのかについても説明できると述べている。

言語獲得の観点から見てみると, VPC と CMC は, 成人だけでなく, 幼児の発話においても頻繁に見られ, しかも幼児においても, 形式的, 意味的に類似するこの二つの構文は区別して使用されている。子どもの発話データベース CHILDES から VPC と CMC を抽出し, 両者の使い分けにおいてどのような特徴が見られるかを調べた結果, 特に顕著なのは, 身体部位と身に着けるモノとの位置変化を言語化する場合には, CMC ではなく, 必ず VPC が選択されるということである。子どもはどのようにしてこれらの構文を使い分けしているのだろうか。本論文では, この点について, 用法基盤理論, 構文文法の観点から, CMC と VPC が持つ構文特性だけでなく, 身体を通しての一つひとつの経験が両構文の選択と使用の重要な基盤を成していることを示す。

本論文の構成は次の通りである。2 節では, VPC と CMC の幼児期の発話状況について, CHILDES を基に調査した結果を示す。3 節では, VPC と CMC は焦点化の点で違いが見られることを提示し, さらに, 子どもがこの二つの構文をどのように選択しているのかを考察する。4 節は纏めである。

2. VPC と CMC の幼児期の発話状況

子どもの発話データベース CHILDES における女兒 Lara (1 歳 9 ヶ月から 3 歳 3 ヶ月までの記録) の発話を観察すると, 2 歳頃から文法的な誤り(例えば, 複数形が単数形で話されている, 主語が言語化されていない, 動詞に三単現の s が付いていないなど) は見られるも

の、(5)と(6)に示すような VPC と CMC の原型としての発話が確認できる。

(5) VPC

- a. hafta put shoe on. (2歳1ヶ月)
- b. put glasses on. (2歳1ヶ月)
- c. put his trousers on. (2歳1ヶ月)
- d. take bib off. (2歳1ヶ月)
- e. can I take this ribbon off? (2歳6ヶ月)
- f. can you put my socks on? (2歳8ヶ月)
- g. I go and take my socks off. (2歳8ヶ月)
- h. she wants to take the hat off. (2歳10ヶ月)

(6) CMC

- a. put it in the kitchen. (2歳1ヶ月)
- b. put it on the little chair. (2歳2ヶ月)
- c. mummy put your feet on the pedals. (2歳2ヶ月)
- d. don't put feet on the table. (2歳2ヶ月)
- e. put that (caterpillar) in her hand. (2歳6ヶ月)
- f. I put some glue on it. (2歳7ヶ月)
- g. I will put this on the sofa. (2歳11ヶ月)
- h. I [//] you 0are [*] taking the things off me. (3歳3ヶ月)

ここから分かるように、位置変化の中でも、身に着けるモノと身体部位が関わる場合には CMC ではなく VPC が選択される。(7)に見るように、身体部位を言語化すると、構文として成立しなくなる。(ここでの*マークは、my feet を付けると非文法的になることを示す)。

(7) put my socks on *(my feet).

なぜ身に着けるモノと身体部位が関わる位置変化を表す場合、CMC ではなく VPC が選択されるのだろうか。

3. VPC と CMC の特性と経験的基盤

先にも述べたように、CMC も VPC と同様に、基本的に因果関係を示す構文であり、構文文法における CMC の意味表示の中にも使役(cause)が含まれている。

(8) X causes Y to move $Z_{path/loc}$

(Goldberg, 2006: 73)

このように、CMC も位置変化を記号化する構文であるにも関わらず、身に着けるモノと身体部位が関わる位置変化の場合には CMC は選択されない。

CMC と VPC の構文特性についてさらに調べていくと、焦点の位置の違いがあることが確かめられる。焦点とは、聞き手にとって新しい情報となる部分のことである。両構文の焦点の位置を見てみると、VPC の[Subj V Obj P]では、目的語の結果に焦点が置かれており (Gries (1999),(2002)), 一方、CMC は、概して、着点項に焦点があり、移動物には焦点が置かれない (Goldberg (1995)). この点は情報構造の観点からも同様の説明ができる (Lambrecht (1994)). 情報構造には旧情報と新情報の二種類があり、構文の形式において、一般的に文末には新情報が配置され、そこが焦点化される。

それではなぜ、子どもは位置変化の中でも身に着けるモノと身体部位が関わる場合に、PP に焦点を置く CMC を選択しないのだろうか。太字は焦点化の要素を示す。

(9) [NP V NP PP]

仮に、CMC でそのような位置変化を表すとすれば、PP の位置には身体部位が生じることになるが、その場合、文法構文として成立しない。(10a)は Lara の発話であるが、(10b)のように帽子をのせる頭の部分を言語化することはできない。

- (10) a. and I'll put your hat on. (Lara, 2歳10ヶ月)
- b. * and I'll put your hat on my head.

なぜ、身に着けるモノの位置変化において身体部位は焦点化されないのだろうか。用法基盤理論に基づけば、子どもは経験を重ねながら、事象に見合う構文を獲得していく。身に着けるモノの位置変化については、例えば、眼鏡なら目に着ける、帽子なら頭に被る、靴なら足に履くというように、身に着けるモノとその場所の位置は定まっている。他にも靴下やズボンなど衣類を身に着ける動作を表す表現は、乳幼児の頃から親や周りの世話をしてくれる大人との会話の中で頻繁に使用され、子どもは、視覚的にも聴覚的にも、その対応関係に関する情報を得ている。実際、女兒 Lara の両親や祖父

の発話のなかにも、身に着けるモノの位置変化に関する発話場面があり、その中で、身に着けるモノが身体どの場所と関係しているのか認識されていく。尚, MOT は Mother, GRD は Grandfather, DAD は Father を示す。

- (11) a. MOT: you've gotta put that bib on, Lara_R.
(Lara, 2歳1ヶ月)
- b. MOT: do you wanna put your slippers on?
(Lara, 2歳4ヶ月)
- c. MOT: why do you always hafta take your socks off, child?
(Lara, 2歳6ヶ月)
- d. MOT: you can put your proper shoes on when we go out.
(Lara, 2歳8ヶ月)
- e. GRD: I'll take my hat off. (Lara, 2歳10ヶ月)
- f. DAD: put your underpants on before your trousers.
(Lara, 2歳11ヶ月)

また、視覚的、聴覚的な情報以外にも、自らの身体を通しての経験からも、身に着けるモノと、それを身に着ける場所の対応関係を習得していく。例えば、子どもは自分で衣類の着脱ができるようになると、例えば、靴なら初期の頃は左右対称に履いたり、履き違えたまま歩いたりすることもあるが、日常生活において靴を手に着けたり、頭に被ったりすることはない。つまり、身に着けるモノとその場所を理解している。そのため、身に着けるモノの位置変化において身に着ける場所は焦点化されず、結果としてCMCは選択されない。焦点化されるのは、身に着けるモノがどうなったのかという着脱であるため、VPCが選択される。

Laraの発話のなかにも、(12)に見るような身体部位がCMCのPPの位置に生じているものがあり、一見するとこれまで述べてきたこととは相反するように見える。

- (12) put it on my hand. (Lara, 3歳0ヶ月)

この場合、身体部位 my hand が言語化されているが、ここでは、itは身に着けるモノではなく、Laraが魚釣りゲームの中で釣り上げた魚を指している。このように日常的に手に着けるモノでない場合には、身体部位が焦点化されCMCが選択される。一方、同時期のLaraの発話において、手に着けるモノとして一般的に認識される手袋の場合には、手は焦点化されず、(13)に見るように、LaraはVPCを選択している。

- (13) why haven't you got that glove on?
(Lara, 3歳0ヶ月)

尚、この点については、日本語を母語とする子どもにも共通して見られる。身に着けるモノの着脱を述べる発話において、身に着ける場所を表す身体部位は言語化されていない。

- (14) a. kukuta@u[:kutsushita] haku.
(Ayumi, 2歳5ヶ月)
- b. kutsu hakasete, kutsu nugasete.
(Asami, 3歳0ヶ月)

以上のことから、身に着けるモノと身体部位が関わる位置変化においては、身体部位は焦点化されず、着脱に焦点を置くVPCが選択される。

4. おわりに

本論文では、形式的・意味的に類似している英語のCMCとVPCが言語獲得初期段階である幼児においても区別して使用されていることを、CHILDESにおける女兒Laraの発話記録をもとに示してきた。CMCとVPCはともに位置変化を表すことができるが、身に着けるモノと身体部位が関わる位置の変化を言語化する際には、起点あるいは着点となる身体部位を言語化したCMCではなく、着脱を表すVPCが選択される。この点について、認知言語学、構文文法論の観点から、焦点化と経験的基盤が関係していることを示してきた。身に着けるモノと身体部位が関わる位置変化において、我々は日常的な経験を通して身に着けるモノとそれが身に着けられる場所を認識している。子どもが、CMCとVPCを選択、使用することができるのは、視覚的、聴覚的な情報を含めた自らの経験に基づく身体を通した思考ができているからである。

謝辞

本論文の執筆にあたりまして、査読委員の先生方に大変貴重な御意見を賜りましたこと心より感謝申し上げます。本研究はJSPS科研費18K00668の助成を受けたものです。

参考文献

- [1]Goldberg Adele E, (1995) *Constructions: A Construction Grammar Approach to Argument Structure*, Chicago, University of Chicago Press.
- [2]Goldberg, Adele E., (2006) *Constructions at Work – The Nature of Generalization in Language*, Oxford, Oxford University Press.
- [3]Goldberg, Adele E. (2016) Tuning in to the Verb-Particle Construction in English, Léa Nash and Pollet Samvelian (eds.), *Approaches to Complex Predicates*, Brill, Leiden.
- [4]Gries, Stefan Th. (1999) “Particle Movement: A Cognitive and Functional Approach”, *Cognitive Linguistics* 10-2, 105-145.
- [5]Gries, Stefan Th. (2002) “The Influence of Processing on Syntactic Variation: Particle Placement in English”, *Verb Particle Explorations*, ed. By Nicole Dehe, 269-288, Mouton de Gruyter, Berlin.
- [6]Lambrecht, Knud. (1994) *Information Structure and Sentence Form*, Cambridge, Cambridge University Press.
- [7]MacWhinney, B. (2000) *The CHILDES Project: Tools for analyzing talk*. 3rd ed. Vol.2. The Database, Mahwah, N.J.: LEA.

意識の機能をめぐる概念的明確化

Conceptual Clarifications on the Functions of Consciousness

新川拓哉^{1*}、宮原克典²、濱田太陽³、西田知史⁴

Takuya Niikawa, Katsunori Miyahara, Hiroaki Hamada and Satoshi Nishida

¹神戸大学, ²北海道大学, ³株式会社アラヤ, ⁴情報通信研究機構

Kobe University, Hokkaido University, Araya, National Institute of Information and Communications Technology

*Corresponding author: niitaku11@gmail.com

概要

本研究の目的は、「意識の機能」という概念の明確化を行い、意識の機能の理論を整理し方向づけるための枠組みの構築を行うことである。「意識の機能」という概念の明確化のため、「生物意識／状態意識」と「類的な意識／特定の種類の意識」と「基盤的機能／機能的貢献」という三種類の区別を導入する。また、意識の機能の理論の射程を分析するため、「必要条件／十分条件」の区別を与える。そして、これらの区別から構成される四次元的フレームワークを提案する。

キーワード：意識・意識の機能・意識研究・意識の科学

1. はじめに

本発表の目的は、「意識の機能」という概念の明確化を行い、意識の機能についてのさまざまな理論を整理し方向づけるための枠組みの構築を行うことである。近年では、多くの論者が意識の機能的側面に関心を向けてきた (Rosenthal 2008; Lau 2009; Morsella 2005; Morsella and Poehlman 2013; Cohen and Dennett 2011; Dennett 2018; Pierson and Trout 2017; Kanai et al. 2019; Wiese 2020; Birch, Ginsburg, and Jablonka 2020; Black 2021)。その理由は主に二つある。一つは、機能を媒介にすることで、意識とその物理的基盤の関係を捉えやすくなるというものだ。もう一つは、意識の機能的側面を進化論的観点から考察することで、「なぜ意識が生じたのか」という根本的な問いに答えられるのではないかと期待である。意識の機能は現在の意識研究における最重要概念の一つだと言えるだろう。

これまでに意識の機能についてさまざまな理論が提案されてきた。たとえば認知神経科学者のスタニスラス・ドゥアンヌは、実験的知見に基づいて、意識の機能は情報を脳内に大域的に伝達することだと論じる (Dehaene 2014)。哲学者のユライヤ・クリーゲルは、現象学的考察に基づいて、意識の機能は「現在の経験についてより多くの情報を得るにはどうすればよいかを知るのに十分な情報を与える」ことだとする (Kriegel 2004, 183)。ジョナサン・バーチらは、進化論的考察を軸に、

意識のある存在と意識のない存在を区分けするのは無制約連合学習の能力だとする (Birch et al. 2020)。

他方で、意識が機能をもつという考えに否定的な論者もいる。たとえば、ディヴィッド・ローゼンタールは、思考や欲求といった非知覚的な心的状態の意識にはない機能はないと論じる (Rosenthal 2006)。同様に、ハクワン・ラウはこれまでの実験研究は意識の機能を特定するには不十分だと述べ、「多くの洗練された機能は無意識的に実行されうる」と論じる (Lau 2009, 166)。なお、「意識は機能をもたない」という立場は、意識についての必然的真理を探る形而上学的問題関心と結び付けられ、「機能を欠いた意識が想像可能である」とか「機能的には完全であるが意識だけを欠いたゾンビが想像可能である」といった哲学的な思考実験に基づいて展開されることもある。だが、ローゼンタールやラウは、むしろ科学的知見に基づいて意識が機能をもつことに懐疑的な姿勢をとるのであり、「意識が機能をもつかどうか」は形而上学のレベルでのみ扱われることではない。

このように、現在、意識の科学的研究の領域では、意識の機能をめぐるさまざまな理論や学説が唱えられている。しかし、それらが互いにどのような関係にあるのかは、一見して明らかではない。「意識の機能」という一つの対象にかんするさまざまな学説なのだから、それらは互いに対立・競合しているはずではないかと思われるかもしれない。しかし、事情はそれほど簡単ではない。それには主に二つの理由がある。第一に「意識の機能」ということで、これらの学説が同じ一つの事象を意味しているのかが明らかではないからである。もし「意識の機能」という同じ言葉で異なる事象を意味していたとしたら、字面のうえでは異なる主張を打ち出している学説も、実質的には互いに対立しているわけではなく、むしろ、それぞれ「意識の機能」という多次元的な事象の異なる側面を説明する相補的な関係に立つ可能性があることになる。第二に、それぞれの理論や学説が与えようとしている説明の種類や射程が同じだ

とは限らないからである。もし意識の機能にかんする二つの学説が字面上では異なっているとしても、それぞれ意識の機能にかんして違う種類の説明を試みているのだとしたら、その場合もまた、それらは必ずしも互いに対立するものではなく、むしろ、相補的である可能性があることになるだろう。

こうした状況を踏まえると、意識の機能の研究を実質的に進展させるためには、実証的データを積み重ねて特定の理論を洗練させていくのみならず、それぞれの理論の説明対象や射程、そして、理論間の関係や争点を洗い出すことが不可欠であることがわかる。言い換えると、意識の機能にかんするさまざまな理論や学説を体系的に分類するための概念的なフレームワークが必要である。本稿では、こうした概念的フレームワークを構築し、意識の機能をめぐる諸理論の関係をよりよく見通せるようにするための新たな視座を提案する。

本発表で提案する概念的フレームワークは、以下の四つの視点から構成される。

1. 生物意識 vs 状態意識
2. 類的な意識 vs 特定の種類の意識
3. 基盤的機能 vs 機能的貢献
4. 必要条件 vs 十分条件

最初の三つの視点は「意識の機能」という概念のさまざまな意味を分類するために用いられる。第一と第二の視点は「意識の機能」というときに、どのような意味での「意識」が問題とされているのかを、第三の視点はどのような意味で「機能」が問題とされているのかを明確にする。それに対して、第四の視点は、意識の機能の諸理論の射程を明らかにする。すなわち、意識の機能という事象にどのような説明を与えようとしているかという観点から、各理論や学説の特徴を整理するために用いられる。

2. 「意識」の多義性

意識の機能をめぐっては、さまざまな理論や学説が提案されているが、それぞれが「意識」ということで意味しているものは必ずしも同じではない。本節では、意識の哲学で広く用いられる「生物意識／状態意識」および「類的な意識／特定の種類の意識」という二種類の概念区別を用いて、意識の機能の理論における「意識」の多義性を明らかにする。

2.1. 生物意識 vs 状態意識

ローゼンタールは、意識の機能を論じるときには「生物意識(creature-consciousness)」と「状態意識(state-consciousness)」を区別すべきだと主張する(Rosenthal 2008)。生物意識とは、人間・非人間動物・機械などの主体に帰属させられる性質である。たとえば、「人間やコウモリは意識をもつが、植物や胚やサーモスタットは意識をもたない」などと論じるときには、生物意識が問題となっている。他方で、状態意識は、こうした主体において実現する心的状態や認知プロセスに帰属させられる性質である。たとえば、知覚や推論や運動制御が意識的であるかどうか問われるときに問題となっているのは、これらの状態やプロセスに状態意識が伴っているかどうかである(この区別についての詳細は Bayne 2007 を参照)。

意識の機能にかんする理論や学説のなかには、生物意識の機能をターゲットにするものと状態意識の機能をターゲットにするものの両方が存在する。生物意識の機能を研究するときには、意識をもつ生物(あるいは非生物の主体)には備わるが意識をもたない生物(あるいは非生物の主体)には備わらない機能的特徴を明らかにすることが課題になる。つまり、生物学的／非生物学的な主体に帰属するレベルの機能を明らかにすることがターゲットになる。たとえば、金井らが「意識とは環境とのインタラクションを通じて学習された内的モデルを用いて反事実的でありうる表象を生み出す能力だ」(Kanai 2019, 4)と主張するとき、意識の機能として特定されているのは意識が帰属する主体がもつ認知能力である。すなわち、反事実的な表象を生み出す能力は、人間やサルなどの意識的な主体と植物や胚やサーモスタットなどの非意識的な存在を区別するような機能的特徴として描かれている。つまり、ここで金井らが提案しているのは生物意識の機能にかんする仮説なのである。

他方で、状態意識の機能を探求するときには、意識的な状態やプロセスには果たせるが意識的ではない状態やプロセスには果たせないような認知機能があるかどうかを明らかにすることが問題になる。つまり、主体レベルの認知機能ではなく、心的状態やプロセスに帰属する認知機能がターゲットになる。たとえば、ドゥアンヌ(Dehaene 2014, 100)が「意識の機能は、周囲に何があるかを要約することにより、知覚を単純化することかもしれない」と述べるとき、意識の機能として特定されているのは、主体の内部で実現する認知メカニズムや

認知プロセスの機能である。すなわち、ここでは私たちの意識にのぼらない知覚状態を意識的なものに変換するメカニズムを想定したうえで、そのメカニズムに「知覚を単純化する」という機能が帰属させられているようにみえる。そうだとすると、ドゥアンヌが打ち出しているのは、知覚が意識にのぼることに付随する機能、すなわち、状態意識の機能にかんする一つの仮説であることになる。

もちろん、生物がもつ認知能力のうちそれが意識をもつことと直接に関連するものを特定することと、特定の心的状態が意識にのぼることに付随する認知機能を特定することは、たがいに深く関連する課題であることは間違いない。しかし、生物意識／状態意識という概念区分をふまえると、それぞれ別個の研究プロジェクトである。そのため、意識の機能について研究するときには、余計な混乱を避けるため、生物意識と状態意識のどちらを対象にしているのかを明示するのが望ましいだろう。

2.2. 類的な意識 vs 特定の種類の意識

意識の機能の理論における「意識」の意味の多義性は、「特定の種類の意識経験」と「類的な意識」という概念区分の観点からも分析できる。意識とは、何かを見たり聴いたりする知覚的な経験や、悲しみや怒りといった情動的な経験や、何かを計画したり推論したりする思考的な経験などさまざまな種類の意識経験を「種」としてもつような「類」だと考えることができる(Kriegel 2015)。たとえば、「犬」は「柴犬」を種としてもつ類であると同様に、「意識」とは「知覚的な経験」や「情動的な経験」などを種としてもつ類だと考えることができる。なお、それぞれの種類の意識経験が(何か機能を担うとすれば)異なる機能を担うというのにはありそうなことである。たとえば、知覚的な意識が担う機能と、情動的な意識の機能が異なるというような例が挙げられる(Feinberg and Mallatt 2018)。

すべての種類の意識経験が、「意識である」という類的な性質を共有する。だが、だからといって類的な意識の機能がすべての種類の意識経験の機能を包含するわけではない。たとえば仮想的に、知覚的な種類の意識経験しかもたない生物と、情動的な種類の意識経験しかもたない生物をそれぞれ想像してみよう。どちらの生物も「意識をもつ」という類的な性質を共有する。だが、前者は情動的な種類の意識をもたないのだから、それ

に対応する認知能力を欠いていると考えられるし、後者は知覚的な種類の意識経験をもたないのだから、それに対応する認知能力を欠いていると考えられる。したがって、類的な意識がもつ機能は、もしあるとしても、それぞれの種類の意識経験の機能を寄せ集めたものではありえない。逆に、およそ何らかの意識経験もちうる生物であれば、その意識経験の種類を問わず、類的な意識と結びついた能力を備えているはずである。以上のことを踏まえると、類的な意識がもつ機能とは、もっとも一般的かつ抽象的なものになると想定できる。したがって、クリーゲル(2004, 174) とローゼンタール(2008, 830)が強調するように、特定の種類の意識経験の機能から類的な種類の意識の機能へと一般化するのには不当である。どの種類の意識経験の機能を研究対象にするのか、それとも類的な意識の機能を研究対象にするのかに応じて、実質的に異なる研究プロジェクトになる。

なお、「類的な意識」と「特定の種類の意識」の区別は、「生物意識」と「状態意識」の区別に還元できない。機能とのかかわりで生物意識と状態意識を区別するポイントは、「主体に帰属する機能」と「心的状態やプロセスに帰属する機能」の概念的差異を明確にするところにある。他方で、類的な意識と特定の種類の意識を区別するポイントは、「意識と結びつけられる一般的な機能」と「それぞれの種類の意識経験と結びつけられる個別的な機能」の概念的差異を明確にするところにある。

3. 「機能」の多義性

意識の機能にかんする理論や学説のあいだで「意識の機能」という言葉は必ずしも一義的に使われていない。前節では「意識」の概念の多義性に注目することで、そのことを確認した。しかし「機能」という概念もまたつねに同じ意味で使われるわけではない。つまり、「意識の機能」が多義的なのは、単に「意識」が多義的であるからではなく、「機能」もまた多義的だからである。本節では「基盤的機能／機能的貢献」という概念区分の観点から、意識の機能の理論や学説における「機能」という言葉の多義性を明らかにする。

意識の「基盤的機能 (functional basis)」と「機能的貢献 (functional contribution)」は、意識と機能のあいだに想定される説明の方向によって区別される。一方で、「意識の基盤的機能」とは、それに基づいて意識の存立が説明されるような機能的メカニズムを意味する。た

たとえば、意識の機能にかんする代表的な理論として「グローバルワークスペース理論」(Baars 2005) や「グローバルニューラルワークスペース理論」(Dehaene 2014) がある。それによると、意識の機能は、特定の認知プロセスに含まれる情報を認知システム全体に大域的に共有すること(たとえば、視覚情報を言語報告や意思決定において利用可能にすること)にある。そして、大域的な情報共有のメカニズムによって処理されない限り、いかなる特定の認知プロセスで処理される情報も意識にのぼることはない。つまり、脳内で処理される情報が意識にのぼるかのぼらないかは、それが大域的な情報共有のメカニズムによって処理されるかどうかによって決まる。このとき「大域的な情報共有」という機能は、ある情報にかんする意識がどのような条件のもとで生起するのかを説明するものとして捉えられている。したがって、本稿の用語法でいうと、これらの理論は「意識の基盤的機能」をターゲットにしている。

それに対して、「意識の機能的貢献」とは、意識経験が生起していることによって説明されるような機能的役割を意味する。たとえば、私たちは身体のどこかが痛い、そこをかばうような行動へと駆り立てられる。それと同様に、空腹を感じると摂食行動へと、疲労を感じると休息行動へと駆り立てられる。クライン (Klein 2015)によると、このことは、痛み、空腹感、疲労感などの身体感覚 (affective state) に、ホメオスタシスの維持・回復に役立つ行動を動機づける機能があるからだと説明される。では、どうしてこれらの身体感覚はこうした機能を果たせるのだろうか。ひとつの答えは、その身体感覚に、主体をホメオスタシスの回復に役立つ行動へと導くような意識経験が含まれるから、というものだ。たとえば、足首のあたりのズキンとした痛みが意識にのぼると、私たちはまさにその痛みの不快さによって足首をかばうような行動へと駆り立てられるというわけである(クラインは必ずしもこのような考え方をとらない)。ここでは、さきほどのケースとは反対に、身体感覚に含まれる意識経験が「ホメオスタシスの回復に役立つ行動を動機づける」という機能を説明するものとして捉えられている。したがって、本稿の用語法でいうと、ここでは「意識の機能的貢献」にかんする一つの仮説が展開されている。

より形式的な仕方で表現するならば、基盤的機能と機能的貢献の違いは、以下のように定式化することができる。

- 「Fは意識の基盤的機能である」 \Leftrightarrow 「Fをもつ

ことによってSはCである (S is C in virtue of having F)」

- 「Fは意識の機能的貢献である」 \Leftrightarrow 「CであることによってSはFをもつ (S has F in virtue of being C)」

ここで「F」は「情報を大域的に共有する」「ホメオスタシスを維持・回復するような行動を動機づける」などの機能を表す。「C」は「意識」を表し、ここには「生物意識」「状態意識」「意識そのもの」「特定の種類の意識」のどれが入ってもよい。「S」は「意識の帰属するもの」を表し、どの意味での意識が問題になっているかに応じて、ここには「主体」「心的状態」のいずれが入ることもできる。「によって (in virtue of)」は説明の方向を表す。つまり、説明の方向がF→Cの場合 (FをもつことがCであることを説明する場合)、FはCの基盤的機能である。他方で、説明の方向がC→Fの場合 (CであることがFをもつことを説明するとき)、FはCがもたらす機能的貢献である。

これらの説明の方向は非対称的である。たとえば、Fが意識の基盤的機能であるならば、CであることはFがあることから説明され、逆にFがあることをCであることから説明することはできない。同様に、Fが意識の機能的貢献であるならば、FがあることはCであることから説明され、逆向きの説明はできないことになる。なぜなら、CであることがFから説明され、FであることがCから説明されるというのは説明上の悪循環だからである。たとえば、もし意識をもつことが大域的な情報共有のメカニズムをもつことから説明されるのなら、逆に大域的な情報共有を意識の働きとして説明することはできない。あるいは、もし痛みがホメオスタシスの回復につながる行動を動機づける機能を持ち、その機能が痛み特有の意識経験によって説明されるなら、その機能に訴えて痛み特有の意識経験を説明することはできない(ただし前述のクラインは、むしろ、行動を動機づける機能を痛みの意識経験の基盤的機能とするような立場をとっている)。

ここから、次のことが帰結する。意識の進化論的な説明を与えたいときには、意識の基盤的機能でなく機能的貢献に注目すべきである。意識の基盤的機能の進化論的説明とは、(生物主体の認知能力を支えるものであれ心的状態の認知機能を支えるものであれ) その機能的メカニズムがなぜ自然選択の過程で生き残ったかを説明するものであり、なぜ意識が選択されたのかを説明するものではない。というのも、たとえその機能的メ

カニズムの働きによって意識が生じるとしても、意識は単にそうした機能的メカニズムを備えることの副産物としての随伴現象(epiphenomenon)にすぎず、それ自体に適応的機能がないということもありうるからだ。他方で、意識の機能的貢献を特定した場合は、なぜ意識が進化論的プロセスに通じて選択されたかの暫定的な説明を与えることができる。たとえば、痛み特有の意識経験がホメオスタシスの回復に役立つ行動を動機づける機能に貢献していることが分かれば、そうした行動にどのような進化論的利点があるかを明らかにすることで、痛み特有の意識経験がなぜ選択されてきたのかを解明できるだろう。

他方で、意識は物理的なシステムのうちでどのような条件のもとで生じるのかを説明したいときには、意識の基盤的機能に注目すべきである。たとえば、もし意識の基盤的機能が大域的に情報を共有する機能であるとすれば、そのような機能的メカニズムを物理的に実現するための条件を特定することで、意識が脳内でどのように生じるのかを解明することができるだろう。

意識の基盤的機能と機能的貢献の区別は、意識に対する二種類の機能主義的アプローチが可能であることも含意する。心の哲学における「機能主義」とは、心的状態の本質は、それが何によって構成されているかではなく、それが担う機能的役割にあるとする考え方である。したがって、機能主義の枠組みでは、意識の機能を解明することは意識の本質—つまり、意識とは何であるか—を特定することに他ならない。しかし、本節での議論をふまえるならば、ここでの「意識の機能」は「意識の基盤的機能」と「意識の機能的貢献」という二つの意味で解釈することができる。前者の解釈に基づいて、意識への機能主義的なアプローチを展開した場合には、意識を支える内的なメカニズムの機能に意識の本質が見出されることになる。他方で、後者の解釈を前提にした場合には、意識が私たちの認知的な生のかで果たす機能的役割に意識の本質を見出す、新たなかたちの機能主義的なアプローチが得られることになる。こうした考え方は、認識や行為における主観的な意識経験の中心的な役割を強調する現象学 (Gallagher and Zahavi 2020) や意識を生物の環境適応のための能力として捉える機能主義心理学 (Dewey 1896; James 1890) の立場と通じるものがある。

4. 必要条件 vs 十分条件

ここまで「意識の機能」という概念の多義性に焦点を当てて考察を進めてきた。「意識」と「機能」は、それぞれに多義的であり、結果的に「意識の機能」という概念は(論理的には)8つの異なる意味で解釈できることが明らかになった。しかし、意識の機能をめぐるさまざまな理論のあいだの関係を正確に理解するためには、それらが「意識」や「機能」をどのような意味で用いているかだけでなく、それぞれ「意識の機能」という説明対象に対して、どのようなタイプの説明を試みているのかを明確にする必要もある。本節では、「必要条件/十分条件」という区別の観点から、この要求に答えたい。

はじめに、意識をもつための必要条件になるような機能と、十分条件になるような機能を区別しよう。前者は、その機能をもつことなしには意識がもてないような機能を意味し、後者は、その機能をもつならば意識をもつことになるような機能を意味する。この区別をふまえると、意識の機能の理論のなかには「意識をもつための必要条件となる機能の解明を目指すタイプ」と「意識をもつための十分条件となる機能の解明を目指すタイプ」の二種類があると予想することができる。

次に、この区別をすでに論じた「基盤的機能/機能的貢献」の区別に重ねると、以下の四分類が成立する。

- (1) 意識をもつための必要条件としての基盤的機能 : (a) S は F をもつことなしには C でありえない、かつ、(b) F をもつこと (と他の必要条件が満たされること) によって S は C になる。
- (2) 意識をもつための十分条件としての基盤的機能 : (a) S が F をもつならば必ず S は C である、かつ、(b) F をもつことによって S は C となる。
- (3) 意識を必要条件とする機能的貢献 : (a) S は C でないなら F をもちえない、かつ、(b) C であること (と他の必要条件が満たされること) によって、S は F をもつ
- (4) 意識を十分条件とする機能的貢献 : (a) S が C であるならば必ず S は F をもつ、かつ、(b) C であることによって、S は F をもつ。

これをふまえると、意識の機能の理論のなかには「意識をもつための必要条件としての基盤的機能の解明を目指すもの」「意識をもつための十分条件としての基盤的機能の解明を目指すもの」「意識を必要条件とする機能

的貢献の解明を目指すもの」「意識を十分条件とする機能的貢献の解明を目指すもの」の四つのタイプがあることが予想される。

以上のことから、意識の基盤的機能の理論を構築するための二つのアプローチがあることがわかる。それぞれのアプローチについて重要な注意を与えておこう。

まず、意識をもつことの必要条件となるような基盤的機能は数多くあると考えられるが、そのなかにはほとんど情動的価値がないものも含まれる。たとえば、「情報を処理する」という機能的性質を考えてみよう。これはおそらく必要条件としての基盤的機能の一つであるが、その内容は貧弱であり、意識の基盤的機能についての私たちの常識的理解に含まれているため、それを殊更に指摘することに研究上の意義はない。したがって、意識をもつための必要条件としての基盤的機能を探る研究に意義を与えるためには、内容ができるだけ豊かになるよう、その機能の特徴づける必要がある。

同様に、意識をもつことの十分条件となるような機能も数多くあると考えられるが、そのなかにはほとんど情動的価値がないものもある。たとえば、(著者の一人である)「新川拓哉ができることは全てできる」という機能的性質を考えてみよう。新川拓哉は意識をもつため、新川拓哉の機能を全て備えた主体も同様に意識をもつと考えられる(ここでは、説明の便宜のため、「いかなる機能も意識もつことにとって十分ではない」という可能性は無視することにする)。したがって、「新川拓哉ができることは全てできる」という機能的性質は、十分条件としての基盤的機能の一つだとみなせる。だが、意識をもつことが明らかなそれぞれの人間個体について、「彼にできることが全てできる」という機能的性質は、そこに含まれる内容が豊かすぎて、意識の基盤的機能についての私たちの常識的理解に含まれるだろう(それぐらいできるのなら当然意識ももつだろう、という仕方)。したがって、そうした十分条件としての機能的性質を数え上げることに研究上の意義はない。意識をもつための十分条件としての基盤的機能を探る研究に意義を与えるためには、内容ができるだけ少なくなるよう、その機能の特徴づける必要がある。

このことは、次のことを示唆する。意識の必要条件である基盤的機能を研究するなら、そうした機能のうち最も内容の多いものを明らかにする理論を目指すのが有意義である。また、意識の十分条件である基盤的機能を研究するなら、その機能のうち最も内容の少ないも

のを明らかにする理論を目指すのが有意義である。

たとえば、ヴィーゼ(Wiese 2020)は、さまざまな意識の理論が共有している前提を調べ、意識にとって必要な機能的性質は「情報生成(information generation)」だと主張する。意識をもつための必要条件としての基盤的機能に「情報生成」があるというのは、意識の機能の前理論的な理解に含まれていないと考えられるため、ウィーゼの主張には研究上の価値がある。ウィーゼの試みは、意識の必要条件としての基盤的機能のうちより内容の豊かなものを探る試みとして解釈できる。また、意識の神経相関(NCC)の研究プロジェクトは、意識にとって最小限で十分な神経メカニズムの解明を目指すものである(Koch et al. 2016, 308)。このプロジェクトの一部は、意識の十分条件である基盤的機能のうち、もっとも内容が少ないものを探る試みとして解釈できるだろう。

なお、意識をもつための必要条件としてのもっとも内容の豊かな基盤的機能と、その十分条件としてのもっとも内容の貧しい基盤的機能が重なるとは限らない。第一に、そうした機能的必要条件が満たされるだけでは意識が生じるとは限らない(つまり、それが十分条件になるとは限らない)。なぜなら、そこに付け加えられることで意識を生じさせるのに十分な付加的な条件が複数ある場合には、それらの付加的な条件は必要条件とはみなされないからだ(そうした付加的な条件からなる選言を一つの必要条件とみなす操作はここでは考えない)。また、もっとも内容の少ない機能的十分条件のなかに必要条件が含まれるとは限らない。なぜなら、意識が機能的に多重実現される—まったく異なる基盤的機能によって意識が実現される—場合には、それぞれの機能的十分条件に共有される、意識を生むのに必要な共通の機能的な性質が存在しないかもしれないからだ(ここでも同様に、選言を構成する操作は考えない)。

なお、機能主義的なアプローチは、意識を特徴づけるのに必要十分な機能の特定を目指す。そのため、機能主義的なアプローチは、意識の機能研究における作業仮説を示す枠組みとして理解することができるかもしれない。つまり、意識にとって必要十分な機能があるという存在論的な作業仮説である。この作業仮説は、先に述べたように意識をもつための必要条件と十分条件が重なるとは限らないため、後に棄却される可能性もある。

ここまで、意識の機能における必要条件と十分条件の区別を前提として、意識の基盤的機能の研究が向か

うべき方向について論じてきた。同様の議論が、意識の機能的貢献の研究にも適用できる。まず、意識を必要条件とする機能的貢献にも、意識を十分条件とする機能的貢献にも、私たちの常識的理解に含まれているため、それを取り上げることに情動的価値がないものがある。たとえば、機能的貢献の文脈で「新川拓哉ができることは全てできる」という機能的性質を考えてみよう。これは意識を必要条件とする機能的貢献であるが、そこに含まれる内容が豊かすぎるため、意識の機能的貢献についての私たちの常識的理解に含まれてしまい、情動的な価値はない。

したがって、意識を必要条件とする機能的貢献を研究するならば、そうした機能のうちもっとも内容の少ないものを明らかにする理論を目指すのが有意義である。同様に、意識を十分条件とする機能的貢献を研究するならば、そうした機能のうちもっとも内容の豊かなものを明らかにする理論を目指すのが有意義である。たとえば、ジーヴェルトは「意識なしの生は死とほとんど変わらない」(Siewert 1998, 8)と述べて、意識が私たちの認知的な生に与えてくれるさまざまな価値を同定しようとする。この試みの一部を、意識を必要条件とする機能的貢献を包括的に特定しようとするものと解釈できる。この試みを洗練させて、意識を必要条件とする機能的貢献の内容をさらに切り詰め、よりよい理論を構築していくことが可能であろう。

5. 四次元的フレームワーク

以上を踏まえて、意識の機能のさまざまな理論や学説を体系的に整理するための四次元的フレームワークを提示することができる。それは以下の四つの視点から構成される。

1. 生物意識 vs 状態意識
2. 類的な意識 vs 特定の種類の意識
3. 意識の基盤的機能 vs 意識の機能的貢献
4. 必要条件 vs 十分条件

はじめの二つの視点は「意識」の多義性を、第三の視点は「機能」の多義性を整理するのに利用される。第四の視点は、意識の機能の理論を説明目標の観点から整理するのに利用される。

それぞれの意識の機能の理論がこの四次元的マップのどこに位置づけられるのかが明らかになれば、どの

理論が対立し、どの理論が相補的なのかが明らかになるだろう。そして、対立する理論の実質的な争点の洗い出しもやりやすくなると考えられる。こうした位置づけ作業は、今後の課題として残されている。

一方で、多くの意識の理論は、ここで提案した四つの次元のすべてについてどちらに属するのかが明確であるわけではない。たとえば、ドゥアンヌらが展開するグローバルニューラルワークスペース理論は、主に状態意識についての基盤的機能についての理論であるという点では比較的是っきりしているが、特定の種類の意識経験と類的な意識のどちらを扱っているのかはそれほど明らかでない(Dehaene 2014)。また、痛みの意識はホメオスタシスを回復するような行動を動機づけるという議論は、痛みという状態意識に結びついた特定の種類の意識経験の機能的貢献についての理論だというのは明らかであるが、それが必要条件と十分条件のどちらに向けられているのかは必ずしも明らかでない。したがって、この四次元的フレームワークには、完成された既存の理論を標本的に分類するだけではなく、意識の機能についてのそれぞれの理論に明確化を促す役割をはたすことが期待される。

文献

- [1] Baars, Bernard. J. 2005. 'Global workspace theory of consciousness: toward a cognitive neuroscience of human experience'. *Progress in brain research* 150: 45–53.
- [2] Bayne, Tim. 2007. 'Conscious States and Conscious Creatures: Explanation in the Scientific Study of Consciousness'. *Philosophical Perspectives* 21 (1): 1–22. <https://doi.org/10.1111/j.1520-8583.2007.00118.x>.
- [3] Birch, Jonathan, Simona Ginsburg, and Eva Jablonka. 2020. 'Unlimited Associative Learning and the Origins of Consciousness: A Primer and Some Predictions'. *Biology & Philosophy* 35 (6): 56. <https://doi.org/10.1007/s10539-020-09772-0>.
- [4] Black, Dylan. 2021. 'Analyzing the Etiological Functions of Consciousness'. *Phenomenology and the Cognitive Sciences* 20 (1): 191–216. <https://doi.org/10.1007/s11097-020-09693-z>.
- [5] Cohen, Michael A., and Daniel C. Dennett. 2011. 'Consciousness Cannot Be Separated from Function'. *Trends in Cognitive Sciences* 15 (8): 358–64. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.06.008>.
- [6] Dehaene, Stanislas. 2014. *Consciousness and the Brain: Deciphering How the Brain Codes Our Thoughts*. New York, New York: Viking.
- [7] Dennett, Daniel C. 1978. 'Toward a Cognitive Theory of Consciousness'. *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* 9.
- [8] —. 2018. 'Facing up to the Hard Question of Consciousness'. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 373 (1755): 20170342. <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0342>.
- [9] Dewey, John. 1896. 'The reflex arc concept in psychology'. *Psychological review*, 3(4), 357–370.

- [10] Feinberg, Todd E., and Jon M. Mallatt. 2018. *Consciousness Demystified*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- [11] Gallagher, Shaun, and Zahavi, Dan. 2020. *The Phenomenological Mind*. 3rd edition. London: Routledge.
- [12] James, William. 1890/1950. *The Principles of Psychology*. 2 vols. New York: Dover.
- [13] Kanai, Ryota, Acer Chang, Yen Yu, Ildelfons Magrans de Abril, Martin Biehl, and Nicholas Guttenberg. 2019. 'Information Generation as a Functional Basis of Consciousness'. *Neuroscience of Consciousness* 2019 (1). <https://doi.org/10.1093/nc/niz016>.
- [14] Klein, Colin. 2015. *What the Body Commands: The Imperative Theory of Pain*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- [15] Koch, Christof, Marcello Massimini, Melanie Boly, and Giulio Tononi. 2016. 'Neural Correlates of Consciousness: Progress and Problems'. *Nature Reviews Neuroscience* 17 (5): 307–21. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.22>.
- [16] Kriegel, Uriah. 2004. 'The Functional Role of Consciousness: A Phenomenological Approach'. *Phenomenology and the Cognitive Sciences* 3 (2): 171–93. <https://doi.org/10.1023/B:PHEN.0000040833.23356.6a>.
- [17] —. 2015. *The Varieties of Consciousness*. Oxford University Press.
- [18] Lau, Hakwan. 2009. 'Volition and the Function of Consciousness'. *Faith and Philosophy* 26 (5): 537–52. <https://doi.org/10.5840/faithphil200926554>.
- [19] Morsella, Ezequiel. 2005. 'The Function of Phenomenal States: Supramodular Interaction Theory'. *Psychological Review* 112 (4): 1000–1021. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.112.4.1000>.
- [20] Morsella, Ezequiel, and T. Andrew Poehlman. 2013. 'The Inevitable Contrast: Conscious vs. Unconscious Processes in Action Control'. *Frontiers in Psychology* 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00590>.
- [21] Pierson, Lee M., and Monroe Trout. 2017. 'What Is Consciousness For?' *New Ideas in Psychology* 47: 62–71. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2017.05.004>.
- [22] Rosenthal, David M. 2008. 'Consciousness and Its Function'. *Neuropsychologia* 46 (3): 829–40. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.11.012>.
- [23] Siewert, Charles. 1998. *The Significance of Consciousness*. Princeton: Princeton University Press.
- [24] Wiese, Wanja. 2020. 'The Science of Consciousness Does Not Need Another Theory, It Needs a Minimal Unifying Model'. *Neuroscience of Consciousness* 2020 (niaa013). <https://doi.org/10.1093/nc/niaa013>.

怒り抑制法の特徴と問題点：システマティックレビュー Characteristics and problems of anger regulation strategies A systematic review

金谷 悠太[†], 川合 伸幸[‡]

Yuta Kanaya, Nobuyuki Kawai

^{† ‡}名古屋大学, [‡]中部大学創発学術院

Nagoya University, Chubu University Academy of Emerging Sciences

[†]kanaya@cog.human.nagoya-u.ac.jp, [‡]kawai@is.nagoya-u.ac.jp

概要

怒りは文化や年齢を問わず、誰もが経験する情動である一方、怒りを適切に制御できなければ、人間関係の悪化や、循環器系疾患リスクの増大など、重大な問題を引き起こす。これまで、数多くの研究が怒りを抑制する手法を検討したが、各手法の特徴や問題点を網羅的にまとめた研究はこれまでなかった。そこで本研究は、実験的手続きを用いた怒り抑制手法をレビューし、現存する手法それぞれの特徴や有効性と問題点を明らかにする。

キーワード：怒り, 系統的レビュー, 感情の抑制

1. はじめに

怒りは、フラストレーションや他者からの危害、または不正の認識によって生じる情動であり、緊張と敵意の高まりを特徴とする[1]。怒りは生得的な情動であり、文化や年齢に関わらず誰もが経験・表出するもので、問題解決の動機づけを高める、攻撃から自分の身を守ることを可能にするといった適応的な役割を持つ[2]。

しかし、現代社会は古代と比較して、怒りを露わにしたり、怒りのままに相手を攻撃したりすることが利得や権力の獲得に役立つ可能性は低く、むしろ望ましい結果を得るためには怒りを抑制したり、怒りの表出を抑える必要がある。怒りは言語的な攻撃や身体的な攻撃に繋がり[3]、家族や職場の人間関係を悪化させる[4]、[5]。また頻繁に怒りが生じることは、循環器系疾患や自動車事故のリスクの高さ[6]、[7]、[8]、主観的幸福感や周囲の人から与えられる支援が低いことと関連している[9]、[10]、[11]。このように、怒りを抑制する必要性は数多くの研究から示唆されており、怒りを抑制する手法について検討した研究が数多く存在する。これらの怒り抑制手法にはそれぞれ、相対的に優れた特徴と劣る特徴があり、すべての点で優れた唯一の怒り抑制法があるわけではない。しかし、これらの研究を網羅的に概観し、それぞれの怒り抑制手法の特徴や有効性、問題点をまとめた研究はこれまでなかった。そのため本研究は、怒りの抑制を実験的に検討した研究を対象にシステマティックレビューを行い、各怒り抑制法の特

徴と問題を明らかにする。さらに、これまでの怒り抑制手法と異なる、新たな手法として、筆者らの怒り抑制法(Kanaya & Kawai, to be submitted)を紹介する。

2. 方法

2-1 論文データベースでの検索¹

本研究は Web of Science を利用し、怒り抑制研究を検索した。このとき、怒りの抑制を検討した研究のみを取り出すために、怒り単語(anger または angry)と、その抑制を意味する英単語(inhibit*, regulat*, reduc* etc.)それぞれが、題名や概要、キーワードの中で 5 文字以内に併存する研究を検索した。ただし、本研究では怒り表情の認知に関する研究や、疾病・障害に起因する怒りの抑制に関する研究、薬剤の投与による怒りの抑制に関する研究、再現可能な実験的操作ではなく、臨床的介入による怒りの抑制に関する研究、犯罪や犯罪者の特性と関連した怒りの抑制に関する研究、縦断/横断的研究、怒り尺度の作成に関する研究を除外することとし、表情(face, facial, etc.)・疾病(disorder, etc.)・薬剤投与(drug, etc.)・臨床的介入(anger management, etc.)・犯罪(crim*, etc.)・縦断/横断研究(longitudinal, etc.)・尺度作成(reliability validity, etc.)に関わる単語を NOT とし、これらの単語が、題名や概要、キーワードの中に存在する研究は除外された。

2021 年 3 月 5 日時点において利用可能であった全論文を対象とした検索を行ったところ、699 件がヒットした。しかし 699 件の研究には心理学と関連のない研究が含まれていたため、研究分野が Psychology または Science Technology Other Topics であった 450 件の研究を残し、それ以外の研究分野に属した 244 件の研究を除外した。最後にレビュー論文や書籍 64 件を除外し、394 件の研究が残った。

¹検索に用いた単語と演算子を <https://osf.io/nrdpm/>に掲載した。

2-2 実験的操作に基づいた怒り抑制研究の抽出

検索の結果得られた 394 件の研究には、実験的操作によって怒りの抑制を検討していない研究が多数含まれていたため、全ての研究のタイトルと抄録の確認を行った。タイトルと抄録から内容が分からなかった研究については、追加で全文の確認を行った。以下の除外基準 7 項目のうち、1 項目以上に該当した研究は怒り抑制研究から除外された。1. 怒り顔や怒り行動に対する反応を検討した。2. 喚起された怒りの強さと、個人特性や文化、親の養育スタイルとの関係を検討した研究であって、実験的操作に基づいた怒りの抑制を検討していない。3. 縦断/横断調査、尺度開発など、怒りの抑制を検討していない。4. 再現可能な実験的操作ではなく、臨床的介入を用いた怒りの抑制を検討した。5. 外集団や企業、神など、抽象的な対象への怒りの抑制を検討した。6. 薬剤の投与による怒りの抑制を検討した。7. 疾病・被虐待経験・犯罪歴がある参加者など、特定のサンプルを対象とした。

3. 結果

7 項目の除外基準を基に 394 件全ての研究を対象とした研究内容の確認を行った結果、304 件の研究は、1 項目以上の除外基準に該当したため取り除かれた。実験的操作によって怒りの抑制を検討した 90 件の研究において使用された怒り抑制手法は、反すう(20 件)、再評価(16 件)、気晴らし(12 件)、抑制(8 件)、怒りと相反した感情や行動(7 件)、攻撃行動(7 件)、他者との関係(14 件)、その他の怒り抑制法(28 件)であった。²

各研究の概要と結果を、<https://osf.io/nrdpm/>に掲載した。

3-1 反すう

「反すう」は、怒りを生み出した出来事について思い出したり、その体験が持つ意味や原因について繰り返し考えたりすることを指し[12]、怒りの体験をどの視点から思い出すか(自分自身の視点か、自分から離れた第三者の視点)、またどの点に注目するか(体験した具体的な感情や感覚に注目するか、その体験の原因や結果に注目して冷静に分析する)の組み合わせによって、1.self-immersed experiential rumination 2.self-immersed analytical rumination 3.self-distanced experiential rumination 4.self-distanced analytical rumination の 4 種類に分けられる[13]。

怒りが生じたあと、自分自身の視点からそのときの

² 複数の怒り抑制手法を比較検討した論文を含む。

気持ちや感覚に注目し反すうすることは怒りを再体験することに繋がるため、怒りや攻撃行動、血圧を増加したり[14]、怒りを維持したり[15]する。

自分の視点から怒り体験の原因や結果に注目して冷静に分析すること(self-immersed analytical rumination)や、幽体離脱したように、自分から少し離れた視点から怒り体験を思い出すこと(self-distanced experiential rumination)は、怒りを抑制した結果[13]、[16]と、維持した結果[17]、[13]が混在している。

4 種類の反すうの怒り抑制効果を直接比較した研究は、自分から離れた視点から、怒りが生じた体験の原因や結果を冷静に分析する(self-distanced analytical rumination)ことが、最も強く怒りを抑制することを示した[18]。この結果に基づくと、反すうを利用して怒りを抑制するためには、自分から離れた視点で思い出し、かつ怒りが生じた体験の原因や結果を冷静に分析することが望まれるが、この方法にはいくつか問題がある。1 点目は、恥ずかしさを伴った怒りは抑制されないことである。怒りと恥の関係を調べた研究は、怒りと恥の間に強い正の相関を報告しており[19]、特に劣等感を引き起こすような他者からの批判や侮辱は、怒りと恥を同時に喚起することがある。このような状況では、自分から離れた第三者の視点から原因と結果を分析しても、怒りは抑制されない[13]。2 点目は、過去の経験を離れた視点から想像すること(self-distancing)の難しさである。self-distancing を用いた感情抑制のレビュー(怒り以外の感情も含む)では、過去の体験を離れた視点から眺めているかのように想像することが難しいと指摘されている[20]。

3-2 気晴らし

「気晴らし」は、怒りとは全く関係のない物事(たとえば、校舎の概観など)について考えたり、注意を向けたりすることを指す。気晴らしは、怒りや怒りに伴う生理反応を抑制する[21]。また気晴らしは、分析的反すう(self-immersed analytical rumination)や抑制と比べて強く怒りを抑制することができる。しかし、気晴らしは短期的には怒りを抑制するが、長期的に怒りを抑制することはできず、気晴らしを終えた後に再び怒りが高まるという問題を持つ[12]、[22]。

3-3 抑制

「抑制」は、表情や言葉から怒りが表出しないように隠したり、怒りの気持ちを抑え込もうと努力したりすることを指す。表情や怒りの気持ちの抑制はどちらも、怒りや怒りに伴う生理反応を維持させた結果や、増

加させた結果[23], [24], [25]が殆どだが、これらの研究は主に西欧文化の参加者を対象としている。中国人を対象とした実験は反対に、怒りの表出を抑制することが、怒りや、怒りに伴う生理反応(心拍, 平均最低値血圧, 平均最高値血圧, 心拍出量の上昇)を抑制することを示している[26]。抑制は、ネガティブな感情であっても、それを抑制するよりも表現するほうが望ましいとされる文化観を持つか、ネガティブ感情を抑制するほうが、表出することに比べ望ましいとされる文化観を持つかによって怒りに異なる影響を及ぼすと説明されている。これは、日本人も中国人と同様に、抑制により怒りが抑制される可能性を示唆している。

3-4 再評価

「再評価」は、怒りを感じた出来事を第三者(たとえば、中立的な立場におかれた他者)の観点から再解釈する。再評価は怒りや、怒りに伴う生理反応(平均最低値血圧と平均最高値血圧の上昇, 皮膚コンダクタンスレベルの上昇)を抑制するほか、リラックスした状態を表す心拍変動性の高周波成分(HF-HRV)を増加させる。また、分析的に行う反すう(self-immersed analytical rumination)や、抑制と比較した研究は、これらの手法と比べ怒りを強く抑制する[12], [17]。また、気晴らしのようにあとで怒りが再び増加することもない。このように優れた特徴を多く持つ再評価だが、いくつか問題点がある。1 点目は、気晴らしや反すうに比べ、自発的に再評価を行う人が少ないことである(気晴らし 85%, 反すう 19%, 再評価 4%) [17]³。再評価の神経相関を調べた 48 件の研究(怒り以外の情動を含む)を対象としたメタ分析は、再評価が認知制御領域(dmPFC, dlPFC, vlPFC, および後頭頂葉)の活性化を伴うことを示しており[27]、気晴らしなどの手法と比べて認知的な努力が必要であるとされる[28]。2 点目は、再評価はストレス反応が生じているとき、怒りを抑制できないことである。氷水に手を浸させストレス反応(コルチゾール値の増加)を生じさせたあと再評価を行っても、怒りは抑制されない。え、ストレス反応を更に増加させてしまう[29]。怒り抑制研究ではないが、再評価の実施に際し活性化する認知制御領域(dmPFC, dlPFC, vlPFC, および後頭頂葉)は、ストレスによりパフォーマンスが低下する[30]ため、ストレス反応が生じたとき、再評価は怒りを抑制しないと考えられている[29]。

³ 複数の手法の併用を含むデータであるため、各手法の採用率を合計した値は 100%を超える。

3-5 攻撃行動

怒りを感じた相手を思い出しながらパンチバックを殴る、怒りを感じた相手に対して、侮辱的な評価やコメントを行う、怒りを発散させる目的をもって一人称シューティングゲーム(FPS)をプレイするなど、攻撃することによって怒りを抑制しようとする手法もある。これらはフラストレーションを引き起こした対象に向かって攻撃することで怒りが発散され、抑制されるというカタルシス理論に基づいた手法である。しかし、怒りを感じた相手を思い出しながらパンチバックを殴ると、同じ時間何もしていないよりも、むしろ怒りや攻撃行動が増加する。また、攻撃する意図を持たない場合(体を鍛える目的)であっても、パンチバックを殴ることはその後の攻撃行動を増加させてしまう[15]。ヨガや水泳[31]、ストレッチ[32]、ランニング[33]、体を動かすテレビゲーム(Active video games)[34]といった、攻撃と関係の無い有酸素運動は怒りを抑制するが、合気道は怒りを抑制しないことや[35]、格闘技エクササイズに比べてオールを漕ぐ運動は怒りを抑制すること[36]からも、合気道や格闘技エクササイズのように、攻撃と関連の強い運動は怒りの抑制に向かないことが示唆されている。怒りを感じた相手に対してことばでの攻撃(侮辱的な評価やコメント)を行うことは、それぞれの個人特性によって怒りが増加する人と、抑制する人に分かれる[37]。怒りが生じてても他者への攻撃が増加しない人は、怒りが増加してしまう。しかし反対に、怒りを感じたとき、他者への攻撃が増加する関係がある人は、怒りが抑制される。怒りを発散する意図をもって行う、一人称シューティングゲーム(FPS)も、怒りを抑制する(怒りを発散する目的がないときは、怒りを抑制しない)など[38]、攻撃行動の形態によっては、怒りを抑制することがある。

3-6 怒りと相反した感情や行動

怒りは接近動機づけ(攻撃性)の高まりを特徴とする情動であり、悲しみは回避動機づけの高まりを特徴とする情動であるため、悲しみを喚起することは怒りを抑制する(打ち消す)か検討されている。その結果、悲しみの喚起は怒りを抑制しないが、怒りに基づいた攻撃行動を抑制した[29]。怒りは接近動機づけと不快感の 2 軸から構成されるため[39]、悲しみの喚起は怒りの構成要素の一つである接近動機づけを抑制するが、不快感を抑制しなかったと考えられる。また参加者に怒りが喚起されたあと、ギフト券を渡すことで嬉しさを生じさせることで怒りを抑制することができる。1 ド

ルのギフト券でも、何も与えない条件と比べ怒りは抑制されたが、ギフト券の価値が3ドル、5ドルと増加するにつれて、怒りもより強く抑制された[40]。他にも、柔らかな口調でゆっくりと話すことは、怒りが生じた際の言動と相反しているため、怒りを抑制する[41]。怒りは対象に近づこうとする接近動機づけの高まりを伴うが、リクライニングチェアに横たわる姿勢は、何かに近づこうとする姿勢とは正反対である。そのため、他者から侮辱されても接近動機づけ(攻撃性)を示す相対的な左前外頭部活動は高まらない[42]。しかし、主観的怒りは、抑制された研究と[43]、抑制されていない研究があり[42]、結果は一貫していない。

3-7 他者との関係

赤ちゃんの顔写真を観察すること[44]や、男女のカップルや母子が抱擁している写真を観察すること[45]、自分を支えてくれる他者について想像すること[46]は、怒りや、怒りに伴う生理反応(心拍や平均最低値血圧と平均最高値血圧の上昇)を抑制する。他にも「他者のために祈る」ことは、他者の視点を想像することに繋がるため、他者の考え方を想像する再評価や、第三者の視点から怒りが生じた体験を振り返る反すうと同様に、怒りを抑制する[47]。このとき、必ず怒りを感じた相手のために祈らなければならないわけではなく、知らない人や友人のために祈ることで怒りは抑制される。

怒り生じさせた体験について他者に語ることも怒りを抑制するが[48]、[22]、そのメカニズムには不明な点が多い。第三者の視点から怒りの体験を再評価することや、自分を支えてくれる他者について想像することは、怒りを抑制する。他者に怒りの体験を聞いてもらったことが、知覚されたソーシャルサポート(他者から支えられているという感覚)を増加させる可能性や、他者に自分の経験を語ることが、第三者の視点から体験を再評価することに繋がる可能性など、更に検討する必要がある。また車の運転中に、エージェントと会話することや[49]、エージェントが運転手にコメントすることも[50]、運転中の怒りを抑制し、事故や交通違反も減らす。エージェントからのコメントは、その内容が肯定的であっても否定的であっても怒りを抑制するが、否定的なコメントに比べ、肯定的なコメントであるほうが、怒りを強く抑制する。日常の葛藤場面において、謝罪は頻繁にみられるが、怒りを生じさせた相手から謝罪を受けても、怒りの接近動機づけ(攻撃性)の側面は抑制されるが、怒りや不快感は抑制されない[39]。しかし、加害者に刑罰が与えられたり、被害者に対し補償が与え

られたりすると、怒りは抑制される[51]。

3-8 その他の怒り抑制法

その他にも、街中で散歩するよりも、自然公園で散歩するほうが怒りは抑制されることや、樹木や自然画の存在があること[52]、[53]、雨音が聞くことなど、自然の存在が怒りを抑制するという研究がある。他にも、明るい部屋に比べて暗い部屋では強く怒りが喚起されない[54]。また音楽を聴くことでも怒りは抑制される。クラシック音楽、または自分が選択した音楽を聴くことは怒りを抑制する[55]が、激しい曲調の音楽(たとえば、ヘビーメタル)であると、自分が選択したかどうかに関わらず、怒りを維持する[56]。

怒りは心理的産物であり、物理的対象のように扱うことはできないはずである。しかし、筆者らの実験(Kanaya & Kawai, to be submitted)は、怒りを紙に書くことで、物理的対象と同じようにごみ箱に廃棄し、抑制することができることを示した。怒りが生じたあと、怒りを反すう(self-immersed experiential rumination)して紙に書いても、怒りは抑制されない。しかしその後、怒りを書いた紙をクリアファイルに綴じることと比べ、それをごみ箱に捨てることは、怒りを抑制した。物体を「ごみ箱」に入れる行動は、その物体を廃棄することを意味する。そのため、紙(怒り)をごみ箱に入れる行動は、紙に書かれた心理的実存(怒り)を廃棄したような感覚を生じさせ、怒りを抑制する。

4. 今後の展望

怒り抑制手法のなかで、最も多く怒りの抑制に成功しているのは再評価であった。しかし再評価は認知的な努力を必要とし、ストレスが与えられたあと、怒りを抑制できない。ストレス反応が生じていても、悲しみを喚起させることで攻撃行動を抑制することができるが、怒りを抑制することはできない。ストレスの多い現代社会において、認知的な努力を必要としない怒り抑制手法が求められている。

また本稿では、検討された回数の少なかった、いくつかの怒り抑制手法について紹介されていない。また、本レビューの検索方法でヒットしなかったが、紹介すべき重要な怒り抑制研究も存在する。発表では、それらを含め完全な結果を紹介する予定である。

引用文献

- [1] American Psychological Association. (n.d.). anger. In *APA Dictionary of Psychology*. Retrieved April 22, 2021, from <https://dictionary.apa.org/anger>
- [2] Gilam, G., & Hendler, T. (2017). Deconstructing Anger in the Human Brain. *Social Behavior from Rodents to Humans: Neural Foundations and Clinical Implications*, 30, 257+. https://doi.org/10.1007/7854_2015_408
- [3] Raymond W. Novaco (2011) Anger dysregulation: driver of violent offending. *The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology*, 22:5, 650-668, DOI: 10.1080/14789949.2011.617536
- [4] Baron, K. G., Smith, T. W., Butner, J., Nealey-Moore, J., Hawkins, M. W., & Uchino, B. N. (2007). Hostility, anger, and marital adjustment: Concurrent and prospective associations with psychosocial vulnerability. *Journal of Behavioral Medicine*, 30(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10865-006-9086-z>
- [5] Hershcovis, M. S., Turner, N., Barling, J., Arnold, K. A., Dupre, K. E., Inness, M., LeBlanc, M. M., & Sivanathan, N. (2007). Predicting workplace aggression: A meta-analysis. *Journal of Applied Psychology*, 92(1), 228-238. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.92.1.228>
- [6] Norlander, B., & Eckhardt, C. (2005). Anger, hostility, and male perpetrators of intimate partner violence: A meta-analytic review. *Clinical Psychology Review*, 25(2), 119-152. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2004.10.001>
- [7] Buckley, T., Hoo, S. Y. S., Fethney, J., Shaw, E., Hanson, P. S., & Tofler, G. H. (2015). Triggering of acute coronary occlusion by episodes of anger. *European Heart Journal-Acute Cardiovascular Care*, 4(6), 493-498. <https://doi.org/10.1177/2048872615568969>
- [8] Zhang, T. R., & Chan, A. H. S. (2016). The association between driving anger and driving outcomes: A meta-analysis of evidence from the past twenty years. *Accident Analysis and Prevention*, 90, 50-62. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.02.009>
- [9] Johnson, E. H. (1990). *The deadly emotions: The role of anger, hostility, and aggression in health and emotional well-being*. Praeger Publishers.
- [10] L. H. Phillips, J. D. Henry, J. A. Hosie & A. B. Milne (2006) Age, anger regulation and well-being. *Aging & Mental Health*, 10:3, 250-256, DOI: 10.1080/13607860500310385
- [11] Williams, J. E. (2010). Anger/hostility and cardiovascular disease. In M. Potegal, G. Stemmler, & C. Spielberger (Eds.), *International handbook of anger: Constituent and concomitant biological, psychological, and social processes* (pp. 435-447). Springer Science + Business Media. https://doi.org/10.1007/978-0-387-89676-2_25
- [12] Fabiansson, E. C., & Denson, T. F. (2012). The Effects of Intrapersonal Anger and Its Regulation in Economic Bargaining. *Plos One*, 7(12), Article e51595. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051595>
- [13] Ding, X. F., & Qian, M. Y. (2020). The regulation effects of anger rumination on different foci of anger. *Journal of Applied Social Psychology*, 50(6), 368-377. <https://doi.org/10.1111/jasp.12666>
- [14] Rusting, C. L., & Nolen-Hoeksema, S. (1998). Regulating responses to anger: Effects of rumination and distraction on angry mood. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(3), 790-803. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.74.3.790>
- [15] Bushman, B. J. (2002). Does venting anger feed or extinguish the flame? Catharsis, rumination, distraction, anger, and aggressive responding. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 28(6), 724-731. <https://doi.org/10.1177/0146167202289002>
- [16] Mischkowski, D., Kross, E., & Bushman, B. J. (2012). Flies on the wall are less aggressive: Self-distancing "in the heat of the moment" reduces aggressive thoughts, angry feelings and aggressive behavior. *Journal of Experimental Social Psychology*, 48(5), 1187-1191. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2012.03.012>
- [17] Denson, T. F., Moulds, M. L., & Grisham, J. R. (2012). The Effects of Analytical Rumination, Reappraisal, and Distraction on Anger Experience. *Behavior Therapy*, 43(2), 355-364. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2011.08.001>
- [18] Kross, E., Ayduk, O., & Mischel, W. (2005). When Asking "Why" Does Not Hurt Distinguishing Rumination From Reflective Processing of Negative Emotions. *Psychological Science*, 16(9), 709-715. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01600.x>
- [19] Kinston, W. (1987). The many faces of shame. In D. L. Nathanson (Ed.), *The shame of narcissism* (pp. 214-245). New York: Guilford Press.
- [20] Kross, E., & Ayduk, O. (2017). Self-Distancing: Theory, Research, and Current Directions. *Advances in Experimental Social Psychology*, 55, 81-136. <https://doi.org/10.1016/bs.aesp.2016.10.002>
- [21] Neumann, S. A., Waldstein, S. R., Sollers, J. J., Thayer, J. F., & Sorkin, J. D. (2004). Hostility and distraction have differential influences on cardiovascular recovery from anger recall in women. *Health Psychology*, 23(6), 631-640. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.23.6.631>
- [22] Wainryb, C., Pasupathi, M., Bourne, S., & Oldroyd, K. (2018). Stories for All Ages: Narrating Anger Reduces Distress Across Childhood and Adolescence. *Developmental Psychology*, 54(6), 1072-1085. <https://doi.org/10.1037/dev0000495>
- [23] Bujor, L., & Turluc, M. N. (2020). The personality structure in the emotion regulation of sadness and anger. *Personality and Individual Differences*, 162, Article 109999. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2020.109999>
- [24] Dorr, N., Brosschot, J. F., Sollers, J. J., & Thayer, J. F. (2007). Damned if you do, damned if you don't: The differential effect of expression and inhibition of anger on cardiovascular recovery in Black and White males. *International Journal of Psychophysiology*, 66(2), 125-134. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.03.022>
- [25] Hosie, J. A., Milne, A. B., & McArthur, L. (2005). The after-effects of regulating anger and anger-related emotions on self-report ratings and behavior: Divergent consequences for men and women. *Psychologia*, 48(4), 288-305. <https://doi.org/10.2117/psysoc.2005.288>
- [26] Zhou, T., & Bishop, G. D. (2012). Culture moderates the cardiovascular consequences of anger regulation strategy. *International Journal of Psychophysiology*, 86(3), 291-298. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.10.010>
- [27] Buhle, J. T., Silvers, J. A., Wager, T. D., Lopez, R., Onyemekwu, C., Kober, H., Weber, J., & Ochsner, K. N. (2014). Cognitive reappraisal of emotion: a meta-analysis of human neuroimaging studies. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)*, 24(11), 2981-2990. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht154>
- [28] Orvell, A., Ayduk, O., Moser, J. S., Gelman, S. A., & Kross, E. (2019). Linguistic Shifts: A Relatively Effortless Route to Emotion Regulation? *Current Directions in Psychological Science*, 28(6), 567-573, Article 0963721419861411. <https://doi.org/10.1177/0963721419861411>
- [29] Zhan, J., Wu, X. F., Fan, J., Guo, J. Y., Zhou, J. S., Ren, J., ... Luo, J. (2017). Regulating Anger under Stress via Cognitive Reappraisal and Sadness. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 1372. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01372>
- [30] Motzkin, J. C., Philippi, C. L., Wolf, R. C., Baskaya, M. K., & Koenigs, M. (2015). Ventromedial prefrontal cortex is critical for the regulation of amygdala activity in humans. *Biological psychiatry*, 77(3), 276-284. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2014.02.014>
- [31] Berger, B. G., & Owen, D. R. (1992). MOOD ALTERATION WITH YOGA AND SWIMMING - AEROBIC EXERCISE MAY NOT BE NECESSARY. *Perceptual and Motor Skills*, 75(3), 1331-1343. <https://doi.org/10.2466/pms.75.8.1331-1343>
- [32] Sudo, M., & Ando, S. (2020). Effects of Acute Stretching on Cognitive Function and Mood States of Physically Inactive Young Adults. *Perceptual and Motor Skills*, 127(1), 142-153, Article 0031512519888304. <https://doi.org/10.1177/0031512519888304>

- [33] Bodin, M., & Hartig, T. (2003). Does the outdoor environment matter for psychological restoration gained through running? *Psychology of Sport and Exercise*, 4(2), 141-153. [https://doi.org/10.1016/s1469-0292\(01\)00038-3](https://doi.org/10.1016/s1469-0292(01)00038-3)
- [34] Lee, J. E., Xiang, P., & Gao, Z. (2017). Acute effect of active video games on older children's mood change. *Computers in Human Behavior*, 70, 97-103. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.060>
- [35] Foster Y. A. (1997). Brief aikido training versus karate and golf training and university students' scores on self-esteem, anxiety, and expression of anger. *Perceptual and motor skills*, 84(2), 609-610. <https://doi.org/10.2466/pms.1997.84.2.609>
- [36] Pels, F., & Kleinert, J. (2016). Does Exercise Reduce Aggressive Feelings? An Experiment Examining the Influence of Movement Type and Social Task Conditions on Testiness and Anger Reduction. *Perceptual and Motor Skills*, 122(3), 971-987. <https://doi.org/10.1177/0031512516647802>
- [37] Bresin, K., & Gordon, K. H. (2013). AGGRESSION AS AFFECT REGULATION: EXTENDING CATHARSIS THEORY TO EVALUATE AGGRESSION AND EXPERIENTIAL ANGER IN THE LABORATORY AND DAILY LIFE. *Journal of Social and Clinical Psychology*, 32(4), 400-423. <https://doi.org/10.1521/jscp.2013.32.4.400>
- [38] Denzler, M., Hafner, M., & Forster, J. (2011). He Just Wants to Play: How Goals Determine the Influence of Violent Computer Games on Aggression. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 37(12), 1644-1654. <https://doi.org/10.1177/0146167211421176>
- [39] Kubo, K., Okanoya, K., & Kawai, N. (2012). Apology Isn't Good Enough: An Apology Suppresses an Approach Motivation but Not the Physiological and Psychological Anger. *Plos One*, 7(3), Article e33006. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033006>
- [40] Miron, A. M., Brummett, B., Ruggles, B., & Brehm, J. W. (2008). Detering Anger and Anger-Motivated Behaviors. *Basic and Applied Social Psychology*, 30(4), 326-338, Article Pii 906232375. <https://doi.org/10.1080/01973530802502259>
- [41] Sigelman, A. W., & Snow, S. C. (1997). The outward expression of anger, the inward experience of anger and CVR: The role of vocal expression. *Journal of Behavioral Medicine*, 20(1), 29-45. <https://doi.org/10.1023/a:1025535129121>
- [42] Harmon-Jones, E., & Peterson, C. K. (2009). Supine Body Position Reduces Neural Response to Anger Evocation. *Psychological Science*, 20(10), 1209-1210. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02416.x>
- [43] Krahe, B., Lutz, J., & Sylla, I. (2018). Lean back and relax: Reclined seating position buffers the effect of frustration on anger and aggression. *European Journal of Social Psychology*, 48(5), 718-723. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2363>
- [44] Mischkulnig M. (1989). Kindchenschema und Argerreduktion [Infant characteristics and anger reduction]. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 36(4), 567-578.
- [45] Dutton, D. G., Lane, R. A., Koren, T., & Bartholomew, K. (2016). Secure Base Priming Diminishes Conflict-Based Anger and Anxiety. *Plos One*, 11(9), Article e0162374. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162374>
- [46] Ratnasingham, P., & Bishop, G. D. (2007). Social support schemas, trait anger, and cardiovascular responses. *International Journal of Psychophysiology*, 63(3), 308-316. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.01.002>
- [47] Bremner, R. H., Koole, S. L., & Bushman, B. J. (2011). "Pray for Those Who Mistreat You": Effects of Prayer on Anger and Aggression. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 37(6), 830-837. <https://doi.org/10.1177/0146167211402215>
- [48] McCance, A. S., Nye, C. D., Wang, L., Jones, K. S., & Chiu, C. Y. (2013). Alleviating the Burden of Emotional Labor: The Role of Social Sharing. *Journal of Management*, 39(2), 392-415. <https://doi.org/10.1177/0149206310383909>
- [49] Jeon, M., Walker, B. N., & Gable, T. M. (2015). The effects of social interactions with in-vehicle agents on a driver's anger level, driving performance, situation awareness, and perceived workload. *Applied Ergonomics*, 50, 185-199. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.03.015>
- [50] Shuling Li, Tingru Zhang, Zhang, W., & Liu, N.(2020). Gaoyan Lyu,Effects of speech-based intervention with positive comments on reduction of driver's anger state and perceived workload, and improvement of driving performance. *Applied Ergonomics*, 86, 0003-6870. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103098>
- [51] van Doorn, J., Zeelenberg, M., & Breugelmans, S. M. (2019). EMOTIONAL EXPERIENCE AND PROSOCIAL BEHAVIOR IN OBSERVERS OF UNJUST SITUATIONS. *Applied Psychology in Criminal Justice*, 15(1), 41-59.
- [52] Hartig, T., Evans, G. W., Jamner, L. D., Davis, D. S., & Garling, T. (2003). Tracking restoration in natural and urban field settings. *Journal of Environmental Psychology*, 23(2), 109-123. [https://doi.org/10.1016/s0272-4944\(02\)00109-3](https://doi.org/10.1016/s0272-4944(02)00109-3)
- [53] Kweon, B.-S., Ulrich, R. S., Walker, V. D., & Tassinari, L. G. (2008). Anger and stress: The role of landscape posters in an office setting. *Environment and Behavior*, 40(3), 355-381. <https://doi.org/10.1177/0013916506298797>
- [54] Veenstra, L., & Koole, S. L. (2018). Disarming darkness: Effects of ambient lighting on approach motivation and state anger among people with varying trait anger. *Journal of Environmental Psychology*, 60, 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.07.005>
- [55] Labbe, E., Schmidt, N., Babin, J., & Pharr, M. (2007). Coping with stress: The effectiveness of different types of music. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 32(3-4), 163-168. <https://doi.org/10.1007/s10484-007-9043-9>
- [56] Sharman, L., & Dingle, G. A. (2015). Extreme metal music and anger processing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, Article 272. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00272>

言語モデルが算出する文類似度は人の比喩選択率をなぞるか Does sentence similarity calculated by language models trace people's metaphor selection rate?

岡 隆之介¹⁾, 大島 裕明²⁾, 楠見 孝³⁾

Ryunosuke Oka, Hiroaki Ohshima, Takashi Kusumi

¹⁾三菱電機株式会社, ²⁾兵庫県立大学大学院情報科学研究科, ³⁾京都大学大学院教育学研究科

Mitsubishi Electric Corporation, University of Hyogo, Kyoto University

Qualia1006@gmail.com

概要

本研究では、Oka and Kusumi (2021)で見られた、主題に付与された特徴が増えることで字義文に対する比喩文の言い換えの割合が高まるという現象を、言語モデル (word2vec, BERT) で追試することを目的とする。結果、主題に付与される特徴が増えるほど文間の類似度は大きくなることを確認し、言語モデルは人の比喩選択割合を追試しなかった。一方で、各言語モデルに基づく文の類似度は人の比喩選択割合と正の相関関係にあった。

キーワード：比喩表現 (metaphor), 言語モデル (language model), 文類似度 (sentence similarity)

1. はじめに

ある事柄 (例: 人を傷つけてしまう皮肉) を言い表す際には、字義表現 (例: 彼女の皮肉は人を苦しめる) と比喩表現 (例: 彼女の皮肉はナイフだ) 2つの方法で表現できる場合がある。ある事柄が字義表現と比喩表現の両方で説明可能である場合、私たちはどのような状況で比喩表現を用いるのであろうか。

Ortony[1]は比喩を用いる状況を説明する仮説を2つ提案している。「比喩表現は字義表現で伝えきれない対象を説明する場合に用いられる」とする表現不可能仮説と、「比喩表現は物事を少ない単語で説明する場合に用いられる」とする簡潔性仮説である。これら2つの仮説から、比喩表現は字義表現で伝えきれない多くの特徴 (物事) を説明する場合に用いられる可能性が考えられる。

Oka and Kusumi[2]はこの可能性を検討した。彼らは、主題 (例: 彼女の笑顔) に対して1つ (彼女の笑顔は美しい)、2つ (彼女の笑顔は美しく、明るい)、あるいは3つ (彼女の笑顔は美しく、明るく、華やかだ) の特徴が付与された文を参加者に呈示し、その文の言い換えとして最も適切な表現を選択させる課題を参加者に課した (Experiment 1)。呈示される表現は比喩表現 (彼女の笑顔は花だ)、字義表現 (彼女の笑顔は綺麗だ)、そして無意味なフィラー2

つの計4つであった。主題に付与された特徴は全て、主題と喩辞 (例: 花) で共有される特徴であった。その結果、参加者は主題に付与された特徴の数が増えるほど、比喩表現を選択することが示された。この結果は、ある文の言い換え表現が字義表現となるか比喩表現となるかは、主題に付与された特徴の数によって決まる可能性を示唆した。

ところで、言い換え表現を作成するのは人間だけではない。近年では、自然言語処理技術を用いることで、文の言い換えなどの課題を解くことができる。特に、大規模なコーパスを対象とした事前学習済言語モデルを用いて、様々な課題を解く方法が提案されている。なかでも Mikolov[3]が提案した word2vec モデルは、コーパス中に含まれる単語を、その前後の単語の出現情報を用いて学習することで、単語の意味を表す高品質な数値ベクトルを獲得することに成功した。こうした数値ベクトルを用いることで、2つの単語が類似する意味をもつかを予測することができるようになった。また、近年ではより洗練された言語モデルとして、Devlin et al[4]が提案した BERT モデルがある。BERT は、ある単語の意味を周辺の単語の出現する文脈から学習するだけでなく、その単語を用いて課題を解く際は、周辺の単語の文脈に応じて単語の数値ベクトルを変化させる。この性質のために、BERT は類似文判定課題 (例: STS-B) などの多くの課題で、人間に近い (あるいは、それ以上の) 課題成績を収めることに成功している。

自然言語処理を用いた比喩表現の言い換え研究は、字義表現と比喩表現のペアから比喩表現の言い換えを作成する課題に取り組んでいる。Bizzoni and Lapin[5]は、言い換え元の字義表現と、人手でアノテーションされた比喩表現を含む、4種類の言い換え候補文を入力として、2文が適切な比喩の言い換え文であるか否かを分類するモデルを提案した。このモデルは200セット教師データを基にした教師あ

り学習を基にしたモデルであった。また、Stowe et al[6]は、end-to-end で入力された字義表現を比喻表現に変換するモデルを提案した。このモデルでは、VUMAC[7]などの比喻文に対してアノテーションされたコーパスを用いて比喻文の言い換えモデルを作成し、出力された比喻文の比喻らしさや理解可能性を人手で評価させた。これら2つの研究は、比喻表現と字義表現の言い換えコーパスを用いて、比喻表現の言い換え文や、比喻表現を作成することを試みている。

本研究の目的は、Oka and Kusumi[2]で観測された、主題に付与された特徴の数が増えるほど比喻の選好が高まるという傾向を、言語モデルで追試できるかを検討することである。言語モデルが、人間のように特徴の数が増えるほど比喻を選好するかについては十分に検討されていない。本研究では、人間の比喻選択は文間の類似度に基づいて決定されるという仮定のもと、事前学習済みの言語モデルによって作成される文ベクトルを用いて、2文間の類似度が、特徴数が増えるほど上昇するかを検討する。また、人間の表現の選択率と言語モデルの類似度の間に関連があるかを確認するため、文類似度と表現の選択率の相関関係についても検討する。

2. 方法

刺激 主題に対して特徴(1つ,2つ,3つ)が付与された言い換え元の文と、4種類の選択肢(比喻表現, 字義表現, フィラー1, フィラー2)からなる45セットを刺激とした。刺激の具体例を表1にまとめた。

言い換え元の文の主題は、中本・楠見[8]で報告された名詞隠喩表現の中から主題だけを取り出し、45語用意した。また、主題に付与される特徴は、岡他[9]で報告された名詞隠喩表現を名詞直喩表現に変更して参加者に呈示し得られた解釈のなかで、出現頻度の高い上位3つの解釈を用いた。

4種類の選択肢のうち、比喻表現は言い換え元の主題と対となる名詞隠喩表現を中本・楠見[8]から選択した。字義表現は、上記隠喩の出現頻度の高さが1位の解釈を同義語で置き換えたものを用いた。フィラー1は言い換え元の文の適切な言い換えとはならない喩辞を、言い換え元の主題とは異なる主題と対をなす比喻表現から選択した。フィラー2は、言

い換え元の文の適切な言い換えとはならない同義を、言い換え元の主題とは異なる主題と対をなす字義表現から選択した。

表1. 刺激の具体例

| 言い換え元/ 選択肢 | 特徴 (特徴数) |
|---------------|----------------------------|
| 言い換え元 1 | 彼女の皮肉は人を傷つける (1つ) |
| 言い換え元 2 | 彼女の皮肉は人を傷つけて、鋭い (2つ) |
| 言い換え元 3 | 彼女の皮肉は人を傷つけて、鋭く、心に刺さる (3つ) |
| 比喻表現 | 彼女の皮肉は短刀だ |
| 字義表現 | 彼女の皮肉は人を苦しめる |
| フィラー1 | 彼女の皮肉は吐息だ |
| フィラー2 | 彼女の皮肉はぬくい |
| 言い換え元 1 | あの蝶は美しい (1つ) |
| 言い換え元 2 | あの蝶は美しく、舞う (2つ) |
| 言い換え元 3 | あの蝶は美しく、舞い、華やかだ (3つ) |
| 比喻表現 | あの蝶は踊り子だ |
| 字義表現 | あの蝶はきれいだ |
| フィラー1 | あの蝶は牢獄だ |
| フィラー2 | あの蝶は苦しい |

言語モデルと文のベクトル化手法 言語モデルはword2vec[3]とBERT[4]を用いた。

word2vecはコーパス中のある単語とその単語前後の単語の情報を多層パーセプトロンに基づいて獲得する言語モデルである。word2vecは学習方法やハイパーパラメータの設定などで自由度があるが、今回の検討ではベクトル自体の精度については関心がないため、web上で公開されている事前学習済みのword2vecモデルを用いることとした。今回の検討では、東北大学の乾研究室が公開している、日本語Wikipediaエンティティベクトル

(http://www.cl.ecei.tohoku.ac.jp/~m-suzuki/jawiki_vector/)を用いた。ベクトルは200次元であった。トークナイザはMeCabであった。その他のハイパーパラメータの設定はリンク元の設定に従った。文ベクトルは、各単語と対応する数値

ベクトルを平均することで算出した。

BERT は、単語の一部をランダムな確率でマスクすることで、その単語の左右の単語の出現順を考慮して学習する、注意機構付きエンコーダデコーダモデル (Transformer) に基づく言語モデルである。word2vec と同様の理由から、web 上で公開されている事前学習済みの BERT モデルを用いることとした。今回の検討では、huggingface で公開されている cl-tohoku/bert-base-japanese-v2

(<https://huggingface.co/cl-tohoku/bert-base-japanese-v2>) を用いた。単語のベクトルとしては最終層の隠れ層のベクトル (768 次元) を用い、トークナイザは cl-tohoku/bert-base-japanese-v2 準拠のものを用いた。その他のハイパーパラメータの設定はリンク元の設定に従った。文ベクトルは、各単語と対応する数値ベクトルを平均することで算出した。

モデルの評価方法 はじめに、モデルが算出する比喩表現の文類似度が、特徴数が増えるほど上昇するかを検討する。もし、言語モデルが人の比喩選択率をなぞるなら、特徴の数が増えるほど比喩表現との類似度が高くなると予測する。次に、モデルが算出する表現と言い換え元の文類似度が、人の比喩選択率と相関するかを、Oka and Kusumi[2]で求められた各言い換え文の各選択肢の選択率を用いて算出する。

3. 結果と考察

特徴数と文類似度の関係性 選択肢、特徴数ごとの、各モデルと人間の選択率を図 1 にまとめた。図 1 から明らかなように、比喩表現において特徴数が増えても、文類似度が上がることはなく、仮説は支持されなかった。また、特徴数が増えるほど文類似度が低下した。この傾向は比喩・字義・フィルターの選択肢で同様であった。

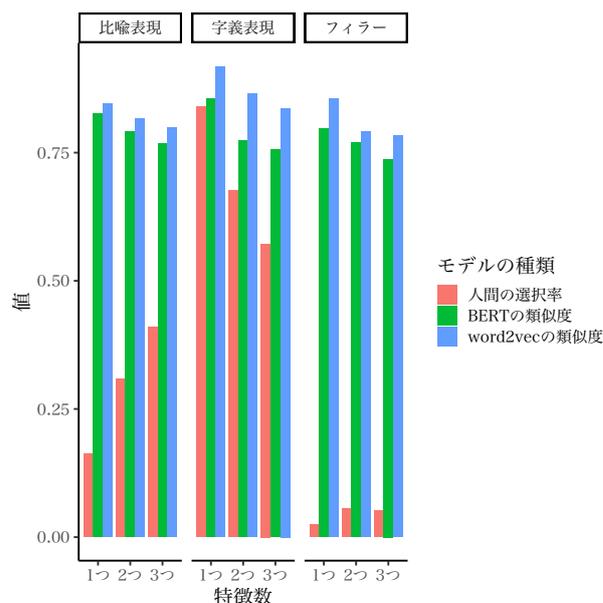


図 1. 選択肢、特徴数、モデルの種類ごとの選択率と文類似度

文類似度と選択肢の選択率の関係性 BERT の文類似度と人の比喩選択率の散布図を図 2 に、word2vec の文類似度と人の比喩選択率の散布図を図 3 に示す。図 2 と図 3 から明らかなように、言語モデルが算出する文類似度は、人の比喩選択率と弱い正の相関関係にあった。また、各モデルの相関係数は BERT で $r = .19, p < .001$, word2vec で $r = .34, p < .001$ であり、word2vec モデルの方がわずかに相関係数が大きかった。

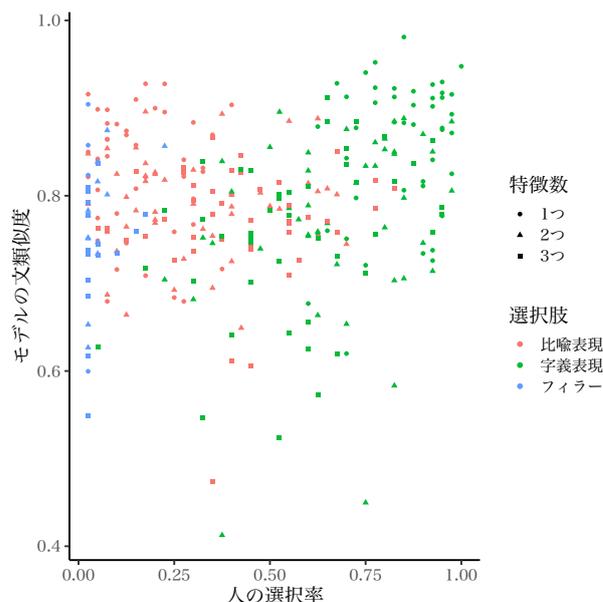


図 2. BERT の文類似度と選択率の散布図

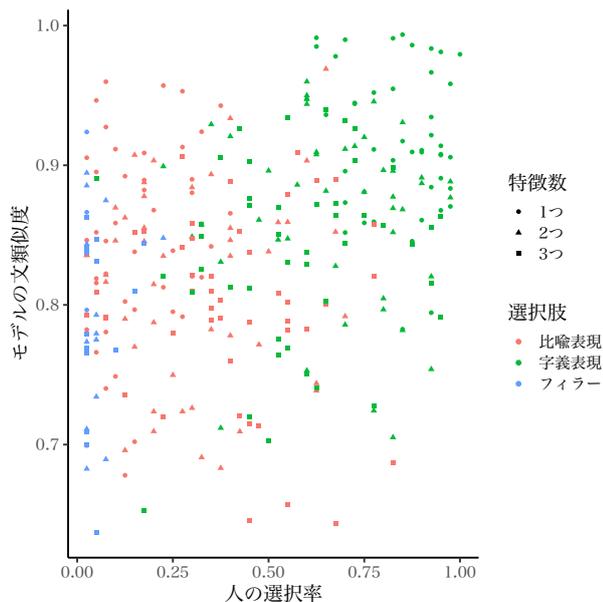


図 3. word2vec の文類似度と選択率の散布図

実験の結果、言語モデルは人の表現の選択率と弱い正の相関関係にはあったものの、Oka and Kusumi[2]で観測されたような、特徴数が増えると類似度が増加するといった関係性は見られなかった。

文献

- [1] Ortony, A. (1975). Why metaphors are necessary and not just nice. *Educational Theory*, 25, 45–53.
- [2] Oka, R., & Kusumi, T. (2021). Number of shared topic-vehicle significant features affects speakers' preference for metaphorical expressions. *Journal of Cognitive Psychology*, 33(2), 157–171.
- [3] Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013, December). Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In *Proceedings of the 26th International Conference on Neural Information Processing Systems-Volume 2* (pp. 3111-3119).
- [4] Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019, June). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)* (pp. 4171-4186).
- [5] Bizzoni, Y., & Lappin, S. (2018, June). Predicting human metaphor paraphrase judgments with deep neural networks. In *Proceedings of the Workshop on Figurative Language Processing* (pp. 45-55).
- [6] Stowe, K., Ribeiro, L., & Gurevych, I. (2020). Metaphoric paraphrase generation. *arXiv preprint arXiv:2002.12854*.
- [7] Steen, G. (Ed.). (2010). *A method for linguistic metaphor identification: From MIP to MIPVU (Vol. 14)*. John Benjamins Publishing.
- [8] 中本敬子・楠見孝 (2004). 比喩材料文の心理的特性と分類基準表作成の試み *読書科学*, 48, 1–10.
- [9] 岡隆之介・大島裕明・楠見孝 (2019). 比喩研究のための直喩刺激-解釈セット作成および妥当性の検討 *心理学研究*, 90, 53–62.

二者間バイアス区間における3人目の振る舞い Behaviors of the third participant between other two-parties bias in turn-taking

宮崎 太我[†], 榎本 美香[‡]
Taiga Miyazaki, Mika Enomoto

[†]東京工科大学, [‡]東京工科大学
Tokyo University of Technology, Tokyo University of Technology
g3120028fa@edu.teu.ac.jp

概要

本研究では、3人会話において2人だけが話している所へ、3人目が参加する方略を解明する。分析1では、3人目が会話に再び参加した時の発話内容を分類する。分析2では、相槌・頷きの生じる位置を分析し、3人目は発話内・発話末の使い分けがないのに対し、他の2人では発話内で頷き、発話末で相槌という使い分けをしていることをみる。分析3では、事例分析から、共有知識や連続質問などによって3人目が会話から取り残されていることをみる。

キーワード：3人会話、二者間バイアス、相槌、頷き、話者交替

1. はじめに

Sacksら(1974)が提唱している話者交替規則は、会話参加者の人数に関わらず誰もがターン(発話権)を取れるシステムになっている。ターンはターン構成単位とよばれる単位から構成され、その終端は母語話者の聞き手なら誰でも予測できる。そして、その単位が終わると話者交替にふさわしい場所である話者移行適格場(transition relevant place; TRP)となる。TRPまでに、話し手がある一人の聞き手に呼びかけるか視線を向けるかして(宛先をあてて)、質問や確認など隣接ペア第一部分となる発話をすれば、その聞き手が次話者に選択されたことになる。一方で、話し手が複数の聞き手に視線を向けたり呼びかけたりしていたり、逆に誰も見ていなかったり呼びかけていなかったりして、陳述や応答など隣接ペア第一部分ではない発話をすれば、聞き手のうちでTRPにおいて真っ先に話し出した者が次話者になる。この場合、どの聞き手も同様に次話者になる権利が与えられることになる。

しかし、Sacksらは次のようにも指摘する。会話参加者が3人以上の時、順番順序に偏りが生じる。「直前の話し手が次の話し手に」なりがちだという。これを高梨(2016)は「二者間バイアス」と呼んでいる。例えば、3人(A,B,C)の会話において順番にA→B→CやC→B→Aなど、3人が順番に話者交替を行うのは珍しい。往々にして、A→B→AやB→A→Bなどのように、直前の話

し手が次の話し手になりがちだというのである。この時、3人目(C)に話者交替の機会がなく、会話から取り残されてしまうことになる。

榎本・伝(2006)では、3人会話において同じ2人がやり取りを継続するケースが約4割(256発話交換のうち104回)あるとしている。こういった場合、3人目はいかにしてターンを取ることができるのだろうか。本研究では、多人数会話のうち3人話を対象とし、二者間バイアスにより会話から取り残された3人目(C)がどのような発話内容によって再び話者交替に参加するか明らかにする。

2. 方法

2.1 分析資料

千葉大学の学内にあるラウンジ施設で収録された、大学生・大学院生・ポスドクを含む友達同士の3人の日本人グループ12組分を分析資料とする。1組あたりの会話は約9分30秒であり、計約2時間となる。各セッションの開始前にサイコロを振って話題(「情けない話」「ビックリした話」「びびった話」「恋の話」「腹の立つ話」「当たり目(「臭い話」か「大事件」)」)を決めたが、参加者はその話題に固定されることなく、自由に話題を変えて良い旨が教示された。

2.2 二者間バイアスの抽出方法

会話に参加する参加者3人(A,B,C)中の2人(A,B)が2回以上発話交換した後、残る1人(C)が発話する箇所を抽出すると、94箇所あった。抽出例としては図1の様に、A,B,Cの3人会話で、Aさん「高校のときは文化部だったの?」、Bさん「ううん、運動部だったよ」、Aさん「何やってたの?」、Bさん「ハンドボールだよ」と、A,Bの会話のキャッチボールが2回以上あった上で、Cさん「僕も高校ハンドボールしてた」のような3人目(C)の発話を抽出する。また3人目以外の会話を行なっている2人(A,B)を他の2人とする。

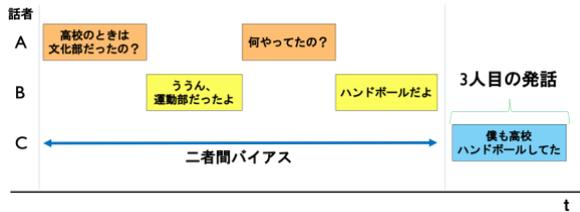


図 1 二者間バイアスの抽出方法

3. 分析 1 : 3 人目の発話の分類

3.1 目的

二者間バイアスにより会話から取り残された 3 人目が、どのような発話内容によって会話に再び参加しているのかを明らかにする。

3.2 方法

図 1 にて抽出した 94 箇所 の 3 人目の発話の内容に応じて分類を行う。

3.3 結果

分類の結果、表 1 のような 12 種の発話内容に分類することができた。12 種の発話内容の生起頻度は図 2 のようになった。この中でも使用されやすい上位 3 種の発話内容について以下に詳述する。

表 13 人目のターン取得発話の分類

| 名称 | 内容 |
|-----------|-----------------------------------|
| 詳細化 | 先行する発話に出てきた言葉を用いてより詳しい内容を聞き返す |
| 別の切り口の導入 | 二者が話している内容とは異なる視点を提供する |
| 宛先取得 | 話し手が視線によって第三者を次話者に選び、選ばれた第三者が発言する |
| 知識依存 | 自身が持っているより詳しい知識を話す |
| 独り言 | 低いトーンで視線を誰にも向けず、独り言を挟む |
| 状態変化 | 話りの進行性を優先する発話 |
| 投擲 | 誰に向かってでもなく、自分の意見や感想を無責任に差し挟む |
| セカンドストーリー | 二者が会話している内容に類似した体験談を語る |
| 評価的発話 | 二者が会話している内容を評価する |
| 修復 | 話の理解において生じたトラブルを修復する |
| 要約 | 二者が話している内容を要約する |
| やじ | 二者が話している内容にやじをいれる発話 |

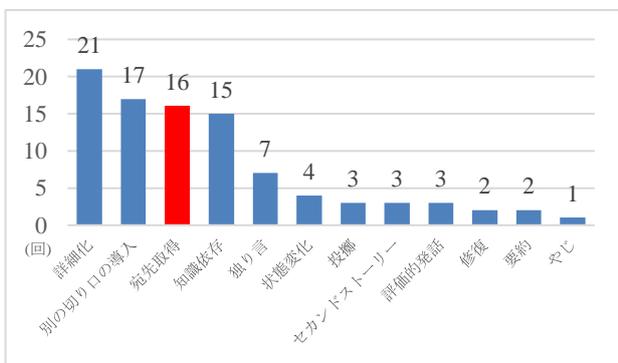


図 2 ターン取得発話の生起頻度

3.3.1 詳細化

先行する発話に出てきた言葉を用いるなどし、より詳しい内容を聞き返すものを「詳細化」とする。

事例 1 では、A と B が「ウィーン」について話している。また、日本人がカフェで「ウイナーコーヒー」をよく頼むなど会話を行なっているため A と B の二者間バイアスとなっている。01 では A が、ウイナーコーヒーは正規の名称ではないが日本人がよく言うと話している。08 では B も、「名前が違う」と同意の旨を示している。そこで C が「ウイナーコーヒーって(0.108)クリームがくるくるって乗ってるやつですか」(11)と、二者の会話で出てくる「ウイナーコーヒー」を用いてウイナーコーヒーについて詳しい確認を行なっている。

事例 1 : 0632[01:13.494~01:30.251]

- 01 A よっぱ[ど日本人はウイナーコーヒーって言うんでしょ[う[ね
- 02 B [<笑>
- 03 B [よ[ろしく
- 04 C [(L_ふうん)
- 05 A カフェコンバーナとかあの辺[がそう [なるかな
- 06 B [(L_うん) なん[か: そう
- 07 C [(L_ふうん:]
- 08 B [名前が違う
- 09 A (D_[ト)そ[う
- 10 C [(L_え)
- 11 C [ウイナーコーヒーって(0.108)クリームがくるくるって乗
ってるやつ[ですか
- 12 B [(L_うん)
- 13 A [(L_(W_アン)うん))(L_うん)(L_うん)
- 14 C [(L_あー:)
- 15 A でもあれはね(0.244)勝手に日本人が命名したんだよね

3.3.2 別の切り口の導入

二者で話している内容とは異なる視点の話題を提供するものを「別の切り口の導入」とする。

事例 2 では、B が A を合唱団に勧誘するため話している。そこで A が所属するサークルの縛りが厳しく入れないことについて話しているため、A と B の二者間バイアスとなっている。02 で A はサークルだが真面目に取り組む人が多いと話している。それらの会話を聞いた C は 11 で、「サークルってここどこに(T_センビ|線引き)(0.163)どこで線引きするか難しいよね」と、サークルと部活動の線引きについて会話の視点をうつしている。

事例 2 : 0332[02:07.662~02:23.626]

- 01 B でも:たしかにいないと(D_ん)迷惑が[かっちゃうよ[うな:[活動だよ
- 02 A [(L_うーん) [やっぱみ

んな(0.197)かなり真面目な:気持ちで取り組んでるらしく

03 C [(L_うん)

04 C [(L_ふ_うん)

04 B (L_へ[え:]

06 A [(L_あ)すいませ[んって

07 C [(L_ふん)

08 A <笑>

09 B そうなん[だ

10 C [<声>

(1400)

→11 C サークルってこうどこに(T_センピ-|線引き)(0.163)どこで線引きする

か難しいよ[ね

12 A [(L_うん)

13 B [(L_うーん)

3.3.3 宛先取得

二者間バイアスのうちどちらか片方が、視線によって第三者(3人目)を次話者を選び、選ばれた第三者(3人目)が発言することを「宛先取得」とする。

事例3では、アイワとソニーの会社についてAとBが話している。そのためAとBの二者間バイアスとなっている。Bが05の発話をした直後の「ね:」(06)と発話する際に、視線をCに向け確認を行なっている。Bからの宛先を受け取ったCは07にて発話を行なっている。

事例3 : 0232[05:02.196~05:11.902]

01 A アイワとソニー

02 B アイワ入るの

(622)

03 A 入らないよ

04 A つぶれちゃうじゃん

(813)

05 B アイワつぶれないでしょう

06 B ね:

(1190)

→07 C どうなんだろうね:

08 B どっかつぶれんの

3.4 考察

94箇所のうち「宛先取得」(17%)を除く発話内容(83%)が自ら率先してターンを取得していることがわかる。また、「宛先取得」は二者間バイアスの2人の片方が宛先に選んでくれたことで次話者として選択されている。そのため「宛先取得」は最も自然で話者交替規則に基づくものである。

4. 分析2 : 二者間バイアス中の相槌・頷き

4.1 目的

二者間バイアス中における聞き手の振る舞いである相槌と頷きについて、3人目(C)と他の2人(A,B)の打ち方に違いがあるのかを明らかにする。本研究では聞き手反応の相槌と頷きの出現位置をより詳しくするために、「発話内」と「発話末」に分けて分析を行う。

4.2 方法

3人目(C)の発話の前にある他の2人の2交換以上の発話対を相槌・頷きの抽出区間とする。例として図3では、3人目の発話が「おなかいっぱいだよ」であり、他の2人の発話交換が「たくさん焼くと消火がおそくなるんだって」「それどっちがいいんだろうね」「遅くならないほうがいいんじゃない」「遅くならないほうがいいの」と続いている。この他の2人の発話対を抽出区間とする。続いて発話内と発話末について説明する。助動詞や終助詞より前に相槌や頷きがくると、発話末とする。助動詞や終助詞より前に相槌や頷きがくると、発話内とする。また助動詞や終助詞と重複しても、発話末とみなされると、榎本(2009)で示している。例として、図3の「たくさん焼くと消火がおそくなるんだって」の「て」付近に出現したらターン末とし、「て」以前に出現したらターン内とする。

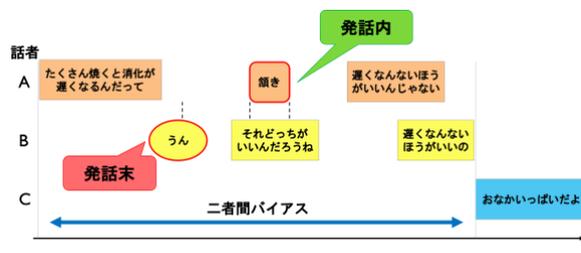


図3 相槌・頷きの抽出区間

本研究では聞き手の振る舞いとしての相槌・頷きに注目しているため、話し手による相槌や頷きは含まないものとする。

4.3.1 相槌の結果

二者間バイアス中における相槌についての分析結果は、3人目が図4、他の2人が図5のような結果となっている。そして図4より、3人目は発話内88回・発話末88回と同じ割合で相槌を使用しているため、発話内・発話末による使い分けがないことが分かる。一方で、図5より、他の2人(2人の合計)は発話内176回・発話末240回と発話末での使用回数が多いことから、発話末で多く相槌を打つよう使い分けしていることが

分かる。



図 4 3人目の相槌の打つ位置



図 5 他の2人の相槌の打つ位置

4.3.2 頷きの結果

二者間バイアス中における頷きについての分析結果は、3人目が図6、他の2人が図7のような結果となっている。そして図6より、3人目は発話内73回・発話末55回と発話内でやや多く使用していることが分かる。一方で図7より、他の2人(2人の合計)は発話内312回・発話末134回と3人目よりも多い割合で発話内での使用回数が多いことから、発話内で多く頷くよう使い分けしていることが分かる。

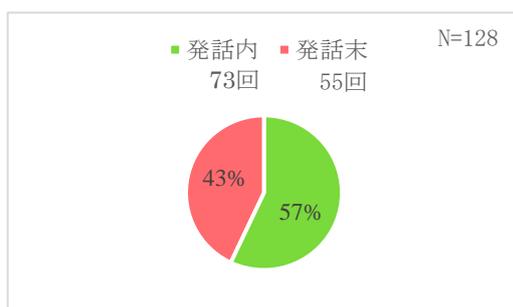


図 6 3人目の頷く位置

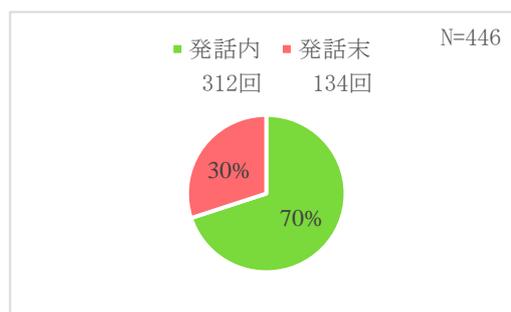


図 7 他の2人の頷く位置

4.4 考察

二者間バイアスによって取り残されている3人目の相槌は、発話内・発話末の使い分けがないことがわかる。しかし他の2人では発話末で相槌、発話内で頷きという使い分けがなされている。他の2人のうちの聞き手は発話末で話者交替することが期待されるため、ターンを取らないときには明示的に相槌によってそれを示す必要があるからだと考えられる。

5. 分析3：二者間バイアス区間の事例分析

5.1 目的

分析3では二者間バイアス区間で、なぜ3人目が話せないのかの事例分析を行う。

5.2 方法

二者間バイアス区間を対象とし、会話の構造を詳細に分析する。

5.3 結果

「共有知識」、「連続質問」、「隣接ペア第一部分-挿入連鎖-応答-隣接ペア第二部分」の3つの構造が顕著であった。以下に詳述する。

5.3.1 共有知識

01~44はAとBが昨日の夜課題をやっている、それを無事提出できたという話が続いている。この共有知識をもたないCは会話に参加することができていない。44でAとBの共有知識に関する話題は終了したと見えたが、46でBが再び「どこでやったの」とこの話題の続きを話し始めたため、Cはまた参加できない。しかし、51で再び話題が終了し、52,53でCが「(I-え)今週だれだったの」というその話題を掘り下げる質問という形で会話に参加している。

事例4：0332[04:36.570~05:14.316]

01 A わたしもきのう寝てた

02 A ごめん<笑>

03 B ごめん

- 04 B で[ごめんき[のうメール<笑>
 05 A [<笑> [(L_うん)
 06 C [<笑>
 07 A いや
 08 A [(F_あのね)(0.138)送った直前まで寝て[た あ[たし[がも<笑>
 09 B [ごめん [<笑>
 10 C [<笑>
 11 A (L_は)やんな[きやって<笑>
 12 B [<笑>
 13 B <笑>
 14 B なんか予知した:
 (925)
 15 A <笑>
 16 B (L_ふう)(D_ア)
 17 A (L_はあ)
 (1000)
 18 B やば[かった
 19 C [(L_うん)
 20 B メール三件も来てた
 21 A ほん[とう?<笑>
 22 B [<笑>
 23 C [<笑>
 24 A 忙しいじゃん<笑>
 (1617)
 25 B でもちゃ[んと:ちゃんと出したよ
 26 C [<声>
 27 A わたしも出[したよ:
 28 B [(L_うん)
 29 B わりと余裕持って終われ(0.197)[た
 30 A [ほんとう?
 31 A あたし[:ぎ [りぎりだ[った
 32 B [(L_うん)
 33 C [(D_ン) [(D_ア)
 34 B そ[う
 35 A [+分(,)]前:だよ
 36 C [<声> [(D_ア)
 37 A ここに来る<笑>
 38 B (L_あっ)
 39 B 出[したのはわ[たしも今出してきたん[:だけど:
 40 C [<笑>
 41 A [(L_うん) [(L_(W_アーン)うん))
 42 A いや終わったの
 43 B 終わった[た[の
 44 A [<笑>

- 45 C [(L_ふん)
 46 B どこでやってたの
 47 B <笑>
 48 A 五階で(0.276)[実験 [室でやっ[てた
 49 C [(L_あー) [(L_ふん)
 50 B [(L_あー)
 51 A ずっと
 →52 C (L_え)
 →53 C 今週だれだったの
 54 A (W_コシ[今週)(R_山形)さん]
 55 C (L_うん)
 56 B (L_うん) そうそう
- ### 5.3.2 連続質問
- これは高梨(2002)が、質問者と応答者という参与役割が一定期間継続する現象として指摘しているものである。応答者は明示的にアドレスをしているわけでは無いが、質問者が次の質問をするという発話権を取りやすい状態にある。その結果として、質問者と応答者の2者間バイアスが発生する。
- 事例5では質問者がB、応答者がAとなり、この参与役割が2回ほど継続されている。会話から取り残されているCは、連続質問の継続期間中は相槌や頷きを打てていないことがわかる。そして、08のグルテンが何が正解かわからないと応答者Aが「麩麩グルテングルテングルテンドっから」と発話することで、正解を知っていたCが10で「(T_コー|小麦)」と発話しだす。ところが、AとBの発話に重複してしまったので、12でCはそれをもう一度やり直し、「グルテン小麦粉:です[ね]とようやくターンをとっている。
- 事例5 : 0732[07:07.072~07:18.503]
- 01 B 麩てお麩のこと?
 02 B (D_ア)だよ[ね
 03 A [そう麩麩麩
 04 B あれおすましに(D_ヌヌ)(0.385)浮かべるやつだよ
 05 A だけど生麩とかおいしいよ
 06 B あれ何で出来てん
 07 B 大豆
 08 A [麩麩グルテングルテングル[テンどっか[ら<声> (L_うん)
 09 B [(L_あ) [グルテンか
 10 C [(T_コー|小麦)
 11 B [じゃ
 →12 C [グルテン小麦[粉:です[ね [:
 13 B [小麦だ
 14 A [小麦[粉

15 B (D_ト)

5.3.3 挿入連鎖

事例6ではゼミの発表について話している。はじめに01,02でBが何分くらい発表だったのかAに質問している。しかしAは何の発表のことかわからなかったため、03で挿入連鎖としてBに聞いている。それに対し、04でBはゼミの発表のことだと発話している。05でBの質問の意図を理解したAは最初の01,02のBの質問に回答している。しかしAは04Bの発話から0.755sの間をあげ、さらに応答の際に、「ゼミ:(0.897)きょう二十分ぐらいかな」(05)と0.897sの間を空けている。そこで同じゼミを受けていて内容を知っているCが、この0.879sの間の0.158s経過後にAに代わって、06で「きょう長かったね」と発話を行うことができる。

事例6 : 0232[02:30.349~02:39.770]

01 B きょうの発表はどうだったの

02 B 何分ぐらい発表[したの

03 A [発表って何が

04 B ゼミ

(755)

05 A ゼミ:(0.158)[(0.739)きょう二十分ぐらいかな

-06 C [きょう長かったね:

(992)

07 B (W_ショリ一人)で?

08 A (L_うん)

5.3 考察

複数の二者間バイアス事例を分析した結果、「共有知識」、「連続質問」、「挿入連鎖」の3つの構造が明確となった。「共有知識」に基づいて話している2人がその話をし続けている間は3人目は入ることができない。また、「挿入連鎖」や「連続質問」において、次の話者が特定されている時には3人目は入ることができない。

「共有知識」の話が終結して3人目は話者交替に参加できるようになる。「挿入連鎖」「連続質問」において、答えるべき人が応答に詰まると3人目は代わりに答えることでターンをとることができる。

6. 考察

本研究では二者間バイアスを分析することで、会話から取り残された3人目が、再び会話に参加する方法を、相互行為分析により明らかにした。

3人目の発話の分類では、12種に分類することがで

きた。12種のうち「宛先取得(17%)」を除く11種(83%)が自ら率先して特殊なやり方でターンを取得していることが明らかとなった。しかし、「宛先取得」には「話し手からの宛先+11種(宛先取得を除く)の発話内容」となっている事例も存在していたため、今後の課題として「宛先取得」内の詳しい分析も行う。

二者間バイアス中の相槌・頷きでは、二者間バイアスにおける他の2人は、相槌・頷きの使用位置に使分けがあることが明らかとなった。これに対し3人目は、使用位置による大きな使い分けは見られなかった。また、3人目は他の2人に比べ発話末に相槌を打つことから、3人目であることを示し、自らバイアスに割って入らないということを示しているとも考察できる。

二者間バイアスの事例分析では、現段階においてバイアス区間内に3種類の構造があることが明らかとなった。「共有知識」から取り残された3人目はその話が終わるまで参加できない。「挿入連鎖」「連続質問」など連鎖構造上、宛先が特定される場合も宛先にならない3人目は参加できないということが明らかになった。しかし、今回の分析では複数の事例しか分析できていないため、今後の課題として残りの事例も分析を行う。

文献

- [1] Sacks, H., Schegloff, E. A., & Jefferson, G. (1974) "A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation. *Language*", 50(4), 696-735.
- [2] 高梨克也, (2016) "基礎から分かる会話コミュニケーションの分析法", ナカニシヤ出版.
- [3] 榎本美香・伝康晴, (2006) "3人会話における発話交換構成員の推移の分析", 社会言語科学学会大17回大会論文集, pp.12-15.
- [4] 榎本美香, (2009) "日本語における聞き手の話者移行適格場の認知メカニズム", ひつじ研究叢書 言語編.
- [5] 高梨克也, (2002) "会話連鎖の組織過程における聞き手デザインの機能", 社会言語科学会第10回研究大会予稿集, pp.191-196.

この発表は取り消しとなりました.

この発表は取り消しとなりました.

この発表は取り消しとなりました.

この発表は取り消しとなりました.

この発表は取り消しとなりました.

この発表は取り消しとなりました.

視覚復号型秘密分散暗号の復号に要求される重ね合わせ精度 Required Overlay Accuracy for Decryption in Secret Sharing Visual Cryptography

大槻 正伸[†], 小泉 康一[†]
Masanobu Ohtsuki, Koichi Koizumi

[†]福島工業高等専門学校
National Institute of Technology, Fukushima College
ohtsuki@fukushima-nct.ac.jp

概要

視覚復号型秘密分散暗号は、文字などが描かれた元情報の画像を数枚の画像に分けて暗号化し、そのうち何枚か(または全部)を集めて重ね合わせることで元の情報が復元できるものである。重ね合わせにより復号化された元情報の文字などの認識は人間の視覚的な認知能力によりなされる。

本研究では、復号に要求される画像の重ね合わせ精度を定量的に測定し明らかにするものである。

キーワード：秘密分散, 視覚暗号, (K,N)しきい値法

1. はじめに

視覚復号型秘密分散法の (K,N) しきい値法とは、文字や絵などの視覚情報を N 枚の画像情報に分け、そのうちの K 枚でも集めて画像を重ね合わせると元の情報が視覚的に復元できるが、どの(K-1)枚以下集めても元の情報を復元できないという暗号方式であり、Naor と Shamir により提案された[1].

以下本研究では(K,N)=(2,2)しきい値法を扱う。

(2,2)しきい値法の簡単な例を図1に示す。図1では、「×」が描かれた元画像があるが、この画像情報を、画像 A と画像 B の N(=2)枚に分割する(分割方式については後述)。画像 A, B は例えば、透明シート等に印刷する。K-1=1 枚の画像 A, あるいは画像 B だけを見ても「×」の情報は得られないが、K(=2)枚を重ね合わせると、元の「×」の情報が視覚的に得られる。図1では画像 A, B のドットの重ね合わせを「+」で表している。

この「+」は、各点の 0 (白), 1 (黒) の論理和 (OR) と解釈することもできる。

さて、実際に本論文のこのページを OHP シート等の透明なシートにコピーし、透明シートの画像 B (A) を元のページの画像 A (B) に正確に重ねると、「×」が浮かび上がることが確認される。しかし、この 2 枚の画像 A, B を、「×」が認知できる程度に正確に重ね合わせるには、慣れないと少々苦勞すること、また完全に重ね合わせれば「×」が認知されるのは当然であるが、重ね合わせが不完全でも、ある程度正確に重ね合わせ

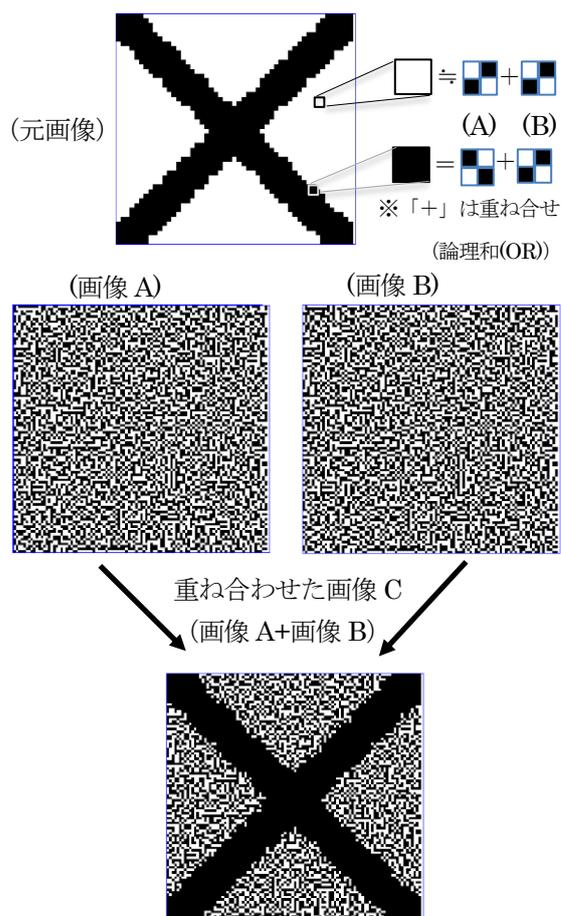


図1 (2,2)しきい値法視覚暗号の例
($(rwc, rbc) = (0.5, 1.0)$)

れば黒色の文字でなく、やや光ったような感じの「×」の文字が認知されることも体験できる。それでは、元画像の文字情報「×」を認知できるためには、どの程度正確に画像 A, B を重ね合わせなくてはならないかを定量的に調べるのが本論文の目的である。

以下で、(2,2)しきい値法について、および本論文の背景について簡単に説明する。

図1に示す通り、画像の1画素(小さな口の領域1つ、これを以下「1ドット」とよぶこととする)に対し、その2×2領域(小正方形)への分割(田)を考える。

1 ドットが白 (□) であれば, 2×2 分割のうち2つを (通常ランダムに) 黒として, このドットの画像 A における情報=このドットの画像 B における情報とする。

そうすると, 画像 C=画像 A+画像 B (A,B の重ね合わせ) とすると, 画像 C におけるこのドットは1ドット領域の 50%が白, 50%が黒となる。

同様に, 黒のドット (■) の場合, その 2×2 の分割 (田) で, 画像 A における場合, ランダムに2つ黒とし, 画像 B における場合, 画像 A での白黒を反転したものにす。そうすると, 重ね合わせた画像 C では, このドットは1ドット領域の 100%が黒となる。

このようにすると, 画像 A, B では, ともに白ドット (□) の部分も, 黒ドット (■) の部分も, ランダムに 50% (2個/4小正方形) が黒であり, 画像 A のみあるいは B のみでは元の「×」の情報は得られない。しかし, 画像 C=画像 A+画像 B の重ね合わせとすると, 画像 C では「×」が視覚的に認知される (以下「画像 A」, 「画像 B」, 「画像 C」は上の意味で用いる (分割暗号化した画像を A, B, 重ね合わせた画像を C とする)。

人間の視覚においては, 50%黒のドットが集まった領域と 100%黒のドットが集まった領域は明瞭に区別でき, 重ね合わせにより「×」の情報が復元されることになる。ただし, 元画像で白い領域の部分は, 画像 C では完全に白ではなく, 全体として画像 C は元画像とは異なるが, 人間の視覚認知能力により元の文字等の情報が認識されることになる。

このように, この程度の文字や大雑把な絵などに限定すれば, 情報はこの方式により, 画像 A, B に暗号化され, 1つの画像のみでは意味をなさず, 重ね合わせにより復号ができる暗号システムとして成立している。実際には相当細かい絵のカラー画像に関する暗号システムも構築されている[3]。

さて, ここで一般的に M を画像 (A, B, または C) とするとき, rw_M を「元画像の白の1ドット (□) を表現する際の画像 M におけるドットの黒の割合」, rb_M を「黒の1ドット (■) を表現する際の画像 M における黒の割合」とする。上の例では $(rw_C, rb_C)=(0.5, 1.0)$ である。そして $(rw_C, rb_C)=(0.5, 1.0)$ であれば, ある程度大きな描画平面に描かれた「×」「○」「+」「◎」程度の文字は十分認知, 識別可能である。そして, $(rw_A, rb_A)=(rw_B, rb_B)=(0.5, 0.5)$ であるから, 画像 A, または B のみでは, 何の情報も得られず, 暗号システムとして成立する。

この視覚復号型暗号について,

(1) 暗号システムとして成立するための (rw_C, rb_C) , (rw_A, rb_A) , (rw_B, rb_B) の条件

(画像の黒部分の密度の条件: どの程度の白黒の割合で, 文字が認識できるか, また認識できなくなるか, ひいては暗号システムとして成り立つか, 成り立たないか)

(2) 復号化に必要な空間的精度の条件

(復号する際の重ね合わせの精度の条件)

(3) 復号するのに必要な時間的精度の条件

(画像 A を固定し, 画像 B を例えば真横右におき, 左にスライドしていくとある時間文字が認識できる。スライドする速度と認識可能性, 認識時間の関係等)

等については認知科学的にはほとんど調べられていないのが現状である。従来の視覚復号型暗号の研究は, 基本的に, 「元画像の各ドットを, 一般的に $n \times n$ 分割し, どのように白黒を組み合わせれば暗号システムとして成立するか」等の組み合わせ数学的研究が主であり, 暗号システムとして成立するための条件についての認知科学研究はほとんどなされていない。

そこで, 上記(1)の条件すなわち, (rw_C, rb_C) , (rw_A, rb_A) , (rw_B, rb_B) が上記の値以外のところで, どのような値であれば視覚複合型暗号として成立するかを認知科学的実験により調べたのが[4]である。

今回の研究は, 上記(2)の復号のための画像 A, B の重ね合わせに要求される空間的精度を認知科学的に調べるものである。これは, この種の視覚復号型暗号を紙や透明シートに印刷し, カードゲームなどに使用する際, プレーヤーが2枚のカードを合わせて文字等カードの種類を認識する場合の復号しやすさ, 復号しやすくするための指針も与えることになる。

2. 実験プログラムの設計

まず, 図2の実験用プログラムを作成した。図2では, 画像 A, B が正確に重ね合わされ「○」が現われているところである (画面の一部が示されている)。

この実験用のプログラムでは,

(1) n : 1ドット (□) の一辺の分割数 (i.e. 1ドットは $n \times n$ の小領域に分割する。

$n=2$ の場合 □→田と分割する)

(2) $L[\text{cm}]$: 1ドット (□) の一辺の長さ

(3) rw_C と rb_C (前節参照)

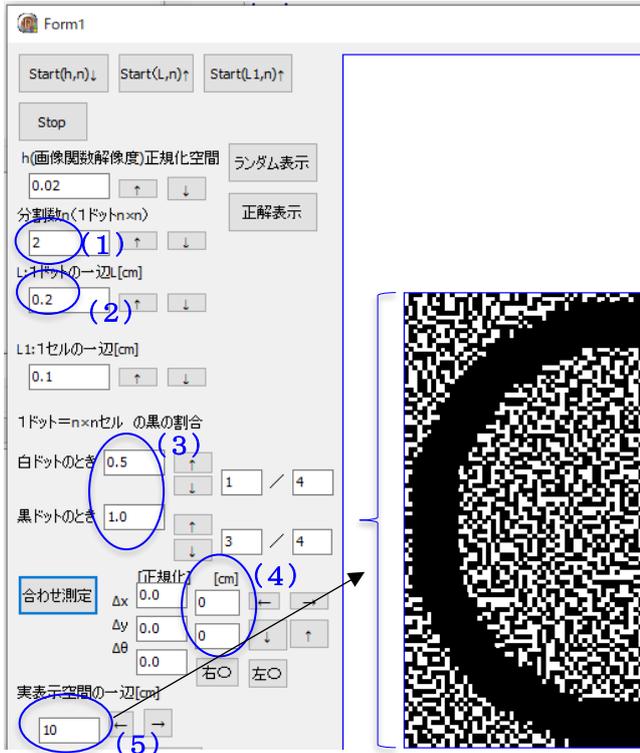
(4) 画像 A (固定) に対して画像 B をどの程度ず

らすか。

$\Delta x, \Delta y$: x 軸, y 軸方向にずらす量[cm]

(5) 画像全体を表示する画面の一边の長さ[cm]
等が設定できるようになっている。

そしてプログラムでは、今回は表示画面に「○」
「×」「+」「■」「◎」のうちの 하나가表示できるようになっている。



- (1) 1ドット1辺の分割数
- (2) 1ドットの1辺の長さ L[cm]
- (3) r_{wc}, r_{bc}
- (4) 画像Aに対する画像Bのずらし量 (Δx [cm], Δy [cm])
- (5) 画像全体の表示画面の一边の長さ[cm]

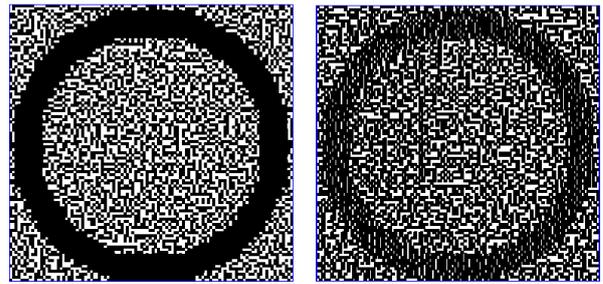
図2 実験用プログラム画面

3. 実験方法

次のような条件で実験1, 実験2を行った。

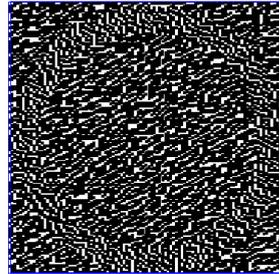
【実験1】(図3(上))

- ① $n=2$ (1ドットを 2×2 の小領域に分割)
- ② $L=0.2$ [cm] (1ドットの1辺)
したがって1小正方形は1辺 0.1 [cm]
- ③ $r_{wc}=0.5, r_{bc}=1.0$
- ④ $\Delta x, \Delta y$ を -0.2 [cm] ~ $+0.2$ [cm] の間で, 0.02 [cm] 間隔で動かして「○」の見え方を評価した。
- ⑤ 表示画面の一边 = 10.0 [cm]
- ⑥ ディスプレイと被験者の顔(両眼(瞳の中心)の乗

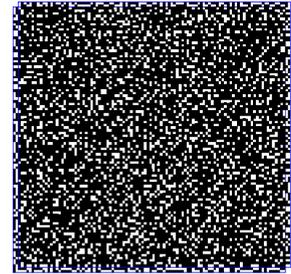


(A) $\Delta x=0.00$ [cm]
 $\Delta y=0.00$ [cm]

(B) $\Delta x=0.04$ [cm]
 $\Delta y=0.00$ [cm]

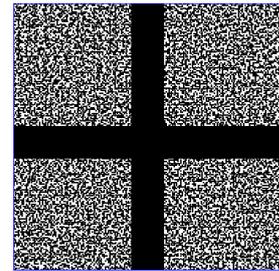


(C) $\Delta x=0.09$ [cm]
 $\Delta y=0.04$ [cm]

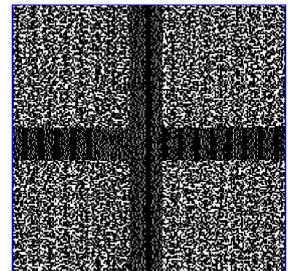


(D) $\Delta x=0.2$ [cm]
 $\Delta y=0.2$ [cm]

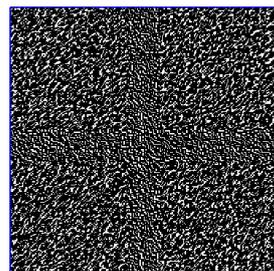
【実験1】



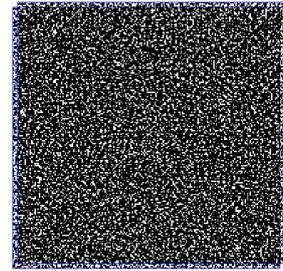
(A) $\Delta x=0.00$ [cm]
 $\Delta y=0.00$ [cm]



(B) $\Delta x=0.02$ [cm]
 $\Delta y=0.00$ [cm]



(C) $\Delta x=0.04$ [cm]
 $\Delta y=0.04$ [cm]



(D) $\Delta x=0.2$ [cm]
 $\Delta y=0.2$ [cm]

【実験2】

図3 実験用プログラムの実行画面例

る平面)との距離=70[cm], ディスプレイと両眼の乗る平面は平行とした。

- ⑦ 表示文字は「○」とした。

実際の表示画像の例は図3(上)のとおりである。
(いくつかの $\Delta x, \Delta y$ について, 表示画面のみを縮

小して示してある)。

【実験2】(図3(下)) 実験1と同様であるが、

① $n=4$, ⑦表示文字は「+」とした

(したがって、1小正方形は1辺0.05[cm])

それ以外の条件は実験1と同じとした。

なお、予備実験で⑦の条件を「○」としてもほぼ同様の結果が得られることをいくつかの $(\Delta x, \Delta y)$ で確認してある。

図3の例を見ると、(A) $(\Delta x, \Delta y) = (0.00, 0.00)$, i.e. ずらしなしの場合は、明瞭に「○」「+」が認知されるが、

(B) $(\Delta x, \Delta y)$ が少し増加すると元画像が薄れ始め、も

う少し増加すると、(C)白黒反転したような文字(「○」や「+」)が現われ、(D)さらに増加しx,y方向に1ドット分ずらすと、当然ながら元画像の情報が全く認知できなくなる。なお、この(A)(B)(C)(D)の現象は他の文字「×」「+」等でも同様に起こることが確認されている。

さて、被験者Oが、前記の条件で実験を行った。

いろいろな $(\Delta x, \Delta y)$ (前述の通り $\Delta x, \Delta y$ ともに $-0.2[cm] \sim +0.2[cm]$, 0.02[cm]間隔で動かして)「○」「+」に対し、表示画面に $(\Delta x, \Delta y)$ だけずらして重ね合わせた画像を表示し、全く文字等が認識できない場合を0として、認識できた場合その明瞭さを5段階評価した

(1:ほんの少し認識できる \leftrightarrow 5:明瞭に認識できる)。また、文字が図3(C)のように白黒逆転してなんとか認識できる場合を-1として記録することとした。白黒反転して認識できる場合は、いずれの場合も微妙であり、明瞭には認識できなかったため、見え方に差をつけず記録としては-1のみとした。

4. 実験結果

図4に実験結果を示す。図では、濃い青色(5)ほど明瞭に元の画像を認知できること、濃い青 \rightarrow 青 \rightarrow 深緑となるほど認知できにくくなることとして示してある。赤色は全く認知できなかったこと(0)を、灰色は白黒反転したような元画像が認知できたこと(-1)を示す。図4を見ると、以下のことが示唆される。

- (1) 明瞭に(レベル3以上程度に)元画像情報を認知するには、小正方形の1辺の半分($L/2n$)以下程度の正確さで、画像A,Bを重ね合わせる必要がある。
- (2) 白黒反転して、ぼんやり元画像が認知できる領

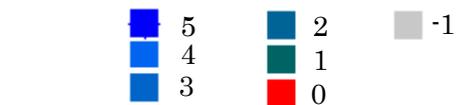
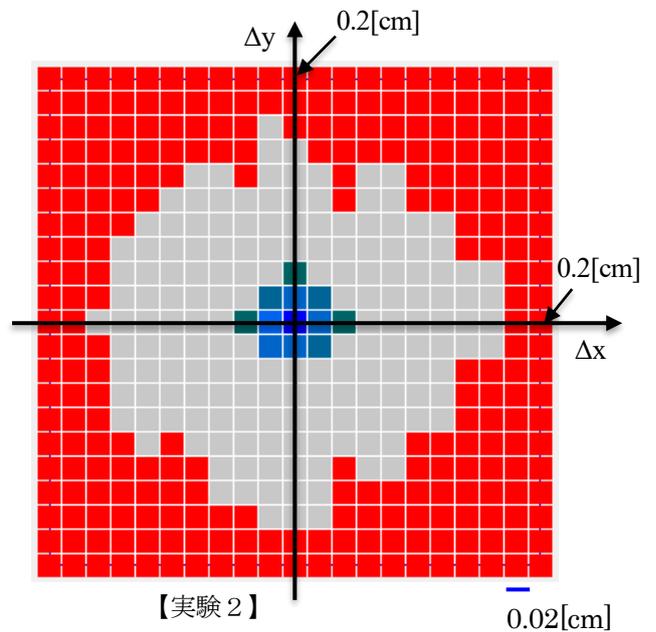
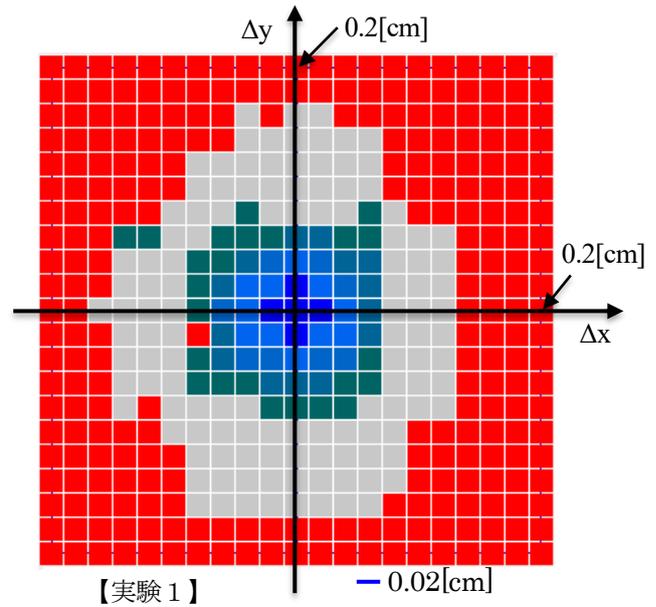


図4 実験結果 ((上) 実験1, (下) 実験2

域がある。そしてそれは $(\Delta x, \Delta y) = (0,0)$ を中心に、半径 $L/2$ 程度の範囲のずれまで広がっている。

したがって、明瞭に元画像を知覚できなくとも、ぼんやりながら認知できる領域(レベル2, 1, -1)がある程度の大きさで存在する。

ただし、これらはこの2つの実験結果により示唆される推論であり、これを明確に主張するにはさらに詳しい実験が必要となると考えられる。

従来の視覚復号型暗号の研究においては、正確に画像を重ね合わせれば元画像の情報が得られること等を数学的に議論していたため、上記(2)についてのようなことは考慮されていなかった。(2)は今回見つかった新しい知見と考えられる。実際に、図1の「×」の画像についても(透明シートコピー等で重ね合わせることにより)実際に(2)の現象を確認することができる。

さて図1の「×」の場合、元の画像は1辺10.0[cm] (正確にはx軸方向は10.0の点からもう1ドット描いているから10.2[cm])それを、縮小して、画像を論文に貼りつけてあり、A4用紙に印刷すると、3.35[cm]となるから、 $3.35/10.2=0.33$ 倍に縮小されている。

したがって、1ドットの1辺は $0.2[cm] \times 0.33 = 0.066[cm]$ 程度となり、画像A,Bを重ね合わせて、明瞭に「×」が認識できるようにするには、x軸、y軸方向とも、 $L/2n=0.066/4[cm]$ 程度、すなわち、 $0.01\sim 0.02[cm]$ 程度の精度で重ね合わせる必要があることが今回の定量的な測定から見積もることができる。

4. 結言および今後の課題

視覚復号型暗号で特に(2,2)しきい値法において、元画像の文字等の情報を得るには、画像A,Bをどの程度正確に合わせる必要があるのか(復号化に必要な空間的精度)について、心理物理学の実験により測定した。おおよそ、縦方向(y軸方向)、横方向(x軸方向)ともに、ずれを $L/2n$ 程度以下に抑える必要があることが推定される結果となった。

また、「白黒反転での微妙な元情報再現領域」もあることが分かった。

今後の課題としては次のことがあげられる。

- (1) より多くの条件(n, Lの条件, 元情報の文字の細かさ等の条件で, 他の被験者の実験)でも, 同様のことが成り立つことを確認すること。
- (2) 画像Aに対して, 画像Bを回転してずらした場合についても今回同様の実験を行うこと。
- (3) 白黒反転での微妙な元情報再現の現象について数学的に理由を明らかにすること。
- (4) 2つの画像を(不完全に)重ね合わせた画像を与え, 人間が知覚する文字等を計算するアルゴリズムを設計し, 視覚復号型暗号におけ

る人間の認知過程と同様の機能をコンピュータに組み込むこと。

- (5) 復号するのに必要な時間的精度の条件(1節参照)について調べること
等があげられる。

文献

- [1] M.Naor,A.Shamir(1990),“Visual Cryptography”, (Advance in Cryptography-EUROCRYPT'94), Lecture Notes in Computer Science Vol.950, Elsevier,pp.1-12,
- [2] 視覚復号型秘密分散法
<http://ohta-lab.jp/users/mitsugu/research/VSSS/main.html>
(2021年4月8日現在)
- [3] 石原 武 (2003), カラー画像に対する効率的な視覚暗号の構成法, 筑波大学大学院 システム情報工学研究科修士論文, 2003
- [4] 大槻 正伸, 小泉 康一(2020) ” 視覚復号型秘密分散暗号と視覚認知能力”, 日本認知科学会第 37 回大会論文集 pp. 294-299

プレゼンテーション・トークの計画に聴衆との対話を組み込む足場としての漫才型スクリプトの提案と実践報告

Enhancing Dialogic Communication with Audience in Planning of Presentation-Talk through “Manzai” Script Method

鈴木 栄幸, 舟生 日出男, 久保田 善彦, 加藤 浩

Hideyuki Suzuki, Hideo Funaoi, Yoshihiko Kubota, Hiroshi Kato

茨城大学, 創価大学, 玉川大学, 放送大学

Ibaraki University, Soka University, Tamagawa University, Open University of Japan

hideyuki@suzuki-lab.net, funaoi@umegumi.net, kubota@kubota-lab.net, Hiroshi@kato.com

概要

プレゼンテーションのトーク構成において、情報伝達と媒介の視点を両立させ、両者を行き来できるようになるための訓練手法として漫才型スクリプト構成法を提案した。大学の授業においてこの手法を実施し、評価した。その結果、この手法により、トークの聴き手意識、内容の整理、新しいアイデアの創出が支援されることが示唆された。

キーワード: プレゼンテーション, トーク, 対話, 媒介者, 漫才型スクリプト

1. はじめに

プレゼンテーションは、自らのアイデアを複数の聴衆に向かって発信し、理解・納得してもらう活動である。プレゼンテーション活動は、大きく準備段階と実演段階（実際にトークをおこなう段階）に分けられる。準備段階は、さらに、説得メッセージの生成段階とトークの計画段階に分割できる。これらの段階は、全て多声的[1]である。メッセージの生成において話し手は、自分の提案に関連する人々の様々な声を想定し、それに答えるような形で説得のためのメッセージを構成する。この意味でメッセージの生成は、複数のステークホルダーとの対話をとおしてなされるのであり、生成されたメッセージには多くの声が内在化することになる。先行研究において筆者らは、このような仮想的対話に着目したメッセージ生成の訓練手法として漫画描画法を開発した[2]。

本研究では、先行研究において今後の課題となっていたトークの計画に着目し、その訓練の方法について考える。

2. トーク計画に関わる2つの視点

トークの計画とは、生成されたプレゼンテーションのメッセージをトーク（語り）のシーケンスに変換する

作業である（多くの場合、語りのシーケンスは、複数枚のスライドとその順序構成とともに構成される）。

トークの計画においてプレゼン作成者は、「情報伝達」と「媒介」の2つの視点に立ち、両者を行き来する必要がある。「情報伝達」とは、トークを進行させ自分の言いたいこと聴き手に正しく、漏れなく伝えようとする視点である。そのために、情報の提示順序、情報の整理と取捨選択、例示の選択、時間計画等が行われる。この視点が指向するのはメッセージである。これらの調整作業においても聴衆が想定されるが、それは主に「特性」（年齢、初期知識等）としての聴衆である。

一方「媒介」とは、話し手と聴き手の中間に立ち、両者を取り持つ視点である。具体的には聴き手に共感しながらトークを（仮想的に）聴き、そこから想定された聴衆の反応に対応する形でトーク内容を調整したり、トークに対して聴衆が興味を持ってくれるように、言葉を補足したり、注意喚起したりするような視点である。この視点が指向するのは話し手と聴衆のコミュニケーションである。ここでは、聴衆の特性ではなく、そのような特性を持つ聴衆の具体的な反応や感情が想定される。

この2つの視点の間を行き来することで、話し手は、メッセージは効果的なトークに変換することが可能となる。

伝統的なプレゼンテーション教育では、トークの構成においては「情報伝達」の視点が強調されてきた。すなわち、メッセージを正確に、論理的に、確実に伝えることが重視されてきた。しかし、ここまでの議論に立てば、「情報伝達」と「媒介」の両立と交通（行き来）に着目したトーク訓練が要請される。

3. 漫才型スクリプト構成法

「情報伝達」と「媒介」の両立と交通（行き来）のた

めのトーク訓練の難しさは、学習者が2つの視点に立つとともに、どちらも蔑ろにしない形でそれらを一人の話し手の中で両立し、視点の行き来をコントロールしなくてはならないことである。つまり、情報を確実に伝達することも、聴衆の反応を予測してトーク内容を調整することも、プレゼンの初心者にとっては負荷の高い活動であり、その上、それらの2つの視点に同時に立って、その間を行き来しながらトークを計画することは、さらに難易度が高いと予想できる。訓練のための何らかの足場が必要となるだろう。

このために必要なことは、第一に、「情報伝達」と「媒介」を両立させるインタラクションのわかりやすいモデルの提示であり、もう一つは、一人で2つの視点に立つ負荷を軽減するような学習活動の提示である。

この2つを満たすものとして、本研究では、「漫才型スクリプト構成法」を提案する。この手法では、学習者のペアが協力して、それぞれのプレゼンテーションのトーク内容を、「しゃべくり漫才」のボケ役とツッコミ役の掛け合いとして再編成し、漫才台本(スクリプト)を構成し、(可能であれば実演してみる)。そして、その漫才型トークにおけるボケとツッコミの掛け合いを参考にそれぞれのトークプランを改良する。

しゃべくり漫才は、「ボケ」と「ツッコミ」の掛け合いで進行する漫才であり、基本的にボケは面白いことを言うことに専念し、ツッコミは、ボケの面白さが観客に伝わるように補足説明や反復、誇張をおこなう。また、聴衆の気持ちを汲み取って、聴衆の代わりにボケ役に質問したり、非難したりする。「ツッコミ役」の担う役割は、聴衆とボケ役の仲立ちであり、その意味で、プレゼンのトークの構成作業における「媒介」機能と同型だと考えられる。

漫才は多くの大学生にとってなじみのある芸能であるため、「ツッコミ役」の役割についてある程度知っており、インタラクションのモデルとして適していると考えられる。また、学習者は、訓練において、情報伝達と媒介の役割のどちらかを担当し、二人で話し合いながらボケとツッコミのセリフを考えるため、負担が小さくなる。役割を交代することで、学生は2つの視点を体験できる。二つの視点に立つこと、その視点を切り替えることが学習できると考えられる。

4. 漫才型スクリプト構成法の実践

本研究で提案した「漫才型スクリプト構成法」を大学

のプレゼンテーション論の講義において実施した。講義は Microsoft Teams を使ってオンライン実施した。登録者は大学 2-3 年生の 56 名、最終課題を提出した学生は 49 名であった。15 回の授業のうち、最後の 4 回を本実践に充てた。

【1回, 2回】説得型プレゼンの作成と実施

学生は一つの主張を決めて PowerPoint によるプレゼンテーションを構成した。ここでは、ステークホルダーの声を予想し対話することを支援するワークシートを用いて、プレゼンテーションメッセージの多声化を支援した。この2回の授業の最後に、学生をペアにして、互いのプレゼンテーションを聴く機会を設けた。

【3回】漫才分析と漫才型スクリプト作成

漫才の映像を視聴し、ボケとツッコミの役割分担、ツッコミの果たしている機能についてグループで議論させた。分析の材料として、漫才コンビかまいたちの漫才「クソ野郎」を使った。ネタの選定にあたっては、コント型でなく、しゃべくり型のネタで、かつ、ボケとツッコミの役割分担が明確であることを条件とした。

グループ議論の後、クラス全体で、各グループの分析結果の発表と総括をおこなった。クラスでまとめたツッコミ役の機能は、以下である。

質問：ボケの言葉に疑問をなげかける

誇張：ボケのいったことを、大きさに言い換える

反復：ボケがいった事を観客に向かって繰り返す

補足：ボケの言葉に注釈を加える

否定：間違いを指摘する

代弁：聴衆が思っていそうなことを代わり言う

進行：次のネタをボケに思い出させる

分析の後、2回目で組んだペアに戻り、二人で協力して、それぞれのプレゼンテーション内容を漫才形式のトーク(漫才型スクリプト)に変換する活動をおこなった。活動に際して、先のクラス議論でまとめたツッコミ役の機能の表を共有した。また、以下の注意を与えた。

1. ツッコミ役のセリフの機能について意識する
2. 聴衆の考えそうなことや、思い浮かべそうな他者の声をツッコミが代弁するように意識する
3. 主張が、わかりやすく、面白く、説得もって聴衆に伝わるように二人のやり取りを工夫する

4. プレゼンターから「こうやって突っ込んでくれると話しやすい」という意見も積極的に言ってみる
5. 「ウケ」よりも、二人の掛け合いをとおしてどれだけ聴衆を取り込んだ「対話」ができるか考える

スクリプトは、ワークシート上で共同編集した。(この作業は4回でも継続した)

【4回】漫才型スクリプト作成(継続), トーク改善

漫才型スクリプトの作成を続けた。二人のスクリプトが出来上がった時点で、実際に二人で読み合わせを行い、必要であればスクリプトを修正した。最後に、作成した漫才型スクリプトを参考にして、自分のトークがどのように改良できるか考え、スライドのノート部分にトークのスクリプトを入力した。

【授業後】

実際のトークは授業外におこなった。それぞれ自分のトークを録画し、最終課題として提出させた。なお、課題提出時に授業アンケートをおこない、本活動に対する感想や意見を聴取した。回答者は37名であった。加えて、1回目と2回目のプレゼンテーション資料とトーク動画、漫才型スクリプト構成作業の動画、作成された漫才型スクリプトを本手法の評価のために記録した。

5. 実践の評価

5.1 事例分析

ここでは、まず、一つの事例を示し検討する。本事例では学生は、大学の大教室が寒いという問題を取り上げ、学生は空調を操作できないという大学のルールを改善することを提案している。このプレゼンテーションの変化を、初期トーク、構成した漫才型スクリプト、最終トークの順に示す。

【初期トーク】

2日目におこなった最初のトークのトランスクリプト(一部)を示す。これは、2日目のペア作業の録画データから文字起こししたものである。トランスクリプト内のAからJの記号は説明のために付したものである。

スライド1(タイトル)

省略

スライド2(目次)

省略

スライド3(背景)

A まず背景について説明します。

B 私は、先日の授業で冬の人文講義棟10番【注:定員250名以上の大教室】が寒すぎると感じました。寒すぎて講義に集中できないなあと感じました。

C その原因として、コロナ禍で換気をしなくてはならない今の現状や、部屋が大きすぎて、先生が来て空調のスイッチをつけてから部屋が温まるまでに時間がかかることが原因だと考えられます。

スライド4(提案)

D このような悩みを解決するために、私は、学生が自由に空調のスイッチを入れたり、設定温度を変えられるようにルールを変更することを提案します。

スライド5(実現した時のメリット)

省略

スライド6(実現する上での課題)

E 実現する上での課題です。

F 学生の設定温度を上げすぎたりとか部屋にだれもいないのに空調がつけっぱなしにされているなどの過度の使い方をしてしまうのではないかと懸念があります。

G また、このルール変更は、学務との交渉が必須だと考えられます。

H また、人文講義棟だけではなく、他の学部との兼ね合いもしなければなりません。

スライド7(まとめ)

I はい、最後にまとめです。

J 寒すぎて講義に集中できない人文10番の教室を、学生自ら空調の管理をまかせるようなルールに変更することで、学生だけではなく教員の両方が、講義に集中できるよりよい環境になるのではないかと考えました。

【漫才型スクリプト】

この学生がペアの学生と協力して作成した漫才型スクリプトを表1に示す。スクリプト内、ボがボケ役(プレゼンター)のセリフ、ツがツッコミ役のセリフである。

表1 漫才型スクリプト

| | | |
|---|---|----------------------|
| 1 | ボ | ちょっと聞いて欲しいことがあるんですよ。 |
| 2 | ツ | え、何々? |
| 3 | ボ | 今ちょっと風邪気味で。 |
| 4 | ツ | えっ大丈夫ですか? |

| | | |
|----|---|--|
| 5 | ボ | 私寒さに弱くてですね。 |
| 6 | ツ | そうなんですね。布団かけないで寝ちゃったんですか？ |
| 7 | ボ | いえいえ、教室がちょっと寒くて。 |
| 8 | ツ | 教室って学校の教室ですか？ |
| 9 | ボ | そうです。人文10寒くないですか？ |
| 10 | ツ | 人文10って茨大の人文講義棟の10番教室のことですよ。確かに冬場は寒いですね。 |
| 11 | ボ | この間そこで授業を受けたら寒くて寒くて、授業にも全く集中できませんでした。 |
| 12 | ツ | なるほど。人文10は大きい講義室だから部屋が温まるために時間がかかるし、今はコロナ禍で換気をしなくちゃいけないですもんね。 |
| 13 | ボ | そうなんですよ！だから、学生が講義室に入ったら自分たちで空調のスイッチを入れることができるようなルールを作ればいいと思うんです。 |
| 14 | ツ | なるほど。そうすれば授業が始まるまでの時間で部屋を暖めることができますね。 |
| 15 | ボ | そうですそうです。暖かい教室で学生も先生も快適に集中して授業に臨むことができます。 |
| 16 | ツ | 学生だけではなく先生にもメリットがあるのですよね。 |
| 17 | ボ | はい、それに学生が空調の管理を行うことによって責任感とか自主性も育つと思うんですよ。 |
| 18 | ツ | それはいいですね。でも学務に認めてもらうのは大変じゃないですか？学生が過度な使い方をしそうとか言われて。 |
| 19 | ボ | そうなんですよ～。それが最大の難問で。どうしたらいいと思いますか？ |
| 20 | ツ | え？私ですか？自分で言い出したんだからあなたが考えてくださいよ。 |
| 21 | ボ | え～いじわる、あ！設定温度を変えられると言っても温度の上限を決めたり、スイッチを入れた人が帰る時に消すとか、最後は先生が確認するとかルールを作ればいいんじゃないですか？ |
| 22 | ツ | 自由化する中でも決まりを作るってことですね。いいですね～。 |
| 23 | ボ | 最後は先生が確認するっていうのは学生に言うとか気がゆるんじやうから先生にだけ伝えて。 |
| 24 | ツ | おお！なんかすごい工夫。でも他の講義棟はどうするんですか？人文棟だけじゃなくないですか？ |
| 25 | ボ | たしかにそうですね。じゃあ他の講義棟でもこのルールが適用されるように私が命をかけて学務と戦います。 |
| 26 | ツ | 空調に命はかけないでください(笑) |
| 27 | ボ | いえいえ、快適な教室とより良い授業のためにこの身を捧げます。 |
| 28 | ツ | 戦う気満々だ、。。。 |

【最終トーク】

漫才型スクリプトに基づいて改良したトークのトランススクリプト(一部)を示す。これは、授業後に録画して提出したトーク画像から文字起こししたものである。トランススクリプト内のAからJの記号と α から γ の記号は説明のために付したものである。AからJの記号については、初期トークと同内容の部分が対応するようである。 α 、 β 、 γ は、最終トークに新たに加わった内容である。

スライド1 (タイトル)

省略

スライド2 (目次)

省略

スライド3 (背景)

A いきなりですが、皆さんは人文10番教室が寒いなあと感じたことはありませんか。

B じつは私、この間人文10で授業を受けたんですが、「まあ教室だし、温かいでしょ」とおもって上着を着ていかなかったんですね。もう、そうしたら寒くて、寒くて、講義にまああつた集中できなかったんですよ。

C 今はコロナ禍で換気のために窓を開けなくては行けないし、人文10は部屋が大きいので、空調をつけてから部屋が温まるまでに時間がかかるんですよ。だから、先生が来てから空調を入れたんでは全然、部屋が暖かにならないんです。

スライド4 (提案)

D そこで私が提案するのが、学生が自由に空調のスイッチを入れたり、設定温度を変えられるようにルールを変更するというものです。

α これ、なかなかいいアイデアだと思いませんか？

スライド5 (実現した時のメリット)

省略

スライド6 (実現する上での課題)

E そりゃあこんなルールが設定されればいいけど、実現するのはなかなか難しいんじゃない？と思いますよね。

F・G 私もそう考えました。特に、学務との交渉。これは大きな壁であると考えます。学生が空調を長時間つけっぱなしにしたり、温度を高く設定しすぎてしまうのではないかと懸念するでしょう。

β でも、設定温度が変更されるといっても、温度の上限を決めたり、スイッチを入れた人が変えるときに消す、とか。最後は先生が空調が切れているかな、と確認するなど、ルールを自由化する中でもある程度の決まりをつければ、過度な使い方をする人を防ぐことができると思います。

γ あと最後は先生が、空調が切れているか確認する、とい

うのは、学生に伝えてしまうと、先生がどうせ消してくれるからいいでしょ、と気が緩んでしまうと思うので、これは先生だけに伝えておくのがいいと思います。

H また人文棟だけこのルールが適用されるとずるいので、他の講義棟でも自由に空調が使えるように、それぞれ兼ね合いをおこなうことが重要だと思います。

スライド7 (まとめ)

I それでは最後に、私のこの熱い思いをまとめていきたいとします。

J 冬場寒すぎる人文10でよりよい授業が行われるように、学生が自由に空調のスイッチをいれたり、設定温度を変えられるようルールを変更するというのを提案します。

以上、一つの事例に着目し、初期トーク、漫才型スクリプト、最終トークを示した。

最終トークで変化があった部分は、まず、語り口の変化である。例えば、初期と最終トークのA,B,Cは、内容は殆どかわらないが、まず、Aで、聴衆に対して語りかけるようなトークに変更されている。また、A,B,Cをとおして、学生としてのプレゼンターが、学生である聴き手からの共感を引き出すような語り口に変更されている。この部分は直接、漫才型スクリプトの内容とはつながってはいないが、漫才のトークの流れとして自分のプレゼンを表現するという活動をとおして、観客とのコミュニケーションがより強く意識された結果であると推察する。最終トークの α , E, H, Iの語り口も同様の変化だと考えられる。最終トークのHは、初期トークのHと内容的には変わらないが、「人文棟だけだとずるい」という言葉によって、この提案を聴いているかもしれない他学部の学生の気持ちを代弁し、それをもとに提案の範囲の拡張を訴えている。これは、漫才型スクリプト24のツッコミ役の発言への回答が最終トークに取り込まれたものと考えられる。最終トークのIは、漫才型スクリプト25-28におけるプレゼンターの熱意の表明がトークに取り込まれた可能性がある。

次の指摘できる変化は、トーク内容の整理である。初期トークのスライド6(実現する上での課題)では、F,G,Hが独立した3つの課題として指摘されているが、最終トークでは、GとFが一つの課題としてまとめられている。その中でGは、学務との交渉の必要性を説明する「学務の予想される反応」として組み込まれ、それに続く解決案 β , γ の前フリとして位置づけなおされている。この改善は、漫才型スクリプトの18-19をもとになされたと考えられる。

また、トークにおける新しいアイデアの発生もみら

れた。それは、最終トークの β , γ 部分である。これは、先のトーク内容の整理と関連している改善だといえる。初期トークでは、課題の提示はあるが、その解決については一切言及していない。これが漫才型スクリプトの中で指摘される(19-20)。漫才型スクリプトを構成する段階では、プレゼンターは、解決策を考えていなかったと思われるが、ツッコミから自分の責任で解決策を提案するように求められ、21と23において、初期にはなかったアイデアを出している。解決策を求めるのは、聴衆とのコミュニケーションを担当するツッコミ役にとっては至極当然のことであり、そのツッコミ役との対話をスクリプト上で成立させるために、新たなアイデアが発生したと考えられる。そして、それが最終トークに組み込まれたと考えられる。

以上、事例より、漫才型スクリプトによって、トークは聴衆への語りかけるようなものになり、メッセージが整理され、また、新しいアイデアの提示を促進したといえる。

5.2 授業アンケート結果

ここでは、最終課題とともに回収した授業アンケートの結果について述べる。

質問項目：漫才型スクリプトを基にプレゼンテーションのトークを組み直す作業によって自分の最終トークはよいものになったと思いますか

この質問に対して、「はい」と答えた学生が30名、「いいえ」が7名であった。「はい」と答えた学生に向上した点について自由記述してもらったところ、表1のような回答がなされた。

表2 最終トークが向上した点

| カテゴリー | 数 |
|---------------|----|
| 聴き手意識・共感性 | 17 |
| 親しみやすさ・面白さの向上 | 4 |
| わかりやすさの向上 | 2 |
| アイデアの向上、気づき | 3 |
| 客観性向上 | 3 |

聴き手意識・共感性に分類された回答は、例えば、以下のようなものである。

自分だけでは気付かなかった聴衆が聞きたいことや説明が必要なことなどを盛り込めた。

ツッコミ役について考えることで、プレゼンを聞いている人の気持ちにより寄り添う形のトークになったと思う。

ただスライドの内容を読み上げるだけであったが、具体例についても言及でき、聞いている人を巻き込んだ発表へと変わった。

親しみやすさ・面白さの向上とは、以下のような回答である。

漫才型スクリプトを行うことによって、プレゼンの表現が柔らかくフランクなものになった。

これらの向上ポイントは、先の事例における初期トークから最終トークへの変化と一致している。

一方、最終トークがよいものにならなかったと回答している7名の自由記述を見ると、①漫才型のトークを構成することの難しさ(2)、②漫才型スクリプトの最終トークへの組み込みの難しさ(2)、③もとのプレゼンのテーマや内容と漫才という形式の葛藤(2)、が挙げられた。①と②については、学習活動のデザインに関する改善点である。特に②については、適切な足場が要請される。③は、「笑い」を求める漫才という形式を取り上げたことにより、学生が「笑い」を強く志向してしまうことによるものであろう。しかし、だからといって、漫才ではなく「二人の会話」とすることは適切ではない。なぜなら、漫才は、「ボケツッコミ（媒介）—聴衆」のコミュニケーションとして成り立つものであり、それ故にプレゼンテーションのトーク訓練としての意義があるからである。漫才という型を利用しつつ、学生が「笑えればいい」「面白くさえあればいい」と誤解しないような説明を工夫しなくてはならないだろう。

6. まとめ

以上、プレゼンテーションのトーク構成において、情報伝達と媒介の視点を両立させ、両者を行き来できるようになるための訓練手法として漫才型スクリプト構成法を提案した。大学の授業においてこの手法を実施し、評価した。その結果、この手法により、トークの聴き手意識、内容の整理、新しいアイデアの創出が支援されることが示唆された。

文献

- [1] Bakhtin, M. (1986) "Speech genres and other late essays", ed. C. Emerson and M. Holquist, trans. V. W. McGee. Austin: University of Texas Press.
- [2] 鈴木栄幸・加藤浩(2008): 社会的ネットワーキングに着目したプレゼンテーション教育手法「マンガ表現法」の提案, 科学教育研究, Vol.32. No.3, 196-215

資料

最終提出版プレゼンテーションスライド（初期バージョンと内容に大きな違いはない）

タイトル：人文10寒くない？

| |
|---|
| <p>目次</p> <ul style="list-style-type: none"> • 背景 • 提案内容 • 実現した時のメリット • 実現する上での課題 • まとめ |
| <p>背景</p> <ul style="list-style-type: none"> • 冬の人文講義棟10番教室が寒すぎる →講義に集中できない • コロナ禍で換気をしなければならぬ • 部屋が大きいで空調のスイッチをつけてから暖くなるまでに時間がかかる |
| <p>提案内容</p> <ul style="list-style-type: none"> • 学生が自由に空調のスイッチを入れたり、設定温度を変えられるようにルールを変更する |
| <p>実現した時のメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> • 学生が講義に集中できる • 先生が快適に講義を行うことができる • 学生の自主性が育つ |
| <p>実現する上での課題</p> <ul style="list-style-type: none"> • 学務との交渉 • 学生が過度な使い方をしてしまうのではないかと懸念 • 他の講義棟との兼ね合い |
| <p>まとめ</p> <ul style="list-style-type: none"> • 寒すぎる人文10 →学生自らに空調の管理を任せられるようなルールに変更する →学生・先生両方が講義に集中できる環境になる |

身体環境協調における「ずれ」： 巧みな「もしかめ」における安定した協調パターン Lag Structure in Playing KENDAMA Changes with Tempo: Task-Specific Coordination Patterns in the Dexterous "Moshimake" Trick

伊藤 万利子[†], 三嶋 博之[‡]
Mariko Ito, Hiroyuki Mishima

[†]札幌学院大学心理学部, [‡]早稲田大学人間科学学術院
Sapporo Gakuin University, Waseda University
itomarik@sgu.ac.jp

概要

けん玉の「もしかめ」では、自然な状態では、運動協調の研究において安定した協調パターンと言われる同位相だけではなく、同位相から少し「ずれ」のある協調パターンもみられる。本研究では、運動のテンポを制約するパラダイムを用いて、「もしかめ」において安定した協調パターンを調べた。けん玉熟練者を対象とする実験を行った結果、「もしかめ」の大皿の接触のときには、運動のテンポにかかわらず「ずれ」のある協調パターンが維持された。一方で、中皿の接触のときには、運動のテンポが増すと身体運動が変動的になり、大皿での接触時とは異なる協調パターンが選択されることが明らかになった。

キーワード：巧緻性、ずれの調整、相転移、けん玉

1. はじめに

身体の四肢間、あるいは身体と外部の環境（もの、他者、出来事）を協調させることは、多くの日常行動、スポーツ、わざなどで必要とされるスキルである。このようなスキルは力学系アプローチの運動協調研究で検討されてきた。力学系アプローチの運動協調研究では、身体内、あるいは身体と環境間の協調の状態を、相転移パラダイムを用いて調べてきた。相転移パラダイムとは、検討対象とする運動（通常、周期的な運動）のテンポを増加させて、あまり安定しない協調パターンから、安定した協調パターンへ移行させることにより、その運動で選択される安定した協調パターンが何かを探るものである。このパラダイムにおいて、協調パターンは、ある運動と別の運動の位相差で調べられる。例えば歩行において、脚を一番後ろに引いた状態を0度、脚を一番前に出した状態を180度とするとき、右脚が一番後ろに引いた状態にあって、左脚が一番前に出した状態であれば、位相差は180度である[1]。これまでの研究から、様々な運動タスクにおいて、安定した協調パターンは同位相であることが明らかになっている。一方で、学習によって、不安定な協調パター

ンだったものがより安定した協調パターンになることも示されている[2]。

力学系アプローチの運動協調研究は、当初は、個人の左右の人差し指の協調パターンを調べるなどの個人の身体の部分を対象とする研究であったが[3][4]、他者との協調[5]、全身の協調[2][6][7][8]が検討されるようになった。これまでの力学系アプローチの運動協調研究では、運動の分析だけではなく、HKBモデルやその拡張版 [9]など、運動のモデル化も行われてきたためか、比較的解析しやすい実験的なタスクが検討されてきた。近年では、より複雑な運動タスクが検討対象となっているが、実世界でも観察されるような自然なタスクの事例をさらに積み重ねる余地があると考えられる。そこで本研究では、力学系アプローチの運動協調研究で検討されてきた多くのタスクよりも巧緻性が要求され、かつ、運動のテンポを制約しない状態では複数の協調パターンが観察される身体環境協調タスクにおいて、安定した協調パターンは何かを調べることにした。

本研究では、実験課題をけん玉の「もしかめ」という技とした。「もしかめ」は、玉と大皿、玉と中皿（図1）の接触が交互に繰り返される技である。接触が繰り返される時、玉とけんを手にもつ全身は、上下方向に周期的に運動しており、膝が屈曲状態にあるときに玉と皿との接触が生じている。



図1 けん玉

自然な（自分で運動のテンポを決められる）状態で「もしかめ」を行う場合、観察レベルでは、玉と皿の接触イベントに対する玉・身体運動という観点から、以下の2つの協調パターンがあるように見える。

- 「ずれ」ありパターン：接触イベントが生じた後に玉と身体運動が極小値をとるといふもの。この協調パターンでは、行為者は下方方向に動きつつ接触時の衝撃を吸収しながら玉を皿にのせているように見える。
- 「ずれ」なしパターン：接触イベントと玉の運動と身体運動の極小値にずれがないもの。この協調パターンでは、玉を弾くような「もしかめ」に見える。

前述のとおり、力学系アプローチの運動協調研究において、安定した運動協調パターンは同位相であることが明らかにされている。しかしながら、もしかめの場合、運動のテンポを制約しない自然な状態では、同位相パターンだけではなく、同位相ではないパターンも観察されるのである。それでは、「もしかめ」の安定した協調パターンとは、この2つのうちのどちらかなのだろうか。あるいは別の協調パターンなのだろうか。本研究では、相転移パラダイムのように運動のテンポを変化させることによって、「もしかめ」における安定した協調パターンを調べた。

2. 方法

実験参加者. けん玉熟練者1名を対象とした。この熟練者は、日本けん玉協会により認定される段位において5段であった。なお、実力レベルでの最高段位は6段である。実験参加者は左利きの男性で、視力や聴覚や運動機能に問題はなかった。インフォームドコンセントにより実験への参加に同意を得た。

装置. 実験では、motion capture system (Optitrack, NaturalPoint, Inc.)を用いて、100Hzで玉の運動と身体運動を計測した。接触が生じたタイミングを計測するために、加速度計(WAA006, ATRpromotion社)を利き手(左手)の甲にとりつけて250Hzで計測をした。「もしかめ」のテンポを制約するため、matlabを用いてメトロノーム音の呈示を行った。

手続き. 実験では、けん玉熟練者に複数の運動のテンポ (beats per minute: bpm) で70秒間「もしかめ」をしてもらった。運動のテンポの水準は、以下の7つのものがあつた；制約なし, bpm85 (1分間に85回のも

しかめ), bpm110 (1分間に110回), bpm135 (1分間に135回), bpm160 (1分間に160回), bpm185 (1分間に185回), bpm210 (1分間に210回)。制約なしの水準以外は、メトロノームの音に合わせて「もしかめ」を行った。「もしかめ」を行う際には、まず、制約なし, bpm85, bpm110, bpm135, bpm160, bpm185, bpm210の順で行い、その後、逆の順番で行った。したがって、各条件につき2回計測を行った。なお、けん玉の段位取得のためには1分間に135回以上の「もしかめ」をすることが必要である。

分析方法. けん玉熟練者には1試行につき70秒間「もしかめ」を行ってもらったが、開始直後はメトロノーム音のテンポに合わせているため、開始10秒から70秒までの1分間の時系列データを解析対象とした。また、試行の途中で「もしかめ」に失敗した場合には、失敗の前後1秒間の時系列を解析対象から除外した。

分析には、玉の上下方向の運動、手の上下方向の運動、膝の上下方向の運動(位置データあるいは角度データ)の時系列データを用いた。接触タイミングは、加速度計の波形から検出した。「もしかめ」における安定した協調パターンを明らかにするため、bpmが増加したときに玉と皿の接触イベントに対して玉・手・膝の運動が極小値をとるタイミングに「ずれ」があるのかを相対位相(位相差)を算出して調べた。相対位相は、時間的なずれを相対位相として扱うため、次のように算出した。まず、大皿あるいは中皿の接触タイミングと玉(あるいは手/膝)の極小値をとるタイミングを減算し、それを運動の1周期の時間で除算し、 360° を乗算した。運動の1周期の時間は、大皿と中皿の接触間のインターバルとした。相対位相が 0° であることは接触イベントと玉の運動あるいは身体運動に「ずれ」がないことを意味する。相対位相が負の値になっていることは、玉と大皿の接触あるいは玉と中皿の接触に引き続いて玉・手・膝の運動が極小値をとっていたことを意味する。

3. 結果

3.1 「もしかめ」の成否

けん玉熟練者は、2回目のbpm185の水準で試行中に3回失敗した。1回目のbpm210のときに4回失敗した。2回目のbpm210のときには6回失敗した。2回目の制約なしの水準では1度失敗した。それ以外の水準ではすべて「もしかめ」に成功した。

3.2 自然な状態での「もしかめ」

けん玉熟練者は、bpmの制約がない水準では、大皿のときも中皿のときも、「ずれ」がある協調パターンで「もしかめ」を行っていた。メトロノーム音による制約がない場合、けん玉熟練者の運動のテンポはほぼbpm135であった。

3.3 玉と皿の接触に対する玉・身体運動の「ずれ」

3.3.1 玉・身体運動の極小値と運動の変化

玉と皿の接触イベントに対して玉・手・膝の運動が極小値をとるタイミングに「ずれ」があるのかを調べるにあたり、玉・身体運動の極小値を検出した。大皿で玉との接触が生じるときには、各運動の極小値はすべて検出できた。しかし、中皿で接触が生じるときには、bpm85, bpm110, bpm135のときとbpm160の玉の運動では極小値が常に検出できたが、bpm160の手と膝の運動とbpm185, bpm210のときには検出できないことがあった。特に、bpm185, bpm210の手と膝の運動の極小値はほとんど検出できず、bpm210の膝の運動については、極小値の検出が1度もできなかった(表1)。

各運動の極小値の検出は、実験時の運動に依存する。実験時には、bpmの増加によって全身の上下運動に関わる膝の運動に顕著な変化がみられたため、ここで述べておく。膝の運動は、bpm85, bpm110, bpm135のときには毎回の接触時に屈曲していたが、bpm160, bpm185, bpm210のときには、玉と大皿との接触が生じるときに屈曲し、玉と中皿との接触が生じるときには伸展するようになった。玉の運動が2周期するあいだに膝の運動は1周期するようになるという変化がみられた。運動のテンポが速くなると、大皿で接触が生じるときに膝の運動は極小値をとるが、中皿で接触が生じるときに膝の運動は極大値をとるようになった。

表1 中皿で接触が生じるときの各運動の極小値の数と中皿で接触が生じた回数。各水準の2試行分のデータ。太字は接触回数より検出数が少ないことを示す。bpm185とbpm210は失敗部分を分析から外してある。

| | bpm 85 | bpm 110 | bpm 135 | bpm 160 | bpm 185 | bpm 210 |
|--------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 玉の運動 | 84 | 110 | 134 | 160 | 103 | 104 |
| 手の運動 | 84 | 110 | 134 | 56 | 2 | 3 |
| 膝の運動 | 84 | 110 | 134 | 120 | 6 | 0 |
| 中皿での接触 | 84 | 110 | 134 | 160 | 172 | 168 |

3.3.2 玉と皿の接触×玉・手・膝の運動の相対位相

玉と皿の接触イベントに対する玉・手・膝の運動の相対位相を算出したところ、玉と大皿の接触が生じるときは、bpmが増加しても、接触に対する玉・手・膝の運動の相対位相は50°~60°付近に維持されていた(図2上)。

玉と中皿の接触が生じるとき、玉・手・膝の運動の極小値が検出される場合は、接触イベントに対する玉・手の運動の相対位相は、bpmの増加に伴い、0°に近づいていた。一方で、中皿での接触と膝の運動の相対位相は、bpmが増加しても0°に近づいていなかった(図2下)。

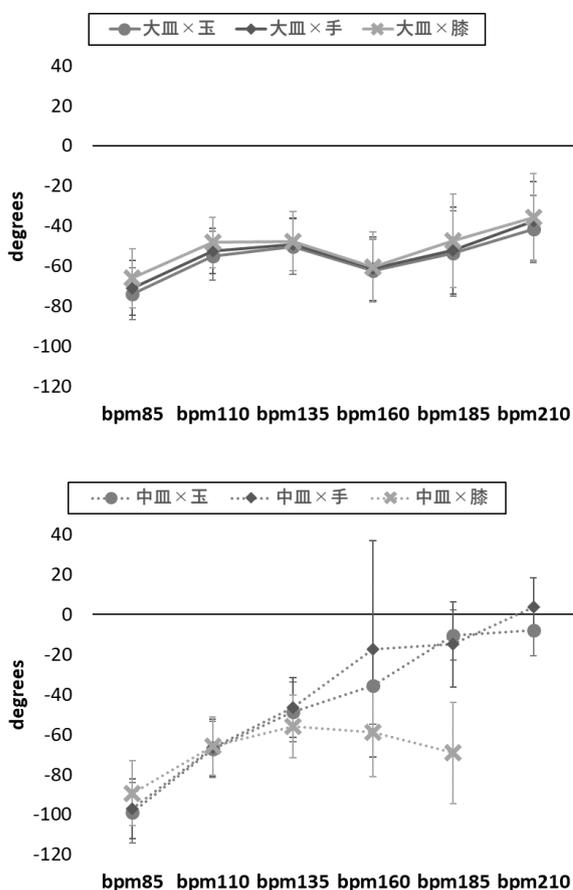


図2 玉と皿の接触に対する玉・手・膝の運動の相対位相。大皿での接触と各運動の相対位相は上側、中皿での接触と各運動の相対位相は下側。図の横軸は運動のテンポ (beats per minute), 縦軸は相対位相 (degrees), エラーバーは標準偏差を示す。bpm210の中皿での接触と膝の運動の相対位相は、膝の運動の極小値が一度も検出されなかったため、データが示されていない。

4. 考察

本研究では、自然な状態で同位相と同位相から少し「ずれ」のある協調パターンがみられるけん玉の「もしかめ」の運動を分析した。運動のテンポを増加させた場合に先行研究と同様に安定した協調パターンは同位相になるのか、「ずれ」のある位相になるのか、あるいは自然な状態では見られない別の協調パターンになるのかを調べた。

本実験に参加したけん玉熟練者の「もしかめ」は、自然な状態では大皿・中皿の接触時とともに、「ずれ」のある協調パターンで行われていた。実験で運動のテンポの制約を課すと、大皿の接触のときには、接触に対する玉・手・膝の運動の相対位相は 50° ～ 60° 付近に維持されており、運動のテンポに関わらず前述の「ずれ」ありパターンが維持された。一方で、中皿の接触のときには、テンポが増加すると、接触イベントに対する玉・手の運動の相対位相は 0° に近づいており、「ずれ」がなくなっていった。しかし、膝の運動については、運動のテンポが増加しても、「ずれ」は維持されていた。bpmの制約がない場合は、大皿で接触が生じるときも中皿で接触が生じる時も「ずれ」パターンが採用されていたが、運動のテンポの増加により、大皿での接触時と中皿での接触時では異なる協調パターンが選択されていた。実験に参加した熟練者の安定した（あるいは今回の課題に特定の）協調パターンは、大皿接触時は「ずれ」ありパターンであり、中皿では先に述べた「ずれ」ありパターンと「ずれ」なしパターンとは少し異なると考えられる。

中皿接触時には、運動のテンポが速くなると、接触に対する玉や手の運動の「ずれ」がなくなるだけでなく、膝の運動が屈曲ではなく伸展した状態になった。

「もしかめ」における協調パターンは、大皿のときにはbpmの増加による影響をあまり受けず安定的であったが、中皿のときにはbpmの増加の影響を受け、変動的であった。運動における一定のばらつきは、柔軟で適応的な方略にみられることが知られている[10]。中皿での変動的な運動が、「もしかめ」実行時の運動テンポの変化への対応になっており、けん玉熟練者の柔軟な（bpmが変化してタスクの難易度が増しても達成可能な）「もしかめ」において重要なものであったと考えられた。

今回の実験では、「もしかめ」における安定した協調パターンを調べた。今回の実験では、けん玉熟練者 1

名を対象としたものであるため、結果として示された協調パターンの選択は、今回の実験に参加したけん玉熟練者の方略であることは言えるが、別の熟練者で同じ結果が得られるとは限らない。また、力学系アプローチの運動協調研究では、同位相が安定的な協調パターンであり、同位相以外の（不安定な）パターンは学習によって安定的になるとされているが、「もしかめ」の場合はそもそも「ずれ」ありパターンが安定的であることも考えられる。しかしながら、これについても今回の実験から結論付けることは難しい。「もしかめ」における安定した協調パターンや「もしかめ」における「ずれ」の意義については、別のけん玉熟練者や異なるスキルレベルの実験参加者を対象とする実験を行うことによって今後検討することが必要だろう。

文献

- [1] 三嶋博之 (2000). エコロジカル・マインド 知性と環境をつなぐ心理学. NHK ブックス
- [2] Miura A, Kudo K, Ohtsuki T, Kanehisa H (2011). Coordination modes in sensorimotor synchronization of whole-body movement: a study of street dancers and non-dancers. *Human Movement Science*, 30, 1260-1271. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21802159>.
- [3] Kelso, J. A. S. (1981). Patterns of human interlimb coordination emerge from the properties of non-linear, limit cycle oscillatory processes. *Journal of Motor Behavior*, 13(4), 226-261. DOI: 10.1080/00222895.1981.10735251.
- [4] Kelso, J. A. S. (1984). Phase-transitions and critical behavior in human bimanual coordination. *American Journal of Experimental Physiology*, 246(6), 1000-1004.
- [5] Schmidt, R. C., & Richardson, M. J. (2008). Dynamics of interpersonal coordination. In A. Fuchs & V. Jirsa (Eds.), *Coordination: Neural, behavioral and social dynamics* (pp. 281-308). Heidelberg: Springer-Verlag.
- [6] Miura A, Kudo K, Nakazawa K (2013). Action – perception coordination dynamics of whole-body rhythmic movement in stance: A comparison study of street dancers and non-dancers. *Neuroscience Letter*, 544, 7-162. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2013.04.005>.
- [7] Miyata, K., & Kudo, K. (2014). Mutual Stabilization of Rhythmic Vocalization and Whole-Body Movement. *PLoS ONE* 9(12): e115495. doi:10.1371/journal.pone.0115495
- [8] Miyata, K., Varlet, M., Miura, Kudo, K., & Keller, P. E. (2017). Modulation of individual auditory-motor coordination dynamics through interpersonal visual coupling. *Scientific Reports*, 7, 16220. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16151-5>
- [9] Haken, H., Kelso, J. A. S. and Bunz, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological Cybernetics*, 51(5), 347-356. DOI:10.1007/BF00336922.
- [10] Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2009). Movement variability and the use of nonlinear tools: principles to guide physical therapist practice. *Physical Therapy* 89, 267-282.

漫才における予定調和の崩壊と 演者の視線および姿勢の変化との関係

Relationship among the Collapse of Planned Harmony, the Eye Gaze Shift, and the Posture Change in *Manzai* (Japanese Style Double Act Comedy)

藤田 匠[†], 山本 敦[†], 古山 宣洋[‡]

Takumi Fujita, Atsushi Yamamoto, Nobuhiro Furuyama

[†]早稲田大学院人間科学研究科, [‡]早稲田大学人間科学学術院

[†]Graduate School of Human Sciences, Waseda University,

[‡]Faculty of Human Sciences, Waseda University,

detective-life@fuji.waseda.jp

概要

漫才はなぜ面白いのか？本研究では、面白さに関連するとされる「予定調和の崩壊」と演者らの視線パターンおよび演者間の姿勢移動の同期率との関連に着目し、定性的な分析を行った。その結果、予定調和の成立・崩壊と視線パターンの成立・変化および姿勢移動の同期率の上昇・下降が連動していることが確認された。これは、漫才における演者の身体動作が、予定調和の成立から崩壊に至る過程を観客に示している可能性を示唆している。

キーワード：漫才、予定調和の崩壊、
視線、姿勢、コミュニケーション

1. はじめに

笑いを提供する芸能の中でも、漫才は日本中で広く親しまれている。若手漫才師の頂点を決める大会「M-1グランプリ」¹は、毎年その時期になると大きな話題となっており、今や年末の風物詩とも言えるほどの人気コンテンツである。同大会の決勝戦では毎年多様な漫才が披露されるが、そのどれもが「面白い」と言える。では、その漫才の「面白さ」はどこから来るのだろうか。

実践者の経験知として、面白さの要因の一つに「予定調和の崩壊」（これまでのやりとりの文脈から予測される振る舞いからは外れた要素の出現）が挙げられる。M-1 グランプリの放送作家を務め同大会の予選の審査員も担当する倉本（2018）は、「ボケの極意は、予定調和をくずすこと」（p. 74）とし、その例として「最近忙しいですか？」という定型句に対して「リスほどではありません」と返答することを挙げている[1]。学術的研究においても同様のことが言われている。安部（2005）

は「おかしみ」が生まれる構造をモデル化し、お笑いコンビ「ダウンタウン」の漫才演目（図 1）を用いてその概念的構造を分析している（図 2）[2]。倉本の予定調和の崩壊の論も、このモデルを用いて整理することができる（図 3）

ただし、文脈から予測される振る舞いから外れたものであれば何でも「面白い」と言える訳ではないだろう。例えば、予定調和の崩壊を用いた漫才演目であっても、その台本をただ読むだけではそこに面白さを感じる事が難しい場合もある。また、共通の漫才台本であっても、異なる漫才師がその演目を披露すると、面白さの度合いに差が生じることがあり得るだろう。漫才が「直立した姿勢で全身を用いてなされる自由度の高い対話」（岡本、2008、p. 554）であることを踏まえると、言語情報だけでなく、パラ言語情報、さらには非言語情報も漫才の面白さを表現する上で重要な要素になっていると言える[3]。すなわち、漫才の面白さの要因を明らかにするためには、言語的な分析だけではなく演者の身体動作の分析が必要である。

演者の身体動作について分析した研究に細馬（2011）の研究がある[4]。細馬は、ツッコミ役が、ツッコミ直前の身体動作によってボケの扱いを示すことで、観客に笑いを誘導している可能性がある」と論じている。このことから、ツッコミ役の身体動作が予定調和の崩壊部分を強調していると理解できる。

ここで、漫才における演者の身体動作が持つ役割は、予定調和の崩壊部分を強調することだけではない。岡本（2008）は、演目の中でコントが挿入されるタイプの漫才において、演者は視線や姿勢を使って「今コントに入っているモードであるのかそうでないか」を観客に示し分けているということを明らかにしている[3]。これを予定調和の崩壊の観点から解釈すると、身体動

¹ 結成 15 年以内の漫才師が競い合う大会。審査基準は「とにかくおもしろい漫才」であり、M-1 グランプリ 2020 では 5081 組がエントリーしている。 <https://www.m-1gp.com/>

作によって予定調和の崩壊の背景にあるような大局的な構造、すなわち演目のある時点で何が期待されるのか（何が予定調和になるのか）の前提となるモードの違いを示していると理解できる。

このように、細馬の論が演目の局所的な構造を扱っているのに対し、岡本の論は演目の大局的な構造を扱っている。すなわち、演目の大局的な時間とそれに埋め込まれた局所的な時間に対して、演者の身体動作は

同時かつ複層的に意味を与えていることがわかる。このことから、大局的・局所的構造の中間にあるような、個々の予定調和の成立から崩壊へと至る構造についても、演者の身体動作が意味を与えている可能性が指摘できる。

以上より、本研究では、漫才における演者の身体動作が個々の予定調和の成立から崩壊に至る過程を観客に示している可能性を検討する。

《誘拐犯（ボケ役：DM）が、被害者の親（ツッコミ役：DH）に脅迫電話をかけている場面》

17 DM：（電話）「お前のとこの息子な、オレとこで預かってんねん」

18 DH：（電話）「え！」

19 DM：「預かってんねん！」

20 DH：「いや！」

21 DM：「驚くことあらへん、あんたが朝預けて行ってん」（電話をきるしぐさ）

22 DH：なにを言うてんねん！

安部（2005, p. 49）を参考にして記述

図1 ダウンタウンの漫才演目

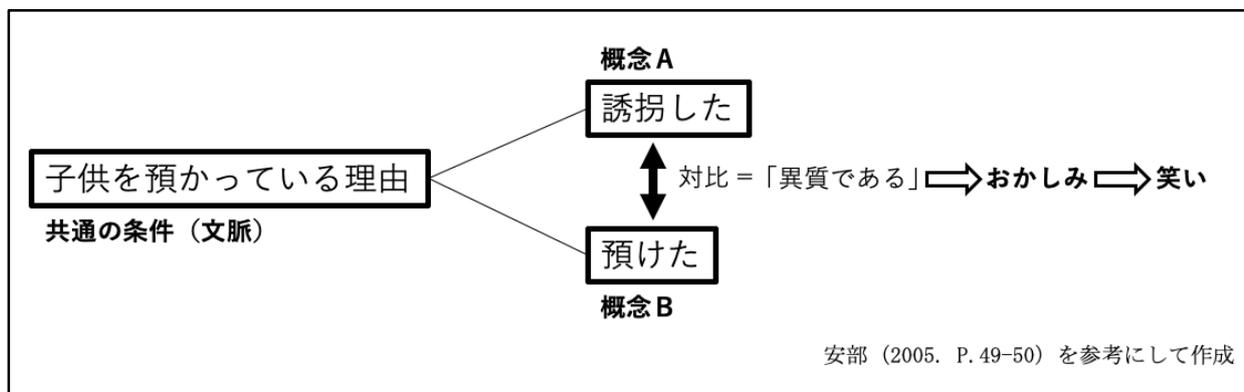


図2 おかしみの構造図（ダウンタウンの漫才演目を例に）

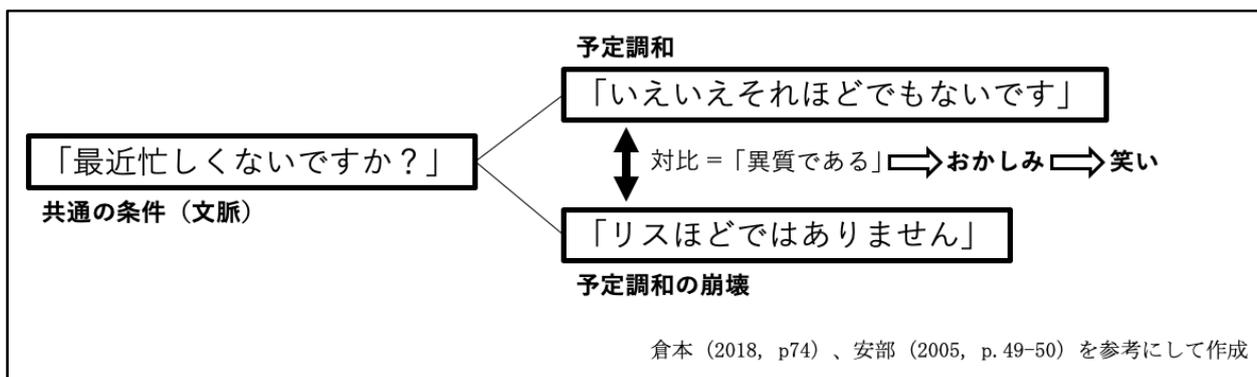


図3 予定調和の崩壊の構造図

2. 方法

2-1. 分析対象

本研究では、お笑いコンビ「ジャルジャル」²の漫才演目『国名分けっこ³』を分析対象とする。本演目では「国名分けっこ」というオリジナルゲームが題材にされており、その基本的なルールは、「1人（ボケ役：JF）が任意の国の名前を途中まで言い、もう1人（ツッコミ役：JG）がその国名の残りの部分を返して国名を完成させる」というやり取り（以下、「ラリー」）をテンポ良く繰り返していくというものである。JGがツッコミを入れたり国名を完成させられなくなったりするとゲームは中断する。なお、ゲーム中のセリフは完全に決まっているわけではなく、両演者ともにほとんどアドリブで発話をしている（饒波、2019）[5]。本演目を対象とした理由は、ゲーム内の個々のセリフが単独では無意味語のみであり、かつ身体動作が比較的パターン化されているため、発話と身体動作との時間的關係を分析するのに適していると考えたからである。

また、本演目は、通常の会話→国名分けっこ→通常の会話→国名分けっこ→…というように通常の会話と国名分けっこが交互に繰り返されて進んでいく。本研究では、国名分けっこをしている部分を「ゲームパート」と呼ぶ。本演目ではゲームパートが5回行われており（以下、それぞれ「第1ゲーム」、「第2ゲーム」、…「第5ゲーム」）、本研究では第2ゲームを分析対象とした。第1ゲームは全体の時間が短すぎるため本研究で関心のあるパターンが十分に見られない可能性がある。一方、第3ゲーム以降はそれ以前の広い文脈を考慮しなければならず、分析や考察が過度に複雑になることが見込まれる。本研究は進行中の研究であることから、本発表では既に分析が終了している第2ゲームに関する分析結果を報告し、議論する。

2-2. 分析方法

本研究では、主に演目の予定調和の崩壊の構造と身体動作および観客の笑いの生起との關係を分析した。

演目の予定調和の崩壊の構造については、演目の中で文脈（共通の条件や予定調和）を成立させる働きをしている部分と文脈を崩壊させる働きをしている部分をラリー単位で抽出し、その文脈-崩壊の關係を分析した。なお、各ラリーは、福德が発話しようとしながらマイクの方へ身を乗り出し始める時点を開始地点、次に福德が同様の動きをし始める時点の直前を終了地点とした。身体動作と観客の笑いの生起については、まず映像解析ソフトELANを用いて、両演者のセリフと視線および姿勢、観客の笑いの生起についてアノテーションを行なった（図4）。次に、各演者の視線遷移からパターンを抽出した。また、ラリーの時間長と演者間の姿勢同期の時間長を元に、各ラリーにおける姿勢の同期率を算出した（求め方については後述）。以上のデータをまとめ、それらをラリー単位で比較することで、予定調和の崩壊の構造と笑いの生起との關係や予定調和の崩壊の流れに沿って視線パターンおよび姿勢同期率がどのように推移しているかを分析した。

² 吉本興業所属、2003年4月に結成。福德秀介と後藤淳平からなる。（吉本興業株式会社公式ホームページ <https://profile.yoshimoto.co.jp/talent/detail?id=179> より）

³ DVD『M-1 グランプリ 2018～若き伏兵はそこにいた～』（2019）（2019朝日放送テレビ / 吉本興業）所収。参考として、ジャルジャルのネタのタネ『M-1 決勝でやったネタ 国名分けっこやる奴』【JARUJARUTOWER】（2018.12.03）
<https://youtu.be/b1J39WQFvSs>



ツッコミ役: JG

ボケ役: JF

〈凡例〉

セリフ[speech] : セリフをそのまま記述

視線[gaze] : 相方[partner]、マイク[mic]、上方[up]、閉眼[close]

姿勢[posture] : 左移動[Left]、右移動[Right]、静止[Hold]

姿勢同期[posture_equal]
: 左移動の同期[LeftLeft]
: 右移動の同期[RightRight]

観客の笑い[laugh] : 生起[laugh]

図4 ELAN へのアノテーションの例

3. 結果

分析結果を図5にまとめた。各ラリーにはラリー番号を付けた。以下、ラリー番号nのラリーを「ラリーn」と呼ぶ。「笑いの生起」の行については、観客の笑いが生起した直前に発話されていたセリフが属するラリーの列に「○」と記した。「概念的構造」、「視線パターン」、「姿勢同期」の行については、それぞれ3-1、3-2、3-3で説明する。

3-1. 予定調和の崩壊の構造

本演目の構造において、予定調和を成立させている部分を「文脈」、予定調和を崩壊させている部分を「崩壊」とした。その結果、1つのラリーのみで文脈または崩壊の役割を担っている場合（B層におけるラリー1やラリー2など）もあれば、連続する複数のラリーが文脈または崩壊の役割を担っている場合（C層におけるラリー1~2やラリー4~5など）もあった（層については後述する）。表1では、連続する複数のラリーが崩壊の役割を担っている箇所については、その中で崩壊が初めて観客にとって認識可能になると考えられるラリー上の位置に「崩壊」と表記している（文脈については、崩壊と相即的に認識可能になると考えられるた

め、表記の位置は便宜的なものである）。また、文脈を作ると同時に別の文脈に対する崩壊の役割を果たしているラリー（または連続する複数のラリー）もあった（例えば、ラリー10 : E層における文脈・D層における崩壊・F層における崩壊）。これらの観察された崩壊のタイミングでは、必ず笑いの生起が見られた。

第2ゲームでは、崩壊の性質によって概念的構造を6つの層に分類することができた（表1）。それぞれの層をA~F層と呼ぶことにする。第2ゲームでは、第2ゲームの前半部分に相当するA~D層では、国名の区切り位置を変化させるなどのローカルなパターンの崩壊が見られ、後半部分に大きく相当するE・F層では、1ラリーおきに同じ国名（「イン/ドネシア」）が登場するようになるといった、それまでのゲーム全体を文脈とするより包括的な崩壊が見られた。

以下では、この予定調和の崩壊の構造を前提に、身体動作との関係を分析する。

3-2. 視線パターンと予定調和の崩壊との関係

第2ゲームを通して、自身の発話の際にはJFは上方(U)、JGはマイク(M)を見て、相方の発話の際にはJF・JGともに相方(P)を見るという遷移の繰り返し(U/M→P→U/M→P→U/M→P→…)がベースとなってい

表1 各層における崩壊の性質と面白さの特徴

| | 崩壊の性質 | 面白さの特徴 |
|----|-----------------------------------|--|
| A層 | ゲームの戦略・ルール理解の崩壊 | 初めてゲームの戦略（同じ国名の区切り方を変える）が見える |
| B層 | 区切り予期の崩壊、ルールとは直接関係のないローカルなパターンの崩壊 | 同じ国名の区切り方が変わる |
| C層 | 区切り予期の崩壊、ルールとは直接関係のないローカルなパターンの崩壊 | 区切り位置が変わる（後藤のセリフの文字数が、ラリー1からラリー2では増加しているがラリー4からラリー5では減少） |
| D層 | 区切り予期の崩壊、ルールとは直接関係のないローカルなパターンの崩壊 | 区切り位置が変わる (C層と比べて操作は一緒だが文字数や変化パターンが増加) |
| E層 | 更新予期の崩壊 | 常に新しいパターンが登場していくという流れが崩れる（これまで同じ国名かつ同じ区切り方のものが短い間隔で再登場することはなかった） |
| F層 | 対戦ゲームのコンセプトの崩壊 | ゲーム性がなくなっている (同じものを1回おきに出すことで、ゲームをむしろ簡単にしている) |

た。この基本遷移の間に閉眼（C）が入る場合（U/M→C→P→またはP→C→U/M→）があり、本研究では、その閉眼のタイミングを元に視線パターンを抽出した。図5の「視線パターン」の行では、相方を見る直前に閉眼（CP）があった場合はオレンジ色、上方（マイク）を見る直前に閉眼（CU）があった場合は青色で該当箇所を塗りつぶし、それぞれ「CP」「CU」と表記した。各演者において、CPとCUがどちらも見られないラリー、どちらか1つのみ見られるラリー、どちらも見られるラリーがあった。

視線パターンと予定調和の崩壊との関係については、視線パターンが成立している部分と予定調和が成立している部分、視線パターンが変化するタイミングと予定調和が崩壊するタイミングがそれぞれ一致している箇所が見られた。具体的には、JGの視線ではラリー3からCPが連続し、ラリー9でそのパターンが変化しているが、これはD層の文脈-崩壊の関係の一部と一致していた（ラリー3～6が文脈、ラリー9で崩壊）。また、遷移のタイミングにズレこそあるものの、両演者ともにラリー10からPとMの両方の直前で閉眼が入るパターンに変化し、ラリー12でP直前の閉眼がないパターンに再び変化していた。この視線遷移パターンの変化は、E層における文脈-崩壊の関係とほぼ一致していた。

以上より、視線パターンのレベルで文脈-崩壊の関係が可視化されている可能性、すなわち視線によって予定調和の成立から崩壊の過程を観客に示している可能性が示唆された。しかし、特にJFに関しては視線パターンと文脈-崩壊の関係が対応していない部分も多かった。視線以外の要素が対応している可能性が考えられる。

なお、JGの視線において、ラリー12からCUが連続し、ラリー18でそのパターンが変化しているが、この部分については、姿勢移動との関連での分析が必要な

ため、3-3で分析する。

3-3. 姿勢移動の同期率と予定調和の崩壊および視線パターンとの関係

第2ゲームでは、両演者ともに自身の発話の直前からマイクの方向に身を乗り出すように動き（JF：図6左、JG：図6右）、発話を終えたのちに、相方の発話の際に最もマイクから遠ざかるようなタイミングで上体を引き戻す（JF：図6右、JG：図6左）という姿勢移動を繰り返していた。以下では、映像に向かって左側への姿勢移動（図6左）を「左移動」、右側への姿勢移動（図6右）を「右移動」とする。JGは、左移動・右移動どちらでも移動し切ったタイミングで必ず静止していたが、JFはほとんど静止せず左右に移動し続けていた。

また、両演者が同時に同じ方向に姿勢を移動することを姿勢の「同期」とした。「姿勢同期」の折れ線グラフは、各ラリーにおける「姿勢同期の時間長/ラリーの時間長」の値（同期率）から作成したものである。

ラリー1での同期率が他のラリーの同期率と比べて極端に低くなっているが、その理由は、ラリー1は両演者ともに会話時の姿勢から始まっており、この時のJGは他のラリーにおける左移動し切った時の姿勢と同様の姿勢であったために、左移動が行われず、左移動の同期が生じなかったからである。このため、ラリー1の同期率に関しては分析から除外する。

姿勢移動と予定調和の崩壊との関係については、ラリー2からラリー14では、基本的に、文脈で同期率が上昇、概念的構造の崩壊で同期率が下降しており、この対応関係はC～F層に対して見られた（ラリー4～5：C層での崩壊・下降、ラリー5～6：D層での文脈・上昇、ラリー7～9：D層での崩壊・下降、ラリー9～11：E層



図6 姿勢移動

での文脈・上昇、ラリー12 : E 層での崩壊・下降、ラリー14 : F 層での崩壊・下降)。よって、姿勢同期のレベルで文脈-崩壊の関係が可視化されている可能性、すなわち姿勢によって予定調和の成立から崩壊の過程を観客に示している可能性が示唆された。

一方、ラリー15 からラリー26 では、文脈-崩壊に関係なく同期率は推移し、一度ラリー18 からラリー19 にかけて大幅に下降するものの、全体としては上昇していた。JG の視線においても、発話直前の閉眼が続いたのちに、相方への視線の直前にも閉眼が現れたタイミングがラリー18 であった。これらは、一見概念的構造との関係がないように思える。ここで、F 層についてより詳しく見てみる。3-1 で述べたように、F 層は、「イン/ドネシア」が1 ラリーごとに繰り返されることで、国名分けっこのゲーム性（文脈）が損なわれ、変質していく、という崩壊の構造を持っている。このゲーム性の変質が観客にとって確実に明らかになると考えられるのが、ラリー18 の1 つ前の「イン/ドネシア」であるラリー16 である。というのも、初めて「イン/ドネシア」が再出現するラリー12 では、まだ単なる再出現でしかなく、その後これが繰り返されるかどうかは、リアルタイムに見ている観客にとっては明らかでない。続くラリー14 での再出現によって、さらなる再出現の予期と、「イン/ドネシア」の頻出という新たなパターンの開始の可能性が推測可能になり、この推測が確認されるタイミングがラリー16 での再出現となる。ここから次の再出現にかけて同期率と視線遷移パターンに変動がみられ、その後に同期率が急上昇し、視線遷移パターンが再び安定することは示唆的である。この身体動作の変化は、予定調和の崩壊とはやや異なる水準

の構造ではあるが、(観客にとっての) ゲーム性の変質過程と、変質した国名分けっこの遂行の転換点を観客に可視化していると考えられる。それに加えて、半ばアドリブでネタを進める JF と JG が、「イン/ドネシア」の繰り返しという明確な起伏のないやり取りの中で、オチのツッコミへと加速していくまさにその開始位置を、ネタの遂行の中で示し合わせる演者間コミュニケーションの存在をも示唆しているように思われる。

4. 考察

分析を通して、漫才における演者の身体動作（視線や姿勢）が個々の予定調和の成立から崩壊の過程を観客に示していると考えられる箇所が多く見られた。演者による意識的または無意識的な身体動作の調節が、観客の笑いの生起（漫才の面白さ）に寄与している可能性がある。

また、演者は身体動作によって演者間コミュニケーションを成立させている場合があると考えられる。具体的には、演者は演目を披露しながらも非言語要素を用いて何かしらの情報をやり取りすることで、その後の演目の展開を決めている場合があると考えられる。

先行研究では大局的構造や局所的構造における演者の身体動作について扱われていたが、本研究によって、それらの中間に位置する構造、とりわけ予定調和の崩壊についても、演者の身体動作が意味を与えている可能性があることが示された。

このように、本研究では、漫才の面白さを明らかにする上で重要な結果が得られたが、分析に用いたデー

タは限定的である。漫才の演目は、演者の喋りだけで構成されているものや途中でコントが挿入されるもの、楽器を使用するものなど、多種多様であるため、今後は、今回扱わなかった他のゲームパートやM-1 グランプリ以外の舞台上で披露している『国名分けっこ』、さらには全く異なるようなタイプの漫才演目を分析することで、今回得られた結果の妥当性を確認するとともに、「漫才の面白さはどこから来るのか」という問いの解明に近づきたい。

文献

- [1] 倉本 美津留, (2018) “笑い論——24 時間をおもしろくする——”, ワニブックス.
- [2] 安部 達雄, (2005) “漫才における「ツッコミ」の類型とその表現効果”, 国語学研究と資料, Vol. 28, pp. 48-60.
- [3] 岡本 雅史, (2008) “会話構造理解のための分析単位——実践: 漫才対話のマルチモーダル分析——”, 人工知能学会誌, Vol. 23, No. 4, pp. 552-558.
- [4] 細馬 宏通, (2011) “漫才、コントにおけるツッコミ役のパフォーマティブな気づき”, 信学技報, Vol. 111, No. 190, pp. 83-86.
- [5] 饒波 貴子 (2019) “コント師「ジャルジャル」は坂ダッシュとチャンプルーで沖縄満喫!?”, 琉球情報 Style, <https://ryukyushimpo.jp/style/article/entry-921469.html> (2021年7月9日)

2者のヴァイオリン演奏におけるリード関係と 曲の難易度・身体部位の関連

Relationship Between Influence in the Violin Performance by Two People and Difficulty of Piece of Music/Difference of Body Parts

板垣 寧々[†], 谷貝 祐介[‡], 古山 宣洋^{*}
Nene Itagaki, Yusuke Yagai, Nobuhiro Furuyama

[†]早稲田大学大学院人間科学研究科, [‡]早稲田大学人間総合研究センター招聘研究員,
^{*}早稲田大学人間科学学術院

[†]Graduate School of Human Sciences, Waseda University,

[‡]Adjunct Researcher of Advanced Research Center for Human Sciences, Waseda University,

^{*}Faculty of Human Sciences, Waseda University

nene64kt1214@akane.waseda.jp

概要

本研究では、ヴァイオリン合奏における奏者間のリード関係が、曲の難易度によって変容するのか、頭部・楽器・弓の部位別でリード関係が構築される特徴が異なるのかを、グレンジャー因果性分析を用いて検討した。その結果、課題曲の中で奏者が難しいと感じることが多い部分はリード関係が抽出される小節数が多いことが明らかになった。また、頭部・楽器に比べて、弓はリード関係が抽出される小節数が多い可能性が示唆された。

キーワード：ヴァイオリン演奏，個人間協応，グレンジャー因果性

1. はじめに

本研究では、複数人による演奏（合奏）がどのように成り立っているのかを探索的な分析を通して明らかにするために、ヴァイオリン合奏場面における奏者間のリード関係を、グレンジャー因果性を用いて捉えることを目的としている。

合奏は、共演者との関わり合いの中で、演奏する楽曲の特徴を活かし、各奏者における演奏技術の違いなどを調整しながら行われる。息の合った演奏を行うためには、身体動作を調整しながら他者とタイミングや表現を合わせる必要がある。それでは、奏者間でタイミングや表現を合わせる際に、基準となる奏者は存在するのだろうか。

上記の問いに対する示唆的な研究として、合奏を対象とし、グレンジャー因果性分析を用いて、奏者の身体動作から奏者間のリード関係を捉えた研究がある^{[1][2]}。ヴァイオリン奏者の弓と指揮者の指揮棒の位置変位データ^[1]、弦楽四重奏における各奏者の頭部の位置変位データ^[2]にグレンジャー因果性分析を適用した結果から、演奏を先導するリーダーが存在することが明

らかになった。さらに、楽譜が複雑な場面では、他の場面よりもコミュニケーション量を増やして演奏を成立させている可能性が示唆された^[2]。つまり、演奏を先導するリーダーを中心に、楽曲の特性などに応じて演奏を成り立たせるための調整を行なっているのである。

上記の先行研究では、指揮者や主旋律を担当するパートといった、先導するリーダーとなる奏者が事前に想定されていた。しかし、実際の演奏では事前に先導するリーダーが想定されていない場合（たとえば、パートが同じであったり、初対面であったりする場合）でも演奏を成り立たせることができる。共演経験・パートの違いがある奏者間を対象とすることで、奏者間のリード関係を適切に捉えられることが明らかになっている一方で、奏者の身体動作にグレンジャー因果性分析を適用する事例は未だ少ないため、奏者間のリード関係をどのような場合に捉えられるのか、さらに検討していく必要がある。

また、先行研究では楽譜が複雑な部分とそうでない部分による、奏者間のコミュニケーション量を比較していた^[2]。その際、複雑さの評価は第三者によって行われていた。しかし、パートによって楽譜の構造は異なり、各奏者が苦手とする演奏技法も異なると推測されるため、第三者の評価では、実際に演奏した各奏者にとっても複雑で演奏することが（あるいは合奏することが）難しい部分であったのかは明らかではない。同パートのペアを対象としてペア内でパートの差を無くし、奏者自身に課題曲の難易度を評価させてリード関係との関連を考察することで、楽譜を揃え、各奏者が演奏することが困難・容易である部分のリード関係を比較することができる。

さらに、これまでは弓と指揮棒、頭部といったある特定の身体部位に着目して、試行全体のリード関係が検証されてきた。しかし、各奏者における身体動作は多様であり、複数部位でリード関係を抽出した際に、全ての身体部位が同様にリード関係構築に寄与しているとは限らない。また、曲の場面ごとにリード関係が変容しているのかも、明らかになっていない。そこで、リード関係を複数部位で抽出し、抽出された場面を小節毎に検討することで、各部位がどのような場面でリード関係構築に寄与しているのか検討することができる。

そこで、本稿では、同パートを演奏するヴァイオリン奏者のペアを対象とし、ペアで構築されたリード関係の変容を、グレンジャー因果性分析に基づいて検討していく。その際に、演奏回数・ペア・課題曲の難易度によって、リード関係が抽出された小節数に差があるのか検討する。また、頭部・楽器・弓の変位データにグレンジャー因果性分析を適用すると、部位間でリード関係が抽出される小節数に差があるのかも検討する。

2. 方法

2.1 実験参加者

ヴァイオリン演奏経験のある大学生・大学院生 12 名を対象に実験を行った。奏者は、事前に実施したソーシャルスキルを評価するための質問紙（成人用ソーシャルスキル自己評定尺度^[3]）の調査結果に基づき、男女別で 2 名毎のペアに分けた（演奏におけるリード関係とソーシャルスキルの関連を検証するために回答させたが、本稿の議論では用いない）。実験参加者の詳細は、表 1 の通りである。なお、6 ペアのうち、初対面であったペアが 4 組（ペア 2・3・4・5）、相手を知っていると一緒に演奏をしたことはほとんどなかったペアが 2 組（ペア 1・6）であった。

表 1 実験参加者の詳細

| ペア番号 | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| 参加者 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 性別 | 女性 | 女性 | 女性 | 女性 | 女性 | 女性 | 男性 | 男性 | 男性 | 男性 | 女性 | 女性 |
| 年齢(歳) | 22 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 22 | 22 | 22 | 24 | 21 | 24 |
| 経験歴(年) | 17 | 12 | 16 | 14 | 2.5 | 5 | 15 | 16 | 20 | 14 | 16 | 9 |

2.2 課題

実験参加者には、課題曲を 3 試行演奏させた。課題

曲として、E. H. Grieg 作曲、「組曲『ホルベアの時代から』作品 40」^[4]より第 5 楽章 1st ヴァイオリンを指定し、実験実施日より前に提示することで、事前に練習させた。さらに、実験実施日に、個人練習（10 分間）とペア練習（20 分間）の時間を設けた。この曲を課題とした理由は、1 曲の中で多様な音楽表現・ヴァイオリン演奏技術が必要であり、様々な場面における奏者が演奏を構築する過程を検証できるためである。課題曲における音楽表現に関しては、大きく前半（40 小節目まで）と後半（41 小節目から）の二つに分けられる。前半は、生き生きと速く^[5]（音楽用語では *Allegro con brio*）演奏される。後半は、前半までより遅く^[5]（音楽用語では *Poco meno mosso*）演奏され、特に終盤では静かに^[5]（音楽用語では *più tranquillo*）演奏される。前半と後半で、テンポを含め適切に切り替えができなければならない。課題曲におけるヴァイオリン演奏技術に関しては、ピッチカート・速いテンポでの移弦・ポジション移動など、多岐に渡る。

2.3 計測

演奏は立奏で行い、演奏時の実験参加者の全身の 3 次元動作を計測した。計測には、光学式の動作計測装置（Opti track, Natural Point 社）を用いて、標本周波数 100Hz で計測した。反射マーカーは全身（頭頂部・側頭部左右・頸椎 7 番・胸椎 10 番・腰椎 3 番・肩峰左右・肘関節左右・尺骨形状突起左右・上前腸骨棘左右・膝蓋骨左右・足首の外果左右・足の甲左右の計 20 箇所）・楽器・弓・譜面台に貼り付けたが、本研究では合図動作といった示し合わせに関連する、各奏者の頭頂部・楽器渦巻き先端・弓先端の位置変位データを分析対象とした。実験状況は図 1 に示した。楽器は、電子ヴァイオリン（YAMAHA 社, YSV-104s）を用いた。また、演奏の様子を撮影した動画と、実験後に各奏者が楽譜に書き込むことで収集した曲の難易度に関するデータも分析対象とした。

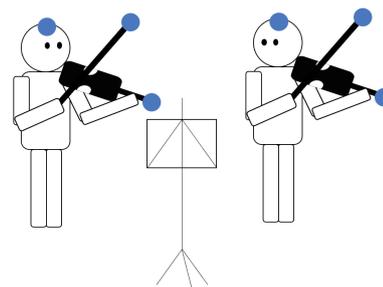


図 1. 実験状況と分析対象とした部位

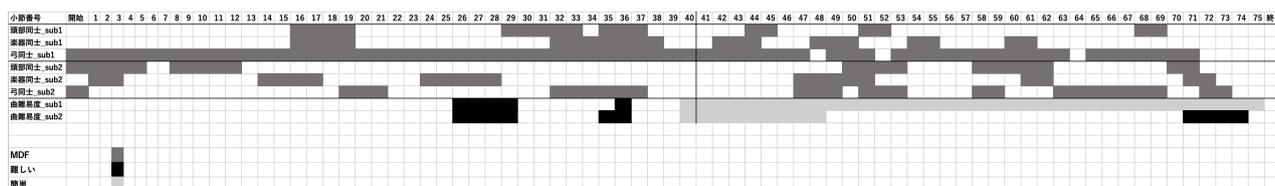


図2. MDF・曲の難易度をまとめた一覧（あるペアの1試行分）

2.4 解析

2.4.1 事前処理

まず、計測した3次元データの中から、各奏者の頭頂部前後方向・楽器渦巻き先端上下方向・弓先端上下方向を抽出した。頭頂部前後方向を抽出した理由は、演奏中の動画を確認した際に、2者の身体全体における前後運動が揃っていたペアが存在し、他の奏者と身体動作を調整する際の特徴が見られる方向であると推測したためである。また、楽器・弓上下方向を抽出した理由は、弓を動かすボウイングが上下運動として表されることから、連動して楽器も上下動が表出することが想定されるためである。次に、抽出した各部位の変位データにバンドパスフィルターを適用した(2次, 0.2-10Hz, 双方向)。変位データは、定常性を確保するために、二階微分から加速度データに変換した後、z得点化した。その後、変換したデータに対し、各ペアの頭部同士・楽器同士・弓同士の組み合わせごとにグレンジャー因果性分析を適用し、統計的因果性を求めた(詳細は次項にて記述)。統計的因果性は、グレンジャー因果性分析で求められた、データの予測の概念に基づく因果性であり、心理学実験における要因統制の結果として特定される直接的な因果関係とは必ずしも一致しない^[4]。

2.4.2 グレンジャー因果性分析とMDF

グレンジャー因果性分析を適用するためには、データが(弱)定常性を満たしていることが前提となる。本研究では、グレンジャー因果性分析を実行する際に、単位根検定を行うことで、定常性が確保されたデータのみをグレンジャー因果性分析にかけた。

自己回帰モデルのパラメータ推定には、最小二乗法を用いた。グレンジャー因果性の統計処理は、F検定を行い、有意性を評価した。なお、有意性の評価は、Benjamini & Hochberg法(BH法)により補正したp値を用いて行った($\alpha < 0.05$)。単位根検定から統計処理まではすべて、MATLAB toolbox for Granger causal con-

nectivity analysis^[6]で実行した。

さらに、グレンジャー因果性分析の結果に基づいて、Musician Driving Force(以下、MDF)を算出した。MDFとは、ある奏者から他の奏者への影響量を示す指標である^[2]。データをウィンドウごとに区切ってMDFを算出することで、奏者間のリード関係を定量化し、時系列的に捉えることができる。本研究では、欠損を考慮して最後の5秒間をカットし、ウィンドウサイズ3秒とし、それを1秒間隔でスライドさせて、ウィンドウごとにMDFを算出した。なお、本研究におけるグレンジャー因果性分析・MDFの算出の詳細については、板垣・谷貝・古山(2020)を参照されたい^[7]。

2.4.3 MDFと動画の対応づけ

算出したMDFと演奏の動画を、ELAN(Ver. 6.0)で対応づけ、頭部同士・楽器同士・弓同士のMDFと、奏者の身体動作・奏者が評価した曲の難易度の関連を探索した。ELANへの入力の際に、MDFについては、データの開始と動画の開始を合わせた上で、抽出できたウィンドウを奏者毎に入力した。その後、小節番号と対応するように、MDF・各奏者が評価した曲の難易度を色分けして一覧を作成した(図2)。本研究におけるMDF・曲の難易度のまとめ方の詳細は、板垣・谷貝・古山(2021)を参照されたい^[8]。曲の難易度は、演奏後に奏者に難しかった部分・簡単だった部分を譜面に書き込ませたデータを使用した。その後、一覧に基づき、グレンジャー因果性分析においてリード関係が抽出された小節数を集計した。具体的には、一覧の中で各ペア・各奏者・各部位のリード関係が抽出された小節(図2の濃い灰色で示されている部分)を、リード関係が抽出された小節とした。なお、課題曲の前半と後半(図2の40・41小節目を境に分かれる)では合計小節数が異なるため、前後半を比較する場合のみ、前半の中でリード関係が抽出された小節数の割合・後半の中でリード関係が抽出された小節数の割合を算出したものを、統計処理にかけた。

2.4.4 統計処理

MDF で示された奏者間におけるリード関係の特徴を捉えるために、統計的検定にかけた。まず、全ペア全試行のグレンジャー因果性分析におけるリード関係が抽出された小節数のデータが正規分布しているかを確認するために、1 標本 Kolmogorov-Smirnov 検定を適用した。その結果、データが正規分布に従わないことが明らかになったので、ノンパラメトリック検定を採用した。全ペアの試行間におけるリード関係が抽出された小節数の差については、Friedman 検定を適用した。ペア間におけるリード関係が抽出された小節数の差については、Kruskal-Wallis 検定を適用し、下位検定には、Wilcoxon 符号順位和検定を用いた (p 値補正は BH 法)。課題曲の中で、奏者が難しいと評価した部分が多い課題曲前半と、奏者が簡単であると評価した部分が多い課題曲後半における、リード関係が抽出された小節数の割合の差については、Wilcoxon 符号順位検定を適用した。各奏者の頭部同士・楽器同士・弓同士におけるリード関係が抽出された小節数の差については、Friedman 検定を適用し、下位検定には、Wilcoxon 符号順位検定を用いた (p 値補正は Bonferroni 法)。統計処理はすべて、MATLAB R2021a で実行した。

3. 結果

解析に用いたグレンジャー因果性分析におけるリード関係が抽出された小節数のデータに対し、1 標本 Kolmogorov-Smirnov 検定を適用した結果、正規性は認められなかった (試行間: $D=1.00, p<.001: 0.31$; ペア間: $D=1.00, p<.001: 0.31$; 前半・後半: $D=1.00, p<.001: 0.22$; 部位間: $D=0.99, p<.001: 0.13$)。したがって、ノンパラメトリック検定を適用することにした。

3.1 試行間の差

リード関係が抽出された小節数 (2 者 3 部位の合計) は、試行間で差があるのかどうかを検討するため、Friedman 検定を適用したところ、有意差はなかった ($\chi^2(2)=0.86, p=.652$)。したがって、3 試行の中で、リード関係が抽出される小節数に差があるとは言えない。

3.2 ペア間の差

リード関係が抽出された小節数 (2 者 3 部位の合計) が、ペア間で異なるのかどうかを検討するため、Kruskal-Wallis 検定を適用したところ、有意差があった ($\chi^2(5)=16.16, p=.006$)。そこで、下位検定として、

Wilcoxon 符号順位和検定を適用したところ (p 値補正は BH 法)、どのペアの組み合わせでも有意差がなかった。したがって、ペアによってリード関係が抽出された小節数に差があるとは言えない (図 3)。

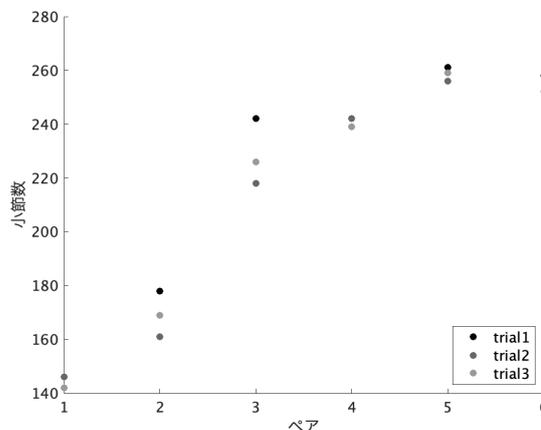


図 3. 試行・ペアによるリード関係が抽出された小節数の違い

3.3 課題曲の前半と後半

3.3.1 奏者の評価

各奏者が楽譜に書き込む形で評価した課題曲の難易度について、前半・後半ごとに簡単であると回答した小節の割合・難しいと回答した小節の割合を算出すると、表 2 のようになった。簡単であるという評価は、後半に含まれる 41 小節目以降で多く見られる。一方、難しいという評価は、前半に含まれる 40 小節目までで多く見られる。したがって、本稿では前半をより難しい部分、後半をより簡単な部分であるとして、比較を行なった。

表 2 各奏者が評価した前半・後半における課題曲の難易度 (割合)

| | 簡単_前半 | 簡単_後半 | 難しい_前半 | 難しい_後半 |
|----------|-------|-------|--------|--------|
| ペア1_sub1 | 10% | 94% | 12% | 6% |
| ペア1_sub2 | 0% | 100% | 24% | 0% |
| ペア2_sub1 | 2% | 100% | 12% | 0% |
| ペア2_sub2 | 2% | 23% | 15% | 11% |
| ペア3_sub1 | 27% | 100% | 24% | 0% |
| ペア3_sub2 | 2% | 3% | 29% | 6% |
| ペア4_sub1 | 17% | 0% | 12% | 0% |
| ペア4_sub2 | 5% | 0% | 12% | 0% |
| ペア5_sub1 | 7% | 97% | 24% | 3% |
| ペア5_sub2 | 2% | 14% | 20% | 9% |
| ペア6_sub1 | 2% | 100% | 22% | 0% |
| ペア6_sub2 | 0% | 89% | 27% | 0% |

3.3.2 前半と後半の差

リード関係が抽出された小節数の割合は、楽曲の前半と後半で差があるのか、Wilcoxon 符号順位検定を適用したところ、有意差があった ($z=2.94, p=.003$)。したがって、難しい部分の多い楽曲の前半は、後半に比べてリード関係が抽出される小節数が多い (図 4)。

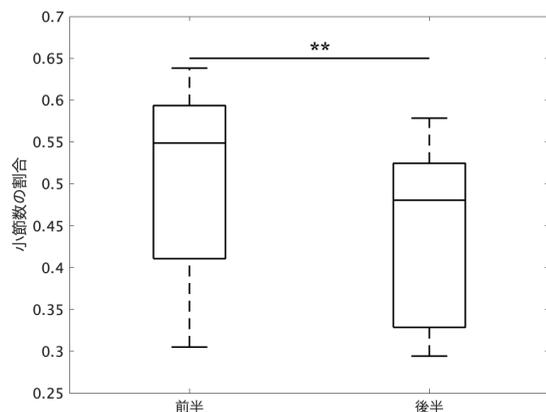


図 4. 前半・後半によるリード関係が抽出された小節数の割合の違い

3.4 部位間の差

各奏者のリード関係が抽出された小節数は、部位 (頭部・楽器・弓) によって差があるのか、Friedman 検定を適用したところ、有意差があった ($\chi^2(2) = 51.01, p < .001$)。そこで、下位検定として、Wilcoxon 符号順位検定を適用したところ (p 値補正は Bonferroni 法)、頭部と弓・楽器との間に有意差があった (弓>頭部, $p < .001$; 弓>楽器, $p < .001$)。したがって、弓は頭部や楽器よりも、リード関係が抽出される小節数が多い (図 5)。

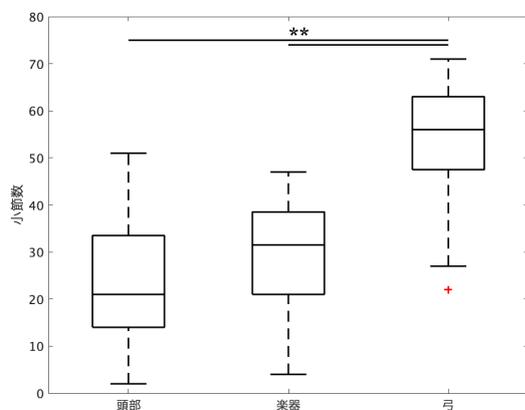


図 5. 身体部位によるリード関係が抽出された小節数の違い

4. 考察

分析の結果、演奏回数を重ねても、リード関係が抽出される小節数に差がなかった。これは、練習時間の影響である可能性が示唆された。本番試行の前に、個人でもペアでも練習できる時間を設けていて、練習時間の中で相手の演奏に十分に慣れることができ、リード関係を構築する場面を大幅に増減させなくても、演奏を成り立たせることができたのではないかと推測される。また、ペアによる差も見られなかったことから、どのペアにおいても演奏の中でリード関係を構築する場面がある程度存在すると推測される。

さらに、課題曲の前半と後半による比較を行なった。前半・後半によるリード関係が抽出された小節数の差は、奏者が評価した難易度が異なることが影響している可能性が示唆された。弦楽四重奏を対象とした先行研究では、楽譜の複雑さに応じて、奏者間のコミュニケーション量に変容する可能性を示している²⁾。本研究においても、奏者によって難易度が高いと評価された課題曲前半では、リード関係が抽出された小節数の割合が高く、奏者によって難易度が低いと評価された課題曲後半では、リード関係が抽出された小節数の割合が低くなった。難易度が高い部分では、より相手と示し合わせながら演奏を成立させる必要がある。一方で、難易度が低い部分では、ある程度各奏者が自由に演奏し、リード関係を構築しなくても演奏を成り立たせることができる。

また、身体部位ごとにリード関係が抽出された小節数を比較すると、弓が頭部・楽器に比べて多いことが明らかになった。これは、動作の類似度と関連している可能性がある。ヴァイオリン演奏は、ボウイングと呼ばれる弓の上下動のタイミングを合わせて演奏することが多い。したがって、他の身体部位より動作の類似度が高くなる可能性がある。一方で、頭部・楽器は曲調に合わせて動作が類似する可能性はあるものの、各奏者にとって弾きやすい方法や、合図動作を出しやすい方法などに応じて類似しない可能性もある。グレンジャー因果性分析は予測の概念に基づいてリード関係を抽出する¹⁾ことから、動作が類似している部位ほどリード関係が抽出されている可能性がある。

5. 展望

本研究において、試行・ペアによる差がみられなかったことから、ヴァイオリン奏者は、初対面の (あるいはほぼ共演経験がない) 相手であっても、事前の練

習時間を設けることで、演奏回数を重ねるごとに大きな変化を見せることなく合奏を行うことができる可能性が示唆された。しかし、他の奏者との演奏に慣れていく過程を見るためには、本番試行のみではなく、練習時間のコミュニケーションにも着目する必要がある。ヴァイオリン奏者による二重奏を対象とした先行研究によると、奏者間における経験の違いによって、弾き方などについて伝える際のコミュニケーション方法が、言語的なものから聴覚・視覚的なものによっていく可能性が示唆された⁹⁾。練習中のコミュニケーション方法は、奏者の演奏技術や経験と関連している可能性がある。本番試行におけるリード関係の構築が、練習におけるやり取りにどのような影響を受けるのか、この問いについてはさらに探究していく必要がある。

また、本稿ではリード関係が抽出された小節数に着目し、課題曲の難易度との関連を考察した。楽曲の前半・後半という大きな枠組みにおけるリード関係のあり方を検討できた一方で、リード関係が抽出される小節数が何らかの影響で変化する（あるいは変化しない）場合でも、リード関係が抽出されるタイミングは変化しない（あるいは変化する）場合もあると推測される。課題曲の前半と後半という大きな枠組みだけではなく、フレーズの区切りや、強弱・テンポを変化させる場面などで、リード関係が抽出されるのかに着目すると、さらに演奏を成り立たせるリード関係のあり方と音楽表現の関連に迫ることができる。

さらに、グレンジャー因果性分析によって抽出されるリード関係は、動作の類似度と関連している可能性が示唆されたが、動作が類似している身体部位のみが演奏の成立に寄与しているとは限らない。なぜなら、身体部位ごとに他の奏者に伝えることができる情報が異なる可能性があるためである。考察でも示した通り、弓の運動は楽曲に依存しているため、1拍1拍のタイミングを効率的に他者に伝えることができる。しかし、大きなフレーズの区切りなどは、弓の微細な動きだけではなく、全身の緩やかな動作も駆使して、奏者間のタイミング調整を行っている可能性がある。また、実験は立奏で実施したため、各奏者が下半身をどのように用いていたのかによって、今回検討した3部位を動かすことができる範囲も大きく変わる可能性がある。奏者がどの身体部位からどのように相手の次の動作を予測しているのかは、今後検討していくべき課題である。

ヴァイオリン奏者が当たり前のように行なっている

合奏は、複雑な現象であるため、各奏者のコミュニケーション方法や楽曲の特性との関連、身体動作についての理解を深めていくことで、各奏者が合奏を成り立たせるために行っている微細な調整を明らかにしていくことができる。本研究をさらに深めていく過程で、奏者が合奏をどのように成り立たせているのか、合奏の質をどのように向上させているのかについて、解明を目指す。

参考文献

- [1] D'Ausilio, A., Badino, L., Li, Y., Tokay, S., Craighero, L., Canto, R., Aloimonos, Y., & Fadiga, L. (2012). Leadership in Orchestra Emerges from the Causal Relationships of Movement Kinematics. *PLoS ONE*, 7(5), e35757. doi: 10.1371/journal.pone.0035757
- [2] Badino, L., D'Ausilio, A., Glowinski, D., Camurri, A., & Fadiga, L. (2014). Sensorimotor communication in professional quartets. *Neuropsychologia*, 55, 98-104. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2013.11.012
- [3] 相川充・藤田正美 (2005). 成人用ソーシャルスキル自己評定尺度の構成 東京学芸大学紀要, 第1部門, 教育科学, 56, 87-93.
- [4] Grieg, E. H., (1886). Aus Holberg's Zeit Op.40, FRANK-FURT: C. F. PETERS. [https://imslp.org/wiki/Holberg_Suite,_Op.40_\(Grieg,_Edvard\)](https://imslp.org/wiki/Holberg_Suite,_Op.40_(Grieg,_Edvard))
- [5] 石桁真礼生・丸田昭三・金光威和雄・末吉保雄・飯田隆・飯沼信義 (2001). 楽典-理論と実習- 音楽之友社.
- [6] Seth, A. K. (2010). A MATLAB toolbox for Granger causal connectivity analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 186(2), 262-273. doi: 10.1016/j.jneumeth.2009.11.020
- [7] 板垣寧々・谷貝祐介・古山宣洋 (2020). ヴァイオリン合奏における奏者間のリード関係とその要因 日本認知科学会第37回大会
- [8] 板垣寧々・谷貝祐介・古山宣洋 (2021). ヴァイオリン合奏におけるリード関係の定量化：奏者間の身体動作のグレンジャー因果性に着目して, 日本生態心理学会第8回研究大会
- [9] 宮宇地秀和・福田忠彦・諏訪正樹 (2005). 合奏という協調活動に関する研究：熟達者ペアの二重奏のケーススタディを例として, 情報処理学会研究報告, 59, 13-18.

『京鹿子娘道成寺』で表現される心・歌詞・振りと 道成寺伝説との関連

Associating the Mind, Lyrics, and Action in “Kyōganoko Musume Dōjōji” with the Legend of Dōjōji

河合 珠空[†], 小方 孝[‡]
Miku Kawai, Takashi Ogata

[†]放送大学, [‡]岩手県立大学

The Open University of Japan, Iwate Prefectural University
mom.mxm39@gmail.com, t-ogata@iwate-pu.ac.jp

概要

歌舞伎舞踊『京鹿子娘道成寺』は道成寺伝説の後日譚であるが、道成寺伝説のストーリーを直接表現しているわけではない。しかし、隠れた対応関係が多く見られることに筆者らは気付いた。そこで、「心」・「振り」・「歌詞」の三つをキーとして二つの物語の対応関係の分析を行い、その結果に基づき、独自に開発した『京鹿子娘道成寺』の2Dアニメーションシステムを利用して『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説とを結合する新しいシステムの方法を提案する。

キーワード: 『京鹿子娘道成寺』、道成寺伝説、歌舞伎、物語生成

1 まえがき

筆者らは、物語生成の研究を行って来たが (Ogata, 2019, 2020; 小方, 2021)、その中で、その総合性などの点から歌舞伎の物語に着目している (Ogata, 2020)。さらに、物語生成の視角から歌舞伎に注目する研究の中で、17世紀に成立し現在まで上演され続けている有名な歌舞伎舞踊作品『京鹿子娘道成寺』を対象として、その舞台上演構造の分析を行い (河合・小方, 2019)、それを2Dアニメーションで再現するシステムの開発を行った (Kawai, Ono, & Ogata, 2020)。

『京鹿子娘道成寺』は、古くから伝わる、熊野を舞台とした道成寺伝説から派生した作品であるが、道成寺伝説が持つ豊かなストーリーラインにおける要素の殆どは削ぎ落され、使用されていない。筆者らは、渡辺保 (1986)の分析内容に刺激を受けて『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造の分析を行ったが、渡辺の分析は、『京鹿子娘道成寺』の主人公である白拍子花子の舞踊の中で変化して行く、「心」(人物の本性を表す言葉)、「振り」(踊りのジャンルを表す言葉)、「歌詞」(唄のジャンルを表す言葉)の三要素に特に注目して行われている。筆者らは、これらを細かく観察すると、『京鹿子娘道成寺』の象徴的な物語の中に隠れて存在する道成寺伝説の物語の様々な要素が顕れて来るのではないかと考え、『京

鹿子娘道成寺』と道成寺伝説との関係に関する研究を始めた (Kawai, Ono, & Ogata, 2020)。

この研究は、単なる調査・分析ではなく、上述の『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造のシミュレーションシステムと道成寺伝説の場面や事象とを、何らかの方法で結び付けて表現するもう一つのシステムの開発を狙っており、全体として明るい色調に彩られた『京鹿子娘道成寺』の「心」・「歌詞」・「振り」に時折現れる暗い雰囲気や事象をキーに、道成寺伝説の中の場面や事象を関連付けるアイデアを考案した。

本稿では、このアイデアを発展させるために、従来行った『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造の分析が示された二種類の表(河合・小方 (2019)の付録と Kawai, Ono, and Ogata (in press)の Table 1) を一つに統合し、道成寺伝説のストーリーラインの記述 (Kawai, Ono, & Ogata (in press) Table 2) を拡張し、「心」・「歌詞」・「振り」に基づく両者の対応付けを行う。さらに、これに基づく、『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説とを結合するシステムの方法の概説を最後に付け加える。

2 道成寺伝説から『京鹿子娘道成寺』へ

以下のように、道成寺伝説がもととなって、『京鹿子娘道成寺』が生み出された。

2.1 道成寺伝説

道成寺伝説の初期形態は、平安時代に成立した『本朝法華経験記』(『大日本國法華経験記』) (1977)の中にある「第二百九話 紀伊国牟婁郡悪女」に現れ、次いで『今昔物語集』(1999)の中の「卷十四第三 紀伊国道成寺僧写法花救蛇語」にも類似した話が収められた。

室町時代成立の絵巻『道成寺縁起』(馬淵, 1983)には、上記の二つとは異なり、女は男を追いかけながら蛇に変身する・女がその心内を語ろうとしている・女が「亭

主清次庄司と申人の姫」と具体的に説明されている等、道成寺伝説の中に女の視点が生じて来たことが伺われる(安田, 1989)。

その後も道成寺伝説に基づく物語や箏曲が生み出され、特に能の麿曲「鐘巻」を受けた能「道成寺」(西野, 1998)は、『京鹿子娘道成寺』の舞台上演の構成を準備している。『京鹿子娘道成寺』は、宝暦三(1753)年3月、江戸中村座において、歌舞伎狂言『男伊達初買曾我』の三番目として、初代中村富十郎によって演じられた。

2.2 舞台としての道成寺伝説—京鹿子娘道成寺

『京鹿子娘道成寺』は、上述のように、能『道成寺』の構造を受け継いでいるが、「鐘入り」の場面を除いて道成寺伝説のストーリーは表現されていない。歌詞は藤本斗文によって新たに書かれたものである(娘道成寺, 1988)が、それは道成寺伝説のストーリーを表現することを目的とするものではなく、道成寺伝説から触発された多彩なイメージを描き、変化の多い舞踊の流れを作り出すものである。すなわち、『京鹿子娘道成寺』において、道成寺伝説そのものは表現されず、作品の背景を成す情報となっている。

『京鹿子娘道成寺』の舞台は、ヒロインの白拍子花子が、道成寺の鐘の供養を願って、華やかで優雅な踊りを披露する。道成寺伝説の物語との関係においては、『京鹿子娘道成寺』は道成寺伝説の後日譚である。白拍子花子の正体である女は既に死んでおり、従って花子は亡霊である。舞台の終盤で、花子はそれまでとは異なる姿—邪悪で恐ろしい大きな蛇の姿に変身し、舞台上手に設置された大きな鐘の上に上り、周囲を睨み付ける。舞台下手側の道成寺の僧達が、蛇に向かってお祈りをし、舞台は幕引きとなる。

3 道成寺伝説と『京鹿子娘道成寺』の分析

本研究において、道成寺伝説と『京鹿子娘道成寺』の対応付けのために、それぞれの詳細な分析を行い、表にまとめた。この分析結果を、具体的な対応付けにつなげて行く。1節に述べたように、それぞれの研究は既に進められているので、ここでは従来の成果を再検討して、拡張・修正を行う。

3.1 道成寺伝説のストーリーラインの分析

道成寺伝説は明確なストーリーラインを持っている。

本研究では、『道成寺縁起』、『大日本法華経験記』、『今昔物語集』の三者をもとに粗筋を独自に作成し、それに基づいて、6つの「場面」で構成されたストーリーを用意した(表1)。「事象」において、それぞれの場面を構成する主要な事象を時間順に列挙し、「構成要素」で、事象中に現れる登場人物・場所・時間・物を記述した。3つ目の場面は、どちらか一方を辿る分岐構造を持つが、左側の分岐は『大日本法華経験記』と『今昔物語集』のストーリーラインを、右側の分岐は『道成寺縁起』のストーリーラインを示している。各場面は複数の事象の流れで構成されている。また、事象の最後の[P+][P][N][N+]の記号におけるPは”Positive”を、Nは”Negative”であり、それぞれの”+”は強調を意味している。これらは、次節で述べる『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説との対応付けの際に利用される。

3.2 『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造の分析

河合・小方(2019)は、渡辺(1986)が示した分析表を参照し、実際の上演記録(京鹿子娘道成寺, 2003)を確認しながら、『京鹿子娘道成寺』の構造を示す表を作成した。これは、歌詞の一単位ごとに場面を分けた非常に詳細なものである。さらに、Kawai, Ono, & Ogata(2020)は、試作開発を行った『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造のシミュレーションシステムの観点から、各場面の舞台の流れ・出現イメージ・歌詞等を含む表を作成した。今回、これらの表を統合・調節して、新しい統合的な表を作成した。その中から、ここでは「中啓の舞」・「花傘踊り」・「手踊り」の場面の表のみを示す(それぞれ表2、表3、表4)。なお場面については、渡辺は14の場面を扱っているが、本研究では、今回使用した実際の上演記録における、「鐘入り」で終わる11の場面をここでは対象としている。近年の『京鹿子娘道成寺』の上演はここで終わることが多い。稀に、その後の「押戻し」が上演されることもあり、筆者の一人(小方)は中村福助主演で見た記憶がある。

4 システム構築に基づく『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説との対応付け

4.1節で、「心」・「振り」・「歌詞」に基づく『京鹿子娘道成寺』の二面性について検討するが、この検討は『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説とを結び付けて表現するシステムを想定して行われており、4.2節に両者の結合に関する一案を示す。

表1 道成寺伝説のストーリーライン

| 場面 | 構成要素 | 事象 | |
|-------------------------|---|---|------------------|
| [1] 清姫が安珍に一目惚れする。 | 登場人物：安珍、年老いた僧、清姫 場所：熊野、民家（熊野の清姫の家）、参詣の道（熊野） 時間：- 物：- | 若い僧である安珍と年老いた僧が参詣のため熊野に向かう。[P] | |
| | | 安珍と年老いた僧は民家に泊まる。[P] | |
| | | その民家に住む清姫は、安珍に一目惚れする。[P+] | |
| | | 安珍は、参詣の帰りに清姫の家を再び訪れると、清姫に嘘をつく。[N] | |
| [2] 安珍が清姫を裏切る。 | 登場人物：安珍、年老いた僧、清姫 場所：熊野、僧達の寺 時間：- 物：- | 安珍と年老いた僧は熊野を出発する。[P] | |
| | | 安珍と年老いた僧は、遠回りして、自分たちの寺に帰る。[N] | |
| | | 清姫は、安珍が嘘をついたことを知る。[N] | |
| [3] 清姫が蛇に変化する。 | [3-1] 悲しみによって蛇に変化 登場人物：清姫、清姫（蛇） 場所：清姫の部屋 時間：- 物：- | [3-1] | [3-2] |
| | | 清姫は部屋に籠る。[N] | 清姫は桐目川を渡る。[N] |
| | | 清姫は泣く。[N] | 清姫は安珍を追い掛ける。[N] |
| | [3-2] 怒りによって蛇に変化 登場人物：清姫、清姫（蛇） 場所：桐目川、上野の岩の上 時間：- 物：- 火 | 清姫の体は蛇に変化する。[N+] | 清姫は上野の岩の上に座る。[N] |
| | | | 清姫は火を吐く。[N+] |
| | | | 清姫の体は蛇に変化する。[N+] |
| [4] 二人の僧が清姫から逃げる。 | 登場人物：安珍、年老いた僧、通りすがりの人、清姫（蛇） 場所：道（熊野） 時間：- 物：- | 通りすがりの人が、安珍と年老いた僧に、蛇が二人を追っていることを告げる。[N] | |
| | | その話を聞いた安珍と年老いた僧は、急いで逃げる。[N] | |
| [5] 道成寺で清姫が安珍を焼き殺す。 | 登場人物：安珍、年老いた僧、道成寺の僧達、清姫（蛇） 場所：道成寺 時間：- 物：道成寺の鐘、焦げた死体 | 安珍と年老いた僧は、道成寺に逃げ込む。[N] | |
| | | 道成寺の僧達は、道成寺の鐘の中に安珍を隠す。[N] | |
| | | 蛇が、道成寺に到着する。[N] | |
| | | 蛇は、安珍が隠れている鐘を、大きな体で締め付ける。[N+] | |
| | | 蛇は、鐘に火を吐く。[N+] | |
| | | 蛇は、道成寺を去る。[N] | |
| | | 道成寺の僧達は、鐘の中を見る。[N] | |
| | | 道成寺の僧達は、鐘の中に、焦げた安珍の死体があるのを見つける。[N+] | |
| [6] 安珍と清姫が、法華経によって転生する。 | 登場人物：高席の老僧、清姫、安珍、道成寺の高席の老僧、僧達 場所：道成寺、老僧の夢の中 時間：夜 物： | その日の夜、道成寺の高席の老僧が夢を見る。[N] | |
| | | 安珍と清姫が、蛇となって、高席の老僧の夢の中に現れる。[N] | |
| | | 安珍と清姫は、高席の老僧に救いを求める。[P] | |
| | | 高席の老僧と道成寺の僧達は、道成寺にて、法華経を唱え続ける。[P] | |
| | | その日の夜、転生した安珍と転生した清姫が高席の老僧の夢に現れる。[P+] | |
| | | 安珍と清姫は、高席の老僧にお礼を述べる。[P] | |
| 安珍と清姫は、夢の中から消える。[P] | | | |

4.1 『京鹿子娘道成寺』における「心」・「振り」・「歌詞」

河合・小野・小方 (2021)は、道成寺伝説の物語に現れる清姫の二面性、すなわち若い僧に恋をする純粋な少女の側面と、この僧の裏切りに怒り狂う少女の側面とに着目し、道成寺伝説の各場面を、二面性のうち前者に対応するポジティブな場面と、後者に対応するネガティブな場面の二つに分けた。さらに、渡辺における

『京鹿子娘道成寺』における「心」という概念を基準に、『京鹿子娘道成寺』についても、表2に示されるように、ポジティブな場面とネガティブな場面の二つに分けた。

ところで、渡辺は、『京鹿子娘道成寺』における「心」・「振り」・「歌詞」は、それぞれ独立して複雑な構造を持つと述べている。すなわち、ある場面の「心」が「純粋な少女」であるからと言って、「振り」や「歌詞」もすべてその性格に貫かれているわけではなく、「純粋な少女」の「心」を示す舞踊の中に、時としてそれとは相反

表2 『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造①（「中啓の舞」）

| 場面名 | 構成要素の項目 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| 中啓の舞 | 舞台上演の流れ | 乱拍子に続いて、能の鐘づくしに従って、本舞台の中央で踊る。 | | | |
| | コマンド | あまり動きがなく、手首を動かす等の細かい振りが多くある。 | | | |
| | 時間 | 23:03~23:16 | 23:18~23:44 | 23:45~24:13 | 24:14~24:41 |
| | 登場人物 | 白拍子花子 | 白拍子花子 | 白拍子花子 | 白拍子花子 |
| | 心 (P) | 娘 (P) | 娘 (P) | 娘 (P) | 娘 (P) |
| | 振り | 白拍子 (P) | 白拍子 (P) | 白拍子 (P) | 白拍子 (P) |
| | 歌詞 | 鐘に恨みは数々ござる (N) | 初夜の鐘を撞く時は (N) | 諸行無常と響くなり (N) | 後夜の鐘を撞く時は (N) |
| | 道成寺伝説の場面 | N | N | N | N |
| | 音楽のジャンルや性格 | 能 (鐘づくし) | 能 (鐘づくし) | 能 (鐘づくし) | 能 (鐘づくし) |
| | 歌い手 | 歌い手 (8人) | 歌い手 (8人) | 歌い手 (8人) | 歌い手 (8人) |
| | 演奏者 | 三味線 (8人)、太鼓 (2人) | 三味線 (8人)、太鼓 (2人) | 三味線 (8人)、太鼓 (2人) | 三味線 (8人)、太鼓 (2人) |
| | 楽器 | 三味線、太鼓 | 三味線、太鼓 | 三味線、太鼓 | 三味線、太鼓 |
| | 場面 | 桜の木 (道成寺) | 桜の木 (道成寺) | 桜の木 (道成寺) | 桜の木 (道成寺) |
| | 舞台上の位置 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 |
| | 衣裳 | 赤 | 赤 | 赤 | 赤 |
| | 小道具 | 中啓 | 中啓 | 中啓 | 中啓 |
| 舞台上の要素 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | |
| 肉体のポイント | 足 | 足 | 足 | 足 | |

| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 24:42~25:10 | 25:11~25:41 | 25:42~26:11 | 26:12~26:48 | 26:50~27:17 | 27:19~27:52 |
| 白拍子花子 | 白拍子花子 | 白拍子花子 | 白拍子花子 | 白拍子花子 | 白拍子花子 |
| 娘 (P) |
| 白拍子 (P) | 白拍子 (N) | 白拍子 (N) | 白拍子 (N) | 白拍子 (P) | 白拍子 (P) |
| 是生滅法と響くなり (N) | 晨朝の響きは生滅々己 (N) | 入相は寂滅為楽と響くなり (N) | 聞いて驚く人もなし (N) | われも五障の雲晴れて (P) | 真如の月を眺め明かさん (P) |
| N | N+ | N+ | N+ | P または P+ | P または P+ |
| 能 (鐘づくし) |
| 歌い手 (8人) |
| 三味線 (8人)、太鼓 (2人) |
| 三味線、太鼓 | 三味線、太鼓 | 三味線、太鼓 | 三味線、太鼓 | 三味線、太鼓 | 三味線、太鼓 |
| 桜の木 (道成寺) |
| 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 |
| 赤 | 赤 | 赤 | 赤 | 赤 | 赤 |
| 中啓 | 中啓 | 中啓 | 中啓 | 中啓 | 中啓 |
| 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 |
| 足 | 足 | 足 | 足 | 足 | 足 |

する「振り」や「歌詞」が現れることもある。渡辺によれば、このような複雑性は『京鹿子娘道成寺』の大きな特性であり、小方 (Ogata, 2020) はこのような物語のあり方を反もしくは非アリストテレス的な豊かな物語のあり方と把握して議論した。本研究において、筆者らは、「心」・「振り」・「歌詞」は、それぞれ独立して花子の感情や性格を表現していると考え、より詳細な分析

を行った。具体的には、表2、表3及び表4を利用し、11の場面それぞれの「振り」・「歌詞」を対象に、その場面の「心」と異なる性格を持つ部分の有無に着目した。例えば、「中啓の舞」の場面は、「心：娘」というポジティブな場面である (P)。ここでの「娘」とは、恋する純粋な少女を意味し、明るい雰囲気がある。しかし、この場面の1から8にかけての歌詞においては、鐘へ

の恨みの情が表現されており、それらをネガティブなものとして位置付けた (N)。この場合、表 1 に示した道成寺伝説におけるネガティブな事象 (場面) と対応付けられる。このような方法で、表 2 から表 4 の「心」・「歌詞」・「振り」の部分は記述されている。

表 3 の「花傘踊り」は、「心」が「少女」であり、全体としてポジティブな場面と規定され、その中の「振り」や「歌詞」にもネガティブな部分は現れない。この場合、「花傘踊り」におけるすべての場面は、道成寺伝説におけるポジティブな事象と結び付けられる。(より一般的に述べれば、『京鹿子娘道成寺』における「心」・「振り」・「歌詞」のすべてが P の場合、道成寺伝説における P の事象に対応付けられ、逆に『京鹿子娘道成寺』における「心」・「振り」・「歌詞」のすべてが N の場合、道成寺伝説における N の事象に対応付けられる。)

一方、表 4 に示した「手踊り」の場面において、「心」は一貫して「真奈児の娘の嫉妬」であり、ここからこの場面は N と決める。しかしその「振り」も「歌詞」も、最初の方では明るくポジティブな雰囲気満たされているが、最後の部分 (場面 5、6) の歌詞に、嫉妬の情が示されているので、これらの場面を N とする。このように、全体として明るい「手踊り」は、その最後に至って、道成寺伝説におけるネガティブな挿話と関連付けられる。

4.2 システム化のための『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説の対応付け方法

筆者らは、道成寺伝説を 3D アニメーションで表現し、『京鹿子娘道成寺』の 2D アニメーションシステムを補完する試作システム (河合・小野・小方, 2021) を試

表 3 『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造② (「花傘踊り」)

| 場面名 | 構成要素の項目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------|------------|--|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|
| 花傘踊り | 舞台上演の流れ | 白拍子花子は、本舞台中央で、花傘を手に持ち、わきて節に従って、踊る。 | | | 白拍子花子は、舞台中央から舞台下手に移動する。 | 12 人の所化が、舞台上で一列に並び、踊る。 | |
| | コマンド | 花傘を回したり、動かす振りが多くあるため、キャラクターはあまり動き回らない。 | | | コマンドの move で、舞台中央から左にキャラクターを動かし、舞台上から退場させる。 | - | |
| | 時間 | 35:43~35:53 | 35:54~36:16 | 36:23~36:35 | 36:37~36:57 | 38:20~38:29 | 38:30~38:50 |
| | 登場人物 | 白拍子花子 (花傘) | 白拍子花子 (花傘) | 白拍子花子 (花傘) | 白拍子花子 (花傘) | Shoke (12 people) 所化 (12 人) | Shoke (12 people) 所化 (12 人) |
| | 心 (P) | 娘 (P) | 娘 (P) | 娘 (P) | 娘 (P) | - | - |
| | 振り | 花傘踊り (P) | 花傘踊り (P) | 花傘踊り (P) | 花傘踊り (P) | 花傘踊り | 花傘踊り |
| | 歌詞 | 梅とさんさん櫻は (P) | いづれ兄やら弟やら (P) | 分きていわれぬ (P) | 花の色え (P) | 菖蒲杜若は | いづれ姉やら妹やら |
| | 道成寺伝説の場面 | P または P+ | P または P+ | P または P+ | P または P+ | - | - |
| | 音楽のジャンルや性格 | わきて節 | わきて節 | わきて節 | わきて節 | わきて節 | わきて節 |
| | 歌い手 | 歌い手 (8 人) | 歌い手 (8 人) | 歌い手 (8 人) | 歌い手 (8 人) | 歌い手 (8 人) | 歌い手 (8 人) |
| | 演奏者 | 三味線 (8 人)、太鼓 (2 人)、笛 (2 人)、鉦 | 三味線 (8 人)、太鼓 (2 人)、笛 (2 人)、鉦 | 三味線 (8 人)、太鼓 (2 人)、笛 (2 人)、鉦 | 三味線 (8 人)、太鼓 (2 人)、笛 (2 人)、鉦 | 三味線 (8 人)、太鼓 (2 人)、笛 (2 人)、鉦 | 三味線 (8 人)、太鼓 (2 人)、笛 (2 人)、鉦 |
| | 楽器 | 三味線、太鼓、笛、鉦 | 三味線、太鼓、笛、鉦 | 三味線、太鼓、笛、鉦 | 三味線、太鼓、笛、鉦 | 三味線、太鼓、笛、鉦 | 三味線、太鼓、笛、鉦 |
| | 場面 | 桜の木 (道成寺) | 桜の木 (道成寺) | 桜の木 (道成寺) | 桜の木 (道成寺) | 桜の木 (道成寺) | 桜の木 (道成寺) |
| | 舞台上の位置 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央→舞台袖 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 |
| | 衣裳 | 淡紅色 | 淡紅色 | 淡紅色 | 淡紅色 | 赤の襦袢、卵色の股引 | 赤の襦袢、卵色の股引 |
| | 小道具 | 花傘 | 花傘 | 花傘 | 花傘 | 花傘 | 花傘 |
| | 舞台上の要素 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 |
| | 肉体のポイント | 手 | 手 | 手 | 手 | 手 | 手 |

| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------|
| | | | | 所化が二人だけ本舞台中央に残り、悪ふざけのような振りをする。 | |
| - | - | - | - | - | - |
| 38:54~39:05 | 39:06~39:22 | 39:33~39:52 | 39:53~40:19 | 40:20~40:25 | 40:29~40:53 |
| 所化 (12人) | 所化 (12人) | 所化 (12人) | 所化 (12人) | 所化 (2人) | 所化 (2人) |
| - | - | - | - | - | - |
| 花傘踊り | 花傘踊り | 花傘踊り | 花傘踊り | 花傘踊り | 花傘踊り |
| わきて節 | わきて節 | わきて節 | わきて節 | わきて節 | わきて節 |
| - | - | - | - | - | - |
| 分きて言われぬ | 花の色え | 西も東もみんな見に来た花の顔 | さよえ 見れば恋ぞ増すえ | さよえ | 可愛らしさの花娘 |
| 歌い手 (8人) | 歌い手 (8人) |
| 三味線 (8人)、太鼓 (2人)、笛 (2人)、鉦 | 三味線 (8人)、太鼓 (2人) |
| 三味線、太鼓、笛、鉦 | 三味線、太鼓、笛、鉦 | 三味線、太鼓、笛、鉦 | 三味線、太鼓、笛、鉦 | 三味線、太鼓、笛、鉦 | 三味線、太鼓 |
| 桜の木 (道成寺) | 桜の木 (道成寺) |
| 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 |
| 赤の襦袢、卵色の股引 | 赤の襦袢、卵色の股引 | 赤の襦袢、卵色の股引 | 赤の襦袢、卵色の股引 | 法衣 | 法衣 |
| 花傘 | 花傘 | 花傘 | 花傘 | - | - |
| 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 |
| 手 | 手 | 手 | 手 | 手 | 手 |

作した。ここで「補完」とは、『京鹿子娘道成寺』の中に直接は顕れていないが、断片的に表出される道成寺伝説の部分の挿入的に表現することによって、道成寺伝説からの一派生としての『京鹿子娘道成寺』を示すことを意味する。応用としては、説明生成としての使用や教育的な用途が考えられる。システムは、『京鹿子娘道成寺』のアニメーションに道成寺伝説のアニメーションを挿入するが、両者の対応付けについてはまだ十分に考えられていなかった。本研究は、この対応付けの研究の発展であり、その分析結果は、今後この補完システムの拡張に利用される。以下、システム化を想定した両者の対応付け方法について述べる。

上述のように、『京鹿子娘道成寺』の表2・3・4において、表1の道成寺伝説の場面中の事象との結び付けのためのキー項目は、「心」・「歌詞」・「振り」である。今回、「振り」は、実写映像から得られた花子の表情や身振りを意味する。

「心」は、全体として、ポジティブ (P)かネガティブ (N)の何れかを取る。「心」においてのみ、すべての場面において値は一定である。他方、「歌詞」と「振り」は、場面ごとに PかNの何れかの値を取る。

本研究では、「心」とは異なる値を持つ場面を、敢えて対照的なものとして強調して表出する、すなわち「歌詞」や「振り」においては「心」とは逆の現れをする部

分に焦点を当てようとするが、一方で、すべて同じ値を持つ場合は、その値を持つ道成寺伝説の事象が選択されるものとする。

以上から、「心」が Pの場合と Nの場合とで、それぞれ四種ずつの組み合わせが生じる。すなわち、「心」が Pの場合 (心/P) は、

- 心/P, 歌詞/N, 振り/N (2)
- 心/P, 歌詞/N, 振り/P (1)
- 心/P, 歌詞/P, 振り/N (1)
- 心/P, 歌詞/P, 振り/P (0)

となり、「心」が Nの場合 (心/N) は、

- 心/N, 歌詞/P, 振り/P (2)
- 心/N, 歌詞/P, 振り/N (1)
- 心/N, 歌詞/N, 振り/P (1)
- 心/N, 歌詞/N, 振り/N (0)

となる。なお、後ろの0から2の数字は、次から必要になるものである。

それに基づいて、道成寺伝説における場面との対応付けが行われる。それは、上の数字に基づいて行われる。

まず、心/Pの場合、数字に基づいて次のような対応

表4 『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造③（「手踊り」）

| 場面名 | 構成要素の項目 | 1 | 2 | 3 |
|---------|------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 手踊り | 舞台上演の流れ | 白拍子花子が、小道具を持たずに、舞台中央に再度登場する。そして、「娼婦のエロティシズム」の音楽に従って、踊る。 | | |
| | コマンド | あまり動きがなく、手首を動かす等の細かい振りが多くある。 | | |
| | 時間 | 1:01:11~1:01:19 | 1:01:20~1:01:42 | 1:01:43~1:02:07 |
| | 登場人物 | 白拍子花子 | 白拍子花子 | 白拍子花子 |
| | 心 (N) | 真奈児の娘の嫉妬 (N) | 真奈児の娘の嫉妬 (N) | 真奈児の娘の嫉妬 (N) |
| | 振り | 生娘 (P) | 生娘 (P) | 生娘 (P) |
| | 歌詞 | ただ頼め (P) | 氏神さまが可愛がらしゃんす (P) | 出雲の神様と約束あれば (P) |
| | 道成寺伝説の場面 | P+ | P+ | P+ |
| | 音楽のジャンルや性格 | 娼婦のエロティシズム | 娼婦のエロティシズム | 娼婦のエロティシズム |
| | 歌い手 | 歌い手 (8人) | 歌い手 (8人) | 歌い手 (8人) |
| | 演奏者 | 三味線 (8人)、太鼓 (2人)、笛 (2人) | 三味線 (8人)、太鼓 (2人)、笛 (2人) | 三味線 (8人)、太鼓 (2人)、笛 (2人) |
| | 楽器 | 三味線、太鼓、笛 | 三味線、太鼓、笛 | 三味線、太鼓、笛 |
| | 場面 | 桜の木 (道成寺) | 桜の木 (道成寺) | 桜の木 (道成寺) |
| | 舞台上の位置 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 |
| | 衣裳 | 紫色 | 紫色 | 紫色 |
| | 小道具 | - | - | - |
| 舞台上の要素 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | |
| 肉体のポイント | 手 | 手 | 手 | |

| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1:02:08~1:02:13 | 1:02:14~1:02:45 | 1:02:46~1:02:56 | 1:02:57~1:03:06 | 1:03:07~1:03:37 |
| 白拍子花子 | 白拍子花子 | 白拍子花子 | 白拍子花子 | 白拍子花子 |
| 真奈児の娘の嫉妬 (N) |
| 生娘 (P) |
| つい新枕 (P) | 廓に恋すれば浮世じゃえ (P) | 深い仲じゃと言いつてて (N) | こちゃこちゃこちゃよい首尾で (N) | 憎でらしほどいとしらし (N) |
| P+ | P+ | P | P | P |
| 娼婦のエロティシズム | 娼婦のエロティシズム | 娼婦のエロティシズム | 娼婦のエロティシズム | 娼婦のエロティシズム |
| 歌い手 (8人) |
| 三味線 (8人)、太鼓 (2人)、笛 (2人) |
| 三味線、太鼓、笛 | 三味線、太鼓、笛 | 三味線、太鼓、笛 | 三味線、太鼓、笛 | 三味線、太鼓、笛 |
| 桜の木 (道成寺) |
| 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 | 本舞台：中央 |
| 紫色 | 紫色 | 紫色 | 紫色 | 紫色 |
| - | - | - | - | - |
| 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 | 道成寺、鐘、桜の木 |
| 手 | 手 | 手 | 手 | 手 |

付けが行われる。

な対応付けとなる。

- 2点: 道成寺伝説の N+ の場面
- 1点: 道成寺伝説の N の場面
- 0点: 道成寺伝説の P+ か P の場面

- 2点: 道成寺伝説の P+ の場面
- 1点: 道成寺伝説の P の場面
- 0点: 道成寺伝説の N+ か N の場面

一方、心N の場合、同じく数字に基づいて次のよう

以上で、道成寺伝説の N+ の場面とは、道成寺伝説に

において、最もネガティブであると評価された場面であり、**N** は次いでネガティブな場面、**P+** は最もポジティブと評価された場面、**P** は次いでポジティブな場面である。

『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説との対応付けについては、今回以上のように決めた。これは、『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説とを対応付け、今回の場合なら『京鹿子娘道成寺』のシミュレーションシステムから道成寺伝説に移行する仕組みを内蔵したシステムにおいて具体化されるべき案である。これに基づくシステムの実装については本論文では詳説しないが、概略、次のような方針で行う予定である。なお、図1は、「中啓の舞」・「花傘踊り」・「手踊り」のそれぞれについて、「心」が一貫して1(**P**)もしくは-1(**N**)の場合、対応付けられる道成寺伝説における事象の点数を示すものであり、多くの場合対照的な事象に対応付けられことが分かる。

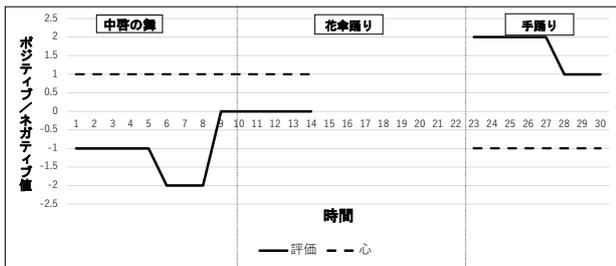


図1 『京鹿子娘道成寺』の場面と道成寺伝説の事象との対応付けのパターン

まず、『京鹿子娘道成寺』のシステムから道成寺伝説の特定の場面を表示するタイミングについては、ボタンを押すなりしてユーザが決めるものとする（システム内で任意のタイミングで移行させることによる実験が可能である）。

また、一回ごとの表示の量は、仮に次のように決めておくものとする。心/**P**と心/**N**の場合、共通に、以下のように行う。

- 2点: 2場面を表示する：
 - 1) 初めの1場面を任意に選択する。
 - 2) 次の場面は、後続する直近のものを選択する。（但し、既に使用したものはスキップする。）
- 1点: 1場面を表示する：
 - 1) 任意に選択する。（但し、既に使用したものはスキップする。）
- 0点: 2場面を表示する：
 - 1) 初めの1場面を任意に選択する。
 - 2) 次の場面は、後続する直近のものを選択する。（但し、既に使用したものはスキップする。）

さらに、最後に、既に表示された場面を、前から順番にすべて再表示する。

表示の例として、『京鹿子娘道成寺』の舞台の一場面



図2 『京鹿子娘道成寺』の舞台の一場面と対応する道成寺伝説の一場面の例

と対応する道成寺伝説の一場面を、図 2 に示す。上左の図は『京鹿子娘道成寺』における「花傘踊り」の場面からの一枚であり、それに対応する右の図は道成寺伝説における「清姫が安珍に一目惚れをする。」の事象を示す。一方、下左の図は『京鹿子娘道成寺』における「中啓の舞」の場面からの一枚であり、それに対応する右の図は道成寺伝説における「蛇は、鐘に火を吐く。」の事象を示す。

5 あとがき

本稿では、筆者らが試作開発した『京鹿子娘道成寺』の舞台上演構造のシミュレーションシステムに、道成寺伝説のストーリーを関連付けたシステムの構築を目指して、『京鹿子娘道成寺』における「心」・「振り」・「歌詞」の三要素を詳細に分析した。また、その成果を両者の結合システムに適用するための方法を提案した。

『京鹿子娘道成寺』における三要素の分析研究をより有意義に進めるには、道成寺伝説そのもの、歌詞や振り（舞踊）に関する調査・研究の深まりが求められる。何れにも、物語や芸能や文学としての知識が蓄積しているからである。

同時に、本研究の成果を、開発を始めている『京鹿子娘道成寺』と道成寺伝説の相互結合システム(河合・小野・小方, 2021; Kawai, Ono, & Ogata (in press))に適用することが直近の課題である。

謝辞

本研究は、科研費（研究課題／領域番号: 18K18509）の資金援助を受けている。

文献

- 大日本国法華経験記 (1977). 井上光貞・大曾根章介 (校注), 『往生傳 法華験記 (日本思想大系 7)』. 217-219. 岩波書店.
- 河合珠空・小方孝 (2019). 物語プロットからの歌舞伎の舞台上演構造の生成を目的とした『京鹿子娘道成寺』の分析. 『ことば工学研究会予稿集』, 63, 25-61.
- Kawai, M., Ono, J., & Ogata, T. (2020a). Analyzing the Stage Performance Structure of a Kabuki-Dance, *Kyōganoko Musume Dōjōji*, Using an Animation System. E. Ishita, N. L. S. Pang, & L. Zhou (Eds). *Digital Libraries at Times of Massive Societal Transition (LNCS 12504)*. 248-254. Springer Nature. (DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64452-9_22)
- Kawai, M., Ono, J., & Ogata, T. (2020b). Dual Story Generation Based on Love and Extreme Emotions. *The 5th International Congress on Love & Sex with Robots (LSR2020)*.
- 河合珠空・小野淳平・小方孝 (2021). 『京鹿子娘道成寺』と

- 道成寺伝説とを融合したシステムに向けて. 『ことば工学研究会予稿集』. 13-24.
- Kawai, M., Ono, J., & Ogata, T. (in press). Analyzing the Relationship Between the Legend of Dōjōji and the Kabuki-Dance *Kyōganoko Musume Dōjōji* to Develop Prototyping Systems. *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, 8(3), December, 2021.
- 今昔物語集 (1999). 馬淵和夫・国東文麿・今野達 校注. 『今昔物語集 1』. 小学館.
- 京鹿子娘道成寺 (2003). 『坂東玉三郎舞踊集 1』[DVD]. 松竹ホームビデオ.
- 馬淵和夫 (1983). カラー 道成寺縁起 上巻・下巻, 相賀徹夫 (Ed), 『道成寺』. 9-16, 33-40. 小学館.
- 娘道成寺 (1988). 娘道成寺 (京鹿子娘道成寺). 郡司正勝 (編). 『舞踊集 (歌舞伎オン・ステージ 25)』. 15-36. 白水社.
- 西野春雄 (編) (1998). 道成寺. 『謡曲百番 (新日本古典文学大系 57)』. 52-57. 岩波書店.
- Ogata, T. (2020a). *Toward an Integrated Approach to Narrative Generation: Emerging Research and Opportunities*. Hershey, PA, USA: IGI Global. (DOI: 10.4018/978-1-5225-9693-6)
- Ogata, T. (2020b). *Internal and External Narrative Generation Based on Post-Narratology: Emerging Research and Opportunities*. Hershey, PA, USA: IGI Global. (DOI: 10.4018/978-1-5225-9943-2)
- Takashi Ogata (2020c). *Kabuki as a Synthetic Narrative: Synthesis and Expansion. Internal and External Narrative Generation Based on Post-Narratology: Emerging Research and Opportunities*. 109-254. Hershey, PA, USA: IGI Global. (DOI: 10.4018/978-1-5225-9943-2.ch002)
- Takashi Ogata (2020d). Bridging the Gap Between Narrative Generation Systems and Narrative Contents With *Kabuki-Oriented Narratology and Watakushi Monogatari*. T. Ogata & J. Ono (Eds.). *Bridging the Gap Between AI, Cognitive Science, and Narratology With Narrative Generation*. 126-248. Hershey, PA, USA: IGI Global. (DOI: 10.4018/978-1-7998-4864-6.ch006)
- 小方孝 編 (2021). 『ポストナラトロジーの諸相——人工知能の時代のナラトロジーに向けて 1』. 新曜社.
- 渡辺保 (1986). 『娘道成寺』. 駸々堂出版.
- 安田徳子 (1989). 道成寺伝説から『京鹿子娘道成寺』へ. 『聖徳学園岐阜教育大学国語国文学』. 8, 1-12.

女性が活躍の場へ参加するにあたっての勧誘の影響と内面の変容 —さかいで131（ぼうさい）おとめ隊の事例—

The Influence of the Invitation and the Succeeding Psychological Change of the Women to Participate in Spotlighted Activities: A Case Study on Sakaide 131 (Bousai) Otometai

庄野 真紀[†], 西中 美和[†]
Maki Shono, Miwa Nishinaka

[†]香川大学

[†]Kagawa University

m.go.go.gogotea@gmail.com

概要

女性が自己効力感を高めるための経験を積むには、まずは活躍の場への参加が重要である。本稿では、活躍の場への参加自体に消極的である人が多いことに着目した。事例として、坂出市防災女性チームを取り上げ、参加に際しての阻害要因と促進要因を個人の内面変容から明らかにする。定性的分析の結果、参加に至るまでの心理的障壁が大きいと、個人の内面に作用する外からの働きかけが必要であることが確認できた。

キーワード：勧誘、女性、活躍、内面変容

1. はじめに

少子高齢化が進み、労働力が減少する中、政府は「女性が輝く社会」をつくることを最重要課題の一つとして位置づけ、これまでにさまざまな施策を行っている。また、労働力としてだけでなく、男女共同参画社会の実現を目指しており、男女平等の考え方の浸透や、さまざまな分野で女性の活躍を望む風潮ができてきている。

ところが、管理職に占める女性の割合を2020年までに30%にするという目標（2003年制定）を掲げていたが、女性の管理職割合は2019年で9.5%（課長相当職以上）[1]と、以前として多くはない。理由として、制度的な問題も指摘されているが[2]、意欲という点から、女性自身が管理職になりたがらない傾向があるとされている[2][3]。

これまでは、制度や環境を整えれば、女性は男性と同等の働き方や選択をする（活躍の場への参加を望む）という前提のもと様々な施策が行われてきた。しかし、制度が整っていても、活躍の場への参加をためらう女性が多い[3]。この理由として、女性ならではの内面の心

理的要因があると思われる。

2. 研究目的

自己効力感を高めるには成功経験を積むことが重要となる[4]。しかし、女性は男性に比べ、自分を過小評価する傾向があり[5]、また、女性が管理職へなりたがらない傾向がある[2][3]ことから、経験ができる活躍の場に自ら参加する人が少ないのではないかとと思われる。

そこで、女性の、活躍の場である、坂出市役所の防災女性チーム（愛称：さかいで131おとめ隊）（以下、「おとめ隊」）を事例として取り上げ、おとめ隊に参加したメンバーが、参加を勧誘された際の内面の心情、阻害要因と促進要因、加入後の内面の変容を明らかにした。それらを勧誘されたが参加に至らなかった女性の心理過程と比較することにより、女性が活躍の場へ参加するにあたっての内面の変容過程と勧誘のモデル化を行う。

3. 先行研究

Clance and Imes (1978) [5] は、成功している女性であっても、その成功は自分の実力ではなく、運や環境のおかげであると考え、自分の能力に不信を抱くという「インポスター症候群」が多いことなどを指摘している。なお、Langford and Clance (1993) [6]では、この症候群は男性にも同程度認められるとしているが、男性の場合、女性とは異なる反応を示すと述べている。

Pinker (2009) [7] では、女性は一般的に、ある分野への関心や貢献、実社会に影響を与えられることなどの内発的報酬が、仕事における動機づけになる傾向が強いとされている。

Niederle and Vesterlund (2006) [8]では、女性は男性に比べて自信のなさやリスク回避の特性があることを示している。

高見 (2017) [9] は、女性は男性に比べて昇進意欲が低いことに着目しており、自分の能力に対する自信を深めることを通じて、昇進意欲を高める部分があることを示している。

以上のことより、女性の特性に対する先行研究は多いが、それが活躍の場への参加にどのように作用しているのかは研究が少なく明確ではない。そこで、本研究では女性が活躍の場へ参加する阻害要因・促進要因は何で、それにかかる内面的な感情はどのようなものかというリサーチクエスチョンを設定した。

4. 研究事例

おとめ隊は、香川県坂出市役所の女性職員有志による防災チームであり、女性の視点による防災対策上の問題点の把握、解決策についての検討および防災施策の推進を目的とし、平成26年に発足し、現在（令和3年度）も継続して活動している（図1）。

市女性職員によるチームは全国でもいくつか存在しているが、短期プロジェクトが多く、長期に継続している活動は全国的にも珍しい。取材や講演依頼を受けることも多く、活動に対する内外からの評価も高く、女性ならではの視点で力を発揮している、女性の「活躍の場」の事例である。

メンバーは発足当初より11名で活動しており、毎年4月に前年度から卒業した人数を補充する形で募集している。卒業の理由は、異動や産休・育休によるものが多く、毎年3～5名入れ替わっている。

補充メンバーは、公募するが、自ら応募する人はおらず、事務局より何度も勧誘することで参加に至るケースがほとんどである。しかし、加入に際して大きな抵抗があったからといって、加入後の活動は消極的な訳ではなく、精力的に活動し、内外から評価される実績を残す人が多い。このことから、おとめ隊を事例として取り上げることにより、活躍できる人材であっても、「活躍の場」への参加に躊躇う女性の心理状況について明らかにすることができる考えた。

5. 研究方法

内面の変容過程を探索的に調査するため、定性的手



図1 平成29年度おとめ隊集合写真

法を採用した。半構造化インタビューを実施し、結果をテキスト化し、グラウンデッド・セオリー・アプローチ[10]に則りコーディングし、コーディング結果を時系列と要因でモデル化した。これにより、勧誘から参加の意思決定に至るまでの内面的過程と勧誘との関係を明らかにする。

5.1 インタビュー対象者

インタビュー対象者は、勧誘時に比較的強めの拒否感を表したおとめ隊経験者5名（表1）、勧誘したが参加に至らなかった非経験者4名（表2）、勧誘者の一人であるおとめ隊発足者1名の計10名である。

インタビューは、実名を明かさなことを告げたいうえで、「おとめ隊に入る前のおとめ隊へのイメージ」「最初声をかけられたときどう思ったか」「加入をためらった理由は何か」、加えて経験者には「入ろうと思った決め手は何だったか」「おとめ隊に入って変わったことはあるか」を、非経験者には「こうなれば入ってもよい、入りたいと思うことはあるか」を基本とし、平均して約20分間のインタビューを、おとめ隊発足者には、「どのように勧誘したか」「声をかけたときの相手の反応はどうだったか」「断られたときの理由は何か」「入ることを決めてくれたきっかけ・理由はなんだったか」「入った人、入らなかった人の違いは何だと思うか」などを基本とし、約50分間のインタビューを独立して実施した。

表1 インタビュー対象者（おとめ隊経験者）

| 対象者 | 加入時の年代 | 加入時の役職 | 備考 |
|-----|--------|---------|---------|
| A氏 | 20代 | 技師(保健師) | 現メンバー |
| B氏 | 40代 | 係長 | 元リーダー |
| C氏 | 40代 | 係長 | 元サブリーダー |
| D氏 | 30代 | 主事 | 現メンバー |
| E氏 | 30代 | 主事 | 現メンバー |

表2 インタビュー対象者（おとめ隊非経験者）

| 対象者 | 年代 | 役職 | 備考 |
|-----|-----|----|---------|
| F氏 | 40代 | 係長 | 平成8年入庁 |
| G氏 | 40代 | 係長 | 平成4年入庁 |
| H氏 | 30代 | 主事 | 平成23年入庁 |
| I氏 | 30代 | 主事 | 平成24年入庁 |

5.2. 調査分析の方法

インタビュー後は、以下に記した手順で Flick (2011)[10] の定性的手法に則り分析を行い、勧誘から参加の意思決定に至るまでの内面的過程と勧誘との関係を明らかにする。iからivを、インタビュー対象者すべてに対して行った。

- i. 録音したインタビュー結果をテキストにする。
- ii. 書き起こされたテキストを切片化し、切り分けられたデータのその内容を表現する簡潔な名前（コード）をつける。

iii. 抽出されたコードに対して共通性を見つけてまとめ（軸足コーディングという）、それを以下の5つのカテゴリーに振り分ける。

(A) おとめ隊のイメージ（加入前）(B) おとめ隊加入後 (C) 阻害要因 (D) 勧誘時の状況, (E) 促進要因

iv. 振り分けたカテゴリーごとに軸足コーディング結果を割り当て、最終的な概念モデルを作成し、現象をあらわしていく。一例として、図2にA氏（表1）の加入における内面の変容を表した概念モデルを示す。

なお、概念モデルの一つ一つの箱が表していることは、すべてインタビューから抽出された対象者の感情（あるいは状況）であり、対象者の心の変遷とそれに影響を与える要因を表している。

最終的には、10人の分析結果から、経験者の加入における内面の変容を表した概念モデルを作成し、さらに、阻害要因、阻害要因と関係する要因、それらを解決する促進要因を抽出している。

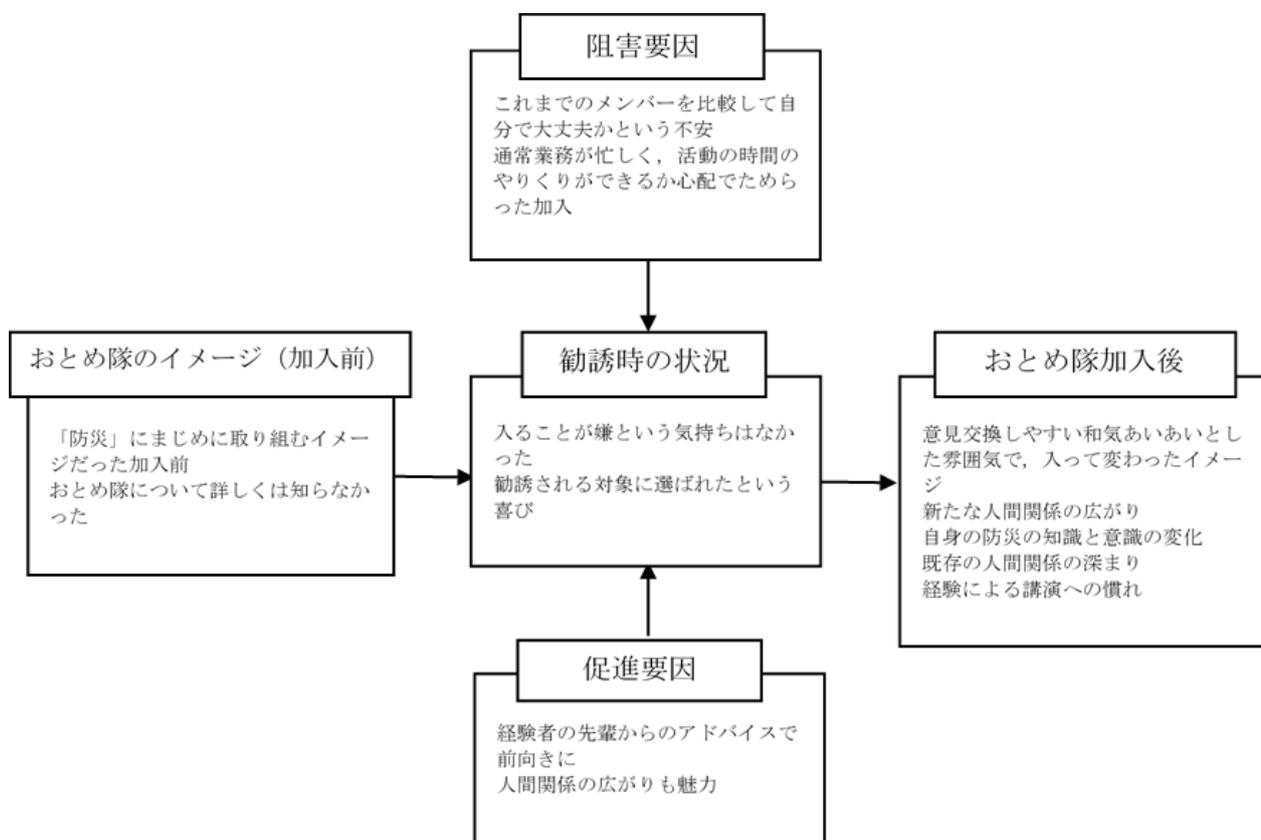


図2 A氏の加入における内面の変容を表した概念モデル

6. 結果

6.1 おとめ隊経験者の分析結果

おとめ隊経験者とのおとめ隊発足者のインタビュー分析結果を統合し、経験者の加入における内面の変容を表した概念モデルを作成した。(図 3) そこから抽出された阻害要因を軸に、その阻害要因と関係する要因を表し、それらを解決する促進要因の 4 つのパターンを導き出した。以下 6.1.1~6.1.4 に、その 4 つのパターンを記載する。

6.1.1 「自分の能力への自信のなさ」の緩和

おとめ隊は自分とは違う意識や能力の高い人が参加するものと考えており、「自分の能力への自信のなさ」が阻害要因としてあった。また、実際よりも過大な負担を想像していたり、会の雰囲気についても、「防災に業務的に取り組む」イメージなどから、加入のハードルが上がっていた。しかし、加入後は想像よりも負担が少なく感じていたり、意外と和気あいあいとして意見交換しやすいく雰囲気だったと思っていた。それらから、勧誘者は、参加者が過大な不安を抱えていることを理解し、具体的に活動内容や会の雰囲気について伝えることで、誤解を解くことが必要であることが分かった。

また、自信のなさに作用するため、経験者や上司からの勧めが促進要因になることが分かった。特に先輩や信頼のおける人物からの勧めは、自信のなさの緩和と共に、期待に応えたいという気持ちも芽生えるため効果的である。

また、実は入ること自体は嫌ではないような場合でも、勧誘側は断られることで活動自体を拒否されると感じる場合があるため、なぜ断っているのかを探りながら、「一度断られても諦めない」で、粘り強く勧誘することが必要である。

6.1.2 「通常業務・自分の時間との両立」の緩和

通常業務との両立ができるか、残業や休日出勤により自分の時間が削られるのではないかとすることは、すべての人が挙げた阻害要因となっている。

しかし、加入後は想像よりも負担が少なかったという意見が多く、このことより、ここでも実際よりも過大に不安を抱く傾向にあることがわかる。そのため、勧誘者は、業務量を明確にし、メンバーのサポートにより、想像よりも負担が少ないという意見が多いことを伝えることが必要である。また、合わせて、加入後には「思い切ってやってよかった」という意見があるように、たとえ業務量が増えてもやってみたいと思えるようなメ

リットを伝えることが重要である。

6.1.3 「目立つことへの抵抗感」の転換

人前に立ったり、目立つ活動に強い抵抗感をもって人は多い。また、「女性の活躍の象徴」のような位置づけになることで、より新規加入のハードルが上がっている面もあると考えられる。

しかし、そのような気持ちを持っていた人も加入後は、「苦手なこともよい経験」という感想があるように、勧誘者は、苦手を克服できる貴重な機会であることを伝えることが有効である。

6.1.4 「知り合いが少ないことへの不安」の解消

阻害要因として、「知り合いが少ないことへの不安」があり、合わせて大きな促進要因として、親しい仲間が存在があった。また、阻害要因として上がっていない場合でも、親しい仲間が存在が不安の緩和や、加入の後押しとなっていたり、加入してよかった点について、人間関係の広がりや深まりはすべての人が感じており、大きなメリットとして促進要因となる。そのため、一緒に加入する人、親しいメンバーの存在が非常に有効となる。

6.2 おとめ隊非経験者の分析結果

おとめ隊経験者らと同様に、おとめ隊非経験者の各インタビュー分析結果を統合し、非経験者の内面の概念モデルを作成した(図 4)。これより抽出された阻害要因は、経験者と非経験者で同様のものであった。このことより、参加した人と参加していない人の大きな違いなく、阻害要因を緩和できるような促進要因となる「粘り強い勧誘」が足りなかったことや「知り合いが少ないことへの不安」の解消ができていなかったことがわかった。

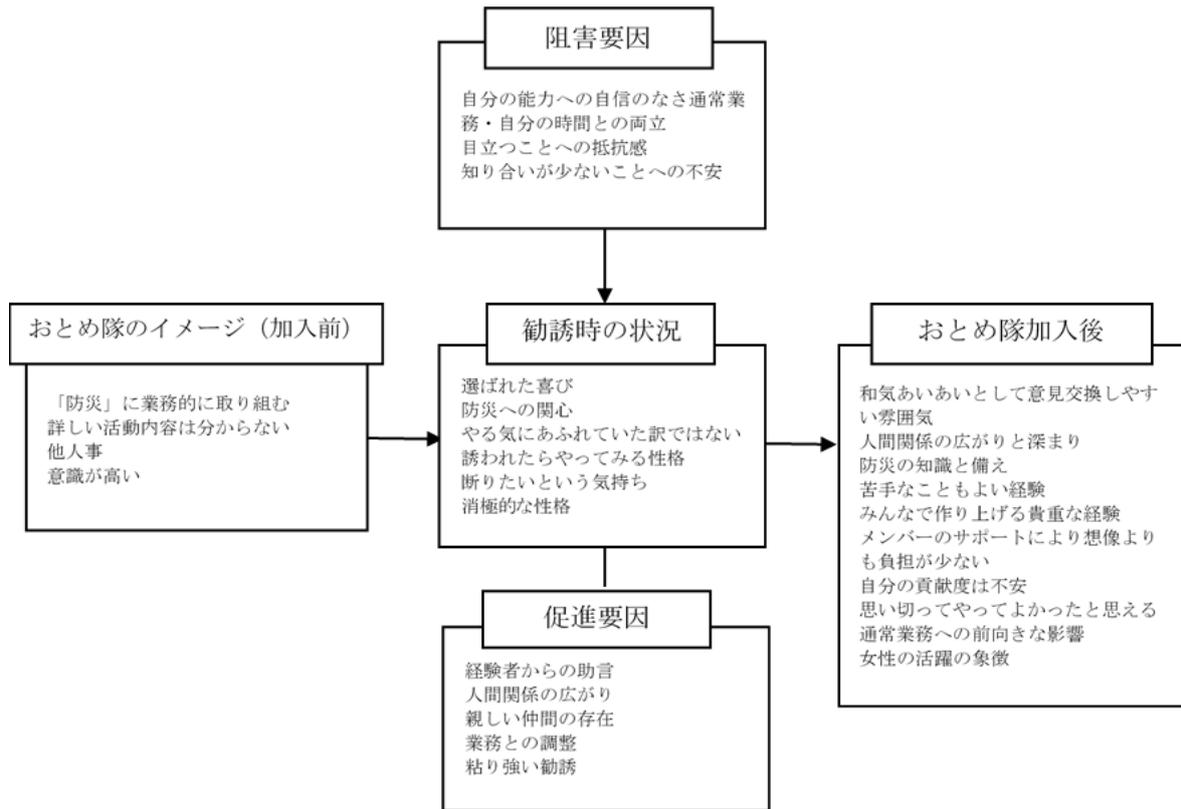


図3 経験者の加入における内面の変容を表した概念モデル

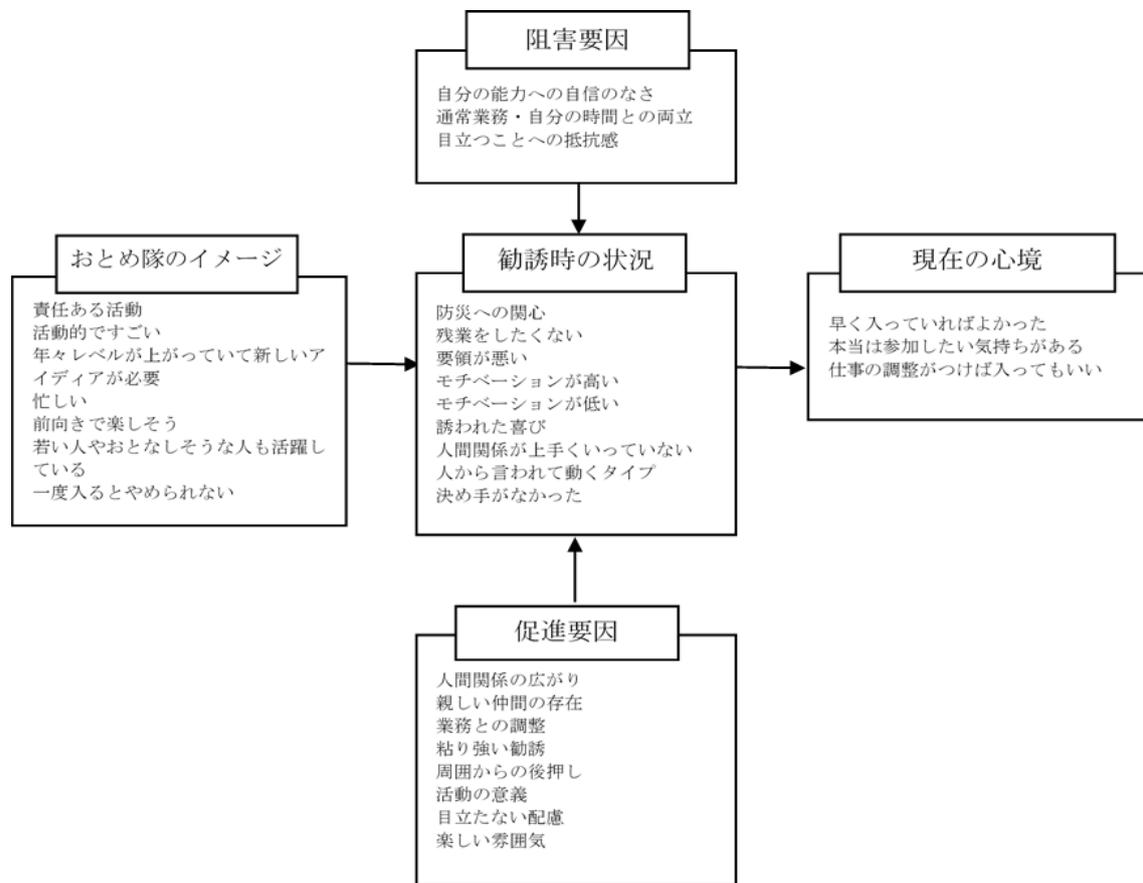


図4 非経験者の内面の概念モデル

7. 考察

それぞれの分析より導き出した結果を図5に示す。

活躍の場への参加の阻害要因には、自分の能力への自信のなさ、目立つことへの抵抗感、踏み出す勇気のなさ、知り合いが少ないことへの不安等、過大な不安をもつ傾向があり、また自身に対する過小評価の傾向が多いことが分かった。加えて、おとめ隊参加者は、不安は残したまま加入しているが、加入後に前向きな姿に変容していた。つまり、活躍の場への参加で変容するが、そこに至るまでの心理的障壁が大きいことがわかった。そのため、まずは参加を促すための内面に作用する触媒としての勧誘が重要であった。これらより、不安を緩和するための、粘り強い勧誘が必要であること、促進要因には、共に活動する仲間が存在することが明らかになった。

なお、勧誘では、同じ不安を抱えながら加入した経験者の加入後の変容した姿を示すことが有効ではないかと思われた。

8. まとめ

この研究の貢献は、これまで学術的視点が向けられていなかった、女性の活躍の場への参加に関する内面的な要因について着目し、参加を促進するための具体的な方策を導き出した点にある。この方策や視点を他の事例でも活用することで、女性の活躍の機会が増え、その後の経験により行動変容が起き、活躍する女性が増えることが期待できる。

一方で、本研究は坂出市における特定の事例に基づいた考察の結果であり、他の職種や活躍の場の事例においての比較考察を行うなど、信頼性を高める調査研究が必要である。また、不安のまま入ったメンバーがその後、その不安がどのように変化していくのかについても今後の研究課題としてゆきたい。

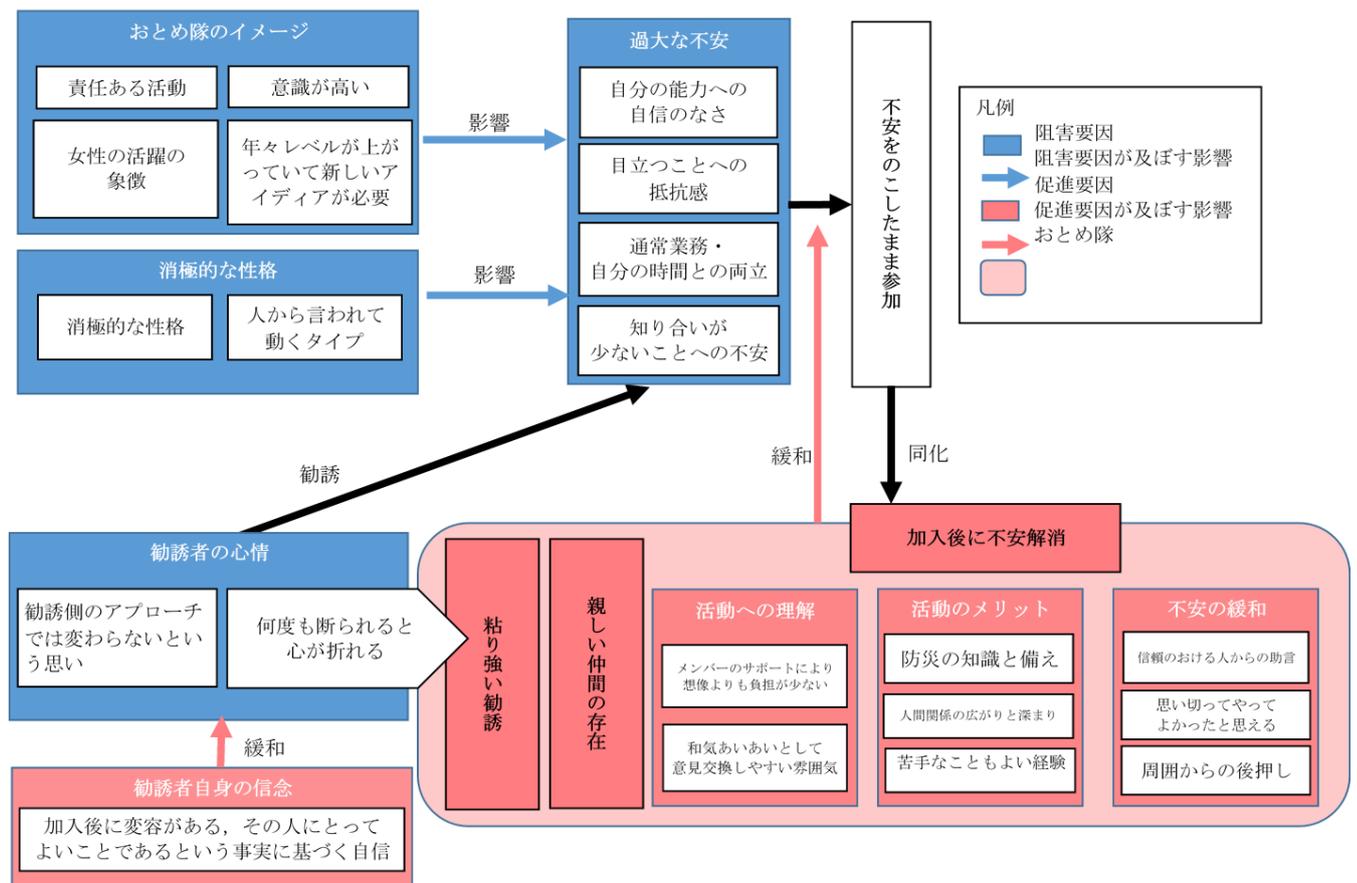


図5 おとめ隊勧誘対象者の内面の変容と勧誘の関係

文献

- [1] 厚生労働省雇用環境・均等局, (2020). “令和元年度雇用均等基本調査”.
- [2] 川口章, (2012). “昇進意欲の男女比較”, 日本労働研究雑誌, Vol. 620, pp. 42-57.
- [3] 安田宏樹, (2009). “総合職女性の管理職希望に関する実証分析—均等法以後入社者の総合職に着目して”, 経済分析, Vol. 181, pp. 23-45.
- [4] Bandura, A., (1977). “Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioural change”, *Psychological Review*, Vol. 84, No. 2, pp. 191-215.
- [5] Clance, P. R. and Imes, S., (1978). “The Imposter Phenomenon in High Achieving Women: Dynamics and Therapeutic Intervention”, *Psychotherapy: Theory, Research and Practice*, Vol. 15, No. 3, pp. 241-247.
- [6] Langford, J. and Clance, P. R., (1993). “The Impostor Phenomenon: Recent Research Findings Regarding Dynamics, Personality and Family Patterns and Their Implications for Treatment”, *Psychotherapy Theory, Research and Practice, Training*, Vol. 30, No. 3, pp. 495-501.
- [7] Pinker, S., (2009). “なぜ女は昇進を拒むのか—進化心理学が解く性差のパラドクス(*The Sexual Paradox: Men, Women, and the Real Gender Gap*)”, 早川書房.
- [8] Niederle, M. and Vesterlund, L., (2007). “Do Women Shy Away From Competition? Do Men Compete Too Much?”, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 122, No. 3, pp. 1067-1101.
- [9] 高見具広, (2019). “総合職女性の昇進意欲にかかわる職務経験—性別職務分離の問題性の考察—”, 労働政策研究報告書, No.192, pp. 99-113.
- [10] Flick, U., (2011). “新版 質的研究入門—人間の科学)のための方法論 (*Qualitative Sozialforschung*)”, 春秋社.

避難意思決定の対角空間パターン生成における個体の影響の詳細分析 Detailed Analysis of Individual Influence in Generating Diagonal Spatial Pattern of Evacuation Decisions

鶴島 彰

Akira Tsurushima

セコム株式会社 IS 研究所

SECOM CO., LTD., Intelligent Systems Laboratory

a-tsurushima@secom.co.jp

1. アブストラクト

東日本大震災時に撮影された動画の分析で発見された、二つの避難行動が出口からの距離によって分れる現象において、エージェントの個性、同調行動中のエージェント間の関係、さらに避難中のエージェントの動的な行動特性などが群衆避難行動に与える影響について分析した。その結果、個々のエージェントに着目したアプローチには限界があり、集団のダイナミクス全体に介入するようなアプローチが求められるとの示唆を得た。

2. はじめに

我々は東日本大震災において撮影された動画¹の分析によって、48人の避難者の室外へ逃げる行動 (Flee) と机などの下に隠れる行動 (Drop) が、出口からの距離によって分かれ、対角空間パターン (DSP) を生成する現象 (図 1) を発見し、災害避難時の避難者間の同調行動を表現した避難意思決定モデル (EDM) [3] をエージェントに組み込んだマルチエージェント・シミュレーションによりこのような現象が再現可能であることを確認した [7]。当初この作業は、災害避難の実データによる EDM の検証作業として行われた。これは 500 体のエージェントを環境内にランダムに配置するという、動画に比べるとやや抽象的なシミュレーション設定により行われ、EDM により DSP が再現可能であることが確認された [7, 4]。しかしこの時の結論は、DSP の発生は個々のエージェントの避難時の認知活動の結果というよりはむしろ、単純な挙動を示す要素の集合体における物理現象としての側面が強いというものだった。次に我々は、実際に動画に記録された 48 人の避難行動を、EDM により再現するシミュレーションを行った。この時のシミュレーション設定は、動画同様、初期状態として 48 体のエージェントを

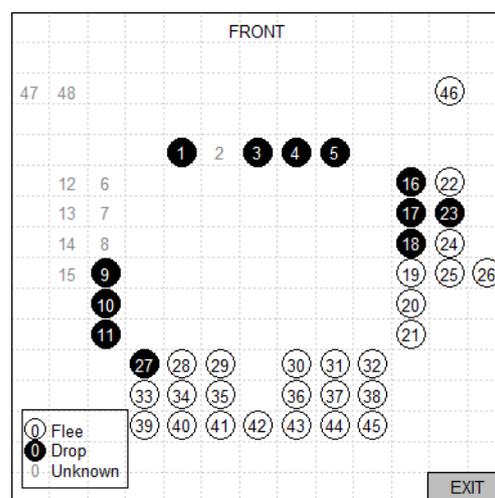


図 1 Flee と Drop が作る対角空間パターン

配置し、さらにエージェントの動きも、動画のなかの人物同様に物理的に制約されるという、より現実に近いものだった。結果としては、この現実的な設定でも DSP は再現可能であったが、抽象的な設定時と大きく異なったのは、DSP の再現が極めて難しかったことである。分析の結果、DSP の発生はエージェントの視界を表す二つのパラメータ値に対する感度が高く、これらのパラメータの極めて限られた範囲でしか現象が再現できないことが分かった。以上の分析から、災害避難時の避難者の視界が前方に対して 20 度という極めて狭い範囲に集中しているというトンネル視 (tunnel vision) 仮説を提唱し [5]、極度のストレスや恐怖により視覚的注意や記憶が眼窩中心部に集中し周辺部での見落としが発生する、トンネル視 [2, 1] という人間の認知現象と、群衆避難状況との接続を行った。トンネル視仮説は経験的に検証されたものではないが、これまでの避難研究において暗黙に仮定されていた避難者の視界と大きく対立するため、この仮説が群衆避難現象に与える影響についても研究を進めている [6]。

¹<https://www.fnn.jp/common/311/articles/201103110012.html>

本研究では、DSP 発生において、個々のエージェントがどのような役割を果たしたのかを、よりミクロな視点で分析した。EDM は災害避難時の同調行動を表現したものであり、これまでの研究から同調行動を削除したシミュレーションでは DSP が発生しないこと、エージェントの視界を角度が狭く距離が長い範囲に設定した場合（トンネル視仮説）以外では動画の状況の再現が困難なことが分かっている。しかしこれら二つの条件がそろった場合に必ず DSP が発生するわけではなく、他の要因が DSP 発生に影響を与える可能性がある。本研究では、エージェントの初期位置、個々のエージェントのパラメータ値、同調行動におけるエージェント間の影響関係、さらに避難行動中のエージェントの採った行動の時系列的な特徴などを分析し、これらが DSP 発生に与える影響について調査した。その結果、群衆避難に与える影響が大きいのは、個々のエージェントの特性なのか、それとも環境や集団全体のダイナミクスなのかについて分析し、効果的な避難支援に対する示唆を得たい。

3. 避難意思決定モデル

エージェント i は心的状態を表す確率変数 X とふたつのパラメータ、反応閾値 θ_i とリスク感受性 μ_i を持つ。 θ_i と μ_i はエージェント毎にランダムに振られる値である。エージェントは $X = 1$ のとき自分の行動を自身で決める意識的行動を行うが、 $X = 0$ のときは他者の行動をベースに自分の行動を決定する同調行動を行う。二つの状態間の遷移は以下の関数に基づいて確率的に決まる。

$$P_i(X = 0 \rightarrow X = 1) = \frac{s_i^2}{s_i^2 + \theta_i^2} \quad (1)$$

$$P_i(X = 1 \rightarrow X = 0) = \epsilon \quad (2)$$

エージェントは環境が有する客観的なリスク値 r と、タスク（この場合は全員が避難行動をすること）の進捗状況によって、個々の心的状態を確率的に切り替える。その時に使われる個体ごとの刺激値 s_i を以下のように定義する。

$$s_i(t+1) = \max\{s_i(t) + \delta - \alpha(1-R)F, 0\} \quad (3)$$

ただし、 δ は単位時間あたりの増加量、 α はスケールファクター、 R はエージェントのリスク認知を表す以下の関数である。

$$R(r) = \frac{1}{1 + \exp(-g(r - \mu_i))} \quad (4)$$

Algorithm 1 意識的行動 ($X = 1$)

```

if 現在の行動が未定である then
    確率 0.5 で Flee か Drop のどちらかを選び現在の
    行動とする
end if
if 現在の行動が Flee であり進行方向が無人 then
    制約方向に 1 ステップ移動する
else
    その場にとどまる
end if

```

Algorithm 2 同調行動 ($X = 0$)

```

N0 : 視界内の個体の中で行動が未定のものの数
N1 : 視界内の個体の中で行動が Flee のものの数
N2 : 視界内の個体の中で行動が Drop のものの数
max(N0, N1, N2) の行動と同じ行動を採る
if 現在の行動が Flee であり進行方向が無人 then
    制約方向に 1 ステップ移動する
else
    その場にとどまる
end if

```

ただし、 g はシグモイド関数の曲率である。さらにタスク進捗の推定値を表す F は、

$$F(n) = \begin{cases} 1 - n/N_{max} & n < N_{max} \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (5)$$

で与えられる。ただし、 n は視界内の他のエージェント数、 N_{max} は視界内に入る最大エージェント数を表す固定値とする。また、エージェントは $X = 1$ のときは Algorithm 1 を²、 $X = 0$ のときは Algorithm 2 を実行する。

エージェントの持つ二つのパラメータは、反応閾値 θ_i については、群衆全体の避難進捗に対する個々のエージェントの貢献しやすさを表す値、リスク感受性 μ_i については客観リスク r に対する個々のエージェントの敏感さを表していると解釈できる。

4. 初期位置の影響

はじめに、シミュレーション開始時のエージェントの位置の影響について分析した。これは、地震発生時に特定の位置に居た人物の行動が、他の避難者にどのような影響を与えたかを調べる事である。分析の方法としては、同調行動 (Algorithm 2) においてエージェントの行動に影響を与えた他のエージェント (たとえ

²本研究では Algorithm 1 のとおり、Flee/Drop をランダム選択することを意識的行動と呼んでいる。

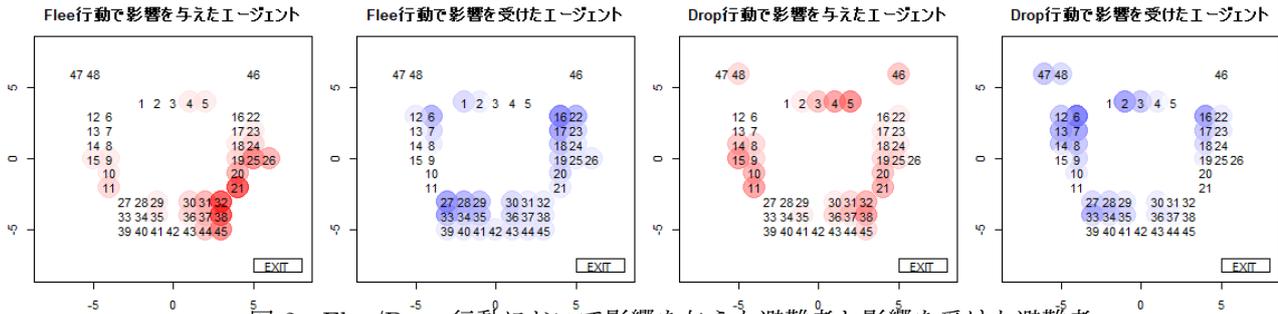


図 2 Flee/Drop 行動において影響を与えた避難者と影響を受けた避難者

ば $\max(N_0, N_1, N_2) = N_1$ であれば、視界内のエージェントのうち行動が Flee であるものを全て記録し、Flee, Drop それぞれの行動においてどのエージェントがどのエージェントに影響を与えたかを、それぞれのエージェントの初期位置に基づいて分析することで行った。分析の結果を図 2 に示す。ここでは Flee, Drop のそれぞれについて、多数のエージェントに影響を与えたエージェント (赤) と、多数のエージェントから影響を受けたエージェント (青) の初期位置を濃い色で表示した。たとえば図 2 の一番左の図は、右下の出口に近い位置にいたエージェントが Flee 行動において多数のエージェントに影響していることを示している。図を見ると特定の位置のエージェントが、Flee/Drop それぞれにおいて、影響を与え/受けている事が分かる。

5. パーティション分析

4. 節の分析方法を使って、影響を与えたエージェントと影響を受けたエージェントの関係を、各エージェントをノード、影響の方向をアークで表した影響グラフで表現する (ここでは Flee/Drop の区別はしないものとする)。こうすることでシミュレーション試行一回につき影響グラフ一個を得ることが出来る。さらに影響グラフを作る過程において、各エージェントについて、シミュレーション期間中最初に未定から Flee または Drop 行動に変わった時間と、全期間に対する $X = 1$ の状態だった期間 (意識的行動を採っていた期間) の割合を記録した。

本研究では、先行研究 [5] で発見した DSP 発生の最適パラメータセット ($\epsilon = 0.1, \delta = 1.2, \alpha = 0.1, d = 10, \omega = 20, \Delta r = 5.0, N_{max} = 15, g = 0.4$) を使っているが、そのようなパラメータでも常に DSP が発生するわけではない。DSP 発生を表す数値指標 O [5] を使って、100 回のシミュレーション結果を評価すると、 O の値は最小値 (-96.35)、中央値 (24.75)、最大値

(66.47) と広範囲に分布する。そこで 100 回のシミュレーションの結果で得られた影響グラフを $O \geq 25.0$ の群 C^+ (DSP が発生) と、 $O < 25.0$ の群 C^- (DSP が発生しない) に分け、それぞれの群の影響グラフを使って以下の要素を調べた。

1. エージェントのパラメータ

反応閾値「 θ_i 」とリスク感受性「 μ_i 」。どちらもランダムな初期値としてエージェント毎に与えられるため、エージェントの個性を表すと考えられる。

2. グラフ中心性

影響グラフに対してグラフの中心性分析を行い、各ノード (エージェント) に対して、度数中心性「度数」、ページランク中心性「PR」、媒介中心性「媒介」を計算した。

3. シミュレーション期間中の振る舞い

避難期間に対する $X = 1$ (意識的行動) の期間の割合「意識」と、シミュレーション開始後初めて Flee または Drop 行動を行った時間「時間」。前者は避難期間中どれだけ自分自身の判断で行動していたかを表し、後者は自身が発生してから具体的な避難行動に移るのが早かったか否かを表している。

ここで、中心性分析における度数中心性とは、避難中に直接影響を与えたエージェント数の多さを示すもので、各ノードについて出方向のアークの数で表され、それが多いほど度数中心性が高いという。

ページランク中心性とは、Google 社が開発した Web サイトの重要性を示す指標をグラフ中心性分析に応用したもので、Web サイト間の参照/被参照関係を、影響グラフにおけるアーク (影響の方向) に当てはめたものである。度数中心性のように直接の影響関係を見るのではなく、「多くのエージェントに影響を与えたエージェント」の行動に影響を与えたエージェントほど相対的に高く評価するという、影響グラフにお

ける重要な (影響力の高い) ノードを評価する手法である。

媒介中心性とは、グラフ上の任意の二つのノードの最短経路上にあるノードを考えた時、多くの最短経路が通過するノードをより高く評価する指標である。媒介中心性の高いノードは、グラフ上の複数のクラスターを接続するノードと考えられ、このようなノードを取り除くとグラフが複数に分裂する性質がある。

C^+ , C^- それぞれに含まれる影響グラフについて、エージェントごとに上記の値の平均値を求め、二群の差が有意であるか否かを、対応のある t 検定を使って調べた。その結果は必ずしも安定的ではなかったため、上記のような検定 (100 回のシミュレーション結果を C^+ , C^- に分け、平均値の t 検定を行う) を独立に 10 回繰り返し、その結果の p 値を表 1 に示した。表の青い部分は $p < 0.05$ である。

表 1 C^+ , C^- 間の t 検定の結果の p 値 (O=25)

| $ C^+ $ | θ_i | μ_i | 度数 | PR | 媒介 | 意識 | 時間 |
|---------|------------|---------|------|----|------|------|------|
| 55 | 0.51 | 0.66 | 0.43 | 1 | 0.46 | 0.00 | 0.09 |
| 49 | 0.04 | 0.65 | 0.05 | 1 | 0.71 | 0.26 | 0.00 |
| 43 | 0.22 | 0.98 | 0.09 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.02 |
| 47 | 0.86 | 0.77 | 0.62 | 1 | 0.23 | 0.00 | 0.53 |
| 43 | 0.54 | 0.70 | 0.61 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.14 |
| 44 | 0.90 | 0.53 | 0.12 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 52 | 0.33 | 0.42 | 0.18 | 1 | 0.77 | 0.00 | 0.25 |
| 53 | 0.59 | 0.44 | 0.42 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.61 |
| 44 | 0.19 | 0.91 | 0.06 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 53 | 0.22 | 0.93 | 0.87 | 1 | 0.82 | 0.00 | 0.03 |

6. 考察

4. 節の分析より、Flee/Drop それぞれの行動において、エージェントの初期位置が、他のエージェントへの影響の授受において重要であるという知見が得られた。

また 5. 節の分析において、表 1 の結果から、「媒介」「意識」「時間」において避難行動に差が現れ、逆に「 θ 」「 μ 」「度数」「PR」においては殆ど差が現れないことが明らかになった。差が現れた「媒介」「意識」「時間」について、シミュレーション結果の一例を図 3, 4, 5 に示す³。

まず「 θ 」と「 μ 」だが、これら二つのパラメータは、エージェント毎にランダムに振られる値であり、個々のエージェントの行動特性を表していると考えられる (これら二つのパラメータ、および初期位置と視線の方向意外にエージェント間に差はない)。このことが示

³ $p < 0.05$ の結果について必ずしもこれらと同じパターンが見られたわけではないため、これらの図はあくまで一例であり、「媒介」「意識」「時間」の空間的な役割については結論は留保している。

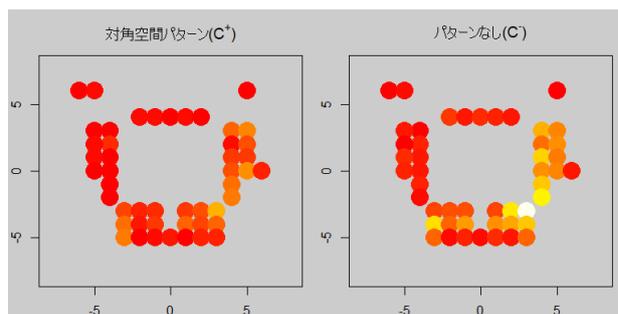


図 3 媒介中心性「媒介」

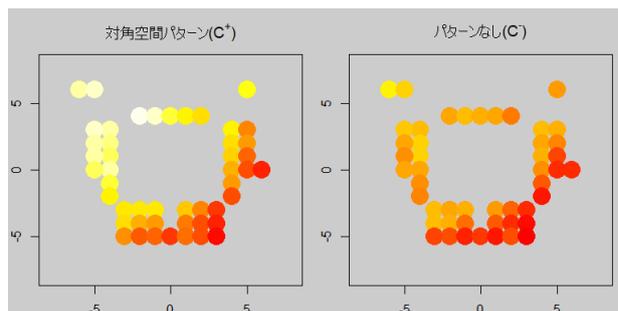


図 4 意識的な行動の割合「意識」

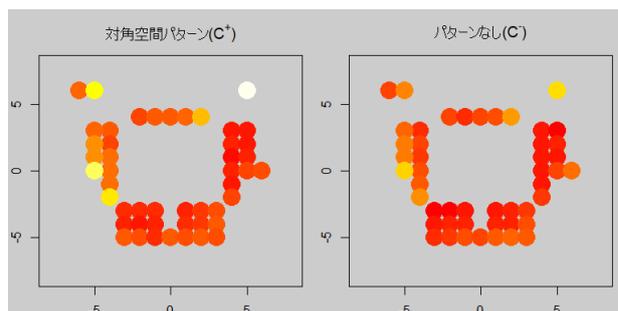


図 5 最初に Flee/Drop 行動を行った時間「時間」

しているのは、エージェント毎の行動特性の違いは、集団全体の振る舞いにほぼ影響を与えないという事である。

さらにネットワーク中心性分析において、多数のエージェントに影響するエージェント (度数中心性) や重要なエージェント (ページランク中心性) ではなく、グループとグループを連結するエージェントの存在 (媒介中心性) において影響が見られたことも興味深い。このことは、同調行動において実際に他のエージェントの行動に影響を与えたエージェントではなく、避難過程で動的に発生する局所的なクラスターの間で、影響を媒介したエージェントの存在が重要だった事を意味する。

これらの事から、個々のエージェントの特性や役割ではなく、避難行動中に動的に発生したクラスターで

発生した行動が、他のクラスターに影響するか否かが、全体の行動を決める際により重要であるとの示唆を得ることができる。

「意識」と「時間」については、これら二つは避難期間中のエージェントの行動の特徴を表すものだが、どちらも個々のエージェントにア priori に与えられたものではなく、避難中のダイナミクスの結果 (ア posteriori に) 発生したものである。以上のことから、少なくとも群衆避難においては、教育や行動変容のような個々のエージェントに焦点を当てたアプローチには限界があるとの知見が得られた。

田中ら (2015) は、避難行動における知識と行動の不一致について指摘し、災害状況での適切な安全避難行動を知識として習得していたとしても、自身が実際に選択する行動には、不安全避難行動を選択してしまうことを実験により示した [8]。地震避難においては Flee は危険な避難行動とされており、そのような防災教育が行われているにもかかわらず、動画分析において多数の避難者が Flee 行動を採っていた事は予想外であった。DSP 発生において、個々のエージェントの個性 (表 1 の θ_i と μ_i) は殆ど影響がないにも関わらず、避難時のダイナミクスの微妙な違い (表 1 の「媒介」「意識」「時間」) が大きな影響を与える事実は興味深い。この事は、群衆避難においては、個人に対する避難教育だけでは限界があり、群衆の配置設計や、避難時の集団のダイナミクスに直接介入する環境設計、あるいはナッジ (Nudge) のようなアプローチが有効となる可能性を示唆している。

7. 結論

EDM を使って DSP を発生させるシミュレーション分析において、エージェントの個性ではなく、初期位置、クラスター間を媒介するエージェントの存在、意識的に行動する傾向、および避難行動に移るまでの素早さが、群衆避難全体に影響を与えることが分かった。以上から、群衆避難においては、エージェント個人に対する避難教育だけでは限界があり、集団のダイナミクスに直接介入する環境設計などのアプローチが有効であるとの示唆を得た。

文献

- [1] Loftus, E., Loftus, G., Messo, J.: Some facts about "weapon focus.". *Law and Human Behavior* **11**, 55 (03 1987)
- [2] Mackworth, N.H.: Visual noise causes tunnel vision. *Psychonomic Science* **3**, 67-68 (1965)
- [3] Tsurushima, A.: Modeling herd behavior caused by evacuation decision making using response threshold.

- In: Davidsson, P., Verhagen, H. (eds.) *Multi-Agent-Based Simulation XIX*. MABS2018. LNAI 11463, pp. 138-152. Springer (2019)
- [4] Tsurushima, A.: Validation of evacuation decision model: An attempt to reproduce human evacuation behaviors during the great east japan earthquake. In: *Proceedings of the 12th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2020) - Volume 1*. pp. 17-27 (2020)
 - [5] Tsurushima, A.: Reproducing evacuation behaviors of evacuees during the great east japan earthquake using the evacuation decision model with realistic settings. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2021) - Volume 1*. pp. 17-27 (2021)
 - [6] Tsurushima, A.: Simulation analysis of tunnel vision effect in crowd evacuation (in press). ResearchGate (2021)
 - [7] 鶴島, 彰.: 地震避難における意思決定の同調行動による再現. In: *日本認知科学会第 35 回大会論文集*. pp. 582-588 (2018)
 - [8] 田中孝治, 梅野光平, 池田満, 堀雅洋: 知識と行動の不一致に見られる不安全避難行動の危険認知に関する心理実験的検討. *認知科学* **22**(3), 356-367 (2015). <https://doi.org/10.11225/jcss.22.356>

自信に関するメタ認知と意見の表出順序が 集団意思決定に与える影響

The effect of metacognition about confidence and the order of opinion expression on group decision-making

長尾 光喜[†], 伊丸岡 俊秀[‡]
Mitsuki Nagao, Toshihide Imaruoka,

[†] 金沢工業大学, [‡] 金沢工業大学
Kanazawa institute of technology
c6000800@planet.kanazawa-it.ac.jp

概要

集団の意思決定における、集団のメンバーが持つ自信の程度や協議における意見の表出順序の影響を調べるために、知覚判断課題を用いてペアによる意思決定実験を行った。その結果、判断の自信に関するメタ認知能力が高いほど、判断結果が集団の意思決定に採用される確率が高くなることが示された一方、意見の表出順序の影響は見られなかった。

キーワード：集団意思決定(Collective decision-making)、自信(Confidence)、メタ認知(Metacognition)、オンラインコミュニケーション(computer-mediated communication)、

1. はじめに

重要な決定が行われる場面において、特定の個人による判断より、集団による判断が好まれることがある。例えば、下級裁では一人の裁判官による判断が行われるのに対し、憲法判断のような慎重な判断が求められる最高裁の大法廷では15人の裁判官が決定に関わることになる。この背景には、3人寄れば文殊の知恵という言葉があるように、個人で意思決定を行うより集団で意思決定を行う方が、正確な判断を行うことができるという考えがあると思われる。このような考え方を支持する研究の1つとして、Bahrami et al. (2010) の実験がある。この研究では、2人組で単純な知覚判断課題を行い、個人とペアでの判断の正確さの違いを検討した。その結果、個人で意思決定を行うより、ペア間で自信を共有して、意思決定を行う方が優れていることが明らかになった。つまり、私達は、判断に対する自信を共有することで、誰が正しい可能性が高いかを推測していることが示唆された。このように、集団での意思決定において、意見の発信者が表現した自信に基づいて、情報の信頼性を評価する傾向のことを自信ヒューリスティックという(Thomas & McFadyen, 1995)。

共通の利害関係を持つとき、自分よりも信頼できる他人の情報を信用することで利益が得られるため、自信ヒューリスティックを使うことで、情報を効率よく

交換し、より正確な判断を行う (Thomas & McFadyen, 1995)。また、Bahrami et al. (2012 a) による単純な知覚課題を用いたペアによる意思決定課題では、集団での意思決定場面で、個々の判断や判断に対する自信を口頭で共有することによって、最終的な判断の正確性が増すことが分かっている。しかし、自信を高く表現する人が必ずしも正しい判断を行っているわけではない。図1は、2人の判断の正確性と自信度を用いてコミュニケーションで起こりうる問題を示している(Bang et al. (2017) より改変して引用)。実線で示された人の方が正確性が高いにも関わらず、破線のグラフで示された人の方が自信を高く見積もっており、意見が採用される可能性が高い。このように集団の意思決定において、自信の程度だけに基づく意思決定を行ってしまうと、正確ではない意見が採用される可能性がある。

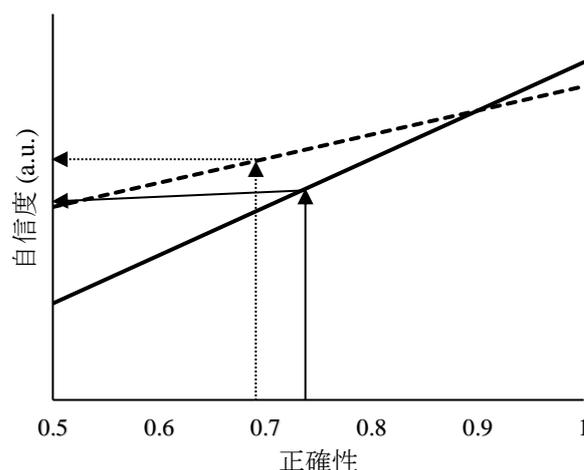


図1 コミュニケーションにおける問題 (Bang et al., 2017, Figure 1a)。

集団に属する他のメンバーの自信の程度や信頼性は何かを媒介することで伝達、共有されていると考えられる。媒介しているものとして考えられるものは、表

情、これまでの発言内容やその正確さ、主張に対する根拠の有無、さらに、その人の性格や動機についての推論などがある。Tenney, MacCoun, Spellman, & Hastie (2007) は、自信と発言内容の正確さに着目し、自信の高さと、証言内容の誤りの関係について明らかにした。その結果、誤った証言をした人のうち自信を高く表現した人の方が、自信を低く表現した人よりも信頼性を損なう可能性が示された。また、証言を誤った場合、自信を低く表現した人の方が、高く表現した人よりも信頼性が高まる可能性も示唆された。この結果から、対人コミュニケーションにおいて、聞き手は、発信者の情報の正確さを推定している可能性が示された。Galvin, Podd, Drga & Whitmore (2003) は、発言者の情報の正確さを、判断の正誤と、判断に対する自信を用いて定量化できることを示した。これは、社会的な文脈において、判断の正確さに関するメタ認知能力と呼ばれ、集団の意思決定においては、自信のメタ認知能力を指す。Bang et al. (2014) は、対面して口頭でコミュニケーションを取った場合、自信推定値のメタ認知能力が共同決定者よりも高くなると、集団の意思決定で意見が採用される確率が高くなっていることを示した。

集団の意思決定において、コミュニケーションの手段が変わっても、自信ヒューリスティックが見られることが、Pulford, Colman, Buabang & Krockow. (2018) の研究によって示された。Pulford et al. (2018) は、2つの手がかり図形をもとに、手がかり図形と形の似たターゲット図形を回答してもらう図形判断課題を対面して口頭で行う場合と、テキストメッセージを介して行う場合で、自信ヒューリスティックが現れる確率を比較した。彼らの実験では最初に個人で意思決定を行ってもらい、その判断に対する自信を回答した後にペアで話し合ってもらった。2つの手がかり図形はペアで同一のものだったが、ターゲット図形は異なり、難しい課題と簡単な課題になるように割り当てられていた。そのため、簡単な課題を割り当てられた実験参加者の方が、難しい課題を割り当てられた実験参加者よりも自信が高くなることが想定された。実験の結果、対面して口頭で行う場合とテキストメッセージを介して行う場合のいずれの条件でも、同程度の自信ヒューリスティックが見られた。ただし、テキストメッセージを介して意思決定を行った場合、簡単な課題を割り当てられた個人は、難しい課題を割り当てられた個人に比べて、先に自身の判断を提案する頻度が3倍程度多くなっていた。ここから、Pulford et al. (2018) は、テキストメッセージ

のみの情報だけでも自信ヒューリスティックは成立し、自信は表出順序によって伝わっている可能性があると考えた。しかし、Pulford et al. (2018) の研究では、表出の順序を実験的に操作していなかったため、表出の順序の影響ははっきりと確認されたわけではない。

以上のように、集団の意思決定において対面して口頭で判断や自信の共有を行いながらコミュニケーションを取ることで正しい判断を導くことが可能だが、自信そのものは必ずしも正確な判断に繋がるわけではない。また、コミュニケーションの形式によっては、自信の共有は表出順序という形で行われる可能性がある。ただし、その影響の程度についてはまだ明確になっていない。そこで本研究では、コミュニケーションにおける表出順序が、その後の判断における意見の採用確率に与える影響を調べることにした。ただし、解析においては自信評定値そのものよりも正確な判断に繋がると考えられる、自信に関するメタ認知能力を使用する。また、昨今私達の日常生活にネットワークを通じたコミュニケーションが深く関わってきたため、本研究ではネットワークを介した口頭コミュニケーションツールを用いて検討することとした。

2. 方法

実験参加者

石川県内の大学生16組32名(中央値22歳、男性24名、女性8名)が参加した。ただし1組だけ、意思決定の際に、参加者同士が事前に相談した方法でペアでの判断を行っていたため、結果から除外した。各ペアは実験参加前からお互いを知っていた。

刺激

各画面で表示された刺激セットは、等間隔に置かれた6つのガボールパッチ(ガウス分布の標準偏差: 0.45° ; 空間周波数: 1.5 cycles/deg; コントラスト: 10%)で、各画面の表示時間は85msであった。ターゲット刺激は2つの画面で表示されたガボールパッチのうち1つが高いコントラストで生成され、4つ(11.5%、13.5%、17.5%、25%)のうちのいずれかが、疑似ランダムな順序で表示された。

装置

実験課題はMATLAB (The Mathworks, Inc.) およびpsychtoolbox (<http://psychtoolbox.org/>) がインストールされたiMac(Apple Inc.) により制御された。刺激画像の呈示には24インチのディスプレイ(I-O DATA DEVICE,

Inc.) と、参加者の反応するためのキーボード (Dell, Inc) を 2 セット使用した。また、共同決定時のコミュニケーション手段として Zoom (Zoom Video Communications, Inc.) がインストールされた iPad (Apple Inc.) を使用した。

手続き

ペアは、モニターとキーボードが備えられている別々の実験室に入った。実験参加者の準備が整った後、実験者がキーを押すことで最初の試行が開始された。各試行で、6つのガボールパッチが2回提示され、1回目か2回目の画面のいずれかにコントラストが高いガボールパッチが1つだけ表示された。その後、各実験参加者の画面に、固定された中間点を持つ線分が表示され、中間点の左側は1回目の画面を表し、右側は2番目の画面を表していた。実験参加者は、キーを使って、マーカーを中間点より左 (最初の画面) または右 (2番目の画面) に移動させ、ターゲット刺激が表示されたと思った画面の番号を選択した。また、自身の判断に対する自信は、中央から右または、左に離れるほど高い自信を示し、5段階で評価した。

2人が意思決定を行った後、ペアの判断が一致した場合は、フィードバックを受け取り次の試行に進んだ。ペアの判断が不一致の場合、2人が意思決定を行った後すぐに、先に話す人の名前が表示され、共同決定を行ってもらった。最初に話す人は疑似ランダムな順序で指定したが、共同で意思決定する場面は2人の判断が異なるときにしか起こらないため、その結果先に表出する回数はペア間で異なる場合があった。個人での決定と共同決定において、応答時間に制限はなかった。ペアの判断が異なった場合の実験の1試行例を図2に示した。

練習試行16回行った後、本実験に移り、本実験では、16試行を1ブロックとして、8ブロック実施した。

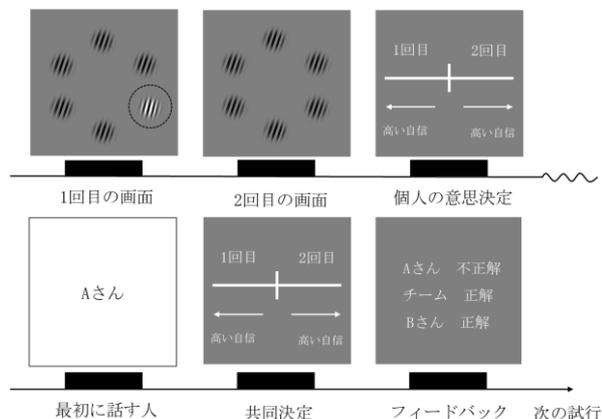


図2 実験の1試行例。

3. 分析

自信に関するメタ認知能力

各実験参加者の自信に関するメタ認知能力を定量化するために、受信者操作特性 (ROC) 曲線を作成した。最初に、個人の判断に対する自信度 $k(1-5)$ の確率 p (自信 = k | 不正解) と p (自信 = k | 正解) を計算した。次に、累積確率 P (自信 | 不正解) と P (自信 | 正解) をプロットし、 $[0, 0]$ と $[1, 1]$ を固定して ROC 曲線を作成した。ある実験参加者の ROC 曲線を図3に示す。ここでの ROC 曲線は、主対角線から左上隅に移行するにつれて、正解した場合の高い自信を示した確率の方が、不正解で高い自信を示す確率よりも高くなることを示している。つまり、ROC 曲線の下領域 (AUC) がメタ認知の正確さの推定値を示し、AUC が大きいほど、メタ認知能力が高いと推定される。

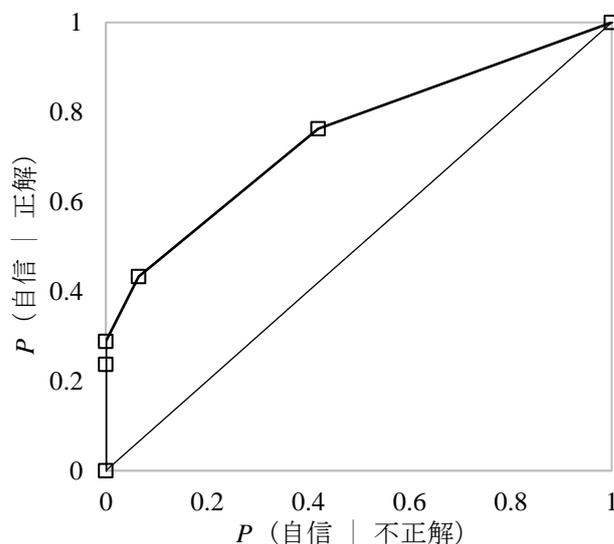


図3 ある実験参加者の ROC 曲線。

4. 結果

実験参加者 30 名の平均 AUC は、0.592 ($SD = 0.082$) であった。また、先に表出した人の意見が採用された平均確率は 0.539 ($SD = 0.077$) であった。表出順序別の実験参加者 B に対する実験参加者 A の AUC 比と、共同決定の際に、実験参加者 A の意見が採用された採用確率の散布図と、回帰直線を図4に示した。図4から、話す順序に関わらず AUC 比が相手よりも高くなるにつれて採用確率が上がっており、判断の正確さの推定値を示すメタ認知能力が共同決定者よりも高くなると意見が選択されやすかったということを示す。これら

の結果について、表出の順序を独立変数、判断の正確さの推定値を示すメタ認知能力を共変量、採用確率を従属変数として共分散分析を実施した。共分散分析の結果、AUC比の主効果のみ有意であった ($F(1, 29) = 6.711, p = .016$)。表出順序の主効果および交互作用は有意ではなかった ($F(1, 29) = 2.322, p = 0.140$; $F(1, 29) = 0.028, p = 0.870$)。これらの結果から、オンラインでコミュニケーションを行った場合、表出の順序に関わらず、共同決定者よりも判断の正確さの推定値を示すメタ認知能力が高くなると、意見が選択される頻度が高くなることが明らかになった。

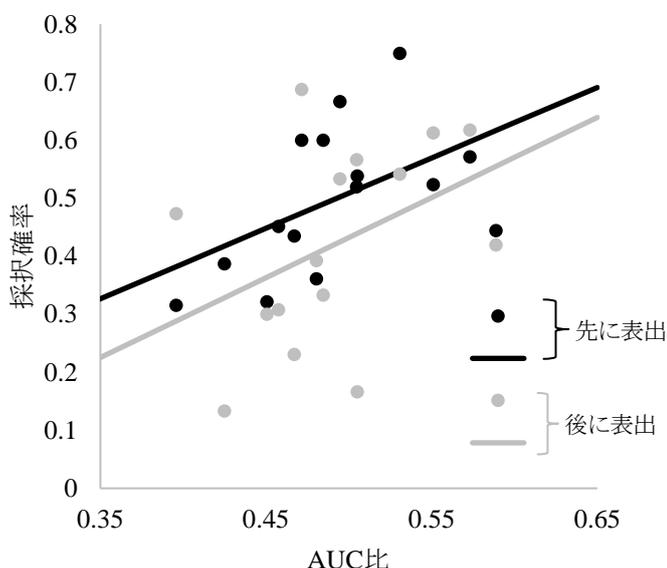


図4 表出順序別の AUC 比と採用確率の散布図と回帰直線。

5. 考察

集団で意思決定をする際に、自信ヒューリスティック、表出順序が影響を与える可能性が示されてきた。本研究では、対人コミュニケーションにおける表出順序を操作し、その後の判断における意見の採用確率に与える影響を調べた。それに加え、自信評定値の正確性を反映する自信に関するメタ認知の影響についても調べることとした。

実験の結果、表出順序が集団の意思決定に与える影響はみられなかった。今回の実験では、先行研究で示された、表出順序による自信の程度の共有が起きていなかったと考えられる。本研究では先行研究と異なり、表出順序を実験操作として指定していたため、そこから自信を読み取るという過程が起きなかったのかもしれない。

ない。

自信に関するメタ認知が集団の意思決定に与える影響に関しては、ビデオ通話ツールを用いた口頭でのコミュニケーションにおいて、共同決定者よりも判断の信頼性に関するメタ認知能力が高くなると、意見が選択される頻度も高くなることが明らかになった。メタ認知能力が共同決定者よりも高くなると集団の意思決定における採択率も高くなるという結果は Bang et al. (2014) の研究結果と一致した。つまり、ビデオ通話を通じて口頭でコミュニケーションを取った場合でも、この効果が見られることが明らかになった。

Bang et al. (2014) の実験では、共同決定をする際に、相手の判断と判断に対する自信が表示されていたが、本実験では、共同決定をする際には表出順序しか表示していなかった。つまり、Bang et al. (2014) の実験では、提示された自信から、相手の自信に関するメタ認知を推測することができたが、本実験では推測することができなかった。それにもかかわらず、自信に関するメタ認知が採択率に影響を与える結果だった。本実験では何かが自信に関するメタ認知能力の共有を媒介したのだろう。媒介したものとして3つ考えられる。

1つ目は、判断に対するフィードバックの影響である。本実験では、共同決定を行った後に、共同決定と、個人の判断に対するフィードバックがペアの両メンバーに行われた。つまり、このフィードバックをもとに、相手の判断の正しさが推定できた。しかし、Bahrami et al. (2012b) は、本実験と同様の課題を用いて、共同決定時に自信を共有せず、フィードバックを行った場合と行わなかった場合の集団的利益を比較したところ、両者に統計的な違いがなかったことを示している。そのため、フィードバックを通じて相手の自信に関するメタ認知を評価する効果はそこまで大きくないことが考えられる。

2つ目はペアのメンバーがお互いに知り合いであったことである。本実験で実験参加者を募集する際に、直接1人に参加をお願いし、最初に実験参加に承諾した実験参加者がペアになるもう一人を連れてくるように求められた。そのため全ペアはお互いに既知の間柄であった。そのため、これまでの相手との関係から、自信に関するメタ認知を推測していた可能性がある。しかし、Bahrami, Didino, Frith, Butterworth & Rees (2013) は、ペアの関係の近さだけが最適な集団意思決定のパフォーマンスを得られないことが示しており、お互いに知り合いであることの影響は大きくないかもしれない。

3つ目は、言語的コミュニケーションの影響である。今回の実験で2人の会話は、自分の判断に対する自信に焦点を当てていることが多く、「全然みえなかった」「自信がある」などがあった。Pulford et al. (2018) の実験において、テキストメッセージでコミュニケーションを取った場合、実験参加者は自身の自信の程度を共有してた。また、対面して口頭でコミュニケーションを行っても、テキストメッセージでコミュニケーションを行っても同程度の自信ヒューリスティックが観察されたことから、非言語的情報は得られなくても相手の自信に関するメタ認知を推測することができたことが示唆される。つまり、言語的コミュニケーションの影響が他の効果よりも大きかったことが考えられる。

本実験では、知覚判断課題を用いて、集団意思決定場面で個々のメンバーが持つ自信の程度や意見の表出順序の影響を調べた。その結果、判断の自信に関するメタ認知能力が高いほど、判断結果が集団の意思決定に採用される確率が高くなることが示された一方、意見の表出順序の影響は見られなかった。つまり、意見の表出順序よりも自信に関するメタ認知が集団の意思決定に及ぼす影響は大きいことが示唆された。

文献

- [1] Bahrami, B., Olsen, K., Bang, D., Roepstorff, A., Rees, G., & Frith, C. D. (2010). Optimally Interacting Minds. *Science*: 329(5995), 1081-1085.
- [2] Bahrami, B., Olsen, K., Bang, D., Roepstorff, A., Rees, G., & Frith, C. D. (2012). What failure in collective decision-making tells us about metacognition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*: 367, 1350-1365.
- [3] Bahrami, B., Olsen, K., Bang, D., Roepstorff, A., Rees, G., & Frith, C. D. (2012). Together, Slowly but Surely: The Role of Social Interaction and Feedback on the Build-Up of Benefit in Collective Decision-Making. *Journal of Experiment Psychology: Human Perception and Performance*: 38 (1), 3-8.
- [4] Bahrami, B., Didino, D., Frith, C., Butterworth, B. & Rees, G (2013). Collective enumeration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*: 39 (2), 338-347.
- [5] Bang, D., Aitchison, L., Moran, R., Castanon, S. H., Rafiee, B., Mahmoodi, A., Lau, J.Y.F., Latham, P.E., Bahrami, B., & Summerfield, C. (2017). Confidence matching in group decision-making. *Nature Human Behavior* 1: 0117.
- [6] Bang, D., Fusaroli, R., Tylén, K., Olsen, K., Latham, P.E., Lau, J.Y.F., Roepstorff, A., Rees, G., Frith, C. D., & Bahrami, B. (2014). Does interaction matter? Testing whether a confidence heuristic can replace interaction in collective decision-making. *Consciousness and Cognition*: 26, 13-23.
- [7] Galvin, S. J., Podd, J. V., Drga, V. & Whitmore, J. (2003). Type 2 tasks in the theory of signal detectability: Discrimination between correct and incorrect decisions. *Psychonomic Bulletin & Review* : 10, 843-876.
- [8] Pulford, B. D., Colman, A. M., Buabang, E. K., & Krockow, E. M. (2018). The persuasive power of knowledge: Testing the confidence heuristic. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(10), 1431-1444.
- [9] Tenney, E. R., MacCoun R. J., Spellman, B. A., & Reid, H. (2007). Calibration trumps confidence as a basis for witness credibility. *Psychological Science*: 18(1), 46-50.
- [10] Thomas, J.P. & McFadyen, R.G. (1995). The confidence heuristic: A game-theoretic analysis. *Journal of Economic Psychology*: 16 (1), 97-113.

意思決定と覚醒度を媒介する内部状態の検討

Comparing The Influence of Arousal on Decision-Making in Different Internal States

米田 凌[†], 森田 純哉[†]
Ryo Yoneda, Junya Morita

[†] 静岡大学
Shizuoka University
yoneda.ryo.17@shizuoka.ac.jp

概要

本研究では内的要因を考慮した上で、外的要因による覚醒度と意思決定への影響を調べた。被験者の内的要因は、二重過程理論に基づいてシステム1とシステム2に設定した。また、覚醒度を操作するための外的要因として視覚刺激、聴覚刺激、社会的刺激を提示した。その結果、システム1ではシステム2よりも覚醒度による意思決定への影響が大きかった。また、覚醒度に影響を与える外的要因の種類や、意思決定の変動も2つのシステムでは異なっていた。

キーワード：感情、覚醒度、意思決定、二重過程理論、WCST

1. はじめに

意思決定は感情の影響を受けることが多い。例えば、重要な試験や面接などストレスのかかる場面において、普段とは異なる意思決定を行ってしまうことがある。そのため、合理的な意思決定を行うために、適切に感情をコントロールする必要がある。しかし、感情を自身で認識しコントロールすることは困難であることが分かっている [1]。こうした困難を解決するために、マインドフルネスなどの自己制御技術が提案されている [2]。しかし、人間の注意には容量の限界があるため、他の作業をしながらマインドフルネスに取り組むことはできない。そのため、感情に影響される意思決定をコントロールすることは依然として困難な問題である。

本研究ではこのような自己制御技術の限界を考慮し、意思決定に影響を与える感情を調整する方法として周囲の環境に注目した。周囲の光や音、人の表情などは感情に影響を与える要因として知られている。このような環境の外的要因を操作する暗示的バイオフィードバックの研究がある [3, 4, 5, 6]。しかし、このような研究では意思決定の背後にある基本的な認知プロセスを歪める内的要因を扱っていない。意思決定

に関連する内的要因は多く研究されており、慎重に検討する必要がある。本研究では、多くの研究が行われてい意思決定の理論の1つである二重過程理論を内的要因として想定した [7]。この理論では、人間は意思決定に対する関与の程度（処理水準）に応じて、システム1とシステム2という異なるシステムを使っているとされる。システム1は、自動的に高速で働き、印象や直感を生み出し、システム2は、複雑な計算など頭を使わなければならない困難な知的活動を生み出すとされている。この理論をベースとして、現在ではより詳細に意思決定者の処理水準を分割する研究が進展している [8, 9]。ただし、本研究では、単純化のために、それらの理論の詳細には踏み込まず、意思決定における処理水準を大きく2つに分割し、内的要因として検討することにする。

いずれにせよ、意思決定を支援する際には、内的要因と外的要因のいずれか一方だけではなく、2つの視点を考慮する必要がある。意思決定者の保持する内的要因（処理水準）は、外的要因の受容のされ方に影響するだけでなく、外的要因によって水準そのものが変動することも考えられる。それにもかかわらず、異なる内的状態で外的要因が感情と意思決定がどのように影響するかは十分に研究されていない。本研究では、外部要因を操作するマルチモーダルな刺激が、感情と意思決定に与える影響について、2つの内的要因を考慮した上で検討する。

2. 関連研究

感情は、感情価と覚醒度の二次元で表現される [10]。この空間上において、感情の座標は多くの外的要因によって変動することが知られている。Sotosらの研究では、音楽のBPMと音価が覚醒度を喚起することが確認された [11]。具体的には、BPM120からBPM90への変更などにより悲しみが喚起されることや、音価を全音符から8分音符へと変更することなどにより高

覚醒度が喚起されることが分かっている。また、色と覚醒度の関係も研究されている。Walter らの研究によると、色の波長と覚醒度に正の相関があることが分かっている [12]。さらに、Barsade の研究によると、グループワークを行っているメンバーのポジティブ感情とネガティブ感情が他のメンバーに伝染することが分かった。さらに、それにより協調性や個人のパフォーマンスも変化することが分かった [13]。

また、感情や情動が意思決定に及ぼす影響も検討されている。Damasio は、脳内の情動と関連する部位である腹内側前頭前野の損傷患者は知能に問題がないにも関わらず適切な意思決定が行えないという事例を報告している [14]。Damasio は、この事例からソマティック・マーカー仮説を提案した [15]。ソマティック・マーカー仮説とは、身体反応である情動が、合理的な意思決定に影響を与えるという仮説である。この仮説に基づいて、覚醒度と意思決定の関係についてのより詳細な研究も行われている。大平らは、意思決定の探查傾向と覚醒度の関連性を調べる実験を行った [16]。その結果、交感神経の活動により高い覚醒度状態にある場合、意思決定の探查傾向が高まることが分かった。さらに、この研究ではタスクによって覚醒度の役割が異なる可能性も示唆された。

これらを元に、感情と意思決定に関わる知見を応用するシステムの研究がされている。吉田らはディスプレイに映るユーザの表情を変形させることでユーザの感情操作を試みる実験を行った [3]。この結果、ディスプレイに映る表情が笑顔の場合はポジティブ感情が、悲しい表情の場合はネガティブ感情が喚起された。さらに、着用しているマフラーの選好にも変化があった。しかし、このシステムはユーザがディスプレイを見るといった意識的な動作を要する。こうした課題を解決するため、暗示的なフィードバックによってユーザの感情や意思決定に介入を試みる研究もある。Costa らは、心拍情報を元に変動する触覚フィードバックによって、不安感の減少や認知パフォーマンスを向上させるシステムを開発した [4]。また、心拍情報を元に変動する音楽の揺らぎによってユーザの心拍数を変化させ、ストレスを減少させるシステムも開発されている [5]。しかし、これらの研究はいずれも内的状態を考慮したものではない。

本研究では上記の感情と意思決定の理論に基づいて、意思決定における異なる 2 つのシステムを考慮するために、刺激による覚醒度と意思決定への影響に関する実験を 2 つ行った [7, 14, 15, 16]。実験は 2 回行うことで、異なる内的状態における覚醒度の役割の違い

を調べた。

3. タスク

3.1 タスク環境

本研究では、Wisconsin Card Sorting Test (WCST) を採用した [17]。このタスクはワーキングメモリの活動と関連があることがわかっている [18, 19]。システム 1 の状態で行う意思決定では、ワーキングメモリを必要としない一方で、システム 2 の状態で行う意思決定は、ワーキングメモリを必要とすることもわかっている [20]。さらに、覚醒度はワーキングメモリの活動に影響を及ぼす [21, 22, 23]。以上の理由で、この課題を用いて実験を行うことを決めた。

この課題には複数のバージョンがある。本研究では、いくつかの論文をもとにオリジナルの課題を作成した [24, 19, 25]。実験画面は図 1 に示されている。この課題では 4 種類の刺激カードと 64 種類の反応カードを用いる。刺激カードと反応カードの絵柄は色 (赤, 青, 緑, 黄), 形 (円, 四角, 三角, 十字), 数 (1, 2, 3, 4) で構成されている。刺激カードは左から「赤, 円, 1」, 「青, 四角, 2」, 「緑, 三角, 3」, 「黄色, 十字, 4」の順であらかじめ並べられている。参加者は、ランダムに 1 枚ずつ配られる反応カードを同じカテゴリーだと思う刺激カードの下に置く。カテゴリーは色, 形, 数の 3 種類あり, その内の 1 つが正解のカテゴリーとなる。正解のカテゴリーは参加者には知らされないが, 反応カードを分類した後に正解かどうかのフィードバックを受け取る。正解の場合は, コインが積み重なるエフェクトがかかり, スコアに 100 点が加算される。不正解の場合は, コインが消え, 100 点が減点される。さらに, 5 回連続して正解すると, 予告なしに正解のカテゴリーが変更される。この課題では, これを 30 回繰り返した。また, 参加者は画面右上にあるボタンを押すことでいつでも自由にルールの確認をできた。

3.2 仮定

本実験では、覚醒度や意思決定に影響を与えると仮定される外的環境を操作した。以下がそれらのまとめである。

- 仮定 1: 環境要因による覚醒度への影響
 - － 色刺激による覚醒度への影響: 参加者の覚醒度は、赤色の照明では高覚醒度へ、青色の照明では低覚醒度へと誘導される [12, 26]。

- 音刺激による覚醒度への影響: 参加者の覚醒度は、高 BPM で高覚醒度へ、低 BPM で低覚醒度へと誘導される [11].
- 情動伝染による覚醒度への影響: 参加者の覚醒度は、アイコンの表情が笑顔 (以降 Smile と表記) の場合は高覚醒度へ、悲しい表情 (以降 Sad と表記) の場合は低覚醒度へと誘導される [13].
- 仮定 2: 覚醒度による意思決定の変動
 - 意思決定の速度: 高覚醒度に導く環境要因は、低覚醒度に導く環境要因に比べ、参加者の課題に要する時間を短くする.
 - 意思決定における熟慮: 低覚醒度に導く環境要因は、高覚醒度に導く環境要因に比べ、参加者の熟慮した振る舞いを導く.
 - 意思決定のパフォーマンス: 低覚醒度に導く環境要因は、高覚醒度に導く環境要因に比べ、より利得の得られる意思決定を導く.

本研究では、覚醒度と意思決定に関するこれらの仮定を、参加者が異なる内部状態にあると仮定した 2 つの実験で検証する. 意思決定の二重過程理論 [7] より、異なる熟考レベル (システム 1 と 2) では、覚醒度による意思決定への影響が異なるという仮説を立てることができる. 例えば、速く浅慮な意思決定は環境の影響を大きく受けるのに対し、熟慮した意思決定では意思決定が環境の影響を受けにくいことが考えられる. 以下の実験では、この 2 つのシステムが 2 つの仮定にどのように影響するかを調べることでこの仮説を検証する.

4. 実験 1: 環境要因がシステム 1 に与える影響

実験 1 では、参加者がシステム 1 の状態で意思決定を行う状況において、上記の仮定がどのように観察されるかを調べる.

4.1 方法

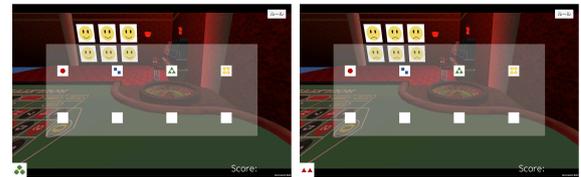
4.1.1 参加者と実験計画

参加者は、クラウドソーシングサービスであるランサーズにて 265 名を募集した. 男性が 166 名、女性が 99 名、平均年齢は 41.9 歳だった. 参加者は、実験協力の謝金として 100 円を得た. クラウドソーシング実験では、対面実験に比べて参加者の実験への注意力

表 1: Conditions of Experiment1

| | Red | | Blue | |
|----------|-------|-----|-------|-----|
| | Smile | Sad | Smile | Sad |
| High BPM | 39 | 35 | 35 | 29 |
| Low BPM | 32 | 30 | 30 | 35 |

* セル内の数字は参加者数



(a) 赤色照明と Smile アイコン (b) 赤色照明と Sad アイコン



(c) 青色照明と Smile アイコン (d) 青色照明と Sad アイコン

図 1: 照明の色とアイコンの表情の組み合わせ

が低下することが指摘されている [27]. そのため、システム 1 という覚醒度でタスクに取り組んでいると考えられる.

本実験では、各刺激が参加者の覚醒度及び意思決定へ与える影響を調べるために 2 (照明: 赤色条件 vs 青色条件) × 2 (BGM: 高 BPM 条件 vs 低 BPM 条件) × 2 (情動伝染: Smile 条件 vs Sad 条件) の 8 条件下で参加者の行動を比較した (3 要因被験者間計画). 照明の赤色は RGB 表記で (255, 0, 0) に、青色は RGB 表記で (0, 0, 255) に設定した. BPM では高 BPM を 150 に、低 BPM を 80 に設定した. 情動伝染は、ゲーム遂行中の背景に映るアイコンの表情によって操作した. 図 1 に、照明の色とアイコンの表情の組み合わせを示す. 参加者は、実験システムにアクセスした順番に 8 条件に割り当てられた. なお、複数回実験を行なった参加者や、実験を途中で離脱した参加者の処理を行なったため、各条件間の人数は均等にはならなかった.

4.1.2 手続き

ランサーズにて依頼を受けた参加者は依頼画面にて、実験手順についての教示に目を通した. その後、

画面の URL から実験システムへと遷移した。実験システムでは最初にルールの教示画面が表示された。参加者は教示画面でシステムの操作方法と WCST のルールを提示された。ルールの提示に続く画面にて、3 ターン分の練習を行い、本番のタスクを遂行した。本番タスク終了後は、ゲーム内に表示されたボタンのクリックにより、アンケート画面へ遷移した。アンケートには Google の Web アンケートフォーム作成サービスである GoogleForm を使用した。

4.1.3 データ

取得するデータはアンケートによる主観評価とゲームのログの 2 つの観点から集めた。仮定 1 の各刺激による覚醒度の変化を計測するために、参加者にアンケートにて覚醒度の報告をしてもらった。アンケートには、イラストを用いて非言語的に参加者の覚醒度を、5 つのイラストとその中間の 4 項目の合計 9 段階で測定する Self Assessment Manikin (SAM) を利用した [28]。また、アンケートには自由記述欄も設けた。

ゲームログでは、仮定 2 を検証するために以下の 8 つの指標を取得した。

- スピード
 - 1 ターンあたりの時間 (Time per 1 turn): カードを置いてから、次のカードを置くまでの間隔を計測した。
 - 合計時間 (Total time): ゲーム開始時から、最後のターンでカードを置くまでの時間を計測した。
- 熟慮
 - 到達カテゴリー数 (Reached Category): ゲーム終了までに変更したカテゴリーの回数をカウントしたもの。
 - NCRF (The Number of Cards to Reach the First Category Change): 初めて分類カテゴリーが変更するまでに要したカードの枚数をカウントしたもの。
 - 保続性の間違い (Perseveration Error): 分類カテゴリーの変更後にも関わらず、前の分類カテゴリーに置いてしまったカードの数。これは分類カテゴリーが変更した際の意味決定における探索と活用の切り替えを測定する。分類カテゴリーの変更が行われなかった場合は、ターン数の 30 に設定した。
 - ルール確認数 (Number of rule confirmations): ゲーム遂行中に右上に表示される

表 2: 実験 1 の条件ごとの F 値

| | Arousal | Time per 1 turn | Total time | Perseveration error | Reached category | NCRF | Rule confirmation | Score | Incorrect answer |
|----------------|---------|-----------------|------------|---------------------|------------------|------|-------------------|-------|------------------|
| Color (C) | 3.54 + | 2.70 | 0.99 | 4.50 * | 2.35 | 1.95 | 5.45 * | 1.78 | 2.93+ |
| BGM (B) | 0.74 | 0.32 | 0.09 | 0.77 | 1.48 | 0.26 | 0.11 | 1.37 | 0.30 |
| Expression (E) | 0.48 | 0.25 | 0.01 | 6.95 ** | 1.97 | 2.17 | 0.02 | 0.69 | 1.41 |
| C * B | 0.33 | 0.46 | 1.05 | 0.65 | 0.25 | 0.09 | 0.37 | 1.47 | 1.29 |
| B * E | 0.04 | 0.85 | 0.00 | 0.79 | 1.41 | 0.02 | 0.47 | 1.90 | 2.65 |
| C * E | 0.86 | 0.06 | 0.02 | 2.22 | 0.80 | 0.23 | 0.50 | 0.14 | 0.12 |
| C * B * E | 2.25 | 0.06 | 0.32 | 0.70 | 0.02 | 1.11 | 0.01 | 1.24 | 0.12 |

+ : $p < 0.10$ * : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

ルール確認ボタンを押した回数。

- パフォーマンス
 - スコア (Score): 課題の最終成績を取得したもの。
 - 誤答数 (Incorrect Answer): ゲーム内でカードを間違った方法で分類した数をカウントしたもの。

4.2 結果

4.2.1 平均

各条件において得られた指標の平均値を図 2 に、この値に対して実施された 3 要因分散分析の結果を表 2、表 3 に示す。なお分散分析の結果、要因間の交互作用が得られた指標については単純主効果の結果を図に書き入れている。以下、アンケートとゲームログのそれぞれについて有意となった結果を示していく。

覚醒度の主観評価では色の主効果に有意傾向が見られた ($p = 0.06$)。これは照明の色が青よりも赤の場合に覚醒度が高まる結果になった。この結果は、仮定 1 (色刺激による覚醒度への影響) と一致している。また、保続性の間違いは、照明の色の主効果 ($p = 0.03$) とアイコンの表情の主効果 ($p = 0.01$) が有意であった。また、ルール確認数でも照明の色の主効果は有意であった ($p = 0.02$)。これらの結果は、仮定 2 (熟慮) と一致する。誤答数は、照明の色の主効果に有意傾向が観察された ($p = 0.09$)。この結果から、赤色の照明下では不正解が増加し、青色の照明下では不正解が減少することが示唆された。この結果は仮定 2 (パフォーマンス) と一致する。

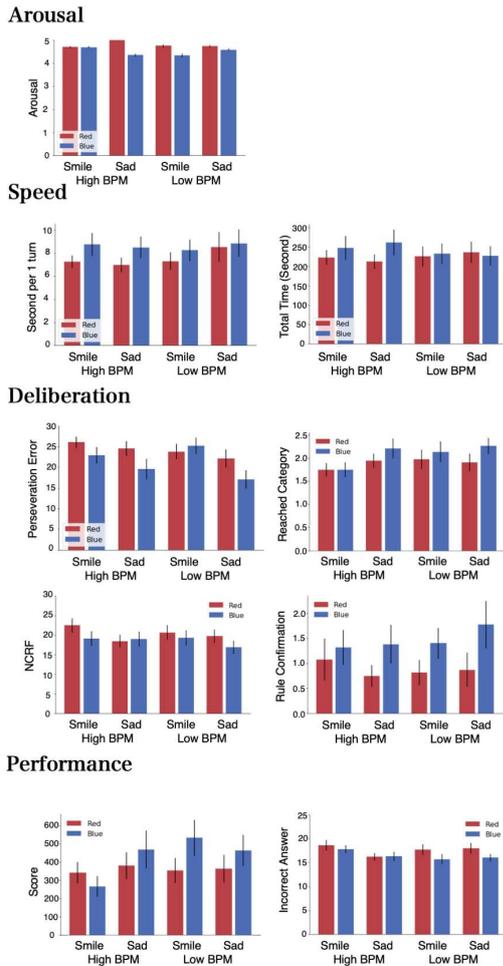
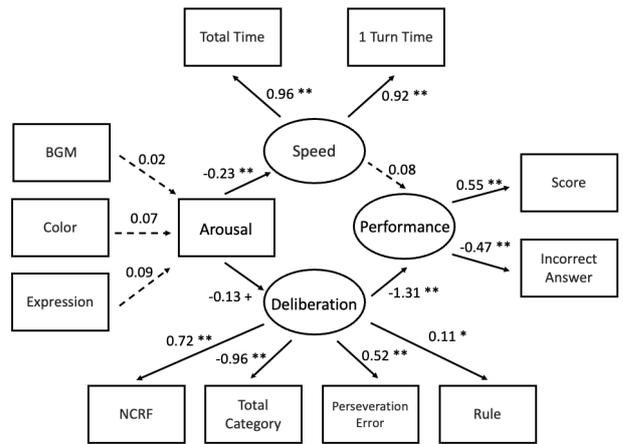


図 2: 実験 1 の平均と標準誤差

表 3: 実験 1 の条件ごとの効果量 (偏 η^2)

| | Arousal | Time per 1 turn | Total time | Perseveration error | Reached category | NCFR | Rule confirmation | Score | incorrect answer |
|----------------|---------|-----------------|------------|---------------------|------------------|------|-------------------|-------|------------------|
| Color (C) | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| BGM (B) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| Expression (E) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 |
| C * B | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| B * E | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| C * E | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| C * B * E | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |



数値はパス係数.

実線: 有意差あり, 点線: 有意差なし.

+ : $p < 0.10$ * : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

図 3: SEM の結果

4.2.2 構造方程式モデリング

前節の仮定との適合度を検討するために、構造方程式モデリング (SEM) を実施した。結果を図 3 に示す。このモデルは、環境要因 (左) が覚醒度 (感情)、速度 (システム 1)、熟慮 (システム 2) からなる内部状態を媒介して、パフォーマンス (右) に及ぼす影響を表すように構築されている。このモデルの適合度は、CFI (comparative fit index) が 0.921, RMSEA (root mean square error of approximation) が 0.075, AGFI (adjusted goodness of fit index) が 0.999 であった。このことから、データとモデルは十分に適合していると言える。SEM の結果から、覚醒度が速度と意思決定に与える影響が仮定 2 と一致していることがわかる。

4.3 考察

分散分析の結果から、照明の色が覚醒度に影響を与えていることがわかる。これは、仮説 1 と一致してい

る。照明の色によって意思決定をシステム 1 で行う参加者の覚醒度が誘導されたと言える。一方、BGM には有意差が観察されなかった。自由記述欄には、BGM に関する記述が散見された。具体的には、「音楽が鳴っていると落ち着かなくてイライラしていました」や「音が大きすぎる」等の音の大きさについてのコメントがあった。これは、実験においてこの要因が参加者の意識的な認知プロセスに関与していたことを示唆する。本来、環境による情動の誘導は意識下の刺激によって成り立つと考えられる [29]。そのことから、音量の大きさによる刺激への意識が BGM の効果を弱めた可能性が考えられる。また、今回の実験では、BGM が聞こえる状況で実験を行なってもらうように指示したのみで、具体的な音量やヘッドフォン等の使用は統制していなかった。このように、参加者ごとに BGM の聞こえ方が異なっていたことも、BGM が覚醒度に影響を与えなかった原因の 1 つだと考えられる。

分散分析では、照明の色によって保続性の間違い、

表 4: Conditions of Experiment2

| | Red | | Blue | |
|----------|-------|-----|-------|-----|
| | Smile | Sad | Smile | Sad |
| High BPM | 29 | 25 | 28 | 29 |
| Low BPM | 32 | 34 | 29 | 33 |

* セル内の数字は参加者数

ルール確認数、誤答数が変化した。照明の色によって覚醒度も変化していることから、これらの指標の変化は覚醒度の影響を受けたものだと考えられる。さらに、SEMの結果は、覚醒度と意思決定のスピード・熟慮との関連を示した。これらは仮定2と整合する結果である。この結果は照明の色により、覚醒度が変化することで、意思決定が変化したため生じたと考えられる。

5. 実験2: 環境要因がシステム2に与える影響

実験2では、参加者に教示確認のためのクイズを課した。さらに、タスクへの注意を高めるために、高スコアを得た参加者には追加の報酬を与えた。それによって、参加者はより課題に集中した状態で取り組むと予想した。この操作によって実験1よりもスコアが上がり、誤答数が現象すると予想した。この条件の下、環境要因による覚醒度と意思決定への影響を仮定に基づいて検討する。

5.1 方法

5.1.1 参加者と実験計画

参加者は、実験1と同様にランサーズにて239名を募集した。男性が123名、女性が116名、平均年齢は41.3歳だった。参加者には、実験協力の謝金として100円の報酬が支払われた。さらに、実験1で得られたスコアの上位10%である1200点を超えた場合は追加の報酬として500円を得た。

実験デザインは実験1と同様に、2(照明: 赤色条件 vs 青色条件) × 2(BGM: 高BPM条件 vs 低BPM条件) × 2(情動伝染: Smile条件 vs Sad条件)の8条件にした。各要因の水準も実験1と同様の設定にした。

5.1.2 手続き

実験1との相違点は、教示の確認の有無である。実験2では、参加者が教示画面で課題のルールとシステムの操作方法を読んだ後に、確認のクイズを出した。

クイズに正解するまで課題は開始できなかった。この手続きと追加の報酬で、参加者が課題をより注意深く行うことを促した。

5.2 結果

5.2.1 実験1 vs 実験2

実験1と実験2で比較した際に有意となったデータについて示す。スコア、誤答数、到達カテゴリー数、NCRFの4項目に実験操作による違いが見られた。スコアは、実験1の平均が358.82、実験2の平均が520.83となり、実験2の方が高くなった($t(503) = 3.99, p = 0.00$)。誤答数は、実験1の平均が17.63、実験2の平均が15.19となり、実験2で減少した($t(503) = 5.11, p = 0.00$)。到達カテゴリー数は、実験1の平均が1.88、実験2の平均が2.06となり、実験2で増加した($t(503) = 2.06, p = 0.03$)。最初のカテゴリー到達までに要したカードの枚数は、実験1の平均が1.88、実験2の平均が2.06となり、実験2で増加した($t(503) = 2.11, p = 0.09$)。これらことから、実験1よりも実験2の方が参加者は慎重な行動をしていたことが分かる。これによって、実験2で行った操作が成功していたと考えられる。

5.2.2 平均

各条件で得られた平均値を図4に、分散分析の結果を表5、表6に示す。分散分析の結果、要因間の交互作用が得られた指標については単純主効果の結果を図に書き入れている。以下、アンケートとゲームログのそれぞれについて有意となった結果を示していく。

まず、覚醒度の主観評価では、アイコンの表情に有意傾向が観察された($p = 0.07$)。Smileが提示された参加者は、Sadが提示された参加者よりも高い覚醒度を示した。これは、仮定1(情動伝染による覚醒度への影響)と一致する。

1ターンあたりの時間では、BGMと表情の交互作用に有意差が見られた($F(1, 231) = 3.98, p = 0.05, \eta p^2 = 0.02$)。この交互作用の単純主効果を分析した結果、遅いBGMの条件ではSmileを提示された参加者は、Sadを提示された参加者よりも多くの時間を費やしていることがわかった。この結果は、仮定2(速度)にも反するものだった。

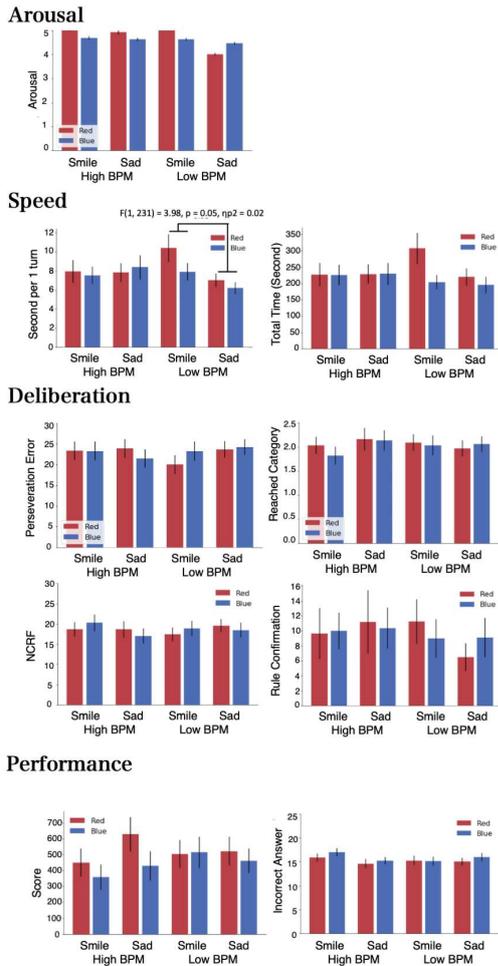


図 4: 実験 2 の平均と標準誤差

5.2.3 構造方程式モデリング

実験 1 と同様の目的で SEM を実施した (図 5) . これを実験 1 で行った SEM と比較することで、環境要因、覚醒度、意思決定の係数に内的状態がどのように影響しているかを理解することができると考える。このモデルの適合度は、CFI が 0.988, RMSEA が 0.034, AGFI が 1.000 となり、十分にモデルとデータが適合していたと言える。このモデルでは、実験 1 のモデルとは異なり、覚醒度の効果は意思決定の速度や熟慮に対して有意ではなかった。

5.3 考察

分散分析では、アイコンの表情による覚醒度への影響が観察された。これは仮定 1 と一致していた。システム 2 の状態で意思決定を行う状況では周囲の人間の表情によって覚醒度が喚起されると考えられる。

表 5: 実験 2 の分散分析の結果

| | Arousal | Time per 1 turn | Total time | Perseveration error | Reached category | NCRF | Rule confirmation | Score | incorrect answer |
|----------------|---------|-----------------|------------|---------------------|------------------|------|-------------------|-------|------------------|
| Color (C) | 1.05 | 1.21 | 1.95 | 0.04 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 1.78 | 1.05 |
| BGM (B) | 0.65 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.45 | 0.29 | 0.30 |
| Expression (E) | 3.29 + | 2.18 | 0.98 | 0.32 | 0.42 | 0.09 | 0.12 | 0.70 | 1.05 |
| C * B | 0.11 | 1.46 | 1.94 | 1.03 | 0.25 | 0.00 | 0.01 | 0.90 | 0.14 |
| B * E | 2.12 | 3.98 * | 1.23 | 0.93 | 1.02 | 0.93 | 0.66 | 1.25 | 2.10 |
| C * E | 1.82 | 0.81 | 0.75 | 0.67 | 0.41 | 1.27 | 0.21 | 0.49 | 0.05 |
| C * B * E | 1.52 | 0.06 | 0.71 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.58 | 0.02 | 0.39 |

+ : $p < 0.10$ * : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

表 6: 実験 2 の条件ごとの効果量 (偏 η^2)

| | Arousal | Time per 1 turn | Total time | Perseveration error | Reached category | NCRF | Rule confirmation | Score | incorrect answer |
|----------------|---------|-----------------|------------|---------------------|------------------|------|-------------------|-------|------------------|
| Color (C) | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| BGM (B) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Expression (E) | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| C * B | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| B * E | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| C * E | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| C * B * E | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

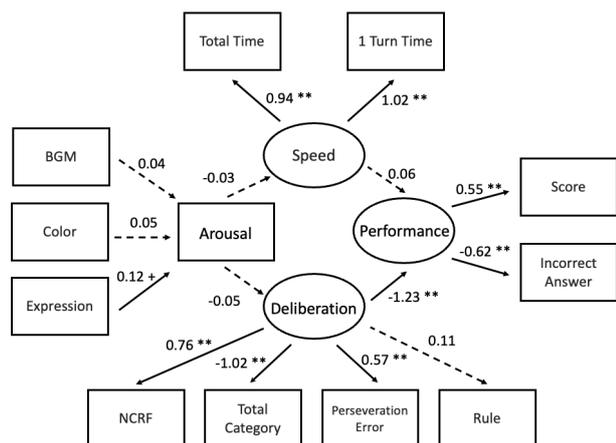
分散分析の結果より、各条件間の意思決定の指標の違いは、実験 1 よりも少ないことがわかる。また、SEM では覚醒度の効果が意思決定の指標に対して有意でなかった。この結果から、参加者の意思決定がシステム 2 で行われる場合、覚醒度が意思決定に影響を与えないと考えられる。

また、1 ターンに費やす時間が Sad のアイコンを提示した条件で減少した。これは仮定 2 と矛盾する結果である。表情の効果は、文脈によって異なることが知られている [30]。この結果は、システム 2 の状態で意思決定を行う場合は、心を落ち着かせる刺激が間違いを増加させると解釈できる。

6. 総合考察とまとめ

本研究では、外的要因を操作することで異なる内的状態での覚醒度の意思決定に対する役割の違いを調べた。

参加者がシステム 1 の状態で意思決定を行う実験 1 の結果、照明の色が覚醒度に影響を与えることがわかった。さらに、覚醒度による意思決定への影響も確認された。具体的には、ルール確認数、誤答数、保続



数値はパス係数.

実線: 有意差あり, 点線: 有意差なし.

+ : $p < 0.10$ * : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

図 5: SEM の結果

性の間違いに変動が観察された。これらの結果は、仮定 1 と仮定 2 と一致している。一方、参加者がシステム 2 の状態で意思決定を行う実験 2 では、アイコンの表情による覚醒度への影響が示唆された。この結果は、仮定 1 と一致している。しかし、1 ターン当たりの時間は、仮定 2 とは逆の結果が得られた。

また、実験 2 よりも実験 1 の方が覚醒度による意思決定への影響が大きかった。さらに、実験 1 の SEM では覚醒度が意思決定に与える影響が有意であったのに対し、実験 2 の SEM では有意ではなかった。このように、外部環境が情動や意思決定に与える影響は、参加者の内部状態によって異なることが確認された。しかし、今回の研究で覚醒度は主観評価によって計測されたため、参加者の状態を反映しきれていない可能性がある。そのため、今後は生体信号を用いた実験を行う必要があると考えている。本研究の知見が、合理的な意思決定を支援するシステムの開発に繋がると考える。

文献

- [1] Stefan G Hofmann, Sanna Heering, Alice T Sawyer, and Anu Asnaani. How to handle anxiety: The effects of reappraisal, acceptance, and suppression strategies on anxious arousal. *Behaviour research and therapy*, 47(5):389–394, 2009.
- [2] Jon Kabat-Zinn and Thich Nhat Hanh. *Full catastrophe living: Using the wisdom of your body and mind to face stress, pain, and illness*. Delta, 2009.
- [3] Shigeo Yoshida, Tomohiro Tanikawa, Sho Sakurai, Michitaka Hirose, and Takuji Narumi. Manipulation of an emotional experience by real-time deformed facial feedback. In *Proceedings of the 4th Augmented Human International Conference*, pages 35–42, 2013.

- [4] Jean Costa, François Guimbretière, Malte F Jung, and Tanzeem Choudhury. Boostmeup: Improving cognitive performance in the moment by unobtrusively regulating emotions with a smartwatch. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 3(2):1–23, 2019.
- [5] Grace Leslie, Asma Ghandeharioun, Diane Zhou, and Rosalind W Picard. Engineering music to slow breathing and invite relaxed physiology. In *2019 8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, pages 1–7. IEEE, 2019.
- [6] Jaime Snyder, Mark Matthews, Jacqueline Chien, Pamara F Chang, Emily Sun, Saeed Abdullah, and Geri Gay. Moodlight: Exploring personal and social implications of ambient display of biosensor data. In *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing*, pages 143–153, 2015.
- [7] Daniel Kahneman. *Thinking, fast and slow*. Macmillan, 2011.
- [8] Wim De Neys. *Dual process theory 2.0*. Routledge, 2017.
- [9] Gordon Pennycook, Jonathan A Fugelsang, and Derek J Koehler. What makes us think? a three-stage dual-process model of analytic engagement. *Cognitive psychology*, 80:34–72, 2015.
- [10] James A Russell. A circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology*, 39(6):1161, 1980.
- [11] Alicia Fernández-Sotos, Antonio Fernández-Caballero, and José M Latorre. Influence of tempo and rhythmic unit in musical emotion regulation. *Frontiers in computational neuroscience*, 10:80, 2016.
- [12] Jean Walters, Michael J Apter, and Sven Svebak. Color preference, arousal, and the theory of psychological reversals. *Motivation and emotion*, 6(3):193–215, 1982.
- [13] Sigal G Barsade. The ripple effect: Emotional contagion and its influence on group behavior. *Administrative science quarterly*, 47(4):644–675, 2002.
- [14] Antonio Damasio. *The feeling of what happens: Body and emotion in the making of consciousness*. 1999.
- [15] Antonio R Damasio. The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 351(1346):1413–1420, 1996.
- [16] Hideki Ohira, Masahiro Matsunaga, Hiroki Murakami, Takahiro Osumi, Seisuke Fukuyama, Jun Shinoda, and Jitsuhiro Yamada. Neural mechanisms mediating association of sympathetic activity and exploration in decision-making. *Neuroscience*, 246:362–374, 2013.
- [17] Paul Eling, Kristianne Derckx, and Roald Maes. On the historical and conceptual background of the wisconsin card sorting test. *Brain and cognition*, 67(3):247–253, 2008.
- [18] James M Gold, Constance Carpenter, Christopher Randolph, Terry E Goldberg, and Daniel R Weinberger. Auditory working memory and wisconsin card sorting test performance in schizophrenia. *Archives of general psychiatry*, 54(2):159–165, 1997.

- [19] S. Konishi, M. Kawazu, I. Uchida, H. Kikyo, I. Asakura, and Y. Miyashita. Contribution of working memory to transient activation in human inferior prefrontal cortex during performance of the wisconsin card sorting test. *Cerebral cortex*, 9 7:745–53, 1999.
- [20] Wim De Neys. Dual processing in reasoning: Two systems but one reasoner. *Psychological science*, 17(5):428–433, 2006.
- [21] Daniela Schoofs, Oliver T Wolf, and Tom Smeets. Cold pressor stress impairs performance on working memory tasks requiring executive functions in healthy young men. *Behavioral neuroscience*, 123(5):1066, 2009.
- [22] Sonia J Lupien, Christian J Gillin, and Richard L Hauger. Working memory is more sensitive than declarative memory to the acute effects of corticosteroids: A dose–response study in humans. *Behavioral neuroscience*, 113(3):420, 1999.
- [23] Adam R Aron, Stephen Monsell, Barbara J Sahakian, and Trevor W Robbins. A componential analysis of task-switching deficits associated with lesions of left and right frontal cortex. *Brain*, 127(7):1561–1573, 2004.
- [24] Chuh-Hyoun Lie, Karsten Specht, John C Marshall, and Gereon R Fink. Using fmri to decompose the neural processes underlying the wisconsin card sorting test. *Neuroimage*, 30(3):1038–1049, 2006.
- [25] M Laiacona, MG Inzaghi, A De Tanti, and E Capitani. Wisconsin card sorting test: a new global score, with italian norms, and its relationship with the weigl sorting test. *Neurological Sciences*, 21(5):279–291, 2000.
- [26] Rikard Küller, Byron Mikellides, and Jan Janssens. Color, arousal, and performance—a comparison of three experiments. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*, 34(2):141–152, 2009.
- [27] Joseph K Goodman, Cynthia E Cryder, and Amar Cheema. Data collection in a flat world: The strengths and weaknesses of mechanical turk samples. *Journal of Behavioral Decision Making*, 26(3):213–224, 2013.
- [28] Margaret M Bradley and Peter J Lang. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1):49–59, 1994.
- [29] Kent Berridge and Piotr Winkielman. What is an unconscious emotion?(the case for unconscious” liking”). *Cognition and emotion*, 17(2):181–211, 2003.
- [30] Paul Ekman and Wallace V Friesen. Felt, false, and miserable smiles. *Journal of nonverbal behavior*, 6(4):238–252, 1982.

洞察問題解決における固着からの制約緩和に孵化のタイミングが与える影響評価

Evaluating the impact of incubation timing on constraint relaxation from fixation in insight problem solving.

田岡 祐樹[†], 岡崎 祐樹[†], 伊藤 鈴[†], 齊藤 滋規[†]
Yuki Taoka, Yuki Okazaki, Rin Ito, Shigeki Saito

[†]東京工業大学

Tokyo Institute of Technology

taoka.y.aa@m.titech.ac.jp

概要

本研究の目的は、洞察問題解決過程における固着からの制約緩和に孵化のタイミングが与える影響の検証である。実験では80名の研究協力者は、それぞれインパスが意識に上る前あるいは後に孵化を行い、孵化のタイミングが制約緩和に与える影響を検証した。結果、孵化のタイミングによって制約緩和までの時間に影響があることが示された。これは今後の創造的課題解決に関する手法の発展に活かせる知見となり得る。
キーワード：洞察問題、インパス、孵化

1. はじめに

現代社会では、過去の経験によらず、新たなアプローチや解決方法を生み出して問題解決する、創造的問題解決の重要性が高まっている。創造的問題解決の一つである洞察問題解決では、過去の経験が負の作用を及ぼす心的制約として働き、その心的制約に固着して繰り返し解決に失敗することで、インパスと呼ばれる手詰まり状態に陥る [1]。そのため、洞察問題解決においては、心的制約の緩和により固着を解消することが重要であり [2]、孵化と呼ばれる一時的に問題から離れる段階を施すことが解決を促進することが報告されている。発散的思考問題解決に関しては、孵化のタイミングが孵化の効果に差を生むことが示唆されているが [3]、洞察問題解決に関しては、孵化のタイミングとその効果の大小についての関係性は明らかでない。そこで本研究は、洞察問題解決過程における固着からの制約緩和に孵化のタイミングが与える影響について実験的な検証を目的とする。

2. 既存研究

洞察問題は解が一意に定まり、その解決過程において固着を解消して問題表象の転換を必要とする [4]。洞察とは、「どのように問題を解決してよいかわからない状況から、あたかも突然解決方法を知るに至る過程」

のことを指すエラー! 参照元が見つかりません。洞察問題解決は、通常の問題解決とは異なるいくつかの特徴が存在する [1,2,5,6]。

- (1) インパスの存在：洞察問題解決では、その解決過程で固着に起因するインパスと呼ばれる思考の行き詰まりに陥る。問題解決者はインパスに陥ると、次にどうすればよいのかわからないと感じるようになる [7]。洞察問題解決では、過去の経験が負の要因として働くため、問題解決者は過去の問題解決経験に固着し、誤った問題表象を基にした問題空間内を繰り返し探索することで、インパスに陥る。
- (2) 有効な情報の見過ごし：問題解決者は、その解決過程において、たまたま有効な試行を行うことがあるが、それがすぐに解につながるわけではなく、見過ごされる場合がある。
- (3) 飛躍的解決：洞察問題解決過程は漸進的に進むのではなく、飛躍的に展開する。少なくとも主観的には、あたかも突然解がひらめいたかのように問題が解決される。通常の問題解決では、解決過程についてのメタ認知が働き、問題解決者は徐々に解に近づくことを意識化できるが、洞察問題の場合には、こうしたメタ認知が働かないことが知られている。
- (4) 洞察後の了解：一般的には、洞察問題は解が得られるまでは困難な問題であるのに対して、解が得られると一転して単純な問題に転じる。2回目以降は、類似の問題を難なく解くことができるようになる。
- (5) 感情的体験の随伴：洞察問題解決においては、解に気づいた瞬間に驚きや感動など、ある種の感情的な体験を伴うことが少なくない。Aha 体験 (Aha! experience) などと呼ばれる。
- (6) 問題表象の転換：洞察の前と後では、問題解決

者の問題に対する捉え方（問題の構造の理解、定式化の方法など）が根本的に変化してしまうことが少なくない。

洞察問題解決における制約緩和

洞察問題解決において、問題表象を転換することは重要である。Knoblichらは、洞察問題解決過程は異なる段階（探索、インパス、問題表象の転換）の相互作用による動的な解決過程であるとし、洞察問題解決過程の認知モデルを提案した[8,9]。このモデルでは、洞察問題解決過程は次のように説明される。問題の知覚的な情報や過去の経験によって初期の問題表象が形成され、その問題表象を基にした問題空間で解の探索が行われる。この探索は、初期の問題表象が適切である場合は、問題表象を転換することなく解に辿り着いた時点で終了するが、初期の問題表象が適切でない場合は、解が存在しない不適切な問題空間で繰り返し失敗することによってインパスに陥る。インパスに陥った場合は、問題の知覚的な情報や過去の経験への固着を形成する心的制約を緩和することによって、問題表象を転換する必要がある。これによってインパスから脱却し、新たに形成された問題表象を基にした解が存在する適切な問題空間で再び探索が行われる。本モデルは、洞察問題解決における問題表象の転換には、問題の知覚的な情報や過去の経験への固着を形成する心的制約を緩和し、適切な問題空間の探索への切替えが起こると示唆する。

代表的な洞察問題の一つとして、9点問題が挙げられる[8,10-12]。9点問題とは、9個の全ての点を、4本の直線の一筆書きで通るという問題である。一見非常に単純な問題であるかのように思えるが、多くの問題解決者にとってこの問題の解を見つけることは困難であるとされる[12]エラー！参照元が見つかりません。その原因は、この問題を解く際に、問題文中で述べられていないにも関わらず、9点で形成される領域を仮定し、その制約の下、9点の領域内で、9個の全ての点を通ろうと試みることにある。この問題を解決するには、9点の領域内で線を引く（初期の問題表象）のではなく、9点の領域からはみ出して領域外の架空の点で折り返すように線を引く（適切な問題表象）必要がある（図1に16点問題を事例として提示）。

Ollingerらは、洞察問題解決過程の認知モデルを基にして、9点問題解決過程を説明する認知モデルを提案した[8]。このモデルでは、9点問題解決過程は次のように説明される。問題解決者は、インパスに陥る前、問題の知覚的な情報や過去の経験によって9点で形成される

領域を仮定し、その制約の下、9点の領域内で1本の直線当たり出来るだけ多くの点を通るような線を引こうとする（初期の問題表象）。この制約の存在により、解の存在しない問題空間で解の探索を続け、繰り返し失敗することでインパスに陥る。そして、制約緩和に伴う問題表象の転換によって、問題解決者はインパスから脱却する。その結果、問題解決者は9点で形成される領域外にはみ出して、領域外の架空の点で折り返すように線を引くようになる（適切な問題表象）。

創造的問題解決過程の4段階モデル

創造的問題は、新たなアプローチや解決方法を生み出すことが求められる問題と定義される[13]。創造的問題はかねてより、一定期間の間、問題解決の試行錯誤をした後、一時的に問題から離れて問題に意識を向けられない段階を経ることで解決が促進されると言われてきた。Wallasは、創造的問題解決過程を準備、孵化、ひらめき、検証の4段階にまとめたエラー！参照元が見つかりません。Wallasは各段階について、以下のように定義した。

- (1) 準備 (Preparation) : 問題解答をあらゆる方向から試行錯誤する段階
- (2) 孵化 (Incubation) : 一時的に問題から離れて問題に意識を向けられない段階
- (3) ひらめき (Illumination) : 突発的に新たな解の着想を得る段階
- (4) 検証 (Verification) : ひらめいた解の妥当性を検証する段階

孵化の効果に関する実験的検証

孵化の効果を検証する実験室パラダイムは、遅延孵化 (delayed incubation) と即時孵化 (immediate incubation) の2つがある[3]。遅延孵化パでは、実験群の被験者に創造的問題を実験者が事前に定めた時間取り組ませた後、孵化として創造的問題から離れて干渉課題を一定時間取り組ませ、最後に再び創造的問題を実験者が設定した時間取り組ませる。即時孵化では、実験群の被験者は孵化前に創造的問題を一切取り組まず、孵化を経てから創造的問題に取り組み始める。いずれの実験室パラダイムにおいても、統制群の被験者に関しては、実験群の被験者が創造的問題に取り組んだ合計時間分、創造的問題を取り組ませ、孵化の効果を検証する。Doddsらによる質的レビューによって、遅延孵化の有効性が示唆された[14]。また、Sioらによる117の研究結果のメタアナリシスによって、創造的問題として洞察問題または発散的思考問題を使用した時の遅延孵化

の効果量の平均値は0.32(効果量小-効果量中)であり、遅延孵化の有効性が示された[15]. Dijksterhuisらは、発散的思考問題を題材として被験者により創出されるアイデアの創造性を評価することで、発散的思考問題解決における即時孵化の有効性を示唆した[16]. また、Gilhoolyらは、発散的思考問題を題材として被験者により創出されるアイデアの創造性を評価することで、遅延孵化に対する即時孵化の優位性を報告し、発散的思考問題解決における即時孵化の有効性を示唆した[3]. しかし、即時孵化群の被験者は、孵化前に創造的問題を一切取り組まず、孵化を経てから創造的問題に取り組み始める. したがって、即時孵化群の被験者の創造的問題解決では、Wallasの提唱する創造的問題解決過程における準備段階が存在しないため、Wallasの定義に基づく孵化の効果を適切に評価できていないと言える.

孵化のタイミングに関しては、Beefinkらが、言語的な洞察問題に置いて、参加者自身のタイミングによる孵化が課題解決の成功とインパスの少なさに影響を与えると示しているが、孵化が制約緩和に与える影響は明らかにされていない[17]. そのため、本研究では、Wallasの提唱する創造的問題解決過程の定義を踏まえたうえで、孵化のタイミングとその効果(制約緩和及び解決の可否)について検証する必要がある.

孵化のメカニズムに関する議論

孵化の効果の背後に存在するメカニズムは未だ解明されていない. 提案されている理論は排他的な関係ではなく、孵化の効果は複数のメカニズムが同時に関与している可能性が考えられる. したがって、孵化の効果を複数の観点から考察する必要があると言える. 孵化の効果のメカニズムに関する主な理論の概要を述べる.

- (1) **Intermittent conscious work** : 孵化は一時的に創造的問題から離れて意識を向けない段階とされているにもかかわらず、被験者が断続的に創造的問題の意識的な処理を行っているとする[18]. このメカニズムは、実験群では孵化として干渉課題を取り組ませ、統制群では同一の課題を孵化としてではなく単体の課題として取り組ませた時、実験群の干渉課題の成績は統制群の成績よりも低くなると予想する.
- (2) **Beneficial forgetting** : 孵化によって、誤ったアプローチや仮定への固着を生み出す心的制約が緩和される[19]. これは、孵化段階中に誤ったアプローチや仮定を忘却することによってもたらされ、その結果、シフティングが促進され、フレ

ッシュな状態で孵化後に再び創造的問題に取り組むことが可能になると考えられる. シフティングはある次元から別の次元へ思考や注意を柔軟に切替える能力と定義される[20].

- (3) **Attention withdrawal** : 孵化によって、誤ったアプローチや仮定に向けられていた注意が逸らされ、シフティングが促進され、新たな仮定を適用しやすくなると説明する[21]. これは **beneficial forgetting** のように、誤ったアプローチや仮定の忘却ではなく、誤ったアプローチや仮定から注意が逸らされることにより起こると考えられる.
- (4) **Unconscious work** : 孵化によって、創造的問題の潜在的な処理が孵化段階中に無意識下で活発に行われていると説明される[16,22].

3. 方法

大学生と大学院生および20歳以上の社会人の80名が実験に参加した. 被験者をインパス前に孵化群、インパス後に孵化群、統制群の3群のいずれかに振り分けて実験を実施した. 全80名の被験者の中から、過去に9点問題または16点問題を解いたことがある等の理由から23名の被験者を分析対象外とした. したがって、本実験は57名の被験者(平均年齢=23.16(範囲20-26), 45人男性)を分析対象とする. 各群の被験者の人数は、インパス前に孵化群が18名、インパス後に孵化群が18名、統制群が21名である. 本研究では、9点問題を発展させた16点を6本の直線の一笔書きで通ることを求める16点問題を使用した(図1).

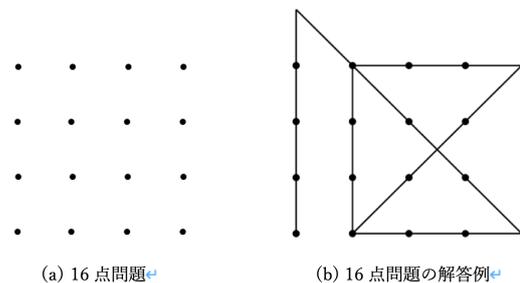


図1 16点問題と16点問題の解答例

16点問題における制約緩和の定義を、「16点で形成される領域外にはみ出して、領域外の架空の点で折り返すように線を引くこと」と定義する. 本実験は各被験者1人ずつ実施し、Web会議サービスのZoomおよびオンラインホワイトボードサービスのMiroを組み合わせて、オンライン形式で実施した.

4. 構成

本実験は各被験者 1 人ずつ実施し、Web 会議サービスの Zoom およびオンラインホワイトボードサービスの Miro を組み合わせて、オンライン形式で実施した。全被験者の実験環境をなるべく統一するため、各被験者には、事前に PC とマウス（トラックパッド等は不可）、およびイヤホンまたはヘッドホンを準備してもらい、実験当日は周囲環境による妨害がない自宅の部屋から参加するよう指示した。

本実験の実験デザインを図 2 に示す。孵化段階で取り組む干渉課題は、2 桁×1 桁または 3 桁×1 桁の暗算とした。16 点問題の制限時間は合計 30 分、計算問題の制限時間は 5 分とした。16 点問題の解答に関して、制限時間内に解決できた場合は、その時点で問題解答を終了させ、制限時間内に解決できなかった場合は、16 点問題の解答時間が合計 30 分になった時点で問題解答を終了させた。インパス前に孵化群に関しては、Wallis の提唱する創造的問題解決における準備段階の定義に基づき[23]、準備段階で 16 点問題をあらゆる方向から試行錯誤するために、少なくとも複数回試行する時間を確保するため 2 分後に孵化とした。インパス後に孵化群は、研究参加者がインパスを自己申告した直後(平均時間:657 秒、標準偏差 500 秒)において、孵化を行った。なお、インパスに陥ったと一度も合図せずに、16 点問題を制限時間内に解決、または 16 点問題を制限時間の 30 分間解答し続けた被験者に関しては、16 点問題の解答終了後に計算問題を補足的に解答させた。上記の被験者は、本質的には後述の統制群の被験者と同等であるため、実験終了後からは統制群の被験者としてみなした。表 1 に本研究における定量的な評価方法を示す。



図 2 実験デザイン

表 1 評価指標と統計処理方法

| No. | 評価指標 | 統計方法 |
|-----|-----------------------|----------------------------|
| 1 | 解決の成否 | カイ二乗・フ |
| 2 | 制約緩和の成否 | イッシャー |
| 3 | 制約緩和した被験者の解決の成否 | の正確確率 検定 |
| 4 | 初めて制約緩和するまでの所要時間 | Kruskal- |
| 5 | 解決するまでの所要時間 | Wallis 検定 |
| 6 | 孵化後から初めて制約緩和するまでの所要時間 | Mann- Whitney の U 検定 |

5. 結果

それぞれの指標において、統計解析を行った結果、いずれの項目に関しても、群間で有意差が見られなかった。主要な人数及び期待度数のデータと、それぞれの統計解析結果結果を表 2 に示す。

表 2 全被験者を対象にした統計解析結果。中央値(最大値-最小値)

| 評価項目 No. | 前群 N=18 | 後群 N=18 | 統制群 N=21 | 統計量 |
|----------|----------------------|----------------|--------------|---------------------|
| 解決の成否 | 解決有 11 (8.8) | 7 (8.8) | 10 (10.3) | χ^2 : 1.808 |
| | 解決無 7 (9.2) | 11 (9.2) | 11 (10.7) | p1: 0.405 |
| 制約緩和の成否 | 制約緩和有 10 (8.6) | 7 (8.1) | 11 (11.3) | χ^2 : 0.811 |
| | 制約緩和無 6 (7.4) | 8 (6.9) | 10 (9.7) | p1: 0.667 |
| | 制約緩和した被験者の解決の成否 | 解決有 9 (8.6) | 5 (6.0) | 10 (9.4) |

インパス後に孵化群に割り当てられた参加者に関して、インパスを報告せずに制限時間内に解決、または回答できなかった被験者は、実験終了後からは統制群の被験者としてみなしたが、参加者のランダム割当に反するとも捉えることができる。そこで、16 点問題以外の類似問題(例、パズル問題など)を過去の経験のある者、実験時の周囲環境による影響が制約緩和のきっかけや要因として含まれる者を除いた 33 名を解析対象とし追加解析した。

表 3 が示す通り、初めて制約緩和するまでの所要時

間に関して、群間で有意差が見られた。事後検定として、Steel-Dwass 法によって多重比較を行った結果、表 4 が示す通り、孵化後から初めて制約緩和するまでの所要時間に関して、インパス前に孵化群はインパス後に孵化群よりも有意に短かった。

表 2 参加者選定後の統計解析結果。中央値(最大値-最小値)

| 評価項目 No. | 前群 (N=7) | 後群 (N=3) | 統制群 (N=2) | 統計量 |
|-----------------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 4. 初めて制約緩和するまでの所要時間[s] | 518 (587-164) | 1124 (1672-1022) | 1142.5 (1270-1015) | H: 8.141 p1: 0.017* |
| 6. 孵化後から初めて制約緩和するまでの所要時間[s] | 398 (467-44) | 700 (1194-692) | - | Z: - 2.393 P2: 0.017* |

p₁: Kruskal-Wallis 検定で算出された値, p₂: Mann-Whitney の U 検定で算出された値, *: p < 0.05.

表 3 Steel-Dwass 法による多重比較結果

| 比較対象 | 統計量 |
|----------------------|---------------------|
| インパス前に孵化群: 統制群 | t: 2.049, p: 0.101 |
| インパス後に孵化群: 統制群 | t: 0.577, p: 0.832 |
| インパス前に孵化群: インパス後に孵化群 | t: 2.393, p: 0.044* |

p: Steel-Dwass 法で算出された値, *: p < 0.05

6. 考察

16 点問題の解答結果は、表 1 に示す評価指標に基づいて仮説を検証した。全被験者を対象として解析した結果、いずれの評価指標においても有意差が見られなかった。

しかしながら、スクリーニング後の被験者を対象として解析した結果、初めて制約緩和するまでの所要時間に関して有意差が見られ、事後検定として Steel-Dwass 法により多重比較を行った結果、インパス前に孵化群はインパス後に孵化群よりも有意に短かった。また、孵化後から初めて制約緩和するまでの所要時間に関して、インパス前に孵化群はインパス後に孵化群よりも有意に短かった。以上より、少なくともインパス前に孵化を施すほうが、インパス後に孵化を施すよりも制約緩和するまでの所要時間を短縮できることが示

唆された。一方、解決した人数、制約緩和した人数、制約緩和した被験者の中で解決した人数、解決するまでの所要時間、孵化後から解決するまでの所要時間に関しては、群間で有意差が見られなかった。特に、解決するまでの所要時間と孵化後から解決するまでの所要時間で有意差が見られなかったことは、洞察問題解決において、制約緩和と解決は必ずしも同時に起こるのではなく、解決に至るまでに徐々に制約緩和されていき、ある段階を超えると解決に至ると示唆している。関らによって提案された、制約の動的緩和理論[24-26]の内容と合致している。制約の動的緩和理論では、3 種類の制約が存在し、それが失敗という形で負のフィードバック繰り返し受け取り、徐々に心的制約が緩和されてゆくことが重要であるとされる。本実験における 16 点問題の制約は 1 種類のみ存在すると仮定したが、今後、制約の動的緩和理論に基づき、孵化のタイミングが制約の動的緩和に与える影響を更に検証する必要がある。

既存研究の孵化の効果に関する質的レビュー[14]やメタアナリシス[15]によると、洞察問題解決において孵化は心的制約の緩和を促進する要因の一つであることが示唆されているが、本実験の結果は異なっている。その理由として、スクリーニング後の被験者が計 33 名であり、サンプルサイズが小さいことがある。また、各研究によって、洞察問題の種類、孵化を施すタイミング、孵化の時間、干渉課題の種類など様々な実験デザインが採用されている。これらの要因の違いが、既存研究とは異なる結果を生み出した可能性が考えられる。インパス後に孵化群に関しては、被験者がインパスに陥ったと合図した直後に孵化を施した。被験者によって手詰まり状態に対する認識の違いがあると想定され、その差がインパス後に孵化を施した時の効果の違いに影響を与えた可能性も考えられる。また、16 点問題解答を解決できなかったにも関わらず、インパスに陥ったと合図しなかった被験者も一定数存在した (57 人中 11 人)。30 分間問題解答に取り組んでも解決できなかった場合は、インパスに陥っていたと考えても問題ではないと言える。今後、仮に被験者がインパスに陥ったと合図しなかったとしても、特定のタイミングでインパスに陥ったとみなして孵化を施すことも考えられる。

7. 結言

インパス前に孵化を施すことで制約緩和するまでの所要時間をより短縮できることが示唆された。一方、解

決した人数, 制約緩和した人数, 制約緩和した被験者の中で解決した人数, 問題解答開始から解決するまでの所要時間, 孵化後から解決するまでの所要時間に関しては, 群間で有意差が見られなかった. 以上の結果は, 洞察問題解決過程における適切な孵化のタイミングに関する知見の一つとなり, 今後の創造的問題解決に関する手法の確立に活かせると考えられる.

8. 謝辞

本実験は東京工業大学人を対象とする研究倫理審査委員会の承認のもと実施した (A20090)

文献

- [1] 三輪和久, 松下正法. (2000). "発見における心的制約の緩和過程". 認知科学. Vol.7, No.2, pp.152-63.
- [2] 三輪和久, 寺井仁, Kazuhisa M, Hitoshi T. (2003). "洞察問題解決の性質: 認知心理学から見たチャンス発見(チャンス発見)". 人工知能学会誌. Vol.18, No.3, pp.275-82.
- [3] Gilhooly KJ, Georgiou GJ, Garrison J, Reston JD, Sirota M. (2012). "Don't wait to incubate: immediate versus delayed incubation in divergent thinking". Mem Cognit. Vol.40, No.6, pp.966-75.
- [4] Gilhooly KJ, Georgiou GJ, Sirota M, Paphiti-Galeano A. (2015). "Incubation and suppression processes in creative problem solving". Think Reason. Vol.21, No.1, pp.130-46.
- [5] 三輪和久. (2009). "飛躍を伴う発見における潜在的意識の関与: 洞察問題解決研究からの知見". 計測と制御 = Journal of the Society of Instrument and Control Engineers. Vol.48, No.1, pp.33-8.
- [6] 鈴木宏昭. (2004). "創造的問題解決における多様性と評価: 洞察研究からの知見". 人工知能学会論文誌. Vol.19, No.1, pp.145-53.
- [7] Ohlsson S. (1992). "Information-processing explanations of insight and related phenomena". Advances in the psychology of thinking. Vol.1, No.1, pp.1-44.
- [8] Öllinger M, Jones G, Knoblich G. (2014). "The dynamics of search, impasse, and representational change provide a coherent explanation of difficulty in the nine-dot problem". Psychol Res. Vol.78, No.2, pp.266-75.
- [9] Knoblich G, Ohlsson S, Haider H, Rhenius D. (1999). "Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving". J Exp Psychol Learn Mem Cogn. Vol.25, No.6, pp.1534-55.
- [10] Maier NRF. (1930). "Reasoning in humans. I. On direction". J Comp Psychol. Vol.10, No.2, pp.115-43.
- [11] MacGregor JN, Ormerod TC, Chronicle EP. (2001). "Information processing and insight: a process model of performance on the nine-dot and related problems". J Exp Psychol Learn Mem Cogn. Vol.27, No.1, pp.176-201.
- [12] Kershaw TC, Ohlsson S. (2004). "Multiple causes of difficulty in insight: the case of the nine-dot problem". J Exp Psychol Learn Mem Cogn. Vol.30, No.1, pp.3-13.
- [13] Boden MA. (2003). "The creative mind: Myths and mechanisms". 2nd ed. p. 344
- [14] Dodds RA, Ward TB, Smith SM. (2003). "A review of the experimental literature on incubation in problem solving and creativity". Creativity research handbook. Vol.3, No.1, pp.285-302.
- [15] Sio UN, Ormerod TC. (2009). "Does incubation enhance problem solving? A meta-analytic review". Psychol Bull. Vol.135, No.1, pp.94-120.
- [16] Dijksterhuis A, Meurs T. (2006). "Where creativity resides: the generative power of unconscious thought". Conscious Cogn. Vol.15, No.1, pp.135-46.
- [17] Beefink F, van Eerde W, Rutte CG. (2008). "The Effect of Interruptions and Breaks on Insight and Impasses: Do You Need a Break Right Now?". Creat Res J. Vol.20, No.4, pp.358-64.
- [18] Csikszentmihalyi M. (1996). "Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention". New York.
- [19] Smith SM, Blankenship SE. (1991). "Incubation and the persistence of fixation in problem solving". Am J Psychol. Vol.104, No.1, pp.61-87.
- [20] Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD. (2000). "The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis". Cogn Psychol. Vol.41, No.1, pp.49-100.
- [21] Segal E. (2004). "Incubation in Insight Problem Solving". Creat Res J. Vol.16, No.1, pp.141-8.
- [22] Dijksterhuis A, Nordgren LF. (2006). "A Theory of Unconscious Thought". Perspect Psychol Sci. Vol.1, No.2, pp.95-109.
- [23] Wallas G. (1926). "The art of thought".
- [24] 開一夫, 鈴木宏昭. (1998). "表象変化の動的緩和理論: 洞察メカニズムの解明に向けて". 認知科学. Vol.5, No.2, pp.2_69-2_79.
- [25] 鈴木宏昭, 宮崎美智子, 開一夫. (2003). "制約論から見た洞察問題解決における個人差". 心理学研究. Vol.74, No.4, pp.336-45.
- [26] 鈴木宏昭, 開一夫. (2003). "洞察問題解決への制約論的アプローチ". 心理学評論. Vol.46, No.2, pp.211-32.

洞察問題解決におけるひらめきと瞳孔反応の関係の探索

Exploring the Relationship between Insight and Pupillary Response in Insight Problem Solving

伊藤 鈴[†], 田岡 祐樹[†], 岡崎 祐樹[†], 齊藤 滋規[†]
Rin Ito, Yuki Taoka, Yuki Okazaki, Shigeki Saito

[†]東京工業大学
Tokyo Institute of Technology
ito.r.as@m.titech.ac.jp

概要

本研究の目的は、洞察問題解決過程におけるひらめきや行き詰まりと瞳孔反応の関係を調査することである。6人の被験者にアイトラッカーを装着させ、洞察問題の一つである16点問題に取り組む過程の瞳孔径を計測した。その結果、問題に取り組むことによる認知負荷が瞳孔径に反映されることを確認した。また、ひらめきの前後で瞳孔が散大していく様子が見受けられた。ひらめきや行き詰まりのメカニズムを明らかにすることで、創造的課題解決に関する手法の発展に貢献できる。

キーワード：洞察問題, 瞳孔反応, ひらめき

1. はじめに

過去の経験に拠らず、創造性を活用して問題解決する、創造的問題解決能力を拡張する重要性が高まっている。創造的問題解決の一つである洞察問題解決では、人はインパス（深刻な手詰まり状態）の後に、アイデアを「ひらめき」として自覚する。日常環境下でインパスや「ひらめき」を検知することができれば、客観的に適切なタイミングで外部刺激や孵化を施すことで創造性を拡張できる可能性がある。眼球運動（瞳孔径やまばたきの頻度）は、人の認知状態と密接な関係があるとされているが[1][2]、洞察問題解決における眼球運動と「ひらめき」やインパスの関係は明らかにされていない。そこで本研究の目的は、洞察問題解決過程における瞳孔反応と「ひらめき」やインパスの関係を探査することとする。

2. 既存研究

2.1 瞳孔運動

瞳孔は、瞳の中の虹彩に囲まれた穴で、瞳孔括約筋と瞳孔散大筋の2つの筋肉を介して制御されている。瞳孔には目に入る光の量を調節する役割があり、暗い場所では（散瞳）し、明るい場所では縮瞳する。

瞳孔は、交感神経線維とつながる瞳孔散大筋によって広げられる。交感神経線維は、ストレスや恐怖を感じる出来事に対する自動的な生理的反応である闘争・逃走反応にも関係している（心拍数、呼吸、汗腺など）。また、瞳孔は、副交感神経線維とつながる瞳孔括約筋によって取り巻かれている。副交感神経線維は、リラックスした状態で活発になり[3]、副交感神経が優位になると縮瞳する。青斑核(LC)と瞳孔径の間には、強い関連性がある[3]。青斑核は脳内の器官で、ノルアドレナリン (NA) と呼ばれるホルモンを調節する小さな神経核であり、広範囲の神経系に影響を与える。その影響には、覚醒度やストレスも含まれる。NAが増加すると、心拍数や瞳孔径の増加にもつながる。NAと瞳孔径の間には即時的で緊密な関係があるため、瞳孔径はストレスや認知活動を測定するのに適した指標となる[3]。瞳孔は、精神的な興味や興奮など情動的刺激により散大し、精神作業評価の指標ともなる[4]。瞳孔径は課題要求に応じて変化するため、被計測者の認知処理の強度を客観的に測定するための指標となりえる。

2.2 洞察問題

洞察問題とは、その解決にひらめき、あるいは発想の転換を必要とする問題である[5]。洞察問題及び洞察問題解決の特徴のいくつかを挙げる[5][6][7]。

- ・インパスの存在：洞察問題は、問題解決の過程でインパスと呼ばれる深刻な手詰まり状態に陥るように設計されている。洞察問題では、問題解決者は過去の問題解決経験に固着し、解の存在しない問題空間を探索し、繰り返し失敗することでインパスに陥る。

- ・重要なデータの無視：問題解決者は、洞察問題の解決過程において、正解に辿り着くために必要な情報を無視してしまうことがある。たまたま有効な試行を行うことがあっても、それがすぐに解に結びつくわけではなく、見過ごしてしまう場合がある。

にインパスに陥ったと申告した人はそれぞれ1名であった。制約緩和することができた被験者は全員時間内に正答し、正答できなかった被験者は制約緩和もできなかった。被験者の対応表を表1に示す。

制限時間以内に正答した人の解答時間はそれぞれ1561秒、1310秒、1043秒であった。正答にたどり着くまでの平均試行数は28.3個、正答できなかった人が制限時間30分で書いた試行数は平均43個であった。また、1試行に要した時間は、正答できた人が平均31.0秒（標準偏差18.4、範囲7-104）、正答できなかった人が平均36.3秒（標準偏差51.5、範囲6-432）であった。

表1 対応表

| 被験者 | 解決の可否 | 制約緩和の可否 | インパスの有無 |
|-----|-------|---------|---------|
| A | ○ | ○ | × |
| B | ○ | ○ | × |
| C | ○ | ○ | ○ |
| D | × | × | ○ |
| E | × | × | × |
| F | × | × | × |

ベースライン時の瞳孔径の平均値と分散を用いて、解答時間中に測定された瞳孔径にZ値化の処理を施す。図3は、解答時間中の瞳孔径Z値の平均値を、正答者と非正答者で分類して比較したものである。正答者は非正答者に比べて、解答時間中に瞳孔径が広がっていたことを示している。

図4,5,6,7に、解答時間中の瞳孔径の変化の様子を示す。図中の瞳孔系の推移は、0.5秒ごとの移動平均値とした。被験者A, B, Cは時間内に正答し、被験者Dは時間内に正答できなかった。グレーの縦線は、各試行に取り組み始めた時間を示している。例えば、被験者Aは、解答開始（破線）から試行を重ね、36試行目で制約逸脱し（青実線）、37試行目で正答し（破線）、解答終了した。被験者Dも同様に解答開始から試行を重ね、25試行目を書き終えた後にインパス状態であると自己申告した（桃色実線）。その後再び取り組んだが、30分経過した時点で問題解決できなかったため解答を終了した（黒破線）。

正答することができた参加者は、ベースラインに比べて解答時間中に瞳孔が散大している様子が見られる。正答できた参加者のうち被験者A, Bは、制約緩和したタイミングの前後及び正解の試行前後に瞳孔径が広がっている様子が確認できる。被験者Cにはそのような様子は見られなかった。正答できなかった被験者は、解答時間中に瞳孔がベースラインよりも縮瞳する様子が見られた。

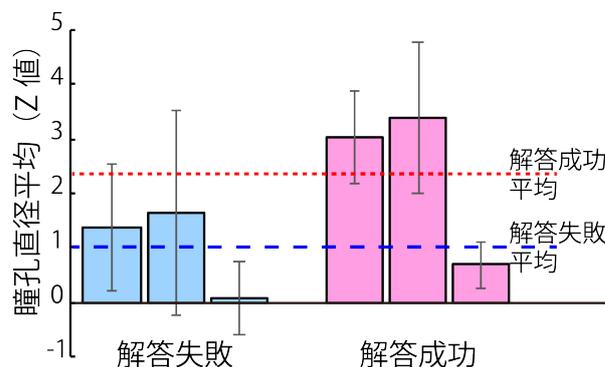


図3 解答時間中のZ値化された瞳孔直径の平均値

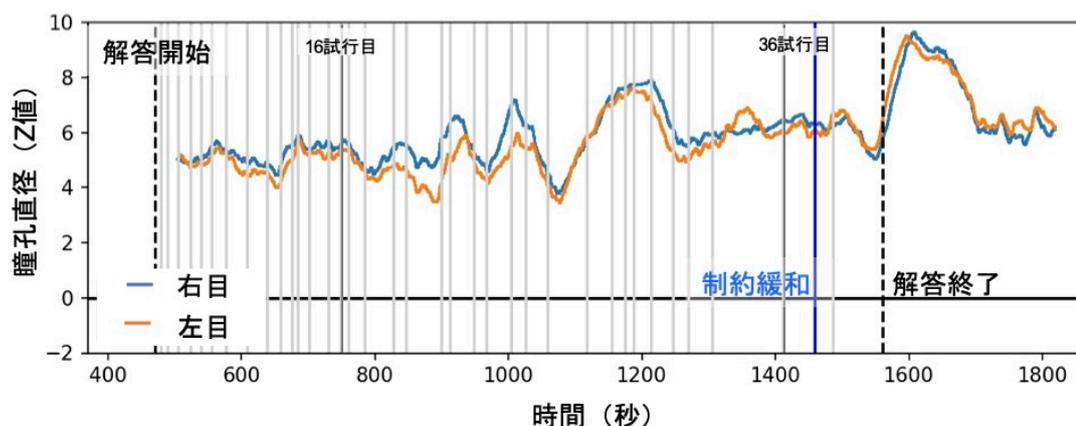


図4 解答時間中の瞳孔径変化（正答できた被験者A）

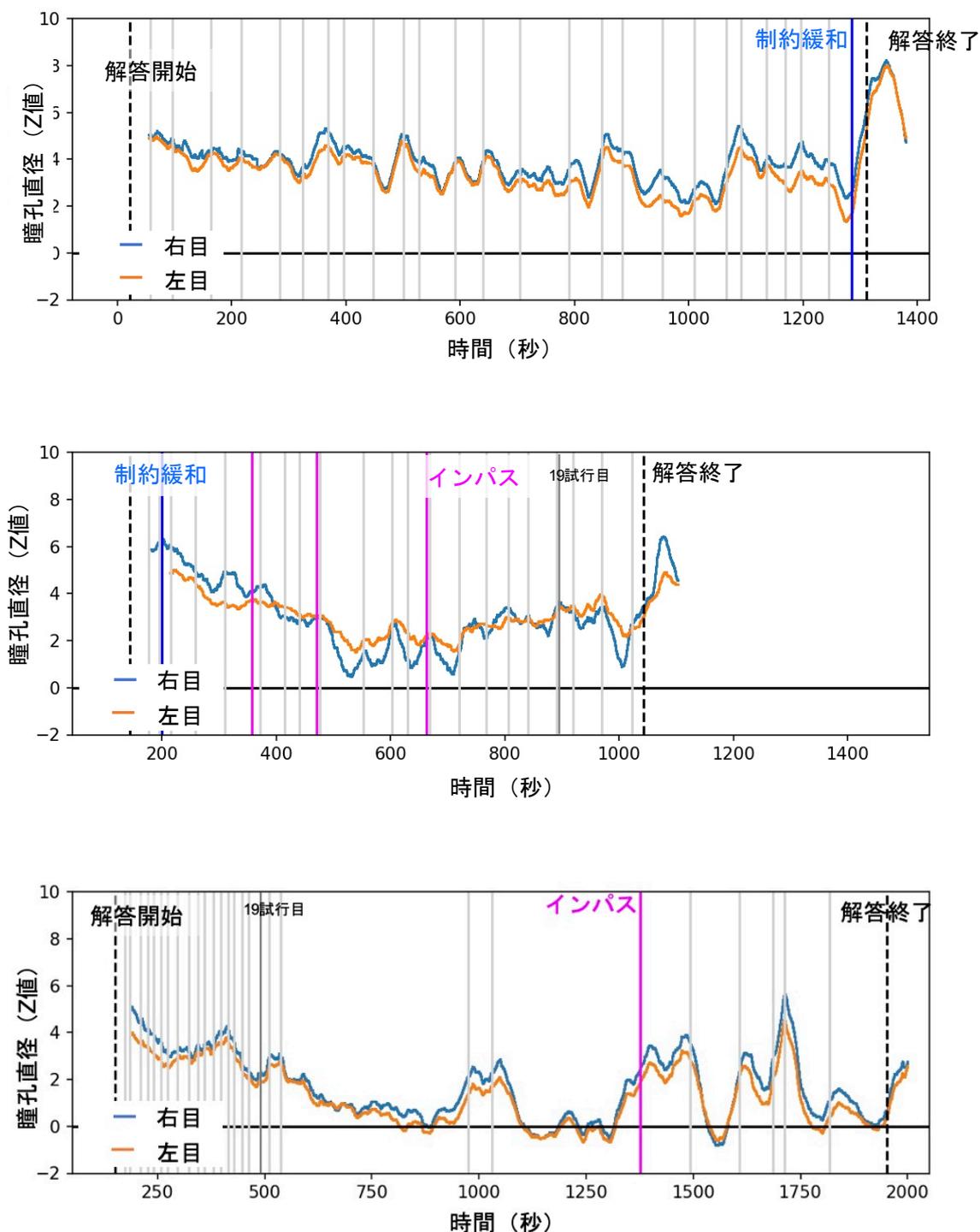


図 5,6,7 解答時間中の瞳孔径変化
 (正答できた被験者 B, C, 時間内に正答できなかった被験者 D)

問題解答中の瞳孔径が変化していることから、問題の取り組みによる認知負荷が瞳孔径に反映されていると考えられる。正答することができた被験者の瞳孔径の

方が大きいことから、高い認知負荷で問題に取り組んでいたと予想される。正答することができた被験者は、正答の前後に瞳孔径

が徐々に開いていく様子が確認できる。被験者が、ひらめきの瞬間に興奮や驚きなどの感情的体験をし[6]、情動的刺激により瞳孔が散大した[4]ためであると考えられる。

正答することができた被験者 A, B について、最初に制約緩和した試行の次の試行で正解に辿り着いている。インタビューの結果から、被験者 A は主観的には直感的でありながら、1本の線で多くの点を通る方法を考えながら線を引いていた。被験者 B は戦略を立てて試し、その戦略がうまくいかなければ直感的に線を引き、新たな戦略を立てることを繰り返していたことがわかった。

「15までは縦、横、斜めだったりパターン化しながら引いていたんですけど、いまいち解答が見つからなかったので、16からは闇雲っていう感じで。」

「(35 試行目終了後) ...横の線を引いた時にあんまり点が結べないことに気づいて、何とかして斜めの線を使って多く引こうと思ったんですね。今までは斜めの線を3本以上引いていなくて、2本じゃダメだなんて気づいて、36からどうやったら斜めの線を増やせるだろうかっていうのを考えた時に、点の外にもっていけば斜めに引けるってことに気づいた。」(被験者A)

「(1, 2 試行目について) あんまり深く考えていないんですけど、そもそも作業を慣らすっていう意味でも手を動かしていた。」

「(23, 24 試行目について) ...ここまで色々線を引いていて、7本では弾けるけど6本では引けないというのを感じていて、なんとなくあんまり今まで書いていた方法だとできないのかなというのを感じていた。」

「...一番多く(点を通るように線を)引けるのが、斜めに線を引いた4点か、辺の部分の4点引くかが必要なのかなというのを考えていて、どうにかして斜めの線を他の斜めの線にも持っていけないかなというのを考えていたら、ちょっと外側に伸ばすのもありんじゃないかなと考えた。」(被験者B)

被験者 A, B の制約緩和前後の瞳孔径について考察する。被験者 A, B の試行の一部を図8, 9に示す。

被験者 A は、正答の一つ前の思考で、洞察を阻害している制約がたまたま適切な形で逸脱するような線の引き方がされたが[5]、制約逸脱した試行では正答に至

らず、情動的刺激として感じなかったためだと考えられる。

被験者 B は、制約逸脱後に急激に瞳孔が散大している。26 試行目で初めて制約逸脱し、正答に至っていることから「飛躍的解決」が発生し[6]、感情的体験による情緒的刺激を受けたためだと考えられる。



図8 被験者Aの試行(一部)



図9 被験者Bの試行(一部)

被験者 C は、3番目の試行で最初に制約緩和したが、その後も繰り返しインパスに陥り、正解に辿り着くまでに21 試行を要した。19番目の試行を終えた後、1本の線で通らなければならない点の数を計算し、その後解答に辿り着いた。今回、制約緩和を「16点で形成される領域外にはみ出して、架空の点で折り返すように線を引く」ことであると定義した。一方で、領域外の架空の点で折り返すことができるなら、引ける線のパターンは無限大になる可能性がある[8]。被験者 C は、「16点で形成される領域外にはみ出して、領域外の架空の点で折り返すように線を引く」という制約を緩和した後、架空の点を含めた5×5の点で構成される領域で再びインパスに陥ってしまったと考えられる。被験者 C の試行の一部を図10に示す。



図10 被験者Cの試行(一部)

正答できなかった被験者も同様に、まず直感的に線を引き、戦略的に線の引き方を変えて取り組んでいたが、時間が経ち失敗を繰り返すうちに「全然わからなくなった」り、最終的に「思いつき」で線を引いていたと発言していた。インパス状態で問題に取り組み続けることにより覚醒度合いが低下し、瞳孔径がベースライン程度まで縮瞳したと考えられる[9]。

「(25 試行あたりについて、) 思いついたような気がしたものが、何を思いついたのかも分からなくなっちゃって。なんだっけなと思いつきながら書いていました。」
(被験者D)

主観的にインパス状態に陥ったと申告した被験者2名(被験者C, D)に関して、インパス前後の瞳孔径に特徴は見られなかった。インパスの申告がなかった箇所でも、同じ解答を繰り返し書いたり(図11)、問題文を読み返したりしていたことから、客観的にはインパス状態に陥っていたと考えられる。また、インタビューの発言からもインパス状態であったことが推測できる。

「...15 になっても解答が見つからないので、このまま解けないのがちょっと悔しくて、16 からはひたすらヤケクソって感じです。」(被験者A)

「この辺りからもう訳がわからなくなっていて、24とか23とか22くらいからかもしれないですけど、半ばヤケクソ的というか、とりあえず数打ちや当たるかなみたいな気持ちで(線を)引いていました。」(被験者D)

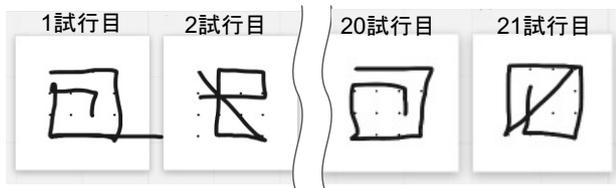


図11 被験者Dの試行(一部)

5. 結言

今回の調査から、洞察問題の一つである16点問題の解決過程において、認知負荷が瞳孔径に反映される様

子が確認できた。また、正答の前後で瞳孔が開いていく様子を確認できた。

制約緩和の前後では瞳孔径の変化は見られなかったが、洞察問題の特徴であるように制約緩和したことを、解決のために必要な情報であるとすぐに認識できなかったからだと考えられる。

また、本実験では被験者自身にインパス状態であることを申告させたが、主観的にはインパス状態であると認識できない場合があった。より詳細に瞳孔径とインパスの関係を分析するためには、インパス状態を客観的に確認する必要がある。

本実験では眼球運動の一つである瞳孔径の変化を調査対象としたが、瞬きの回数や速度、サッケード(眼球の揺れ)についても調査することで、より詳細に「ひらめき」やインパスを計測することが可能になると考えられる。そうすることで、日常状況下での「ひらめき」やインパスを検知することへの一助となる可能性がある。

6. 謝辞

本実験は、東京工業大学人を対象とする研究倫理審査委員会の承認のもと実施した(A20090)。

文献

- [1] Salvi, C., C. Simoncini, J. Grafman, and M. Beeman. (2020). "Oculometric Signature of Switch into Awareness? Pupil Size Predicts Sudden Insight Whereas Microsaccades Predict Problem-Solving via Analysis." *NeuroImage* 217: 116933.
- [2] Suzuki, Yuta, Tetsuto Minami, and Shigeki Nakauchi. (2018). "Association between Pupil Dilation and Implicit Processing Prior to Object Recognition via Insight." *Scientific Reports*, 8, 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25207-z>.
- [3] Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H. and Van de Weijer, J. (2011). "Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures", OUP Oxford
- [4] 加藤象二郎, 大久保堯夫編(2006) "初学者のための生体機能の測り方 第2版" 日本出版サービス, pp.127-128
- [5] 鈴木弘明(2004) "創造的問題解決における多様性と評価 洞察研究からの知見" 人工知能学会論文誌 19 巻 2 号 SP-F pp.145-153
- [6] 三輪和久, 寺井仁(1997) "洞察問題解決の性質 認知心理学から見たチャンス発見" 人工知能学会論文誌 12 巻 1 号 a
- [7] 寺井仁, 三輪和久, 古賀一男(2005) "仮説空間とデータ空間の探索から見た 洞察問題解決過程" *COgnitive Studies*, 12(2), pp.74-88
- [8] Öllinger M, Jones G, Knoblich G. (2014). "The dynamics of search, impasse, and representational change provide a coherent explanation of difficulty in the nine-dot problem". *Psychol Res*. Vol.78, No.2, pp.266-75.
- [9] 和久井秀樹, 平田豊(2014), 眼球・瞳孔運動に現れる覚醒状態とその神経機構, 日本神経回路学会誌 21 巻 1 号 pp. 20-31

一人称視点のターンテイキングダイナミクスが 人／計算機の識別に与える影響

A study on the effect of first-person turn-taking dynamics on human / computer identification

金野 武司[†], 竹田 亮大[‡]

Takeshi Konno, Ryodai Takeda

[†] 金沢工業大学 工学部 電気電子工学科, [‡] 金沢工業大学 工学部 電子情報通信工学科

Kanazawa Institute of Technology, College of Engineering,

[†] Electrical and Electronic Engineering,

[‡] Electronics, Information and Communication Engineering

konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp, b1700499@planet.kanazawa-it.ac.jp

概要

人と機械のインタラクションで実現が困難なことの1つに、ターンテイキングと呼ばれる、対話やジェスチャーにおける主従関係の自然な入れ替わりがある。先行研究では、人どうしのダイナミクスに倣って動作させた計算モデルが、相手の動きに応じて主従関係を切り替えるようになっていなかったにもかかわらず、相手が人間であるのか計算機であるのかが区別できなくなったことが報告されている。我々は、相手とインタラクションする視点が三人称から一人称が変わることで、その計算モデルに違和感を持つようになるのではないかと予想した。しかし、実験の結果、視点の違いはその違和感に気づかせることはなく、それとは別に、計算機が持つ主従関係に合わせやすくする効果があることを示唆する結果を得た。

キーワード：Turn-taking, Nonverbal communication, Human agent interaction

1. はじめに

近年、ソフトバンク社のペッパーやユニロボット社のユニボなど、対話だけでなく、身振り手振りを交えて人とインタラクションするロボットが身近なものになってきている。しかしそういったロボットは、急に動き出したり不意に話し出したりするなど、そのインタラクションに違和感を覚えることが多い。

この違和感の原因はターンテイキングダイナミクスにあると考えられる。人間どうしの場合にそのダイナミクスは、対話における話し手と聞き手の入れ替わりであったり、ジェスチャーのような視覚的なインタラクションでのリーダー／フォロワーの入れ替わりとして自然に表れる。しかし、その入れ替わりのパターンを生成する仕組みは未だよく分かっていない。

入江ら [1, 2] はこの問題に対して、特に視覚的なインタラクションでのターンテイキングダイナミクスに着目し、人どうしと同様のリーダー／フォロワーの切り替えタイミングを再現する計算モデル（入江らはこれをターンテイキングモデルと呼んだ）を構築した。その計算モデルと人間とのインタラクション実験を行った結果、実験の参加者は、その計算モデルを人間と区別することができないことが示された。

しかし、我々はその計算モデルが、人が行う自然なインタラクションを再現しているとは思わない。なぜならその計算モデルはリーダー／フォロワーの入れ替わるタイミングがあらかじめ決められていたからである¹。これを対話に置き換えれば、一方が話しているときに他方が話し出そうとしても、計算モデルはそれを一切無視することに他ならない。つまり、入江らの計算モデルは、相手の動きに応じてリーダー／フォロワーを切り替えるようになっていないのである。この意味で、我々は入江らの計算モデルを真のターンテイキングモデルと区別するため、Turn pre-Schedule Model（以降 TpS モデル）と呼ぶ。

入江らの実験において、人はなぜ計算モデルとの区別がつかなかったのだろうか？ その原因として我々は、視点の違いに着目する。入江らの実験では、モニターに映る自分と相手の球が左右に動き、三人称視点で他者とインタラクションする。この場合、球を自分が操作しているという自己主体感はあるとしても、自分の身体の一部であるという自己所有感は得られないことが知られている [3]。

ここで我々は、視点を一人称にすることで自己所有

¹人どうしのパターンから抽出された確率分布（一般化パレート分布）に従って、リーダー／フォロワーそれぞれの時間を事前に生成する。

感を球の操作者に持たせることができ、それがインタラクションパターンへの感性を上昇させることで、TpSモデルが内包する問題に参加者が気付くようになるのではないかと考えた。そこで本研究では、入江らの実験環境を三人称視点から一人称視点に変更し、TpSモデルが人間と区別されるかどうか検証することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 実験室実験

実験では、二人の参加者が向かい合うように設置されたコンピューター端末の前に座った。互いの姿が見えないよう、両者の間には衝立が設置された。両者のモニターの画面上には中央に相手が操作する球オブジェクトが1つ配置された。参加者は球を手元のテンキーの2つのボタンで前後にのみ移動できた。ただし、一人称視点での操作のため、自身が操作する球を見ることはできなかった。相手が操作する球は緑色で表示され、相手の動作は直ちに反映されるようになっていた。また、球は互いにすり抜けることができないようにした。これは、入江らの実験環境と同様、視覚的動作特徴として「追う/追われる」の関係としてターンテイキングが表出しやすくなることを狙いとして設定した。入江らの実験環境からの変更点として、球が移動していることを明確にするために、球には影をつけ、下部にレールが設置された。また、球の位置を把握するために、レールの中央には赤い線、末端には水平線が引かれた。参加者は、相手のキー操作音が聞こえないように、ノイズキャンセリングヘッドホン(Sony製 WH-1000XM3)を装着した。

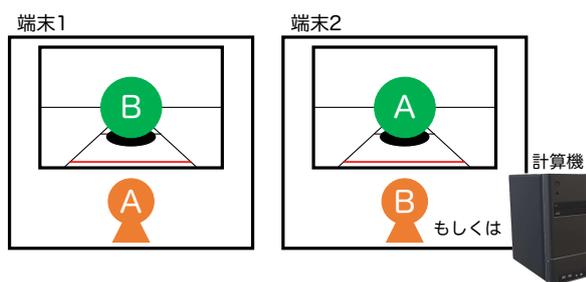


図1 実験環境。実際の画面上の球には、A,Bの文字は描かれない。

2.2 実験手続き

参加者は、コンピューター端末越しに簡単なゲームに取り組むことが説明され、最初に操作に慣れるため

の練習を行なった。参加者は90秒を1セッションとして、計15セッションに取り組んだ。このうち、最初の5セッションは自由に動かすように指示され、人どうしで行われた。これを人どうし課題と呼ぶ。この課題では人どうしの自然な円の移動パターンを観察することを狙いとした。残りの10セッションでは相手が人と計算機で5回ずつランダムに入れ替わった。これを人計算機判別課題と呼ぶ。この課題で参加者は、相手が計算機になる場合には二人ともが計算機を相手とした。また参加者は、1回のセッションが終わるたびに、相手が人であったか、計算機であったかと同時にそのように判断した根拠となる動作特徴を自由記述でアンケート用紙に記述した。1セッションごとの正解についてはフィードバックしなかった。初めの5セッションが終わった後で、参加者には人であるか計算機であるかがランダムに入れ替わることが伝えられた。同時に参加者には、相手が人であるのか計算機であるかを判断すると共に、自分が人であることを相手に伝えようとするように指示された。計算機の入替わりは10セッションのうち5回でランダムに行われたが、その入れ替わりの頻度は参加者には伝えられなかった。

2.3 計算モデル

計算モデルには、入江らの研究[1, 2]で使われたTpSモデルを使用した。TpSモデルは、予め採取した人どうしの軌道データから、先行研究と同様の方法でリーダー期間・フォロワー期間を推定し²、その頻度分布から構成した一般化パレート分布による近似確率分布を用いて確率的にリーダー時間とフォロワー時間を決定した。リーダー期間では、過去の人間が動かした軌道を再現し、フォロワー期間には、相手の動きに1.2秒の遅れを持って追従し続けるようにした³。再現する軌道は、TpSモデル作成のために実施した5ペア10名(男性9名、女性1名、平均21.5歳、 $SD = 0.500$)の人どうし課題の結果から実験ごとに1名の軌道をランダムに選択し、該当するセッション番号および期間のデータを使用した。構成された確率分布は、三人称視点で実施された先行研究とほぼ同様の分布になることを確認した。

²時間窓(3秒)を設けて取り出した2つの軌道を時間的にずらしながら相関係数を算出し、そのずらした方向と相関係数の関係からリーダー・フォロワーを推定した。

³遅れ時間、およびリーダー/フォロワーを推定する際の時間窓は先行研究の設定に揃えた。

2.4 実験設備

モニターは iiyama 製 ProLiteXUB2790HS を用い、画面サイズは 597.9×336.3 [mm] (1920×1080 [pixel]) だった。実験システムは Unity で構築した。球の前後への移動範囲は 480 [pixel]⁴とした。また、サンプリング時間は 30 [ms] とし、1 サンプリング時間あたりの球の移動距離を 6 [pixel] としたため、人が操作する球の移動は 200 [pixel/sec] の等速度運動であった。

2.5 参加者

我々は上述の実験環境と手続きの中で、TpS モデルを用いた実験を実施した。実験には、7 ペア 14 名が参加した。その内訳は男子学生 12 名、女子学生 2 名で年齢は 19 から 22 歳 (平均 21.4 歳, $SD = 0.895$) であった。参加者はいずれも金沢工業大学の学生であり、実験は全て同大学の研究室で行なわれた。

3. 結果

人は一人称視点におけるインタラクション環境において、TpS モデルを判別することができたのだろうか。これを確認するために、人計算機判別課題の 10 セッションで、相手が人であるか計算機であるかを答えたアンケートの正答率を一人称視点と三人称視点で比較した (図 2. 三人称視点での結果は入江ら [1] の実験データを使用した)。

一人称視点において、相手が人だった場合と計算機だった場合の正答率の平均はそれぞれ 0.486 , 0.571 であり、ほぼチャンスレベルであった。また、三人称視点での正答率の結果と統計的に有意な差は見られなかった。この結果は、一人称視点においても、TpS モデルに対して相手が人か計算機かを識別できなかったことを示す。

では、識別できなかった TpS モデルには、軌道のダイナミクスにも違いがなかっただろうか。これを確認するために、先行研究と同様に 2 つの動作軌道の相関係数及びリーダー比均等率による分析を行い、三人称視点における特性と比較した。ここで、相関係数は軌道の同調度を調べるためのものである。また、リーダー比均等率は先述したリーダー/フォロワー期間の推定から、互いがリーダーを行っていた時間の均等度合いを計算したものである。この比率が 1 に近づけば、二人はリーダーを同程度の時間担っていたと推定される。結果を図 3 及び図 4 に示す。

⁴仮想空間内の奥行き方向への移動量であり、二次元平面に射影されたレールの移動量とは異なる。

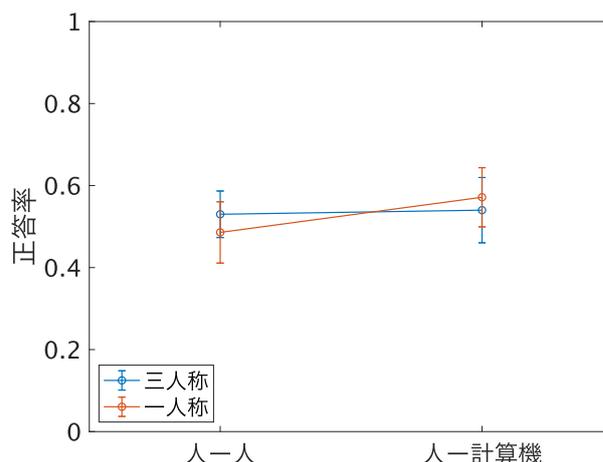


図 2 人計算機判別課題での正答率

それぞれのグラフを確認すると、三人称視点の場合には、相手が人の場合と計算機の場合で、相関係数およびリーダー比均等率に違いがあったが、その違いが一人称視点ではなくなってしまっていることがわかる。この結果は、一人称視点になることで、ダイナミクスの特徴としても人と区別できなくなっていたことがわかる。

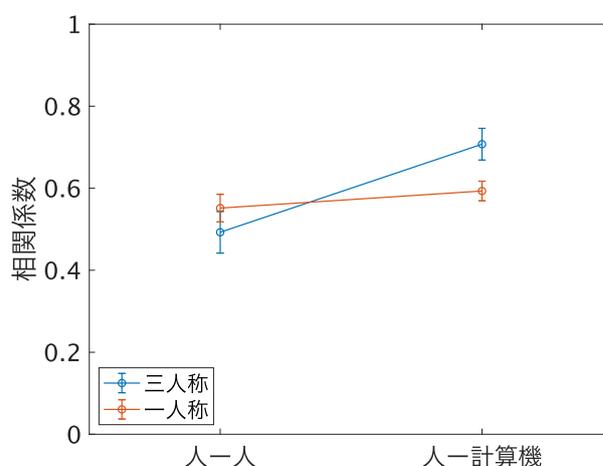


図 3 相関係数による 2 つの軌道の同調度

4. 議論

三人称と一人称の視点の違いに対して、相手が人であるか計算機であるかの正答率についてはどちらもチャンスレベルに留まった。これは、参加者は一人称視点であれば TpS モデルが持つ不備 (リーダー・フォロワーの切り替えが相手の動きに応じて行われない不自然さ) に気づくのではないかとした我々の想定を支持しないことを示す。

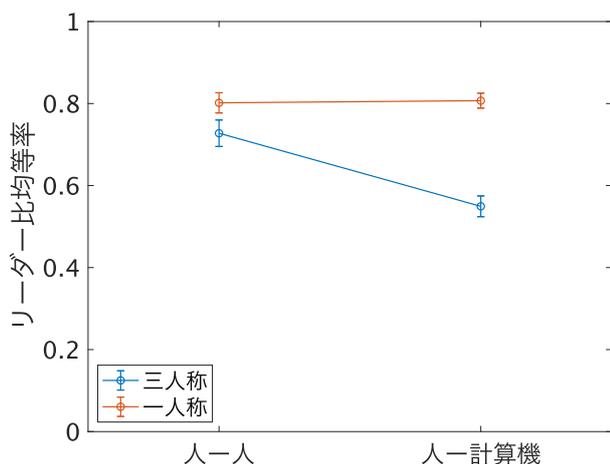


図4 リーダー比均等率

また興味深いのは、相関係数とリーダー比均等率から見る一人称視点のインタラクションのダイナミクスは、三人称視点のときとは異なり、人を相手にした場合のダイナミクスと同じ数値を示し、区別がなくなったことである。TpSモデルが、あらかじめ用意された確率分布に従ってリーダー・フォロワーの時間を生成することを考えれば、一人称視点でも三人称視点でも、計算機の動きの特徴は変わらない。この事実から推定されるのは、一人称視点である方が、人は相手に合わせるが多かったのではないだろうかということである。TpSモデルは、例えば人がフォロワーであるところからリーダーになろうとしても、その動きに応じてフォロワーに変わることがない。このとき一人称視点での参加者は、すぐに相手(TpSモデル)に合わせてフォロワーに戻ったのではないだろうか。リーダーからフォロワーになる場合も同様で、参加者は結果的に計算機の切り替えに合わせる傾向が強くなったのではないかと考えられる。

このように考えると、我々が想定した、視点の切り替えによって得られる自己所有感の向上が、TpSモデルに潜む違和感に気づかせるという考えは成立しそうにない。なぜなら、本研究の結果は、インタラクション場面における自己所有感の向上は、相手が持つ役割への同調圧力の上昇となって現れることを示唆していると考えられるからである。これが違和感として現れるとすれば、それは人か計算機かの違いとしてではなく、相手に対するやりにくさや頑固さといった印象としてなのかもしれない。

適度なリーダーっぽさとしての自律性(相手への従わなさ)と、フォロワーっぽさとしての相手の動作への追従が示されるとき、人間はその動作ダイナミクスだけからは相手が人間であるのか、それとも機械であ

るのかを判別できないのかもしれない。しかし、人間のターンテイキングの自然さは、逐次的なインタラクションの積み上げから立ち現れる上位のルール(本研究での課題ではリーダー/フォロワーという役割)を暗黙的に共有しながら、それを時間と共に明示的なルールなしに変遷させていける点にある[4]。この現象は、明確な目的が設定されない雑談や、子どもたちの遊びの変遷に顕著に現れる。上位に形成されるルールを実験課題として明示的に与えることは簡単であるが、それは実験者が計算機にルールを埋め込むことと何ら変わりがなく、人工知能が抱える問題の解決には寄与しない。本研究では、上位に形成される自律的なルールとその変遷に対して、違和感を明確に感じるような実験課題を構築することが今後の課題である。

5. 結論

我々は、視覚的な二者間インタラクションにおいて、三人称と一人称の視点の違いが、インタラクションに潜む違和感への感度を上げることを予想した。特に我々が注目したのは、ターンテイキングにおいてリーダーとフォロワーを「相手に応じて」切り替える仕組みの不在がもたらす違和感に気づくかどうかであった。

しかし、我々が実施した実験において、参加者はその違和感に気づくことはなかった。また、三人称視点と比べて、一人称視点でのダイナミクスは、同調度やリーダー/フォロワーの時間頻度において、より人間を相手にした場合のダイナミクスと区別がつかないものになった。この結果から我々は、インタラクションにおける一人称視点は、相手の動きに対する違和感への気づきを与えるのではなく、相手の役割に合わせる傾向を強める働きがあるのではないかと考える。

文献

- [1] 入江諒, 金野武司 『円図形を介した視覚的同調動作における主従関係の相関関数による分析』, 日本認知科学会第35回大会発表論文集, pp.354-360, 2018.
- [2] R. Irie and T. Konno. Effects of turn-taking dynamics without contingency: A visual interaction experiment. In Proceedings of the 7th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2019), pp.239-240, 2019.
- [3] 瀧見 彰太, 坂本 大介, 小野 哲雄 『身体像の投射を用いた「自己所有感」と「自己主体感」のゆらぎ』, 2017年度日本認知科学会第34回大会, OS03-2, pp.139-147, 2017.
- [4] 飯塚博幸, 安藤英由樹, 前田太郎. 身体的相互作用におけるコミュニケーションとターンテイキングの創発. 電子情報通信学会論文誌 A, 95(1), pp.165-174, 2012.

知的なアバターへのフルボディ錯覚が エグゼクティブ機能に与える影響

The effect of the full-body illusion of an intelligent avatar on executive function

小池 勇輝[†], 嶋田 総太郎[‡]
Yuki Koike, Sotaro Shimada

[†] 明治大学大学院, [‡] 明治大学
Meiji Graduate University, Meiji University
ce211024@meiji.ac.jp,

概要

自己身体認識は自己の身体以外に対しても起こることが報告されており、一例として仮想現実上 (VR) のアバターに対して自己身体認識が働くフルボディ錯覚 (FBI) がある。本実験では被験者は VR 上で医者のアバターへ FBI した場合と遅延により FBI が阻害された場合の2条件で作業を行った。その際のエグゼクティブ機能と性格への影響を調査した。その結果、FBI が生起するとその対象の象徴的な意味が引き起こされ、被験者自身の性格や認知機能に変化する可能性が示された。

1. 背景

自己の身体を自分のものだと感じられるこのごくあたりまえの認識のことを自己身体認識と呼ぶ。自己身体認識の基礎となる自己感として、運動主体感と身体所有感の2つがあると考えられている[1]。自己身体認識は、自己の身体以外に対しても起こることが報告されており、その一例がフルボディ錯覚 (Full Body Illusion: FBI) である。例えば、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) などに提示された仮想現実 (VR) アバターが自分と同期して動くことによって自分の身体だと感じられることがあげられる[2]。先行研究において被験者にアインシュタイン (知的人物の代表例) のアバターへ FBI を生起させたとき、エグゼクティブ機能の指標の一つであるロンドン塔タスク[3]の成績が上昇し、さらに老人への潜在的差別意識が低減することが報告されている[4]。さらに、類似研究として医者白衣だと説明された白衣を着る群と着ない群とでエグゼクティブ機能の指標の一つである Stroop 課題の結果を比較したところ、白衣を着用した参加者は、着用していない参加者と比べエラーが約半分だったという結果が得られ、衣服を身にまとうことでその衣服の象徴的な意味が自分自身に引き起こされることが報告されている [5]。これらの先行研究から VR 上でアバターに FBI を生起し

た場合、そのアバターの象徴的な意味を引き起こし、性格や認知機能に変化することが予想される。一方でフルボディ錯覚を阻害した場合の変化を調査したものはない。そこで本研究では、VR 上で医者のアバターに FBI を生起させた場合、また FBI を阻害するために VR アバターの動作に遅延を入れた場合、被験者のエグゼクティブ機能や性格にどのような影響が与えられるのかについて検討した。

2. 実験

2. 1 被験者

24名の健康な男女が実験に参加した。(平均 21.28 ± 1.25 歳, 平均 ± 標準偏差)。被験者には、実験前に実験に関する概要および安全性の説明を行い、研究参加同意書に署名してもらうことで参加意思を確認した。

2. 2 実験機器

被験者は HMD (HTC VIVE, HTC, 台湾) と、被験者の動きを計測する、モーションキャプチャーデバイス (HTC VIVE Tracker, HTC) を両手、腰、両足の計 5 か所に装着した。被験者に提示する仮想空間はゲームエンジン (Unity) で作成した。さらに jsPsych[6] ライブラリを使用し、オンライン上で実行できるロンドン塔タスクを作成した。作成するにあたり Pöllänen[7]を参考にした。

2. 3 実験手順

本実験は、セッション 1 とその 1 週間後に行うセッション 2 からなる。セッション 1 で被験者は PC にてオンライン上の実験ページにアクセスし、ロンドン塔タスク (図 1) とアンケート (TIPI-J[8]) を受けた。

セッション2では、医師のイメージを想起させる目的で、被験者はPCを用いて5分間「医者、または医者の衣服から連想されることについてできるだけ多く答えてください」という設問について入力した。次にヘッドマウントVRデバイス(HMD)とモーションキャプチャーデバイスを装着し、まず一般人のアバターで鏡のみが置いてある部屋のVR映像を見ながら、被験者自身とアバターとの違和感がなくなるように調整を行った。調整後、VR環境に慣れてもらうという名目で、被験者は白衣と聴診器をつけた医者アバターで、診察室のVR映像を見ながら、映像上の診察室内にある物(例：医療用ベッド)について三分間答えた。これにより最終的な調整と、VRの映像内の自分が医者アバターであることが認識できているか確認した。その後VR上で作業を3分間行った。作業内容は、「3秒に一個出現する球を医者アバターの手で触って消していく」

(図2)というもので、被験者の動きに対するアバターの動きを同期させる群と遅延500msが挿入される群の2群にそれぞれ12人ずつ割り当てて行った。内在遅延は約100msであった。作業後、被験者はHMDとモーションキャプチャーデバイスを外し、パソコンにてロンドン塔タスクとアンケート(自己身体認識、TIPI-J)を回答した。

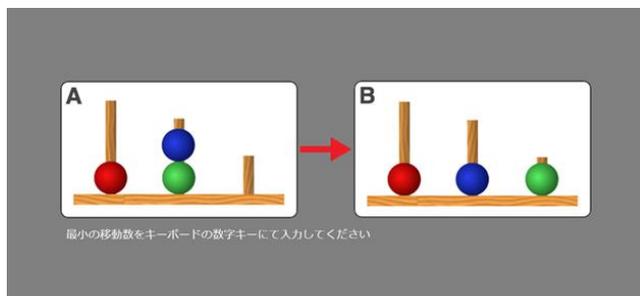


図1 ロンドン塔タスクの様子

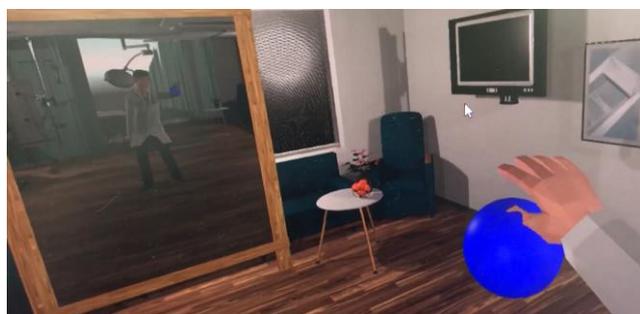


図2 実験の様子

2.3 自己身体認識を測るアンケート

セッション2のVR作業後、自己身体認識に関するアンケートを行った。このアンケートはKalckertら

[9]が用いた自己身体認識のアンケートを参考に本実験の内容に合うように改良、日本語訳を行い回答させた。このアンケートは、「とてもそう思う(+3)」から「まったくそう思わない(-3)」までの7段階リッカート尺度を用いた。アンケート項目は1~2が身体所有感、3~4が身体所有感ダメー、5~6が運動主体感、7~8が運動主体感ダメーであり、表1にアンケート項目を示す。

表1 アンケート項目

| | | |
|----------|---|---------------------------------|
| 身体所有感 | 1 | 自分の身体を見ているかのように感じた |
| | 2 | アバターの身体が自分の身体であるかのように感じた |
| 身体所有感ダメー | 3 | 自分の身体がアバターに変わったかのように感じた |
| | 4 | 二つ以上の身体を持っているかのように感じた |
| 運動主体感 | 5 | アバターの身体は、私の意思に従うように、思った通りに動いた |
| | 6 | アバターの身体の動きを私がコントロールしているかのように感じた |
| 運動主体感ダメー | 7 | アバターの身体が私の意志をコントロールしているかのように感じた |
| | 8 | アバターの身体が私の動きをコントロールしているかのように感じた |

2.4 ロンドン塔タスク

セッション1、2にて12題ずつ行ったロンドン塔タスクについて説明する。

図1のような画像が提示され、提示された目標状態にするために必要な最低の移動数をキーボード入力にて答えてもらった。左の棒は球が3つ入り、真ん中は2つ、右は1つ入る。ボールは上のものを外さないと下のボールを取り出すことはできないという制限がある。このタスクをセッション1と2では別の問題を用意し、被験者間でカウンターバランスをとった。答えの移動数が1から6の問題が2題ずつ、計12題がランダム順に出題された。配点は一問につき3点で、不正解した回数×1点減点され、合計点がスコアとなる。

3. 結果

3.1 自己身体認識

自己身体認識に関するアンケート項目のうち身体所有感に関する項目の平均スコアを図3に、運動主体感に関する項目の平均スコアを図4に示す。エラーバーは標準誤差を表している。

身体所有感のスコアについて0とのt検定を行ったところ、同期条件において有意なスコアが見られた($t(11) = 3.39, p < 0.001$; 図3)。条件間で二標本のt検定を行ったところ、有意差はみられなかった($t(22) = 0.957, p > 0.1$; 図3)。

運動主体感のスコアについて0とのt検定を行ったところ、同期条件において有意なスコアが見られた($t(11) = 12.20, p < 0.001$; 図4)。条件間で二標本のt検定を行ったところ、有意差が見られた($t(22) = 2.93, p < 0.01$; 図4)。

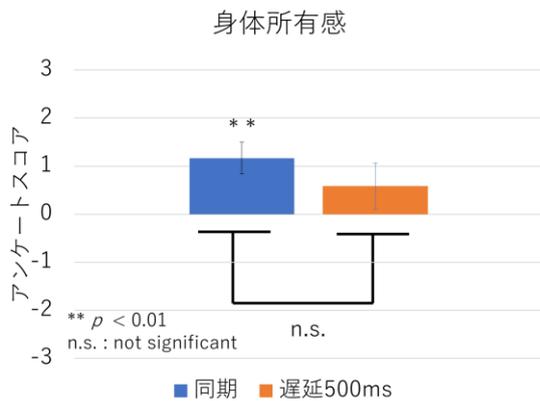


図3 身体所有感のアンケートスコアの平均値

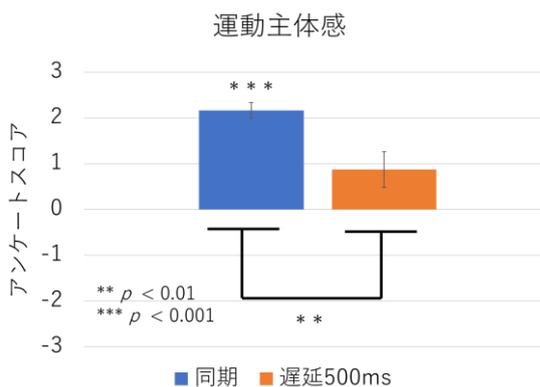


図4 運動主体感のアンケートスコアの平均値

3.2 性格特性の変化

図5にTIPI-J(性格検査)に関するアンケート項目の実験前後の差の平均スコアを示す。エラーバーは標準誤差を表している。

0とのt検定を行ったところ、協調性の項目で同期条件において有意に高い傾向のスコアが見られた($t(11) = 1.99, p < 0.1$; 図5)。さらに開放性の項目では同期条件において有意に高いスコアが見られた($t(11) = 2.83, p < 0.05$; 図5)。そして条件間で二標本のt検定を行ったところ、協調性の項目において有意に差がみられた($t(22) = 2.22, p < 0.05$; 図5)。さらに開放性の項目においても有意に差がみられた($t(22) = 2.86, p < 0.01$; 図5)。

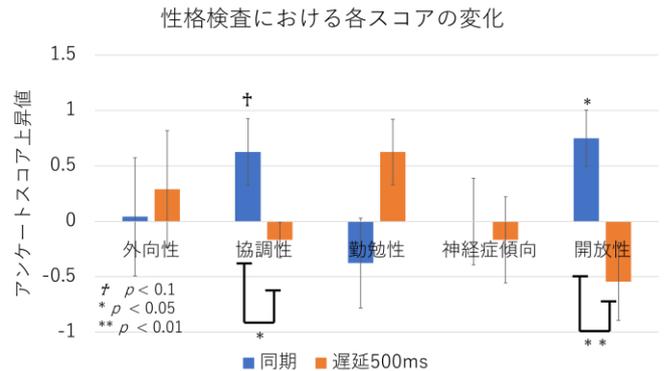


図5 性格検査のスコア上昇値の平均値

3.3 ロンドン塔タスク

図6にロンドン塔タスクのスコア上昇度の平均値、図7にロンドン塔タスクの各問題の一回目の回答への反応時間の変化の平均値を示す。エラーバーは標準誤差を表している。

スコア上昇値の平均スコアについて0とのt検定を行ったところ、同期条件において有意な傾向のスコアの上昇が見られた($t(11) = 1.91, p < 0.1$; 図6)。条件間で二標本のt検定を行ったところ、有意差はみられなかった($t(22) = 0.210, p > 0.1$; 図6)。

反応時間の変化の平均スコアについて0とのt検定を行ったところ、同期条件において有意なスコアの上昇が見られた($t(11) = 4.10, p < 0.05$; 図7)。条件間で二標本のt検定を行ったところ、有意差はみられなかった($t(22) = 1.19, p > 0.1$; 図7)。

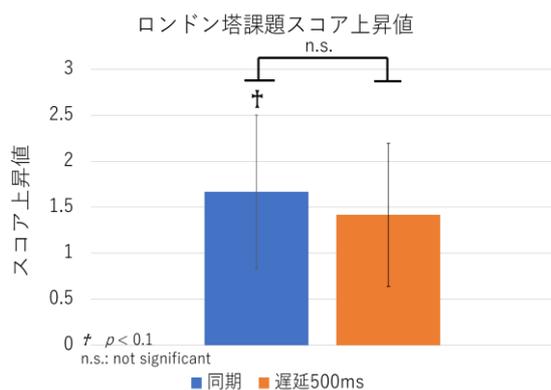


図6 ロンドン塔タスクのスコア上昇値の平均値

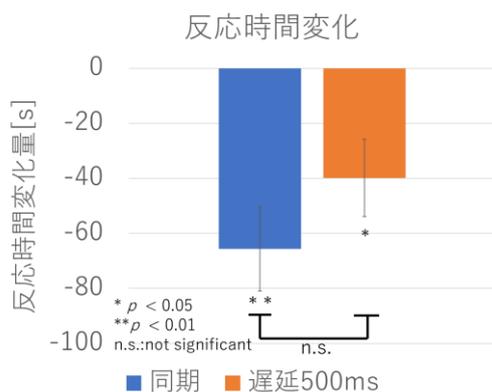


図7 ロンドン塔タスクの反応時間の平均値

4. 考察

本研究では被験者はVR上で医者のアバターへフルボディ錯覚した場合と遅延によりフルボディ錯覚を阻害された場合の2条件で作業を行った。その際のエグゼクティブ機能、また性格への影響を調査した。

自己身体認識のアンケート結果から、遅延500msが挿入された条件群は自己身体認識のアンケートスコアが低く、同期条件と比べフルボディ錯覚が阻害されていることが確認された。これにより今まで調査されていなかったフルボディ錯覚を阻害した群との比較が可能となった。次にロンドン塔タスクの結果より、医者アバターでのVR作業後、同期条件のみエグゼクティブ機能が上昇している可能性が示唆された。これは先行研究[4]の結果と整合性がある。さらに先行研究[4]では調査されていない、フルボディ錯覚を阻害した条件ではエグゼクティブ機能の上昇は抑制されていることが新たに示唆された。次に性格検査の結果より医者アバターでのVR作業後、同期条件のみ開放性と協調性の項目において性格特性の変化が起きていることが

確認できる。これにより先行研究[5]のように医者のアバターを身にまとうことにより、被験者は医者の特徴的な意味が引き起こされ、知性と関連のある開放性や優しさや信頼に関連のある協調性が上昇した可能性がある。しかし、これらの変化は医者のアバターによって引き起こされたものかフルボディ錯覚によって引き起こされたものか不明確なため、今後一般人のアバターで同様の実験を行い精査する必要がある。

文献

- [1] Gallagher I., (2000) "Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science." *Trends in cognitive sciences*, 4(1), 14-21.
- [2] Petkova, V. I., Khoshnevis, M., & Ehrsson, H. H. (2011) "The perspective matters! Multisensory integration in ego-centric reference frames determines full-body ownership." *Frontiers in psychology*, 2, 35.
- [3] Phillips, L. H., Wynn, V. E., McPherson, S., & Gilhooly, K. J., (2001). "Mental planning and the Tower of London", task. *The Quarterly journal of experimental psychology. A, Human experimental psychology*, 54(2), 579-597.
- [4] Banakou, D., Kishore, S., & Slater, M., (2018). "Virtually Being Einstein Results in an Improvement in Cognitive Task Performance and a Decrease in Age Bias.", *Frontiers in psychology*, 9, 917.
- [5] Hajo Adam, Adam D. Galinsky, (2012). "Encloded cognition", *Journal of Experimental Social Psychology, Volume 48, Issue 4, Pages 918-925*,
- [6] de Leeuw J. R., (2015). "jsPsych: a JavaScript library for creating behavioral experiments in a Web browser.", *Behavior research methods*, 47(1), 1-12.
- [7] Pöllänen, T., (2014). "Test battery of JavaScript-based cognitive tasks." Github repository. Retrieved from <https://github.com/tuuleh/masters-battery>.
- [8] 小塩真司, (2012) "日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J) 作成の試み", *パーソナリティ研究* 21, 40-52.
- [9] Kalckert, A., & Ehrsson, H. H., (2012) "Moving a Rubber Hand that Feels Like Your Own: A Dissociation of Ownership and Agency.", *Frontiers in human neuroscience*, 6, 40.

カメラ機能の有無による初対面同士の オンラインコミュニケーションへの影響

Effects of face image for first encounter dialogue on online communication

長尾 由伸[†], 山崎 治[‡]

Yoshinobu Nagao, Osamu Yamazaki

[†]千葉工業大学大学院, [‡]千葉工業大学

Graduate school of Chiba Institute of Technology, Chiba Institute of Technology

s1732112JG@s.chibakoudai.jp

概要

Web 会議システムが普及する一方で Web 会議システムを利用した会話においてオンライン疲れ (Zoom 疲れ) ともいわれるような心理的抵抗感が生じることがある。そこで、本研究では「初対面同士」の参加者グループによるオンラインコミュニケーションを想定し、「カメラ (顔映像) のオン/オフ」による対話・会話の質的变化と心理的抵抗感の違いを検討した。

キーワード: オンラインコミュニケーション, 初対面, カメラ機能

1. はじめに

日本は 2020 年現在, 新型コロナウイルス対策として外出自粛が推奨されている。社会人は在宅勤務, 大学生を初めとする学生もオンラインで講義を受ける機会が増えてきている。東京都 [1]は, テレワーク導入率に関して都内企業 1 万社に対するアンケートを実施した。調査の結果, 2019 年 12 月の段階では平均 15.7%の社員がテレワーク実施していたが, 2020 年 4 月には, その約 2.5 倍の平均 49.1%と, テレワークを実施する社員が大幅に増加していることが分かった。

また, 外出自粛に伴い 2020 年度の就職活動では, オンラインを活用した選考が積極的に活用された。選考では, 企業側と就活生による面接, さらに就活生同士によるグループディスカッションやグループワークなど, 初対面でのオンラインコミュニケーションが行われる。2020 年 5 月において, グループディスカッションの Web での実施率は 10.9%, グループワークは 3.3%であった [2]。このように, Web 会議システムを用いたコミュニケーションやディスカッションの機会が急増し, 日常的に行われるようになった。また, 初対面同士のオンラインコミュニケーションもまだ数自体は少ないものの行われ始めていることがわかった。

オンラインコミュニケーションで利用されるツールとしては Zoom や Google Meet, Webex Meetings などの

Web 会議システムが挙げられる。オンラインコミュニケーションの観点からの Web 会議システムの特徴として, 参加者の「音声」「映像」による「リアルタイム」のコミュニケーションであることが挙げられる。これらの特徴から, Web 会議システムによるオンラインコミュニケーションは, 対面形式のコミュニケーションと比較的近いと考えられる。石川[3]は円滑なオンラインコミュニケーションを実現するためには対人関係に関わる様々なスキルの影響について考慮する必要があると主張した。特に, 社会的スキルが高い場合, オンラインコミュニケーションスキルも高くなる傾向がみられることを明らかにした [4]。

その一方で, Web 会議システムを利用した会話において, オンライン疲れ (Zoom 疲れ) ともいわれるような心理的抵抗感が生じることがある。心理的抵抗感に影響を与えるものの 1 つとして「映像メディア」の使い方が挙げられる。大石ら[5]は, 初対面の人と会話する時, 通常のテレビ電話と白黒線画の TV 電話ではどちらがどの程度, 相手の顔を見ることに恥ずかしさを感じるかという調査を行った。その結果, TV 電話では映像が鮮明すぎるためありのまま見られているという心理状態から緊張感や恥ずかしさが生まれ, 相手の顔や目が見つらいということが考えられると示した。このことは, 参加者同士の関係性 (例えば, 初対面など) や, 映像メディアの形式 (例えば, カメラ映像の有無など) が影響していることを意味している。本研究ではこれらの条件と対話における心理的抵抗感の関係性について明らかにする。

2. 目的

「初対面同士」の参加者グループによるオンラインコミュニケーションを想定し, 「カメラ (顔映像) のオ

ン/オフ」の違いを検討する。そこで、対話分析にも用いられる課題の一つである「地図課題」を利用し、オンラインミーティングによる協調問題解決の実験を行う。課題実施中の「カメラ（顔映像）のオン/オフ」による結果の差異と対話・会話の質的变化、心理的抵抗感の違いを検討する。

3. 実験

3.1. 方法

実験参加者

実験参加者として大学生9名が参加した。また、実験協力者として実験参加者と初対面である情報系学科の大学生1名が全参加者に対する共通の対話相手として実験に参加した。

実験計画

1 要因3水準参加者間計画で実施する。カメラ機能（顔映像）の有無を要因として、両者ともカメラがオン（お互いに顔が見られる）の「オン/オン条件」、両者ともカメラがオフ（お互いに顔が見られない）の「オフ/オフ条件」、両者のうち実験参加者のみ、カメラがオン（協力者は参加者の顔を見られるが、逆に参加者は協力者の顔が見られない）の「オン/オフ条件」の3水準を設ける。各水準への割り当ては「オン/オン条件：3名」、「オン/オフ条件：3名」、「オフ/オフ条件：3名」とした。

実験環境

協力者及び参加者はヘッドフォンを装着し、Webex Teamsを用いてビデオ通話を行った。ノートPC上では、対話用のWebex Teamsと課題実施のためWindowsペイントツールの2つのアプリケーションを同時に用いることとした。ノートPC画面において左7割にWebex Teams、右3割にWindowsのペイントツールが表示されるよう、各アプリのウィンドウの大きさを設定した。また、主観評価（アンケート）はPC上でGoogle Formを用いて回答を行ってもらった。

材料

本実験においてグループワークの課題として用いる地図課題を作成した。地図課題とは目標物と経路の描かれた地図を持つ話者（情報提供者）が目標物のみ描かれた地図を持つ話者（情報追従者）に対してルートを教えるという課題である[6]。この課題は両者の地図が異なっているため、地図に関する情報を交換する必

要がある。よって、話者の交代が適度に生じ、会話が活発化する。また、課題の難易度が高いため記録状況にありながらも会話が自発的なものになりやすいといった特徴がある。図1に作成した地図課題の例を示す。

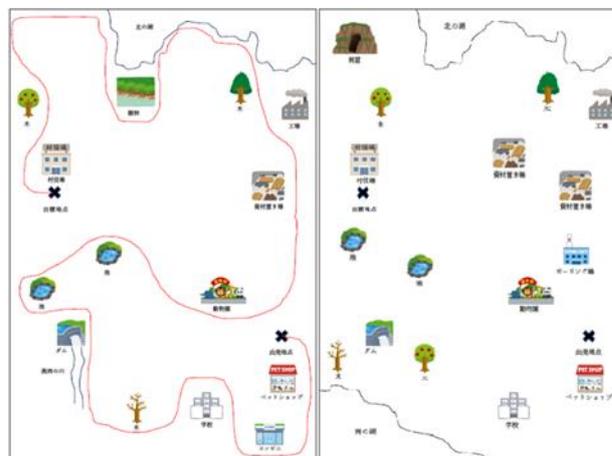


図1 作成した地図課題の例
(左：情報提供者側の図／右：情報追従者側の図)

主観評価（アンケート）は「シャイネスの測定」「オンラインコミュニケーションの経験」「グループワークに対する主観評価」「対話における心理的抵抗感」によって構成されている。なお、「シャイネスの測定」は桜井・桜井[7]が作成したJones and Russellのシャイネス尺度の日本語版を用いて行う。

手続き

実験は、実験説明、実験環境準備、課題実践1、フィードバック、主観評価（アンケート1）、課題実践2（フィードバックの結果に応じて変化）、主観評価（アンケート2）の手順で行った。

実験説明及び準備では実験の流れや日本語地図課題の説明と注意事項について説明を行った。注意事項としては、第一に、両者の地図に含まれる目標物についてそれぞれ異なっていることを教示した。第二に、課題に取り組む際、最初お互いの地図に表示されている目標物をすべて読み上げて確認するなど、はじめから完全に情報共有する（両者の地図を一致させる）ことを禁ずる旨を伝えた。また、時間制限に関しては予備実験の結果から25分に設定した。さらに、カメラ機能の条件もここで設定した。

実験環境準備では参加者及び協力者のPC上の画面設定やWebex Teamsの接続を行った。

課題実践1では協力者の方に情報提供者役、参加者の方に情報追従者役を依頼した。協力者の方には

Webex Teams を繋ぎながらペイントツール上に表示させた地図を説明してもらい、参加者の方には Webex Teams を繋ぎながらペイントツール上に表示させた地図に経路を描きこんでもらった。地図を描き終えたタイミングで声をかけてもらいフィードバックを行った。

主観評価（アンケート1）ではPC上でGoogle Formを用いて回答を行ってもらった。

課題実践2はフィードバックの結果が不正解の場合に発生して地図が完成したタイミングで課題を提出してもらい、正解なら終了した。不正解なら再度課題実践に戻ってもらい、正解するか時間制限が来るまで課題に取り組んでもらった。

主観評価（アンケート2）ではPC上でGoogle Formを用いて回答を行ってもらった。

3.2. 仮説

参加者にとって「自分の顔画像が見られること」および「相手の顔画像がみられないこと」が対話における心理的抵抗感を高める要因になると考えられる。そのため、「オン/オフ条件」「オン/オン条件」「オフ/オフ条件」の順に心理的抵抗感が高まり、それとともに課題の遂行が難しくなると考えられる。

3.3. 結果

まず、表1に23の設問に対する5段階評価の結果に基づき求めた各参加者のシャイネス得点を表1に示す。

表1 各参加者のシャイネス得点

| 条件 | 参加者 | シャイネス得点 |
|---------|-------|---------|
| オン/オン条件 | 参加者 A | 101 |
| | 参加者 B | 83 |
| | 参加者 C | 53 |
| オフ/オフ条件 | 参加者 D | 65 |
| | 参加者 E | 41 |
| | 参加者 F | 56 |
| オン/オフ条件 | 参加者 G | 50 |
| | 参加者 H | 51 |
| | 参加者 I | 56 |

桜井・桜井[7]の調査結果では、シャイネスの平均得点は57.19であったが、参加者A以外のシャイネス得点は桜井らの結果に近かった。参加者Aは、シャイネ

ス得点が高く、課題の結果及び主観的評価に影響を与える可能性を考慮し、参加者Aの回答結果を除外し、分析を行った。

次に、各水準のグループワーク課題の達成度を示す。オン/オン条件に割り当てられた参加者のうち、参加者Bは14分31秒、参加者Cは17分14秒で正しい経路を導き出した（図2）。

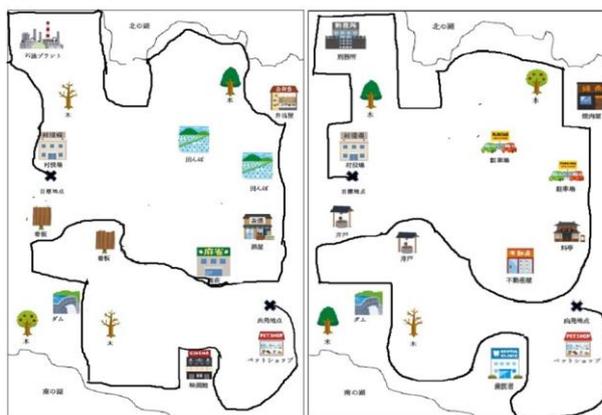


図2 オン/オン条件の結果
(左：参加者 B / 右：参加者 C)

オン/オフ条件に割り当てられた3名の参加者のうち、1名（参加者D）のみフィードバックの手続きが発生した。参加者Dは開始11分11秒で一度フィードバックを行い、その後、2分16秒（開始13分27秒）で正しい経路を導き出した（図3）。残りの参加者Eが20分2秒、参加者Fが9分19秒で正しい経路を導き出した（図4）。

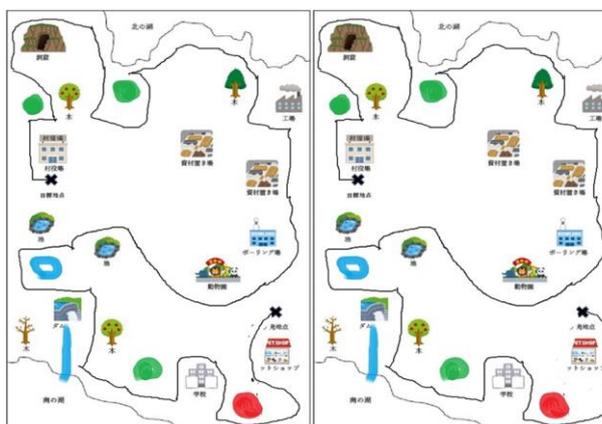


図3 参加者Dの結果
(左：フィードバック時 / 右：正解時)

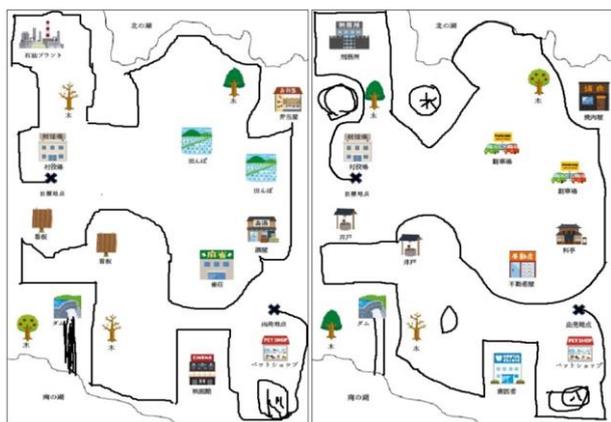


図4 オン/オフ条件の結果
(左：参加者E / 右：参加者F)

オフ/オフ条件では参加者G, 参加者H, 参加者Iのうち, 参加者Gが12分56秒, 参加者Hが12分48秒, 参加者Iが15分2秒で正解の経路を導き出した(図5).

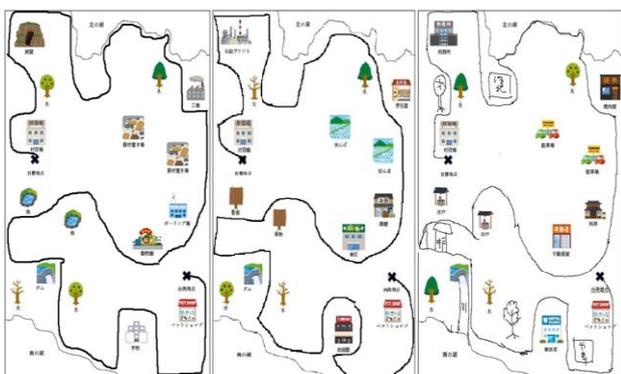


図5 オフ/オフ条件の結果
(左：参加者G / 中央：参加者H / 右：参加者I)

各条件の平均解答時間を表2に示す. 各条件の平均解答時間について1要因分散分析を行ったところ有意差は確認できなかった.

表2 各条件の平均解答時間

| | オン/オン条件 | オフ/オフ条件 | オン/オフ条件 |
|--------|---------|---------|---------|
| 平均解答時間 | 15分53秒 | 13分43秒 | 13分35秒 |
| 標準偏差 | 1分22秒 | 4分23秒 | 1分1秒 |

最後に, 対話における心理的抵抗感の各設問について各条件の平均値を図6に示す.

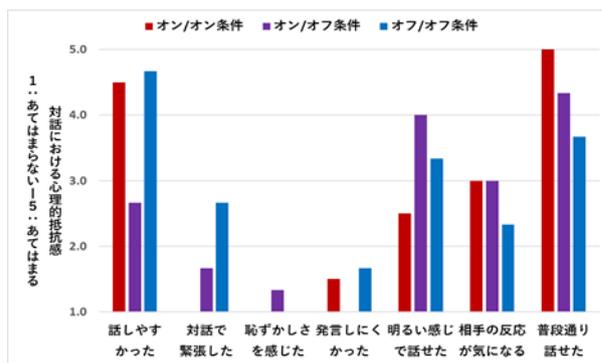


図6 対話における心理的抵抗感に関する主観評価

対話における心理的抵抗感のそれぞれの項目において1要因分散分析を行った結果, 「与えられた対話状況は話しやすかった」という項目で有意差を確認することができた ($F(2,5)=9.60, p<.05$). また, HSD法による多重比較を行った結果, オン/オン条件とオフ/オフ条件と比較してオン/オフ条件の心理的抵抗感が高いことが明らかとなった ($MSe=0.37, p<.05$). また, 「普段通りの感じで話せた」という項目においても有意差を確認することができた ($F(2,5)=4.06, p<.10$).

4. まとめ

本研究では「初対面同士」の参加者グループによるオンラインコミュニケーションを想定し, 「カメラ(顔映像)のオン/オフ」による対話・会話の質的变化と心理的抵抗感の違いを検討することを目的とした. そこでカメラ(顔映像)映像の条件として, 「オン/オン条件」, 「オフ/オフ条件」, 「オン/オフ条件」を設定し, カメラ映像の条件が「オン/オフ条件」, 「オン/オン条件」, 「オフ/オフ条件」の順に心理的抵抗感が高まり, 課題の遂行が難しくなると予想した. その結果, 相手の顔は見えないが, 自分の顔は相手に見える(オン/オフ条件)という状況で, オンライン対話に対する心理的抵抗感が高くなることが明らかとなった. 考えられる理由としては一方的に顔映像が見られている状況によって心理的負荷が発生したことが挙げられる. 初対面同士のオンラインでの対話において相手に顔を見せるということは匿名性の一部を捨てることであり, 心理的負荷が発生する原因の一つであると考えられる. また, 相手の顔が見えるということは自分の行動に対して相手がどのような反応を示しているかという情報が得られる安心感に繋がると考えられる. オン/オフ条件では相手に顔を見せることによる心理的負荷と相手

の顔が見えないことによって反応が伺えない不安感が今回の結果に関係していると考えられる。他方、課題遂行の結果として解答時間や主観的評価では条件間に差が見られなかった。今後、対話内容の分析を進めていくことにより、カメラ機能のオン/オフによりコミュニケーションに質的な変化が現れるかを確認する。将来的には、Web 会議システムを用いたオンラインコミュニケーションに対して心理的抵抗感を軽減し、円滑に対話や会話をを行うための支援方法の開発が期待される。

付記

本論分の一部は、2020 年度教育情報システム学会学生研究発表会（2021 年 3 月 8 日 オンライン）にて報告いたしました。

文献

- [1] 東京都, (2020) ”テレワーク導入率緊急調査”, <https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2020/05/12/10.html> (参照 2020.6.27)
- [2] マイナビ, (2020) ”2021 年卒 学生就職モニター調査 5 月の活動状況”, <https://saponet.mynavi.jp/release/student/monitor/2021may/> (参照 2020.6.27)
- [3] 石川真, (2020) ”円滑なオンラインコミュニケーションを実現するためのスキルに関する研究”, 上越教育大学研究紀要, 39(2), 247-256.
- [4] 石川真, (2018) “オンライン上の情報発信に着目したコミュニケーションスキルに関する研究”, 上越教育大学研究紀要, 37(2), 323-332.
- [5] 大石貴也, 徳永幸生, 米村俊一, 大谷淳, (2005) “顔のエッジ表現を用いたコミュニケーションシステムの会話特性”, 第 67 回全国大会講演論文集, 2005(1), 119-120
- [6] 堀内靖雄, 中野有紀子, 小磯花絵, 石崎雅人, 鈴木浩之, 岡田美智男, 市川熹, (1999) “日本語地図課題対話コーパスの設計と特徴”, 人工知能学会誌, 14(2), 261-272
- [7] 桜井茂男, 桜井登世子, (1991) “大学生用シャイネス (shyness) 尺度の日本語版の作成と妥当性の検討”, 奈良教育大学紀要, 人文・社会科学, 40(1), 235-243

専門性の有無が日本舞踊の評価構造に与える影響

The Effect of Expertise on the Evaluation of the Japanese Dance

田中 祐貴 伊丸岡 俊秀
Yuki Tanaka Toshihide Imaruoka

金沢工業大学大学院
Kanazawa Institute of Technology Graduate School
c6101798@planet.kanazawa-it.ac.jp imaru@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

日本舞踊の評価において専門性がどのように反映されるのかを明らかにするため感性評価実験を行い、評価構造の違いを検討した。実験参加者ごとの回答から探索的因子分析を行い、抽出された因子の違いを確認した。

家元にのみ拡散性という因子が抽出された。また専門家と非専門家間で空間を連想させる項目において、一緒に因子に含まれる項目に違いがあったことから専門性の有無によって、評価構造の違いはあると考えられる。

キーワード：日本舞踊、評価構造、専門性

1. はじめに

1-1. 背景

舞踊や舞踏には、日本舞踊やバレエなどの芸術と分類されるものと、フィギュアスケートや空手などのスポーツと分類されるものがある。芸術とスポーツは評価において大きな違いがある。芸術においては、コンクールのような場面で評価が行われているが、競うことが本質にない舞踊や舞踏も多く、その場合には評価基準が明確にされず、また評価が定量化されることも少ない。評価者による評価は、ある意味主観的なものと言える。一方で、スポーツにおける評価は、明確な基準に基づいており、その結果も定量化されている場合が多い。スポーツにおける評価の構造は階層的で、総合的な評価はその下にいくつかの下位構造(以降、評価軸と呼ぶ)を持つ。総合的な評価を理解するためには、どのような評価軸がいくつあるのか、さらには、それらの軸が総合的な評価にどの程度寄与しているのかが重要である。例えば、空手の形の評価においては、技術点(正しい形ができていないのか)と競技点(力動性やスピードなど、効果的に技が出せているのか)の2つの評価軸がある。総合的な評価は、技術点の合計を70%、競技点の合計を30%にした数値の合計として算出する。また、社交ダンスの評価は、ポイチャー(正しい姿勢で踊れているのか)、ムーブメント(移動量、滑らかに動いているのか)、ミュージック(リズム取り、曲に対して正確に動きを合わせているのか)の3つの評価軸がある。これらの評価軸が総合的な評価に寄与する程度は、演技を行う曲や試合のレベルによって、変化し、重視されている評価軸において高い評価を得ることで、総合的な評価をより高いものにすることができる。このようにスポーツによって評価構造や評価軸において違いはあるものの、評価軸と総合的な評価においてそれらの評価軸がどの程度寄与しているのかを明らかにすることで、評価を理解することができる。指導場面において、評価の内容が明確になっているスポーツの舞踊や舞踏は評価につながる

重要な評価軸や苦手としている評価軸に絞って、効率的な指導も可能となる。一方で、評価の内容が明確になっていない芸術の舞踊や舞踏はそのような効率的な指導を行うことは難しいと考えられる。

1-2. 関連する先行研究

舞踊に関連する先行研究として、評価基準が明確ではないカチャーシーという舞踊を対象に、SD法による感性評価実験を行い、主成分分析によって抽出された因子を評価軸とし、カチャーシーの評価は3つの軸(優美性、明朗性、力動性)によって行われていることを明らかにした[1]。

身体表現において、関節位置のみ抽出した光点源映像とビデオ映像で感性評価実験を実施し、関節位置のみの光点源映像においても、評価者は感情を汲み取って評価が行われていると考察がされている[2]。

本研究で取り上げる日本舞踊においても、先行研究が行われている。日本舞踊において7つの要素(「寂しい」「楽しい」「鋭い」「厳かな」「流れるような」「躍動的な」「さりげない」)に対応する振りを演じ、その映像から日本舞踊未経験者が感じ取るイメージについて感性評価実験によって検討を行った[3]。[3]では、日本舞踊の未経験者において、動きのイメージを汲み取って評価を行っていること示唆された。

1-3. 目的

ここまでで示したように、芸術としての舞踊や舞踏において、指導や評価を行っている専門家が有している評価構造を明らかにすることは、指導の効率化に寄与すると考えられる。また、その方法として身体関節位置を抽出した映像に対する感性評価法は有用に思える。

本研究では、日本舞踊のある流派を取り上げ、感性評価実験で得られたデータを因子分析することで、日本舞踊の専門家が有する評価構造を明らかにすることが目的である。総合的な評価には、演目に対する理解や情感、音楽との調和など様々な要素が影響していると考えられるが、本実験では、評価の対象を身体の動きに注目し、専門性の有無が身体の動きの評価における評価構造に影響を与えるのかを調べることにした。

2. 方法

2-1. 実験参加者

本実験は、石川県の大学または大学院に通う学生13名

(以降、非専門家と呼ぶ)と日本舞踊の扇流の家元 1 名(以降、専門家と呼ぶ)を対象に実施した。

2-2. 刺激

扇流の家元1名(実験参加者と同一人物)とその弟子7名の8名の演技者に1名ずつ淀の川瀬という演目を踊ってもらい、その様子を正面から撮影した。録画した動画の映像のみを使用し、映像を30秒ごとに分割した。分割した動画から OpenPose[4][5]を用いて、演技者の関節位置を抽出し、8名の演技者から56個の Bone 映像を作成した。演目の最後のパートは演技者が静止しているだけの動画であるため、評価が困難であると考えられることから除外し、48個の Bone 映像を刺激動画として用いた。OpenPose で関節位置を抽出した Bone を図1に示す。

2-3. 実験環境

Html によって実験 web サイトと作成し、実験 web サイトでは Bone 映像の閲覧とその動画についての評価を行ってもらうアンケートの回答をできるようにした。また、自作の php スクリプトで評価結果の保存した。実験参加者には、実験 web サイトから動画の閲覧と感性評価実験を行ってもらった。そのため、本実験では刺激動画の閲覧と動画に対するアンケートの回答を行うために実験参加者が所持しているパーソナルコンピューターを使用した。

2-4. 手続き

本実験はオンラインで実施した。実験参加者には実験 web サイトから刺激動画と感性評価項目が記載されている web ページにアクセスし、刺激動画の閲覧と、閲覧した動画について、感性評価項目の38項目に5段階評価(1.当てはまる~5.当てはまらない)で回答してもらった。本実験で用いた感性評価項目は[2]と同じものだった。48本の刺激動画を3日に分けて実施してもらった。実験開始の前に実験参加者に刺激動画の閲覧方法と刺激動画を閲覧して感じたことをアンケートに回答するように指示を行った。本実験で用いた感性評価項目を表1に示す。

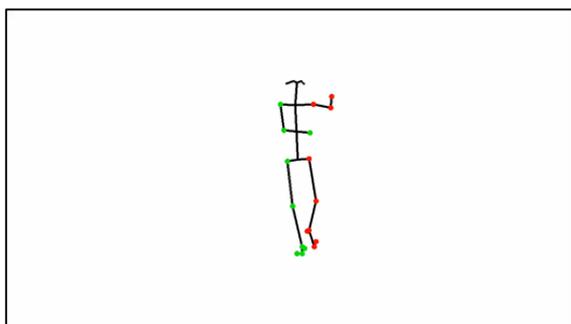


図 1-a OpenPose で関節位置を抽出した Bone 映像

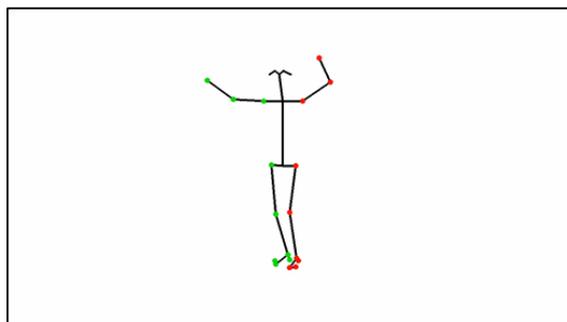


図 1-b OpenPose で関節位置を抽出した Bone 映像

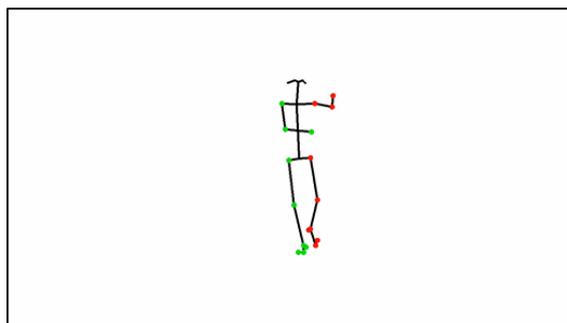


図 1-c OpenPose で関節位置を抽出した Bone 映像

表 1 本実験で用いた感性評価項目

| | |
|------------|-----------|
| 1.楽しい | 2.寂しい |
| 3.鋭い | 4.厳かな |
| 5.躍動的な | 6.流れるような |
| 7.自然な | 8.尖った |
| 9.丸い | 10.鈍い |
| 11.迫力のある | 12.迫力のない |
| 13.強い | 14.弱い |
| 15.曲線的 | 16.直線的 |
| 17.メリハリのある | 18.平坦な |
| 19.緊張している | 20.弛緩している |
| 21.加速的 | 22.減速的 |
| 23.広い | 24.狭い |
| 25.広がっていく | 26.縮んでいく |
| 27.横の | 28.縦の |
| 29.高い | 30.低い |
| 31.規則的な | 32.不規則な |
| 33.均等な | 34.不均等な |
| 35.複雑な | 36.シンプルな |
| 37.対称的 | 38.非対称的 |

3. 結果

3-1. データ処理

実験参加者ごとに表1で、各項目に付けられている項目番号の偶数の項目を削除した。反対語を含む場合、項目間の相関が高いことが多い。また評価項目数に対して、刺激動画数が十分でなく、分析が収束しないことが多いという2点から、反対語のうち一方だけをデータとして用いることとした。その後項目間の相関係数を算出し、相関係数が0.8以上の項目があった場合は、項目番号の小さいものを残し、項目番号の大きい項目は削除した。

3-2. 探索的因子分析結果

実験参加者ごとに探索的因子分析を行った。因子数はガットマン基準によって決定し、因子の抽出には最尤法を用い、プロマックス回転を行った。その結果、2因子以上抽出された実験参加者は3名のみであった。うち1名が専門家であり、2名が非専門家であった(以降、因子が抽出された非専門家を非専門家Aと非専門家Bと呼ぶ)。

専門家の探索的因子分析の結果を表2に示す。専門家からは3因子が抽出された。第1因子には、「緊張している(-)」「自然な」「楽しい」「高い(-)」などが含まれている。空間や滑らかさを連想させる項目が多く含まれていることから子の因子を流動性と命名した。第2因子には、「迫力のある」「強い」「鋭い」「躍動的」が含まれ、力動性と命名した。第3因子には、「規則的な(-)」「加速的」「均等な(-)」が含まれ、拡散性と命名した。

各因子得点の正と負の両極で大きな値をとった5本の動画でパートまたは演技者によるまとまりの有無を調べた。専門家の刺激動画ごとの因子得点を横軸に第1因子の得点、縦軸に第2因子の得点を取った空間(図3)および、横軸に第2因子の得点、縦軸に第3因子の得点を取った空間(図4)をプロットした。第1因子の正の方向で大きな値をとった5本の動画のうち3本が演技者Fの演技であった。また負の方向で大きな値をとった5本のうち5本が演技者Hであった。第2因子の負の方向で大きな値をとった5本の動画のうち3本が演技者Hであった。第3因子の負の方向で大きな値をとった5本の動画のうち3本が演技者Hであった。

非専門家Aの探索的因子分析の結果を表3に示す。第1因子には、「強い」「迫力のある」「鋭い」「楽しい」などが含まれている。「強い」「迫力のある」などの力動的を連想させる項目と「広い」「拡がっていく」などの広い空間を連想させる項目が含まれていることから、動きの大きさと命名した。第2因子には、「自然な」「丸い」「緊張している(-)」「曲線的」などが含まれ、滑らかさと命名した。第3因子には、「均等な」「対称的」「規則的な」が含まれ、均等性と命名した。

各因子得点の正と負の両極で大きな値をとった5本の動画でパートまたは演技者によるまとまりの有無を調べた。非専門家Aの刺激動画ごとの因子得点を横軸に第1因子の得点、縦軸に第2因子の得点を取った空間(図4)および、横軸に第2因子の得点、縦軸に第3因子の得点を取った空間(図5)をプロットした。第1因子の負の方向で大きな値をとった5本の動画のうち3本が演技者Hの演技であった。第2因子では正と負の両極で大きな値をとった5本動画のうち3本以上同じ演技者またはパー

トはなかった。第3因子の負の方向で大きな値をとった5本の動画のうち3本が演技者Hの演技であった。

非専門家Bの探索的因子分析の結果を表4に示す。第1因子には、「加速的」「高い」「強い」「複雑な」などが含まれている。「強い」「迫力のある」の力動性を連想させる項目と「高い」「広い」「拡がっていく」の広い空間を連想させる項目が含まれていることから、動きの大きさと命名した。第2因子には、「躍動的な」「楽しい」が含まれ、快活性と命名した。第3因子には、「均等な」「規則的な」「自然な」が含まれ、均等性と命名した。第4因子には、「横の」「丸い」「曲線的」「緊張している」が含まれ、滑らかさと命名した。

各因子得点の正と負の両極で大きな値をとった5本の動画でパートまたは演技者によるまとまりの有無を調べた。非専門家Bの刺激動画ごとの因子得点を横軸に第1因子の得点、縦軸に第2因子の得点を取った空間(図6)および、横軸に第3因子の得点、縦軸に第4因子の得点を取った空間(図7)をプロットした。第1因子の負の方向で大きな値をとった5本の動画のうち3本がパート1の演技であった。第2因子では正と負の両極で大きな値をとった5本動画のうち3本以上同じ演技者またはパートはなかった。第3因子の正の方向で大きな値をとった5本の動画のうち3本が演技者Fの演技であった。

表2 専門家の探索的因子分析結果

| | Factor1 流動性 | Factor2 力動性 | Factor3 拡散性 |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 緊張している | -0.87 | 0.04 | 0.14 |
| 自然な | 0.83 | -0.05 | -0.22 |
| 楽しい | 0.61 | 0.50 | 0.19 |
| 高い | -0.60 | 0.14 | 0.21 |
| 拡がっていく | 0.54 | 0.28 | -0.15 |
| 対称的 | 0.45 | -0.01 | -0.33 |
| 複雑な | 0.45 | 0.31 | 0.04 |
| 迫力のある | -0.39 | 1.06 | -0.20 |
| 強い | 0.10 | 0.83 | 0.25 |
| 鋭い | 0.25 | 0.59 | 0.14 |
| 躍動的な | 0.32 | 0.54 | -0.14 |
| 規則的な | 0.17 | 0.18 | -0.73 |
| 加速的 | -0.18 | 0.39 | 0.69 |
| 均等な | 0.14 | 0.38 | -0.46 |
| 寄与率 | 0.27 | 0.25 | 0.14 |
| 累積寄与率 | 0.27 | 0.52 | 0.67 |

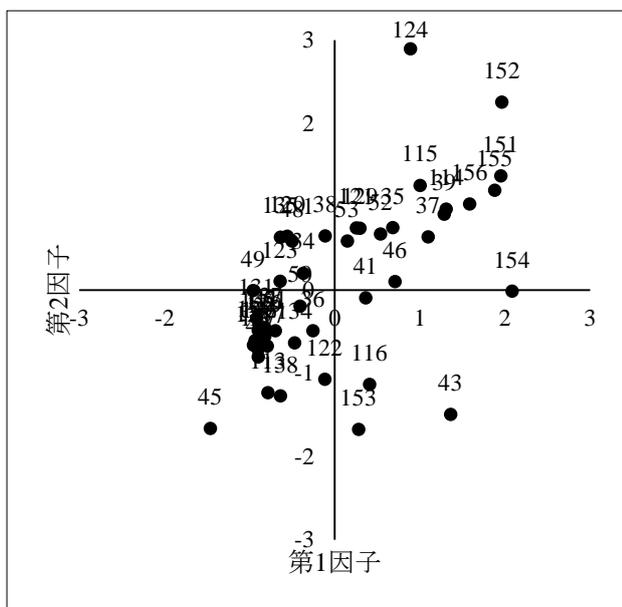


図2 専門家の第1因子と第2因子の因子得点散布図

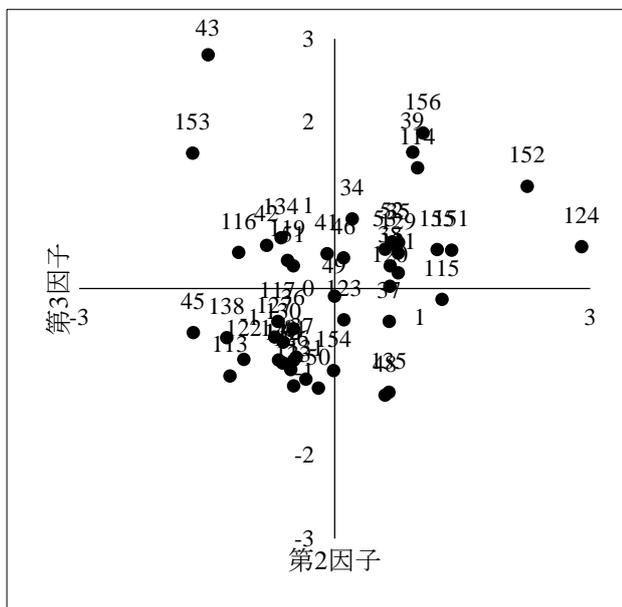


図3 専門家の第2因子と第3因子の因子得点散布図

表3 非専門家A 探索的因子分析結果

| | Factor1 動きの大きさ | Factor2 滑らかさ | Factor3 均等性 |
|---------|-------------------|-----------------|----------------|
| 強い | .96 | -.42 | .07 |
| 迫力のある | .94 | -.14 | -.09 |
| 鋭い | .87 | -.02 | -.10 |
| 楽しい | .71 | .11 | -.15 |
| 広い | .67 | .18 | .14 |
| 複雑な | .61 | .08 | -.12 |
| 広がっていく | .60 | .28 | .03 |
| メリハリのある | .52 | .50 | -.07 |
| 高い | .40 | .19 | .27 |
| 自然な | .06 | .85 | -.02 |
| 丸い | -.17 | .83 | .11 |
| 緊張している | .21 | -.73 | .19 |
| 曲線的 | .02 | .73 | -.17 |
| 横の | .23 | .46 | .39 |
| 均等な | -.08 | .05 | .91 |
| 対称的 | .01 | -.16 | .81 |
| 規則的な | -.08 | -.07 | .72 |
| 寄与率 | 0.29 | 0.19 | 0.14 |
| 累積寄与率 | 0.29 | 0.48 | 0.62 |

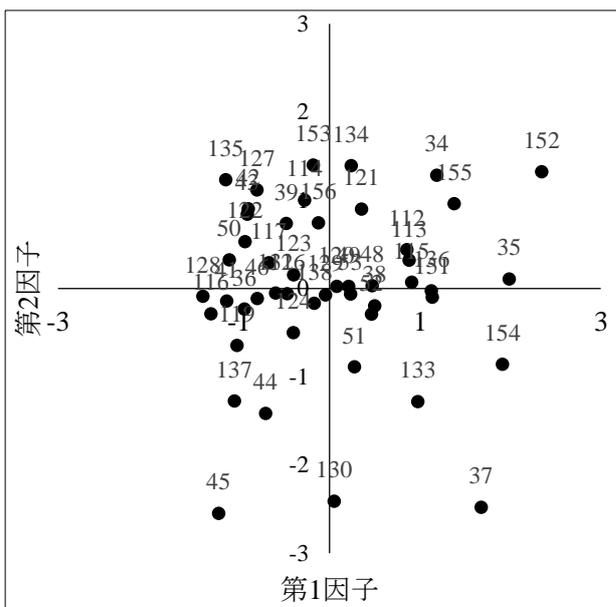


図4 非専門家Aの第1因子と第2因子の因子得点散布図

専門家の回答からは3つの因子が抽出された。第1因子は流動性、第2因子は力動性、第3因子は拡散性であった。非専門家Aの回答からも3つの因子が抽出された。第1因子は動きの大きさ、第2因子は滑らかさ、第3因子は均等性であった。非専門家Bの回答からは4つの因子が抽出された。第1因子は動きの大きさ、第2因子は快活性、第3因子は均等性、第4因子は滑らかさであった。

専門家と非専門家の「強い」「迫力のある」などの力動性を連想させる項目が含まれる因子について、専門家は力動性を連想される項目だけだったのに対し、非専門家は力動性を連想させる項目だけでなく「広い」「広がっていく」と空間の大きさを連想させる項目も含まれていた。一方で、専門家と非専門家の滑らかさを連想させる項目が多く含まれる因子について、専門家は滑らかさを連想させる項目だけでなく、空間の大きさを連想させる項目も含まれていたのに対し、非専門家の因子では滑らかさを連想させる項目や「丸い」「曲線的」など滑らかな形状を連想させる項目が大半を占めていた。専門家と非専門家で、空間の大きさが結びついている評価軸に違いがあると思われる。このことから、空間表現において専門家は動きの滑らかさから評価を行い、非専門家では動きの大きさや力強さから評価を行っている可能性が考えられる。

因子得点において、専門家は全ての評価軸の負の方向で演技者Hの演技が高い得点を取る傾向があった。演技者Hは専門家自身であったことから、顔や体系が分からないBone映像であっても、自身の演目と認識することが可能であったと考えられ、極端に負の方向に演技者Hの演目が集まっていた第1因子においては意識的に有している評価軸の可能性はある。

非専門家Aの因子得点においても、第1因子と第3因子において、演技者Hの演技が負の方向でまとまっていた。非専門家AはBone動画であっても、第1因子と第3因子の負の方向で高い評価を行ったことから、熟練者の演技を判別できたと考えられる。今後実験に用いた映像の動作解析の行い、専門家と非専門家Aで類似している力動性の因子と深い関係を持つ身体運動を明らかにすることで、専門家と非専門家が感じる力動性の違いや、共通点を明らかにすることができる可能性がある。

本実験では、専門家、非専門家で感性評価実験を行った。専門家と非専門家で抽出された因子に違いがあったため、専門性の有無によって動きの評価軸に違いがあると考えられる。今後の課題として、日本舞踊の経験者に評価者として実験参加してもらい専門性を有する度合によって、どのように評価構造が変化していくのか調査する必要がある。また、スポーツや他の流派の舞踊や舞踏の評価の専門家にも実験に参加してもらい、分野ごとの評価構造の比較を行うことで、日本舞踊の特有の評価構造を明らかにすることである。

5. 参考文献

- [1] 新垣 武士, 星野 聖, (2000) “CG を用いた沖縄舞踊の運動特性と主観的印象の関連性と定量化”, 映像情報メディア学会技術報告, No.39, pp.26-29.
- [2] 鹿内 菜穂, 八村 広三郎, 澤田 美砂子, (2011) “舞踊の感情評価における感情情報の評価—ビデオ映像と点光源映像を用いた主観的評価実験—”, 情報処理学会研究報告, Vol.2011-CH-92(2), pp.1-8.
- [3] 阪田 真己子, 八村 広三郎, 丸茂 祐佳, (2003) “日本舞踊における身体動作からの感性情報の抽出—ビデオ映像を用いた評価実験—”, 情報処理学会研究報告人文科学とコンピュータ, Vol.2003, No.107, pp.65-72.
- [4] Zhe Cao, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh, (2021) “Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.43(1), pp.172-186.

漫画読解過程の分析： 二次創作者はどのように漫画を読んでいるのか¹

Reading process of *Manga* (comic): How do fan-artists read Manga?

原田 悦子[†], 荒井 はつね[‡]
Etsuko T. HARADA, Hatsune ARAI

[†]筑波大学人間系, [‡]筑波大学人間学群心理学類
University of Tsukuba
etharada@human.tsukuba.ac.jp

概要

人はどのように漫画を読むのか、そのプロセスを明らかにしていくための一つの方法として、「異なる目的のために異なる読み方をしている」個々の読者間での比較がある。本研究はその一例として、二次創作経験者とそうではない一般読者との間で、読み過程の比較検討を行った。その結果、漫画に対する読みの量的な相違、ならびにその結果としての記憶成績の相違等が示された。また読み過程における発話内容の分析から、そこで行われている読み過程について、考察を行った。

キーワード: 漫画の読み(reading process of Manga/ comic), 熟達者(expert), 発話思考法(thinking aloud method), 追求者-満足者尺度

1. はじめに

漫画は絵とテキストの複合モダリティであり、その読解には高次の認知処理が関与している。またその読解過程には個人差もあると考えられ(和田, 2020), 特に吉田(2014)が述べるように漫画に対する態度が、読む行動に大きな影響を与えている可能性は大きい。またそうした個人差を明らかにすることで、本来、人が漫画を読む際に行いうる「読む過程」についてより広い視野からとらえ、あらたな読み・理解過程モデルを構築していく入り口となりうる。

そこで本研究では、漫画に対し強い肯定的な態度を有し、漫画等の原作作品から二次的な世界構築を行う二次創作者に着目し、二次創作経験の関与が漫画読解過程にどのような影響を与えているのかを、探索的に検討した。また一般的に二次創作者の行動特性から、追求者の態度が強い可能性が考えられることから、対照群である一般読者群において追求者と満足者の2群を設けて3群間の比較を行った。

2. 予備調査

二次創作者はいわゆる「腐女子」と呼ばれることに代表されるように、女性の割合が多い(相田, 2004)。そのため、本研究では調査対象者を女性に限定し、女性大学生を対象に予備調査を行った。

予備調査は、スノーボールサンプリング方式により調査を依頼した若年成人女性 94 名を対象として、Google フォームを用いた個別自記入形式で実施した。漫画に対する追求者の態度の測定は、磯部ら(2008)による日本語版後悔—追求尺度の追求尺度のみを用い、対象物を漫画に関連する内容に変更して、質問を構成した。

二次創作経験者であると回答した 25 名、非二次創作経験者と回答した 69 名について、追求者尺度得点を比較したところ、磯部ら(2008)の日本語版後悔—追求尺度における追求 1 (情報取得行動) および追及 2 (情報精査行動) のいずれにおいても、二次創作経験の有無による違いは見られなかった ($t_{(92)}=1.56, p=.122$; $t_{(92)}=0.29, p=.773$)。そこで、非二次創作経験者についてのみ、追及 1 および追及 2 における両得点が平均値より高かった人を追求者群、どちらも低かった人を満足者群として群分けを行い、二次創作者群に加えた 3 群について実験を行った。

併せて情報を収集した使用題材に関する接触経験に関する情報、すなわち人気漫画 16 作品に対する認知度および理解度、二次創作経験者による 16 作品への二次創作経験の有無を勘案し、本実験では「ナルト-NARUTO-」(岸本斉史, 集英社: 雑誌連載は 1999~2014 年)を使用することとした。

¹ 本研究は、荒井はつねの 2020 年度筑波大学人間学群心理学類卒業研究「漫画読解過程の分析 — 二次創作経験の違いを通して —」として提出されたものに基づいている。

3. 方法

参加者と2つの実験方法

予備調査の結果から、二次創作者9名、非二次創作者14名(内、追求者7名、満足者7名)に参加を依頼した。実験は新型コロナウイルス感染状況により、対面(実験1)あるいは遠隔会議システム(zoom)を利用:実験2)を利用して行われたが、両実験での実施に本質的な、大きな差異は見られなかったため、本報告では二つの実験をまとめた形で結果を報告する。具体的には、対面による実験1では、二次創作群6名、非二次創作群追求者3名、満足者5名、遠隔実験による実験2では、二次創作群3名、非二次創作群追求者4名、満足者2名が実験に参加した。

実験材料 本実験では、参加者は発話思考を行いながら、漫画1篇を読むため、ナルト-NARUTO-311話「あだ名」(見開き8ページ)をタブレットもしくは画面上で読めるよう、準備した。ページ送り、ページ戻りはアイコンのクリックにより自由に実施できるように設定した。また本篇の前には、主要な登場人物の紹介ページを0ページ目として提示した。

手続き 遠隔会議システムを利用した実験においては、実験者もオンライン上で参加するライブ方式での形で個別に行われた。対面実験も個別に実施された。

参加者は発話思考の教示・練習を行ったのち、漫画1篇をタブレットコンピュータ(実験1)もしくは遠隔通信システムの画面上(実験2)で読むよう求められた。まず、課題1として、「普段のペースで漫画を読むよう」求め、ページを戻ることにも可能であった。続いて課題2では、1ページごとに発話する内容がなくなるまで「読みながら考えたことについて全て発話するよう」求められた。課題2終了後、課題に関する質問紙調査および再生課題(タイトル、内容に関する自由再生)・再認課題(セリフ、コマについて8問、旧項目50%)を実施した。

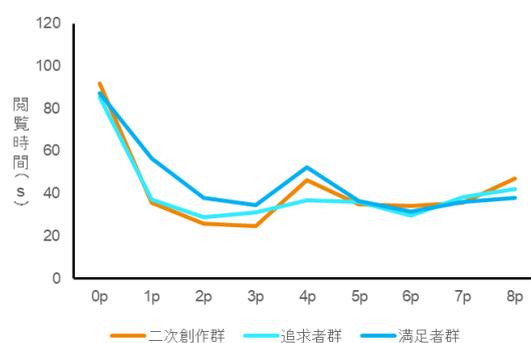
実験はおよそ1時間で終了した。

4. 結果

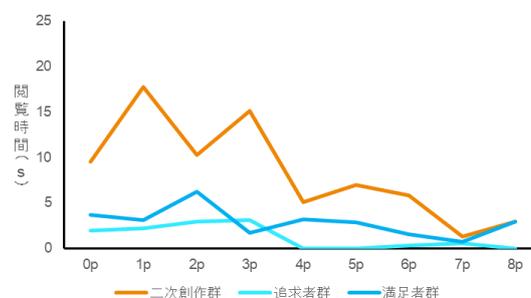
実験後の質問紙調査から、使用題材に対する知識の有無、面白さやわかりやすさ、課題遂行の難しさ等の評価については、群間の有意な差は見られなかった。発話困難度については、課題2において対面実験群がweb実験群よりも発話を難しく感じた傾向が見られた($U=37.0, p=.092$)。実験者が同一空間に存在することによる影響が関与しているものと考えられた。

実験後の再生課題では、タイトルの正答率には明確な差はなかった(二次創作群.44, 追求者群.86, 満足者群.29)ものの、内容に関する自由記述の長さ(文節数)は、二次創作群が満足者群よりも多かった(二次創作群65.33, 追求者群51.71, 満足者群23.86:

$H_2=6.79, p=.034$)。また再認課題では、コマならびに台詞各8問への正答数を比較したところ、コマ再認数においてのみ群間差が有意であり、二次創作群が満足者群よりも高かった(二次創作群8.00, 追求者群7.57, 満足者群7.29: $H_2=6.59, p=.037$)。いずれも、非二次創作・追求者群も同様の方向性を示したが、二次創作群は視覚的情報の記憶および全体の内容に関する記憶がよい可能性が示され、その原因として、漫画読解の過程との関係性が考えられた。



a) 課題1における初見閲覧時間 (s)



b) 課題1における見返し閲覧時 (s)

図1 課題1におけるページ閲覧時間

そこで、次に参加者の読み行動を録画したビデオを用いて分析を行った(分析にはE-LANを利用)。まずページごとの閲覧時間として、ページ移動ごとのタグを付与し、各ページについて、初見時、見返し時、それらの合計(総閲覧時間)の時間を分析対象としたところ、ページ毎の総閲覧時間および初見閲覧時間(図1(a))では、ページごとの相違が有意であったものの、群間の有意な差は見られなかった。これに対し、課題1のペー

ジ見返し時間においては群間差が有意であり(図1(b): $F(1,19)=5.93, p=.025, \eta_p^2=0.24$), 二次創作群は, 漫画を読む際に多くの見返し行動を行うことが示された。

なお, 初見時には, いずれの群も, 登場人物紹介の p.0 については長い時間をかけていること, また次に一度の場面転換(p.4)後に, 主要登場人物の3名が会する場面の p.4 の閲覧時間が長くなっていること, また二次創作群の見返し時には, 場面変換が起こっている p.1, p.3 への見返しが長く生じている点も興味深い。

次にそうしたページ閲覧時にどのような思考の展開が見られたのかを明らかにするため, 発話データを書き起こし, カテゴリ分類を試みた上で, 各カテゴリの発話数を検討した。

まず, 全発話数は二次創作群が非二次創作者の追求者群および満足者群よりも多く発話しており(図2; 発話数は対数変換後, 統計的な検討を行った; $F_{(2,20)}=4.52, p=.024, \eta_p^2=0.31$), また課題2の発話は課題1の発話よりも多かった ($F_{(1,20)}=35.10, p < .001, \eta_p^2=0.64$).

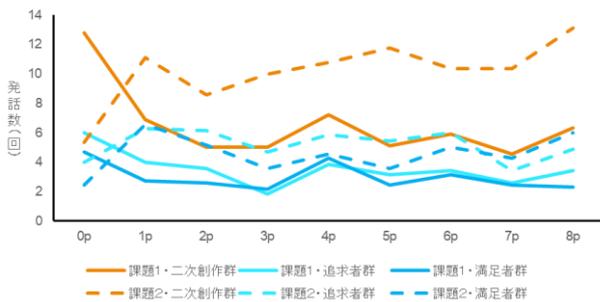


図2 各課題・群別における発話数

さらにページの主効果が有意であり ($F(8, 160)=2.89, p=.005, \eta_p^2=0.13$), 課題×ページの交互作用においても有意差が見られた ($F(8, 160)=11.58, p < .001, \eta_p^2=0.37$). ここでも, 課題1での p.0, p.4, また課題2での p.1 の発話の多さが印象的であった。

次に一発話ごとに内容について, 漫画の構成要素カテゴリを, 阿部(2020)を基に作成 (Table1) し, 加えて独自の発話機能カテゴリとして Table2 を設定し, 分析を試みた。以下, 特に参加者群間の差が大きく観られたカテゴリを取り上げる。

構成要素カテゴリでは, 漫画のもたらす意味に関する「内容確認」(図3)および「風景からの状況推測」(図4), 「キャラクターデザイン」(図5)において二次創作群が多く発話していた (内容確認, $F(2, 20)=3.17, p=.064, \eta_p^2=0.24$; 風景からの状況推測, $F(2, 20)=4.24, p=.029, \eta_p^2=0.30$; キャラクターデザイン, $F(2, 20)=5.10,$

$p=.016, \eta_p^2=0.34$). いずれも課題ならびにページ数との交互作用もみられ, 題材の内容ならびに当初の読みなのか, 精査をする読み込みなのかによって異なるものの, 特に二次創作者において, が漫画を読む際に重要とする, あるいは求める情報がこうしたカテゴリにあることが示唆されたと考えられる。

次に, また読み手の主観評価の要素を示す発話についても, いずれのカテゴリにおいても二次創作群の発話が多いことが示された (図6; 感情種類と参加者群の2 要因分散分析における参加者群の主効果,

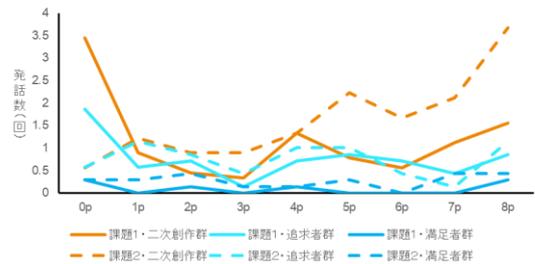


図3 各課題・群別における内容確認の発話回数

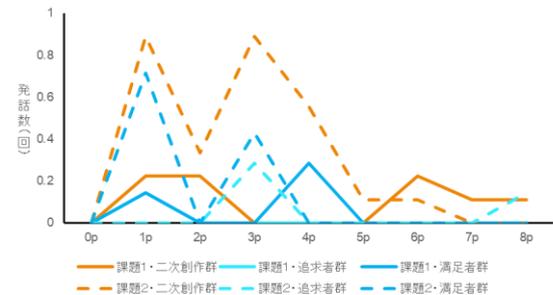


図4 各課題・群別における風景からの状況推測の発話回数

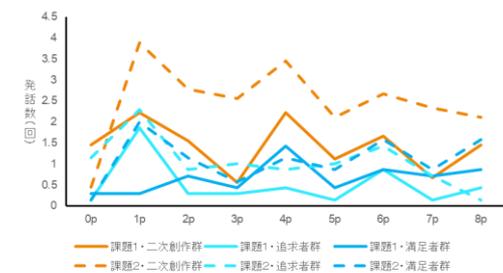


図5 各課題・群別におけるキャラクターデザインの発話回数

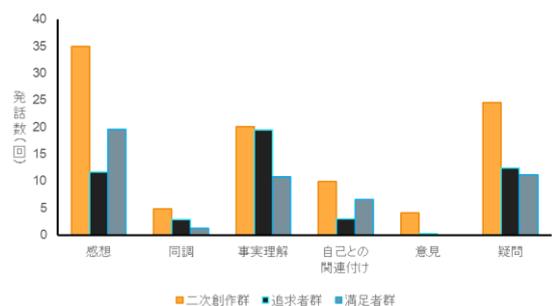


図6 各課題・群別における主観評価の発話回数

$F(2, 20)=4.41$, $p=.026$, $\eta_p^2=0.31$). 構成要素カテゴリに関する理解過程が多く生じているばかりでなく、それらに対する読み手自身の評価が多く表明されていることが示されたと言えよう。主観評価の種類の主効果も有意であり ($F(2, 65, 52.99)=14.76$, $p<.001$, $\eta_p^2=0.42$), 多重比較の結果, 感想, 疑問, 事実理解の発話が多く発せられていた。二次創作者群については自己との関連付けについての発話も多く見られた。

加えて, 読み手自身の表出方法に関する機能的発話として, 「感嘆詞」(図7), 「キャラクター話しかけ」(図8)において, 二次創作群が他の2群より多く発話していた(感嘆詞, $F(2, 20)=3.78$, $p=.041$, $\eta_p^2=0.27$; 話しかけ, $F(2, 20)=5.48$, $p=.013$, $\eta_p^2=0.35$)。また感嘆詞については, 課題1においてはページごとの発話回数が異なるが, 課題2ではページによる変化は少なくなるといふ交互作用もみられた ($F(8, 160)=2.08$, $p=.040$, $\eta_p^2=0.09$)。



図7 各課題・群別におけるキャラクター話しかけの発話回数

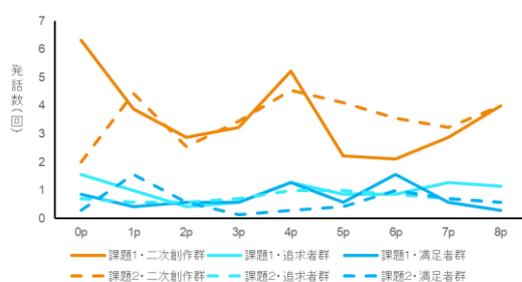


図8 各課題・群別における感嘆詞の発話回数

5. 総合考察

本研究では, 3つのグループの実験参加者における発話思考をしながらの漫画の読み過程に関する結果から, 特に二次創作者の漫画の読みにおける特徴として以下が考えられた。

1) 二次創作者は, 全体に時間をかけて漫画を読み, 図柄や内容についての記憶が詳細に記録されていた。これは一般的な漫画読者であり, 追求者である参加者

よりもその特性が強いことが示された。

2) 読み方の特徴として, 課題1, すなわち「通常のペースの読み方」において, 前のページに戻って見る「見返し」が多かった。

3) 全体として, 漫画を読みながらの「理解過程での発話」が多く, また作品やキャラクターへの理解を深掘りする発話が多いことが示された。加えて, 自分の意見や考えを頻度高く述べること, また感嘆詞や直接に作中のキャラクターに話しかけ・呼びかけをするなど, 物語に対しての主体的に理解をし, またより対等な立場, あるいは内部に入り込んだ立場からの発話が, 二次創作をしない2群と比較して強いことが示された。

これらの結果から, 漫画読解過程において二次創作経験は, 漫画をより主体的に, 構成的に読んでおり, 作品やキャラクターに対する感情表現, 親密性の表現などから「作品内部に入り込む」文字通りの没入感をもって読み進めている様子が示されたと考えられる。

ただし, こうした個人差の表れはページによっても大きく異なっている。すなわち, こうした読みの相違は(当然のことながら)漫画作品の「そのページに何が描かれているのか」に大きく依存しており, どういった要素に対してこれらの反応の異なりが生じているのかをさらに明らかにしていく必要があることも示された。さらなる分析のためには, 作品側の分析手法の取り込みあるいは構築が必要であり, 漫画の成立の理解を深めつつ, それを取り込んでいく過程としての多様な人の読み過程を明らかにしていく可能性が示唆されたと言えよう。

文献

- [1] 相田美穂. (2005). コミックマーケットの現在: サブカルチャーに関する一考察. 広島修大論集. 人文編, 45(2), 149-201.
- [2] 阿部和樹 (2020). 漫画におけるセリフと発話者の対応付け手法の研究, 明治大学大学院 先端数理科学研究科 修士論文 (工学) .
- [3] 磯部綾美, 久富哲兵, 松井豊, 宇井美代子, 高橋尚也, 大庭剛司, 竹村和久.(2008). 意思決定における“日本版後悔・追求者尺度”作成の試み. 心理学研究, 79(5), 453-458.
- [4] 吉田佐治子. (2014). 大学生はどのようにマンガを読んでいるのか. 摂南大学教育学研究, (10), 17-26.
- [5] 和田裕一. (2020). マンガ読解時の眼球運動の個人差. 一般社団法人 電子情報通信学会, 11-16.

Table 1 発話内容カテゴリ：漫画構成要素によるカテゴリ化

| 構成 | 要素 | 例 | |
|--------|---------------|--|--|
| テキスト | 内容確認 | 「別に何も」。ふふ、顔引きつってる、顔引きつってるよお。 | |
| | 内容からの状況推測 | 「画集でも……」ふーん、絵に興味があるのかなあ。 | |
| 背景 | 風景 | 後ろに「肉」って書いてあるのが気になる。 | |
| | 風景からの状況推測 | (図書館の様子を見て) 忍者だけど現代なのかなあ、それともちょっと昔の話なのかな | |
| キャラクター | キャラクターデザイン | 顔 | てか二重線の線すごいな。二重なのかこれ、眉毛もう一本、みたい。 |
| | | 身体的特徴 | サイの方がちょっと身長高いよね～高いのか？高いよね。 |
| | | 服装 | 皆服に自分の家紋とか入ってる |
| | | 口調 | いやーやっぱカカシ先生のこの口調はね、やっぱいいですよねぇ。 |
| | | 行動 | 「より良い人間関係の築き方の本」/気づいた、ここで気づいた |
| | | 名前 | サクラちゃんの苗字そのままなんだ |
| | | 表情 | 二人ともびっくりした感じの顔。 |
| | キャラクターパーソナリティ | 感情推測 | いい笑顔。笑顔で。自覚ない、気づいてないのかな。 |
| | | 思考推測 | 会話に混ぜてもらっていいかな、って言っていいよ！って言われると思ってたのかな |
| | | 性格推測 | なんかコミュニケーション、山積みになってるなあ。真面目な子なのかな。 |
| | | 行動目的推測 | 人に歩み寄ろうとしてるんだもんね。チームメイトと仲良くなろうとしてるのかな。 |
| | | 基本情報推測 | 普通のキャラデザなのかな |
| | 漫画的表現 | フォント | 「パカ」とかが強調されてる。進化系みたいな時のフォント使ってる。 |
| | | 漫画的効果 | なに、なにに、集中線が。 |
| 視点の位置 | | うわ上から、上から見てる。 | |
| コマの配置 | | ふふ、大きいコマで(描かれてる)。 | |
| 作品全体 | 情報推測 | でもサクラは最終、サスケと結婚するんだっけ | |

Table2 発話カテゴリ：発話の機能的分類

| 構成 | 要素 | 例 |
|--------|------------|---|
| 主観評価 | 感想 | 酷いな/可愛い |
| | 同調 | まあナルトも考えるよなー |
| | 事実理解 | コミュニケーションって言葉があるんだ |
| | 自己との関連付け | なんか全然誰もわかんないからあれだけど |
| | 意見 | ブスじゃないと思うけどね |
| | 疑問 | ある意味？って何だろう |
| 名前の呼び方 | 呼び捨て | ナルト、サスケ |
| | さん | ヤマトさん |
| | くん・ちゃん | サイくん、サクラちゃん |
| | その他 | カカシ先生、綱手様、ヤマト先生 |
| モード | キャラクター話しかけ | いやーでもね、わかってもらえて良かったですね。/サスケ、お前は誰が好きなんだ？ |
| その他 | 感嘆詞 | ふふ、あー。 |

日常のものの見方の変化を促す美術鑑賞ワークショップの プロセスに関する検討

The Process of an Art Appreciation Workshop which Encourages Changes in the Way of Seeing in Our Daily Lives

古藤 陽[†], 清水 大地[†], 岡田 猛[†]
Minami Koto, Daichi Shimizu, Takeshi Okada

[†] 東京大学

The University of Tokyo
koto-minami220@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

本研究では、日常におけるものの見方の変化を促す美術鑑賞教育の手法を提案し、美術を専門としない大学生を対象とするワークショップ実践によりその効果検証を行った。ワークショップ前半では美術作品、後半では日常的に身近にあるようなものを題材として、観察を踏まえて対象の魅力を見出し、その魅力を伝えるための文章をグループで共同執筆することを求めた。

なお、本稿は古藤・清水・岡田（2021）の発表内容に基づき、ワークショップ中のグループでの発話により焦点を当て、分析を行ったものである。

キーワード：美術鑑賞、美術教育、ワークショップ、転移、問題解決

1. はじめに

美術との関わりは、美術領域内の知識や技術の向上に限らず、美術領域の外の、我々の日常におけるものの見方や考え方にも影響を与えうるものである（e.g. Dewey, 1934; Lasher, Carrol, & Bever, 1983）。領域固有の学びや経験を学習者の日常へ接続することは、美術館を含む博物館全般の教育における重要な課題の一つと言えよう（e.g., Hooper-Greenhil, 1992）。こうした関心は実践現場においては広く共有されている一方、美術活動における学びの日常への転移という観点からの実証的な効果検証は十分にはなされていないのが現状である。

2. 目的とワークショップデザイン

本研究では、主体の日常におけるものの見方の変化を促す美術鑑賞教育の手法を提案し、ワークショップ実践を通してその効果を検証することを目的とする。

ワークショップのデザインに関して、関連する先行研究と合わせて記述する。古藤・清水・岡田（2020）においては、日常生活の中で目にする身近な対象を美術の既存知識に基づいて解釈することを促す実験を行った。実験の結果、美術の既存知識を用いることに

よって、日常的な対象を見る際にも、対象を起点とした物語・解釈・意味の広がりや、視覚的な特徴への着目といった過程が生じていることが示唆された。こうした過程は、本ワークショップの目的である「日常におけるものの見方の変化」と大いに重なるものである一方、この研究ではあくまで実験上の操作によって解釈の際に用いる知識を規定しており、実際の美術鑑賞教育場面への応用という点では課題が残されていた。そこで本ワークショップにおいては、より自然な形で美術鑑賞場面から日常への転移を促すためのデザインが必要であると考えた。

知識の転移やアナロジーに関する先行研究においては、こうした現象が引き起こされる上で、ターゲットとベースとの構造的な類似性に関する認識が一つの契機となることが示唆されている（e.g. Gick & Holyoak, 1980）。本研究に置き換えれば、例えば美術鑑賞の対象である作品と日常場面で目にする身近な対象との間の構造的な類似性を認識することにより、鑑賞場面で獲得された知識の、日常的な場面への転移の助けとなると考えられる。

また、対象理解の際に用いる知識というレベルの転移だけでなく、対象を見る際の観点、言い換えればものを見る上での方略というレベルの転移も考えられる。植阪（2010）は、ある教科から他教科への学習方略の転移においては、学習方略を規定する学習観の変容が鍵となることを示唆している。すなわち、美術場面におけるものを見る際の方略の日常への転移を促すためには、美術は日常とかけ離れたものである、特殊な知識がないと読み解くことができない、といった固定的な美術観に働きかけることが有用であると考えられる。

整理すると、本ワークショップにおいて美術場面から日常場面への転移を引き起こすためには、参加者に対して、(1) 美術作品が日常的な対象との間に何らかの構造的類似性を持ちうることへの気づきを促進し、(2)

美術は日常と乖離した領域であるという固定的なイメージに働きかけ、美術活動の中で用いる知覚・解釈の方略(=ものの見方)が日常の対象にも適用可能であると認識するよう促すことが有効であると考えた。

こうした背景に基づき、ワークショップデザインにあたっては以下4つの指針を設定した。

1. 日常の対象を美術作品として解釈するという課題設定

先に挙げた実験研究(古藤ら, 2020)からは、美術の知識やものを見る際の方略を日常の対象に適用することにより、日常とは異なる美的な観点による対象の知覚・理解につながることで、自分自身のものの見方や美術に対するイメージに関する気づきが生じていたことが示唆された。このことから、日常の対象を美術の枠組みで見るという体験は、対象やものの見方、美術に関する気づきを促す上で有用であると考えた。日常の対象の中に含まれる美的な要素に関する気づきは、美術作品との構造的な類似性への認識につながるものであると言える。また、ものの見方や美術に関する捉え方についてのメタ認知的な気づきは美術観に影響し、方略の転移を促進すると考えた。

2. 前半で美術作品、後半で日常の対象をみるという二部構成

美術作品と日常的な対象の持つ構造的な類似点への気づきを促す上では、日常の対象はもちろん、美術作品もまたしっかりみる必要がある。そこで本ワークショップでは、先に美術作品鑑賞を行い、そのあとに日常的な対象を見る、という二部構成をとることとした。

ワークショップで用いる題材の選定を行う上で、美術作品と日常的な対象の構造的な類似点として、どのようなことがあり得るかという点を検討した。美術作品の特徴の一つとして、対象を作品として提示した作者の存在が挙げられる。たとえ作者が直接手を加えることのないレディメイドの作品であったとしても、美術作品として提示されるものには、作者の意図やある種の制作活動が関わっていると見える。作品鑑賞においては、例えば絵筆の跡やものの配置といった、作者が残した(あるいは意図的に消した)行為の痕跡を視覚的な手がかりとして、作者の制作過程を読み解くという方略がしばしばとられる。

このような制作過程や意図、それを読み解くための

「痕跡」は、美術作品に限らず、日常的に身近にある人工物についても多かれ少なかれ存在するものである。しかしながら、日常的な対象についてこうした点が意識されることは多くない。

こうした観点から、本ワークショップのデザインにあたっては、作者の制作過程や意図、その手がかりとなる「痕跡」を、美術作品と日常的に身の回りにある人工物との間の構造的な類似点と考えることとした。

また、美術作品の後に日常の対象を見るという二部構成により、転移の過程を詳細に検討することができると考えた。先の実験研究では、知識や方略の転移が引き起こされた際に生じるものの見方の変化についてはある程度検証することができたと言える。一方、個々の実験参加者には、実験参加以前に構築した知識や方略を用いて日常の対象をみることを求めたため、どのような美術経験がその後の日常のものの見方に影響するか、という点については捉えられていなかった。本ワークショップではこうしたプロセスを詳細に捉えることで、教育場面における応用に寄与できると考えている。

3. 観察・解釈・言語による共有という方略

ワークショップにおいては、美術作品と日常の対象双方について、知覚した情報の意識化と言語化を行う「観察」の後、観察結果を踏まえて対象の意味や価値を考える「解釈」を行う、という手順を取ることにした。また、活動はグループワーク形式で実施し、対象の観察や解釈という活動の中に他者との協働を要素として取り入れた。

この手順において重要な点は、美術に関する専門的な知識ではなく、目の前にある対象についての観察結果が起点となって解釈が進められることである。参加者には対象に関する情報(美術作品の場合は、タイトル、作者、制作年、技法など)は明かさず、あくまで観察結果とそれぞれの既有知識を材料に対象を読み解いていくことを求める。美術に関する知識だけでなく、作品のモチーフや対象そのものに関する他領域の知識も用いながら解釈をするよう促すことで、美術作品の見方に関する固定的なイメージに働きかけ、日常に転移可能な方略として認識することを助けると考えた。また、自身の知覚・理解の言語化および他者との共有は、知覚・理解した内容の精緻化や理解の深まり、その方略についてのメタ認知を促し(e.g. Chi et al., 1989)、対象を深くみることもつながると考えた。これらの

介入のポイントは、美術鑑賞の方法論の一つである Visual Thinking Strategies (Yenawine, 2013) においても重要な要素であり、美術作品を見る上では有効であると考えられる。なお、グループワークにおいては会話の方向づけや整理を行うファシリテーターは設けず、参加者が自主的に進行するよう求めた。

4. 活動の中に表現の要素を加える

方略の転移において重要なファクターとなる美術観の変容や、日常の対象に関する捉え方の揺らぎを促すために、活動の中では「美術とは何か」といった根本的な問い直しを引き起こすことが重要であると考えた。こうした問いそのものの探索や再構築を引き起こすためには、単に作品について自由に意見を言い合うだけでなく、それぞれの意見を検討しあい、解釈を深めていく過程が必要であると考えた。そこで、対象の「解釈」の活動においては、解釈をもとに一つの文章を完成させるという表現活動をゴールとして組み込むこととした。こうした課題設定により、この活動が創造的な問題解決の場となるのではないかと考えた。

3. 方法

ここまで述べてきた指針に沿って、ワークショップのデザインを行なった(図1)。ワークショップは美術を専門としない高校生・大学生15名を対象としてオンライン会議ツール「Zoom」を使用して実施した。ワークショップ前半では美術作品、後半では日常の対象を題材として、対象の観察、それを踏まえた解釈、解釈を人に伝えるための文章の執筆という活動をそれぞれのパートに組み込んだ。

題材とする美術作品および日常の対象の選定にあた

っては、前述した「痕跡」という構造的な類似点への気づきを促すため、この特徴が分かりやすく観察可能なものを選定した(図2)。美術作品としては、作者の筆致といった制作過程の痕跡と、脱ぎ捨てられた靴という作品世界における人物の痕跡とが表れている、ヴィンセント・ファン・ゴッホの《Shoes》を取り上げた。日常の対象としては、デザインの意図が込められた人工物であり、また使用者の手の痕跡が傷として残されている、ドアの取手を撮影し、題材とした。

対象の「観察」にあたっては、美術作品・日常の対象ともに、まずは対象を個人で観察し、その結果を言語化する作業を行うよう求め、その後、グループ内で観察結果を共有しあう時間を設けた。

対象の「解釈」にあたっては、先に共有した観察結果に基づき、最終的にグループで「対象の美術作品としての魅力を人に伝えるための文章」を共同執筆するよう求めた。その際、想定される鑑賞者(文章の読み手)についてはこちらでは指定せず、必要に応じてグループ内で設定するよう教示した。「美術作品としての魅力」を考える過程の中で、対象の魅力に関する新たな気づきや、美術とは何かという根本的な問い直しが引き起こされると考えた。

提案した手法の効果検証のために、ワークショップ前後で「日常的な対象に関する知覚・理解」「美術に対するイメージ」に関する質問紙調査を行った。「日常的な対象に関する知覚・理解」に関しては、日常の中で使用している身近なものを見て感じることや考えたことについて自由記述で回答する項目と、日常生活の中でもものを見る際の観点について、「この数日間で家の中やよく行く場所の中にあるものを見ると、〇〇に注目していた。」という質問文(全7項目)に、「1. 全くそう思わない」～「5. 非常にそう思う」の五件法で回答する項目を設けた。「美術に対するイメージ」に関す

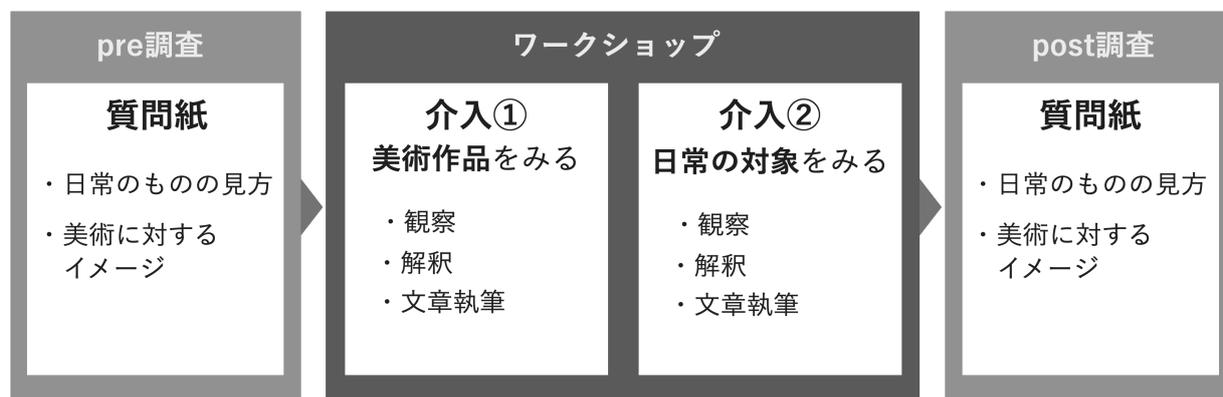


図1 ワークショップの概要

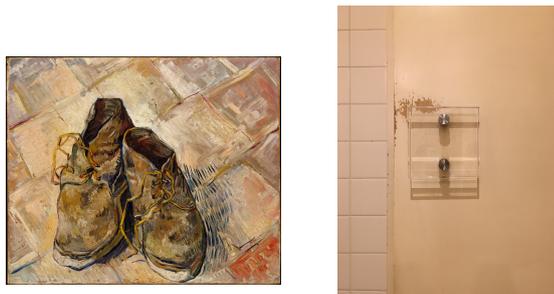


図2 ワークショップの素材
 (左:美術作品 Vincent van Gogh, 《Shoes》, 1888
 右:日常の対象 ドアの取手)

る項目としては、縣・岡田(2010)より、「アートに対するイメージ」に関する8つの質問項目を用いた。

また、ワークショップ中の認知過程を捉えるために、グループワーク中の映像や執筆した文章等のデータを取得した。

4. 結果

事前・事後の質問紙調査の結果に関しては、古藤ら(2021)における報告の概要を以下に示す¹。ワークショップ後においては、ワークショップ前と比較して、

- ・身近な対象の色や形に関する具体的な言及の増加
- ・「ものの作り手や作られたプロセス」「ものがその状態にいたるまでの経緯」「ものの分類」「ものの用途や機能」といった観点への強い意識
- ・「アートに対する難解・疎遠なイメージ」の軽減、「アートの役割の認識」の向上

といった傾向がみられることが示唆された。

ワークショップ前後における以上の変化が生じた認知過程をより詳細に検討するために、参加者のワークショップ中の発話について分析をおこなった。以下に、全三グループのうち、一つのグループに関する分析結果をケースとして報告する。

ワークショップで生じた過程の検討については、美術作品と日常の対象のそれぞれについて、「対象の美術作品としての魅力を人に伝えるための文章」を作成するグループワーク中の発話データ(発話時間:美術作品 21分19秒/日常の対象 20分49秒)を分析対象とした。発話データは話者交代のタイミングまでを一つのセグメントとして分節化し、活動の内容に直接関係のない発話やあいづちのみの発話(「あー」「なるほど」「うーん」など)は分析対象から除外した。

¹ 分析対象は、データの欠損があった6名を除く9名である。

表1 【対象を捉える際の観点】に関するカテゴリ

| カテゴリ名 | 定義 |
|-------|------------------------|
| 視覚的要素 | 対象の視覚的要素に関する言及 |
| 印象 | 対象への印象に関する言及 |
| 意味・価値 | 対象の意味や価値についての理解・解釈 |
| 背景 | 作者の制作過程や意図、背景についての推測 |
| 作品世界 | 作品世界の状況・出来事・人物等についての想像 |
| その他 | 上記いずれにも当てはまらないもの |

表2 【対象の解釈のために行なう操作】に関するカテゴリ

| 大カテゴリ名 | 小カテゴリ名 | 定義 |
|--------|----------------|------------------------------|
| 問いの設定 | 目的の検討 | 文章の目的に関する言及 |
| | 読み手の想定 | 文章の読み手による鑑賞プロセスに関する言及 |
| | 美術の問い直し | 美術の定義やイメージに関する言及 |
| | 対象に関する気づき・捉え直し | 対象の定義や新たな要素への気づきに関する言及 |
| 試行・探索 | 方針の提案 | 文章全体の方針に関する言及 |
| | アイデアの追加 | 新しいアイデアの追加を含む言及 |
| | アイデアの具体化・言い換え | 前に出たアイデアの具体化や他の言葉での言い換えを含む言及 |
| その他 | 検証 | 前に出たアイデアの検証を含む言及 |
| その他 | その他 | 上記いずれにも当てはまらないもの |

分析にあたっては、発話データのカテゴリ分類を以下の手順により行なった。(1) まず、研究目的とワークの特徴に基づいて【対象を捉える際の観点】と【対象の解釈のために行なう操作】という二つの軸を設定し、(2) それぞれの軸に関して発話データからボトムアップでカテゴリを作成し、(3) 各セグメント内の発話を双

た新たな観点の出現の前後には、【対象の解釈のために行なう操作】として「目的の検討」や「美術の問い直し」など、「問いの設定」に関わるような言及が見られることが多い。

5. 考察

ここまでの結果から、本ワークショップのプロセスにおいては、美術作品だけでなく日常的な対象に関しても、対象を様々な観点から解釈していたことが示唆された。さらに、日常の対象を解釈する取り組みにおいては、一つのアイデアを具体化していく過程よりもむしろ、度々問いの設定に立ち戻り、その中で対象を捉える観点が変化していくプロセスを見ることができた。特にワークショップ後半で「美術の問い直し」に関する発話が増加していたことは、美術に関して参加者が抱く固定的なイメージを揺るがすというワークショップの設計意図に沿う結果である。また、ワークショップ後における「アートに対する難解・疎遠なイメージ」の軽減にもその効果を見ることができる。こうした美術観の変化により、対象を捉える際の方略の転移が促され、ワークショップ後における身近な対象に関する見方の変化につながったという過程を推察することができる。

本発表は結果の一部をケーススタディとして抜粋したものであり、今後は、他のグループも含めた全体的な傾向を捉えることやグループ間の差異の検討、統計的検定等を用いた定量的な分析を行うことで、ワークショップのプロセスに関してより詳細に検討を行う必要がある。また、美術作品と日常の対象との間の構造的な類似性に関する認識など、ワークショップのデザイン指針のうちいくつかについては、その意図が正しく機能しているかという点の検証が十分になされていない。この点に関しても、今後さらなる検討が必要であると考えられる。

文献

- 縣 拓充・岡田 猛 (2010). 美術の創作活動に対するイメージが表現・鑑賞への動機づけに及ぼす影響 教育心理学研究, 58, 438-451.
- Bullot, N. J., & Reber, R. (2013). The artful mind meets art history: Toward a psycho-historical framework for the science of art appreciation. *Behavioral and brain sciences*, 36, 123-180.

- Chi, M. T., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive science*, 13(2), 145-182.
- Dewey, J. (1934). *Art as experience*. NY: Perigree Books.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive psychology*, 12(3), 306-355.
- Hooper-Greenhill, E. (1992). *Museums and the Shaping of Knowledge*, London: Routledge.
- 古藤 陽・清水 大地・岡田 猛 (2020). 美術の既存知識の活性化による非美術の対象への美的な解釈の促進 認知科学, 27(3), 356-376.
- 古藤 陽・清水 大地・岡田 猛 (2021). 日常のものの方略の変化を促す美術鑑賞教育の手法の提案と効果検証 日本教育工学会 2021 年春季全国大会 大会講演論文集, 527-528.
- Lasher, M. D., Carroll, J. M., and Bever, T. G. (1983). The cognitive basis of aesthetic experience. *Leonardo* 16, 196-199.
- 植阪 友理 (2010). 学習方略は教科間でいかに転移するか—「教訓帰納」の自発的な利用を促す事例研究から— 教育心理学研究, 58, 80-94.
- Yenawine, P. (2013). *Visual Thinking Strategies*. Harvard University Press.

情報環境（言語景観・意味景観）とのインタラクション
 -- 多層的異文化コミュニケーションの危険な曲がり角 --
**Cognitive Interactions with Linguistic and Semiotic Environments
 - Those Obscure Signs of Directions in Intercultural Communication -**

原田 康也¹, 佐良木 昌², 平松 裕子³, 森下 美和⁴

Yasunari HARADA, Masashi SARAKI, Yuko HIRAMATSU, Miwa MORISHITA

¹早稲田大学, ²明治大学, ³中央大学, ⁴神戸学院大学

Waseda University, Meiji University, Chuo University, Kobe Gakuin University

harada@waseda.jp, saraki@st.rim.or.jp, susana_y@tamacc.chuo-u.ac.jp, miwa@gc.kobegakuin.ac.jp

Abstract

A little knowledge about cultures other than your own could be dangerous, which may lead to greater and more serious confusions and disasters than having no knowledge at all. Importing merchandise, food, animals and plants, sportive activities and social systems, along with nomenclature to express them is very common and wide-spread throughout history of the world and they often involved substantial degree of customization and localization, which usually change what is important to something almost unrecognizably different.

Gestures, signs and symbols are difficult to understand without proper contexts and tacit coding rules. Such basic symbols for Japanese as ○ and × could mean something completely different or opposite things or may not mean anything coherent for non-Japanese. On a local map, there may be one particular point designated by such wordings as “You are here.” or “Vous êtes ici.” but in Japanese we would have 「現在地」 meaning “Present and current location.”

Semiotic landscapes for diverse users, with which local residents and domestic and international visitors interact and navigate themselves, should take those pitfalls of intercultural communication to be of any use. Considering acoustic landscape may further help support diversity of participant's to deal with the meaning.

Keywords —Linguistic Landscape, Semiotic Landscape, Cognitive Interactions, Navigation, Acoustic Landscape

1. はじめに

自国あるいは自分の住む狭い世界での言語・文化・行動の習慣に深くはまり込んで他者の言語・文化・行動の習慣を顧みないことは誤解や摩擦の原因となるが、多言語・多文化の接触と交流の機会が拡大するにつれて、自分の慣れ親しんだ言語・文化・行動の習慣と異なる社会に対する不十分で表層的な理解（または誤解）がより大きな誤解や摩擦の原因となる事例も増え、『文化（的）盗用』として批判される場合もある¹。ただし、何が「文化（的）盗用」になるかは歴史の再認識が作

¹ 外国語の学習や外国語の使用がすべて『文化（的）盗用』として批判の対象となる可能性も皆無ではない。

用する可能性も高い。ドイツの音楽グループの「東へのあこがれ（とおそらくは大いなる誤解）」を出発点とする disco music が世界的ヒット曲となった結果、対象となった地域でも歓迎され、その地域を代表する音楽として認識されるという意味で、脚注のビデオ²は「常識」を疑うきっかけとなる。

他国・他地域から自国・自地域に流入してきた文物が自国風に変化し広く受け入れられるようになるというのは一般的な現象で、飲食物に関しては、その名称と合わせてさまざまな事例が古くから記録に残されている³。カレーがインドからイギリス経由で日本に伝来し、日本のカレールーが世界的に普及し、ヨーロッパのコトレットが日本化したカツカツ・トンカツと融合したカツカレーが今度はイギリスで（チキン）カツカレーとなって流行しているという事例や、寿司がアメリカ西海岸でカリフォルニアロールとなり、アメリカの多くのスーパーマーケットや食料品店で日常的に sushi と称するパッケージ商品が販売されているなどの事例が話題となる。醤油の販売単位や味の調整などが典型的だか、localization と customization の過程でオリジナルからは想像もつかない変容を受けることが一般的である。一般的な日本人が「中華料理」だと考える焼き餃子やラーメンや天津飯といった料理が、そのままの形では中国の料理にないことが話題になる。animation / animated film が日本で「アニメ」となり日本の、または日本風アニメを意味する anime が英語に定着している。アメリカ英語で kimono という風呂上りに羽織る派手な色の浴衣のようなものを指して

² 以下の脚注のビデオへのリンクは本稿執筆時（2021/07/09）に確認したものであり、その後見られなくなる可能性は高い。Dschinghis Khan - Москва, Moscow, Moscu (International Version) <https://www.youtube.com/watch?v=V6uq3idN9VE>
Чингис Хаан

<https://www.youtube.com/watch?v=AYjehZsXtxE>

³ [1, 2]などを参照。

いた時期も長い。アメリカで *teriyaki / teriyaki sauce* と称するものは日本人が「照り焼き」という名称から想像するものとはかけ離れている。日本の大衆的なうどん屋チェーンが海外店舗展開に際して「ぶっ掛けうどん」の商品名に困るという例もある。

こうした受容と変容・理解と誤解が原因となって行動やコミュニケーションにすれ違いを生む。日本企業や日本人との交流をある程度経験したアメリカ在住の英語母語話者からのメールの冒頭に時候の挨拶が長々と続き違和感を覚えるときがある。日本に長く住み過ぎたと外国人が考える兆候の一つとして、電話するときにお辞儀をする自分に気が付くという話題が過去何十年と繰り返されている。日本からアメリカに出かけたビジネスマンが現地の人と握手をしようとして手を差し出すと、相手はお辞儀をされていてちぐはぐになるという笑い話も多い。2020年以降は握手のかわりに肘を合わせようとする動作もあり、ちぐはぐなやりとりとなる要因が増えている。

2. 借用語・外来語・カタカナ語⁴

現代日本語の書き言葉・文書作成において、ひらがな・カタカナ・漢字は極めて巧みな機能分化により、効率的な文字コミュニケーションを可能としていた。漢字は主に体言（固有名詞を含む名詞）・用言（動詞・形容詞・形容動詞）の語根・語幹に用いられ、ひらがなは助詞・活用語尾など文法的関係を示し、カタカナはオノマトペ・（ヨーロッパ言語からの）借用語・動植物の学名など、音そのものを表すのに用いられた。しかし、漢字が日本語文書の中で意味の重要な部分を担っていること、カタカナ語はどちらかという音をあらわし、意味との直接的な関連性が漢字よりも薄いことから、（欧米語からの借用語について原語を知っている場合は異なるところもあるが）多くの日本人にとってカタカナが並んだテキストは読みにくく、意味が取りにくいと感じられることが予想される。

今日コンビニなどでおやつを購入しようとするとき、「でたらHappy♪ おっきいハート Calbee ベジタべる 緑黄色野菜入りあっさりサラダ味」⁵のような文字が様々な書体と色使いでちりばめられた商品パッケージを目にすることになる。日本語の読み書きを身に

着ける前からこのような商品を日常的に目にして育った子供たちは、どのような言語観・文字感覚を持って大人に育つのであろうか、不安を覚える。

外来語の活用は本来的には言語の語彙を豊かにし、その表現力を高める可能性があるが、近年の日本語におけるカタカナ語の使用は乱用から氾濫の域に達している感がある。飲食店のメニューやグルメ・ファッション・美容関係の雑誌等を見ると、カタカナで表記されるのは、単語だけでなく「リンスインシャンプー」・「チーズインハンバーグ」など、複合語的な要素にも及んでいるが、要素となる単語・形態素から統語的・語形成的な関係により構成される意味が、原語として想定される英語などとは異なっている。また、日本語の本来の表記と異なる「ホテル de パソコン」などの「新規」ないし「珍奇」な表現も増えている。カタカナ表記は、単語よりさらに小さな形態素レベルで、「クレカ」・「トレカ」の「-カ」など、ある程度まで規則的・生産的に使用されるものもある。こうしたカタカナ語・カタカナ表記の氾濫により、日本語を学ぼうとする年少の母語話者・外国人定住者・外国人訪問者にとって、日本語の学習・習得が従来以上に困難になっている側面がある。

日本語の食事のメニューには海外からの影響・外来語の影響が大きい。しかし、近年ファミレスなどで人気の「チーズインハンバーグ」をそのまま英語で “cheese in hamburger” / “cheese in hamburger steak” と表記してメニューに掲載する場合もあるが、英語としては意味が通じない。日本語で「サンド」といえば、「サンドイッチ」を意味することも多いが、日本語の「ホットサンド」を英語で表現したつもりで “hot sand” と表記しても、英語話者にとっては砂漠で陽に照らされた灼熱の砂を想起することはあっても、“toasted / grilled sandwiches” を想起することは難しいであろう。ところが、飲食店のメニューに “hot sand” のような表記が見られるだけでなく、google で検索すると店名・調理器具の商品名などにも “hot sand” ないし “hotsand” といった表記が多数見られるのが現状である。一方で、旅行やビジネスで日本を訪れ、コンビニの食事にはまる外国人について話題になることも多いが、最近の YouTube では “tamago sandos” や “boiled egg salad sandos” のような “sando” の表記で、日本の「サンド」に言及しようとする英語表現も見られるようになってきた。ここには、英語 → 外来語としてのカタカナ語 → 短縮語

⁴ 本節は [3-6] に基づいている。

⁵ ベジタべるあっさりサラダ味

<https://www.calbee.co.jp/shohinkensaku/product/?p=20150326153021>

→ 日本語固有の表現 → 日本語由来の借用語としての英語での表現、というような言語接触・言語間交渉の流れが見られる。

2019年11月に、アメリカで「チキンサンドイッチ」の人气が過熱して、殺人事件まで引き起こしたというニュース⁶が話題となったが、記事の写真を見ると、日本であれば「チキンサンドイッチ」ないし「チキンサンド」というよりは「チキンバーガー」と言ってもよいような商品であった。日本マクドナルド株式会社のサイトでバーガーメニュー⁷を見ると「スパチキ（スパイシーチキンバーガー）」と「チキチー（チキンチーズバーガー）」という商品名が見られる。KFCのメニューページ⁸には「チキンフィレサンド」と「和風チキンカツサンド」という商品名が見られる。ちなみに、日本マクドナルド株式会社のメニューで「サンド」という名称は「ベーコンエッグマックサンド」にのみ用いられている。FRESHNESS BURGERのHamburgerメニュー⁹には、英語で“Chicken Burger”/“CRISPY CHICKEN BURGER”/“SALT LEMON CHICKEN BURGER”/“HOT CRISPY CHICKEN BURGER”/“TERIYAKI CHICKEN BURGER”の商品名が並んでいる。

Wikipedia¹⁰によると“A hamburger (short: burger) is a sandwich consisting of one or more cooked patties of ground meat, usually beef, placed inside a sliced bread roll or bun.”ということであるから、牛肉のパテにチーズを加えて“cheese burger”ということはあるが、牛肉の代わりに“fish burger”/“chicken burger”/“pork burger”ということはあるが、得ない名称かもしれない。大豆などから製造された人造肉をパテとする製品¹¹を“burger”と呼んではいけない、というような法律制定の動きや裁判¹²などが話題

になった。日本語の「ハンバーガー」・「バーガー」はそこまでの制約なしで使用され、「サンド」が具材と組み合わせられて「ハムサンド」・「カツサンド」・「たまごサンド」となるように、「かつバーガー」・「エビバーガー」・「チキンバーガー」など、自由にさまざまな具材との組み合わせで「バーガー」の名称を用いている。

3. いま、ここにはない世界への言及

いま、ここに眼前にある事象・事物についての意思疎通は必ずしも言語を必要とせず、身振り手振り現物の交換で用が足りる場合もある。あるいは、片言の外国語や単語を並べただけで十分かもしれない。しかし、明日の午後の天気は晴れだろうとか、今ここにある100ドルを今ここでリラに替えたらいくらになるのか、というような未来の事象や仮定に基づく話題を正確に伝えようとする、言語の使用が有効となるであろう。

日本の料理・菓子などには茶道の影響などから見立てに基づく「銘」の使用があり、「氷室」や「岩うつ波」などの名称をそのまま英語に訳しても、素材・調理法・味付け・食べ方など、重要な情報が何も伝わらない可能性が高い。「岩打つ波」は百人一首の源重之の作品が下敷きになっているが、ある社会で基礎的な教養として共有されている文学作品などに対する陰伏的な言及が対象に対する理解を複合化させるのは様々な分野で一般的に見られる言語表現技法である。

前提となる教養が共有されない外国語・異文化の世界にこれを文字通り翻訳して持ち込むことは容易ではない。小説の翻訳・映画の字幕や吹き替えなどでは、長さの制約や叙述の雰囲気や壊す可能性を覚悟しつつ、説明的な補足を追加せざるを得ない場合もある。¹³日光の参道沿いにある和菓子店の饅頭に青龍・朱雀・白虎・玄武の名称が与えられているが、これを英語に直訳して blue dragon などとしても、それだけでは何も

⁶ <https://news.livedoor.com/article/detail/17347867/>

超人気のチキンサンド トラブル頻発…殺人事件も

2019年11月7日 20時10分 テレ朝 news

⁷ <http://www.mcdonalds.co.jp/menu/burger/>

⁸ <https://www.kfc.co.jp/menu/>

⁹ <https://www.freshnessburger.co.jp/menu/hamburger>

¹⁰ <https://en.wikipedia.org/wiki/Hamburger>

¹¹ 一方、以下のようなサイトも多い。

<https://altmeatco.com/products/burger/>

<https://www.seriousseats.com/best-meat-substitute-burgers-taste-test>

<https://www.realsimple.com/food-recipes/recipe-collections-favorites/popular-ingredients/alternative-meats>

¹² 以下のような事例が報告されている。

<https://www.vox.com/future-perfect/2020/10/24/21526922/eu-veggie-burger-label-ban>

<https://www.theguardian.com/world/2020/oct/23/european-farmers-lose-attempt-to-ban-terms-such-veggie-burger>

<https://www.dallasnews.com/news/politics/2021/05/10/texas-house-oks-bill-to-ban-plant-based-foods-from-using-meat-and-beef-in-names/>

<https://globalnews.ca/news/5676707/veggie-burger-label-ban/>

<https://www.greenqueen.com.hk/texas-lawmakers-pass-bill-banning-beef-chicken-other-meat-terms-on-plant-based-labels/>

¹³ 本稿の副題にある「危険な曲がり角」はブルバキへの言及であるが、これを英語にそのまま訳しても意味が通じない。英語の副題にはルイス・ブニュエル監督作品への言及を意図した部分があるが、あまり成功していないかもしれない。

伝わらないであろう。

比喩的な表現を外国語から日本語にそのまま直訳すると意味が通用しなくなる例がある。2020 年には COVID-19 関連のビデオ・ニュースなどが多数提供されたが、“epicenter of pandemic” と云う表現を耳にすることが多かった。初めて耳にしたときは「さすがジャーナリストは言葉を知らないな」と嘖然としたが、どういう意味・意図なのかは不明だが、SARS の 2003 年以降 “epicenter of pandemic” の表現がそれなりの頻度で使われている。tsunami も様々な文脈で比喩的に使われることが多いが、多くの場合そのまま「津波」と日本語に直訳しても意味が通じることが多い。しかし、“epicenter of pandemic” を「疫病の震央」と訳しても日本語として全く意味が通じない。

reverso¹⁴から epicenter の例を見てみよう。

1. The capital of Hamilton is a harbor city and the epicenter of the business and finance community.
2. Once a busy warehouse and manufacturing center, this neighborhood has transformed in recent years into the epicenter of Portland's art and design scene.
3. So, within six months Europe became the epicenter of the money-laundering activities of the world.
4. The first difference is the fact that Japan never became the epicenter of a global financial crisis.
5. The reason that Lofa County is so important is because about five months ago, when the epidemic was just starting to escalate, Lofa County was right at the center, the epicenter of this epidemic.
6. It is also the epicenter of one of the fastest-growing HIV epidemics in the world.

上記のうち 1. と 2. はこの文面だけからは肯定的とも否定的とも取りにくい中立的な内容で、epicenter という表現をなぜ使用したか不明である。3. と 4. は全体としては人類や社会に対して悪影響が大きい事象が波及するときの中心という雰囲気を感じられる。5.

¹⁴

<https://context.reverso.net/%E7%BF%BB%E8%A8%B3%E8%8B%B1%E8%AA%9E-%E6%97%A5%E6%9C%AC%E8%AA%9E/epicenter>

と 6. は、巧みな文章表現であるかどうかは別として、“epicenter of pandemic” という表現から、source domain が seismology で target domain が epidemiology ということがわかりやすい。

比喩の機能や解釈については様々な理論的構成が提案されているが、ある事物・事象を表現するのに、別の事物・事象を持ち出して、それとの比較・対比で対象を理解し、表現する行為だといえよう。直截的な表現との違いは、対象を表す際に別の事物・事象に言及する点で、これは共通の基礎的な教養に依拠して陰伏的に言及する表現方法と同じように、対象とは別の事物・事象を聞き手・読み手に想起させる表現方法である。映画を例にとると、Ridley Scott の 1982 年監督作品 *Blade Runner* は公開時点から見て未来である 2019 年の Los Angeles を舞台に設定しているが、監督を始めとする制作陣が日本の都市、特に東京と大阪の景観を意識していたことはよく知られている。劇場用アニメ作品「攻殻機動隊」は 1995 年に公開されたが、2029 年以降の未来の東京を舞台としながら、映像的には 1995 年当時の香港の都市景観と政治的状況を背景として利用している。一つの事物を見るにあたって、そこにはない別の事物を重ね合わせるという表現技法は、今日であれば Pokémon GO などにも見られる AR: augmented reality に通じるところがある。

4. 動作・ジェスチャー・記号

海外からの旅行者の間で話題になる「日本特有の」事物の一つに、鉄道関係者などにみられる指差喚呼がある。こうした動作の意義や習慣もまた、それぞれの文化に固有の部分がある。自分のことを指差すさいに、日本人は顔の中央あたりに指をあてることも多いが、多くの欧米人にとってこれに似た侮蔑的な動作があるため、海外旅行や外国人と接する場面では留意が必要であると旅行会話の教科書などに書かれている。

昭和の時代に NHK が放送していたある時期の人気番組に「ジェスチャー」があった。ある単語や表現が題目として与えられ、数人のゲストが動作でこの内容を表現し、回答者が元の単語や表現をあてるというゲームである。英語圏ではこれと似た Charade というゲームがあるが、特定の動作で特定の音節を表現し、これをつなげることで単語を推定させるというところが「ジェスチャー」とは大きく異なっていた。

言語使用者のコミュニティーがあり、語彙と文法の

体系に基づく sign language¹⁵ とは別に、動作や身振り、身体の形などで何らかの意味を表し伝えようとするコミュニケーションの体系には手旗信号などの体系もあるが、このほかに動作や身振り手振りでの場限りで意味を伝えようとする試みは自然発生的に見られ、それが形式化する場合もある。同じ（ような）動作が言語的・文化的習慣を共有しない人にそのままでは通用しないと考えるべき事例がある。次の二つの説明は英語学習者・中国語学習者に対する注意事項である。

NG ジェスチャー (1) ¹⁶

NO とかダメですと言いたい時に、胸の前で腕をクロスさせバツを作るのは日本式で、英語人には通用しません。バツという感覚がないので、どういう意味ですか？と必ず聞かれます。首を横に振って NO を表しましょう。

「○ (マル) =正しい、当たっている」は中国人向けには使えない¹⁷

日本人は「○ (マル) =正しい、当たっている」と思っていますからよく両手で○ (マル) を描くジェスチャーをします。「当たり前、その通り」の意味です。これは中国人にはまったく通じません。では× (バツ) はどうか？両腕を交差させて× (バツ) を作ったら「ダメ」という意味になるか？微妙です。こういう習慣がないからです。「ダメ」をジェスチャーだけで示したかったら首を横に振るといいでしょう。これならたぶん通じます。

記号の○と×の区別が日本固有であるという説明は、アンケートの回答記入例や (小) テストの採点結果表記に関連して話題になることもあり、小型ゲーム機のスイッチやインタフェースについて話題になることもある。したがって、上記のような解説は常識的であるが、そのような常識では理解しきれない事例も見られる。英語に堪能な中国系住民から構成される香港において、腕バツが否定ないし拒否の意味で使われるとしか理解できない事例¹⁸が報道されている。どこまで

¹⁵ Signed Language vs Sign Language

<https://deafculturecentre.ca/signed-language-vs-sign-language/>

¹⁶ <https://www.daijob.com/skillup/mikakosuzuki/20170822.html>

¹⁷ <http://chugokugo-script.net/hyougen/maru-batsu.html>

¹⁸ 次の写真等を一瞥していただきたい。

https://i.guim.co.uk/img/media/de7b9fabe3567f285c105fb688456b856779ca78/0_112_3500_2101/master/3500.jpg?width=1920&quality=85&auto=format&fit=max&s=477c1fe69d02c62d49a211b2feb82e31

https://i.guim.co.uk/img/media/de7b9fabe3567f285c105fb688456b856779ca78/0_112_3500_2101/master/3500.jpg?width=1920&quality=85&auto=format&fit=max&s=477c1fe6

国際的に通用しているか不明だが emoji ¹⁹にもこれに対応するものがある。このように、言語に直接依存しないと思われがちな動作や身振りとそれに基づく記号においても、言語的・文化的習慣の共有がなければ理解が難しく、誤解の一因となる可能性がある一方、常識的な解説が必ずしも正しくない状況も存在する。

同じように言語に直接依存しないように思われがちな図解・絵解き・図面なども、やはり言語的・文化的習慣の共有が理解の前提となっていることが多い。例えば、街中に掲示してある案内図について、日本語で「現在地」となるところが英語では“You are here.”となることは広く知られている。日本の航空会社は離発着の時に機体前方のカメラ映像を客席に見せるが、一般には機体から外界に向かう inside-out の視点である。Air France では尾翼に取り付けたカメラから機体の大部分を映してその周辺に広がる外界を見せる outside-in の視点で客席に提供していた。これは、ある意味で「神の視点と人の視点」ないし「鳥の視点と虫の視点」などの違いに対応するかもしれない。

5. ヘテロトピアの音響景観

特定の音やメロディー、旋律やリズムが社会的・文化的習慣に基づいて何かを想起させることがある。日本では夕方一定の時刻になると夕焼け小焼けのメロディーを地域放送システムで流すコミュニティーも多いが、日本での生活経験のほとんどない外国人旅行者にとっては緊急事態を知らせる案内かと不安に思うかもしれない。一定の年齢より上の日本人にとっては、1960年代までの豆腐屋のラップや屋台のラーメンのチャルメラなどが懐かしい音として記憶に残っている。その後 1970年代になる前後から軽トラックのラウドスピーカーから録音で延々と流される騒音となってしまったが、石焼き芋、灯油、さお竹売り、魚の訪問販売、古新聞・古雑誌回収、家具・家電製品回収などが町や地方都市の音響景観の一部をなしている。建物の間を反響しながら響き渡る石焼き芋販売車のラウドスピーカー²⁰の節回しを聞いて、イスラム教の礼拝の時間

9d02c62d49a211b2feb82e31

Anti-Moral and National Education Protest (2011)

<https://cdn.cnn.com/cnnnext/dam/assets/190613225220-hk-protest-history-05-restricted-exlarge-169.jpg>

¹⁹ Beauty and the Beast As Told By Emoji | Disney

<https://www.youtube.com/watch?v=o4gMJynUqCI&t=38s>

²⁰ 効果音であるが以下などが参考になるであろう。

【効果音】石焼き芋屋 移動販売 フリー音源 (焼きとうもろこし音源付き)

を告げるアザーン²¹を思い出すとエジプト在住経験のあるアメリカ人から指摘されたこともある。鉄道各駅の発着音が駅メロとして普及し、新幹線の車内放送のメロディーや航空便の降機の際の音楽など、生活の場面に密着し、強い連想の働くメロディーも多い。ケータイ・スマホの着メロが話題となった時期もあった。²²

外国語の発音・イントネーション・ジェスチャーなどを総合的に学ぶ手法として、演劇・ミュージカルなどの上演まで含めた課題にはさまざまな利点が考えられる。第一著者が1960年代から70年代にかけて通ったカトリック系のミッションスクールの教材は、学校創設期に校舎が未整備だったところに青空演劇のような授業を行ったところの教材が反映して、学期に数度は戯曲的な構成の教材となっただけでなく、民謡的な歌などの要素も盛り込まれていた。このほか、英米文学から英詩を素材として積極的に取り入れ、課外活動用に英語の校歌・応援歌などを学ぶこともあった。

第一著者が1970年代にフランス語を学ぶ際に使用した自習用教材 *Assimil* の *Français sans peine* は各課がアネクト（短くて簡単な落ちのある話）になっていて、7課ごとに民謡・童謡・国家などの歌を覚えるように構成されていた。フランス語でアネクトを話すときの緩急やイントネーションの変化を自然に学び、フランスの子供たちが慣れ親しんでいる歌のうちのいくつかは歌詞も含めて覚えることになった。後年、1980年代に大学院博士課程在学のころ、都内の名画座に加えて京橋のフィルムセンター・駿河台のアテネフランセ・九段のイタリア文化会館・飯田橋の日仏学院・青山のゲーティンステイテュートと草月ホールなどに通って様々な映画を見ていた時期に *Jean Renoir* の1931監督作品 *La chienne* を見る機会があったが、作中登場人物があるきっかけで、フランス民謡 *Marlbrough s'en va-t-en guerre* を口ずさむ。この歌詞を知らないと、物語の流れの中での登場人物の気持ちと思感が理解できない。

第一著者が1980年代後半にトランジットの都合で初めてシンガポールに1日ほど滞在した時、ホテルからダウンタウンまでバスで出ようとして車内に英語の路線図も案内放送もなく、慌てた記憶がある。2004年

<https://www.youtube.com/watch?v=A2thZICNuzk>

²¹ 礼拝の行い方 - 1 アザーン (How to pray - Adhan)

<https://www.youtube.com/watch?v=pnhtCiRNKns>

²² 音響景観の観察・分析・考察・活用も *authenticity* を重視した外国語学習用視聴覚教材等の開発においては重要な要素である。

以降に何度かシンガポールを訪問したが、大学構内のエレベータのカーゴ案内で“Going up.”という時はかなり明瞭な上昇調で、反対に“Going down.”という時はそれなりの下降調であることが印象に残った。

パリ地下鉄メトロで移動中に車内放送が聞こえてきて、駅に到着する少し前に“Odeon.”と明確な下降調ではなく、若干上昇・下降気味で *pending* な印象を与える放送があり、列車がホームに差し掛かると“Odeon.”と頭高・下降調で放送が聞こえた²³。旅行者の一度だけの経験なので、一般的な法則性があるのか、たまたまその時にそうであったのか地元在住の言語学者に雑談の中で尋ねてみたところ、そのような使い分けをしているらしい回答を得たが、公式の資料等で確認できていない。フランス国鉄 SNCF の駅構内での放送とそれにとまう *audio logo / identite sonore* の音響的美しさ²⁴は構内の美観と対照的で印象的である。

日本には1960年代末から多くの *audio / Hi-Fi* 関係のメーカーがあり、家電メーカーもオーディオ系のブランドから商品を出し、一定の品質と評価を確保していたにもかかわらず、町中や学校の PA の音質や聞き取りやすさは極めて悪い状態が2021年になっても続いている。機器のカタログ上の特性とは無関係に、使う側がマイクの入力段で歪ませない使い方を体得していないために、その後の機器・装置がいくら高品質を詠っても、最終的にスピーカーから放送される音声歪んでいることが多い。特に、学校で流される音声歪んでいることが多い²⁵ため、子供のころから大きな

²³ 検索してみたところ次の *video clip* が見つかった。英語・日本語などの放送の前に *Bastille* の駅名が2回聞こえてくる。パリメトロ1号線の日本語放送 - In-car Japanese announcement of Paris Métro Line 1

<https://www.youtube.com/watch?v=z4IMv-nr6M4&t=79s>

次のビデオは地下鉄ではなく *tram* であること、車掌の肉声ではなく録音音声らしいこと、一回目と二回目で男声と女声と異なった音声を使用していること、駅ごとに独特の曲が聞こえることなどいくつかの違いがあるが、駅名アナウンスには地下鉄で経験したのと同じ抑揚を感じる。

フランス・パリのトラム、車内の駅名アナウンスと BGM

<https://www.youtube.com/watch?v=NJ3oqzf2S1U>

²⁴ 以下にいくつかの音声収録されている。

Sixieme Son

<https://www.sixiemeson.com/sncf/>

SNCF - Audio Logo

<https://www.youtube.com/watch?v=8eGq3dyzH-o>

SNCF - Signature

<https://www.youtube.com/watch?v=NA5MwhuHWLo>

²⁵ 東急東横線が渋谷駅始発・終着であった頃は、出発前の車両の最後尾にいますと、車掌が車掌室と客室との通路ドアを少し開いて、放送の音量などを確認しながら案内していたことを、当時の東急線車掌の制服の身ざれいさとともに思い出します。

音とは歪んでいる音のことだという勘違いが定着し、マイクの使い方がおかしいままとなる。駅などでは、同一ホームの別トラックや隣接するホームの音が重なって、お互いに放送音声をかき消しあうため、うるさいのに聞き取れない。また、録音案内を流している途中でホーム上の駅務員が別の放送を重ねるためにどちらも聞き取れないということも日常的に経験する²⁶。特定の休日などに都心などに横行する街頭宣伝車や選挙のたびに繰り返される候補者応援車の騒音も聞くに堪えないどころか、ただただ不快になるばかりである。

6. 本 Organized Session の進行予定

本稿執筆時点で本 organized session は 2021 年 9 月 4 日 16:20 開始・18:30 と予定されている。以下のタイムテーブルを目安として進める。

| | |
|-------------|---|
| 16:20-16:35 | 基調講演：原田康也・佐良木昌・森下美和・平松裕子 観光客と情報環境（言語景観・意味景観）とのインタラクション：多層的異文化コミュニケーションの危険な曲がり角 |
| 16:35-16:50 | 招待講演：平松裕子 「見立て」の成立：文化地域における発信者（日光店主）と受信者（観光客）間のコミュニケーション |
| 16:50-17:05 | 招待講演：森下美和 「神戸における外国人居留地の言語景観」 |
| 17:05-17:20 | 招待講演：伊藤篤 「ICTによる旅行の安心安全：スマホアプリによる支援のありかた」 |
| 17:20-17:45 | 招待講演：佐良木昌 言語表現と認知機序との間隙 |
| 17:45-18:00 | 公募発表：藤原智宏・金成慧・伊藤篤・佐藤美恵 AR 技術を用いた観光情報の提示手法に関する検討 |
| 18:00-18:20 | 総合討議：参加者全員 |

謝辞・注記

本稿の執筆ならびに本 organized session の企画と開催に当たって、著者たちは以下の研究経費等の支援を受けている。

- ・ 科研費基盤研究(C)：課題番号 21K00744 『高度翻訳知識に基づく翻訳文法の構築に関する研究』(研究代表者：佐良木昌・明治大学・知財戦略機構・研究推進員)
- ・ 科研費基盤研究(C)：課題番号 18K11849 『ネット

社会におけるインバウンド観光客・定住者を意識した文化伝達の言語表現』(研究代表者：平松裕子)

- ・ 科研費基盤研究(B)：課題番号 17H02249 『ICTによる観光資源開発支援：心理学的効果を応用した期待感向上』(研究代表者：伊藤篤)
- ・ 早稲田大学特定課題研究助成費(特定課題 B) 課題番号 2018B-016 『汎濫するカタカナ語の言語(英語・日本語)学習に対する影響の調査と対応策の提案』(研究代表者：原田康也)

参考文献

- [1] Dan Jurafsky, *The Language of Food: A Linguist Reads the Menu*, W W Norton & Co Inc; Reprint 2015/10/13.
- [2] Nami Fukutome & Yasunari Harada, "Flavor Wheel Terminology and Challenges in Translation: Focusing on English and Japanese Vocabulary for Wine, Sake and Soy Sauce," *Proceedings of the 32nd Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation: 25th Joint Workshop on Linguistics and Language Processing*, pp. 867-872, Association for Computational Linguistics, 2018 年 12 月 1 日.
- [3] 原田康也・平松裕子・森下美和・伊藤篤, 「インバウンド観光客の情報環境(言語景観・意味景観)とのインタラクション：多言語・多文化社会における ICT 支援を視野に」, 日本認知科学会第 36 回大会発表論文集, pp. 1040-1046, 日本認知科学会, 2019 年 9 月 5 日.
- [4] 原田康也, 「シロガネーゼ対おたかジェンヌ：カタカナ形態素おそるべし」, 電子情報通信学会技術報告 TL2019-1, vol. 119, No. 114, pp. 1-6, ISSN 0913-5685 / ISSN 2432-6380, 社団法人 電子情報通信学会, 2019 年 7 月 7 日.
- [5] 原田康也・平松裕子・森下美和, 「カタカナ語の英語学習に対する影響」, 日本認知科学会第 36 回大会発表論文集, pp. 508-516, 日本認知科学会, 2019 年 9 月 5 日.
- [6] 原田康也・平松裕子・森下美和・佐良木昌, 「Hot Sand と岩うつ波」, 電子情報通信学会技術報告 TL2019-54, vol. 119, No. 352, pp. 67-72, ISSN 0913-5685 / ISSN 2432-6380, 社団法人 電子情報通信学会, 2019 年 12 月 8 日.
- [7] 小勝健一, 「車掌の口、乗客の耳：車内放送のメディア文化史」, 北海道大学国際広報メディア・観光学院平成 21 年度修士論文, 2010 年 3 月 25 日.

²⁶ [7] に興味深い指摘が多々ある。

「見立て」の成立：文化地域における発信者（日光店主）と受信者（観光客）間のコミュニケーション

An Issue on Communication between Shop Owners and Tourists in the Case of Japanese Traditional Method of *MITATE*

平松 裕子

Yuko Hiramatsu

中央大学

Chuo University

susana_y@tamacc.chuo-u.ac.jp

概要

JR 日光駅から世界遺産地域に至る約 1 km の沿道の言語景観調査を継続実施している。その中で日本の伝統的な商品を扱う店舗による表記をみると、日本語と英語の表記の間に相違があることがある。日本語の直訳では説明できない文化的要素をどう伝えるか、「見立て」の技法を中心に考察する。加えて情報発信者と情報受信者の今日的な位置づけの変化にも着目し、今後の文化的側面の外国人観光客の理解の可能性を考える。

キーワード：言語景観，見立て，翻訳，スマートフォン

1. はじめに

2017 年から栃木県日光市の JR 日光駅から神橋に至る沿道の言語景観調査を継続的に実施している。観光地では、観光客に向けて地元の自治体、交通機関、店舗などから、様々な情報が掲示されている。このような「公共空間で目にする書き言葉」[1]を「言語景観」として扱う。調査区域は国道 119 号線沿いの、いわゆる出町の地域（大谷川を挟んで、山内を入町というのに対してその東側）であり、日光東照宮への表参道の通過道に当たる 1 km の区間である（図 1 参照）。自治体や公共施設によって設置された掲示に比して、沿道の店舗に展開される言語景観は変化の速度が速く、コロナ禍では外国人観光客対応から日本人観光客への入店の際の注意事項に、そして「take out」「take away」など、日本人に向けられた英語表記なども加わり、日々の生活を写して変化していく。時に文化的な背景を反映した表現も見られる。英語表記の増加に伴い、翻訳の際に、直訳では表現しきれない要素も表に現れてきた。日光の街並みに見られる文化的要素・店舗からの発信とそれを受け取る観光客の関係に着目して考察を行う。

2 章では日光を中心に言語景観を日本の歴史的観点から述べ、3 章では調査区域における言語景観調査アンケート結果に言及し、4 章では「見立て」の文化とそこ

に見る情報発信者と受信者の在り方を考察し、5 章では情報化社会における文化受容の可能性に関して述べる。



図 1 調査地区（JR 日光駅から神橋に至るオレンジの部分）

2. 観光地日光における言語景観

2.1 日光の歴史資料から見た沿道の言語景観

言語景観調査の観点から日光の歴史を見た場合、勝道上人が霊地として二荒山を定めたところから遡るには資料が揃わないが、いくつかの資料の中に日光の調査区域への言及や言語景観を示す資料が残っている。柴屋軒宗長宗の「東路の苞（つと）」には 1506 年からの旅の中で日光に参拝したと述べ「京、鎌倉の如き町ありて」という記載[2]があり、当時の繁栄が垣間見られる。その後徳川の治世になるまでは廃れたが日光東照宮建立後はまた参拝者が途絶えない地域となった。写真や絵葉書で見られる明治期には今に続く老舗の店名も含めた街並みの記録がある[3]。うば・湯波・蕎麦屋、旅館、酒屋、ようかんお菓子所、美術商に混じって、パン屋もある。日光東照宮所蔵の明治 6 年 3 月に行われた「日光大黒天浅草寺開帳之図」の中には暖簾に文字、あるいは幟旗、看板に文字という言語景観がある。文字の掲示を見ると、縦書きの看板、暖簾は横書き、加えて、明治以降、金谷ホテルの掲示などアルファベットも少

しであるが見られ、右から左、左から右もある。

2.2 日本の看板—旅人に何をどう伝えてきたのか

日本の看板の歴史は平安時代に始まり江戸時代には浮世絵の中にも描かれている。そこには情報を正確に示すものもあるが、それだけではない。例えば歌川広重「名所江戸百景 びくにはし雪中」[4]の中には「山くじら」の大きな看板の反対側に小さく「十三里」「〇焼き」(縦書き)の店の箱看板が描かれている。(図2参照)



図2 歌川広重「名所江戸百景 びくにはし雪中」
(国立国会図書館デジタルコレクション)

“九里四里うまい”(栗よりうまい)である。他にも客の興味を惹く工夫がある看板が江戸時代の浮世絵や木の看板に残っている。

明治、大正、昭和と時を経るとそのような記載は減少し、正確な情報伝達を目的としたものが今日まで中心となっている。

3. 日光における言語景観調査結果及びアンケート結果

3.1 観光客による評価 (留学生調査結果)

正確に情報をわかりやすく伝える・・・これは観光地に表示された言語にとって大前提であるように語られる。様々な種類の情報がある中、すべてに関してそう言えるのか。観光客はそれをどう評価するか。コロナ禍、本調査実施を延期したままで、資料は2018年5月の予備調査結果であるが[5]、学内の留学生を対象とした言語景観評価調査(2018年5月、15か国、n=40)を実施した。実際の沿道散策に模して沿道を散策して、写真(30枚)や地図とともに30分程度沿道を歩く感覚で道筋に

沿って言語景観を眺めた。図3に対象別の評価結果を記載した。「バス」は、バスターミナル及びバス停、あるいは路上にあるバス関連の表記を指す。「公共」とあるのは、駅、路上の国及び自治体による表記である。公共の表示に関してはスペル自体に誤りは見当たらなかったが評価が低く、それと比較してスペルミスが散見しても店舗の評価はあまり低くはない。

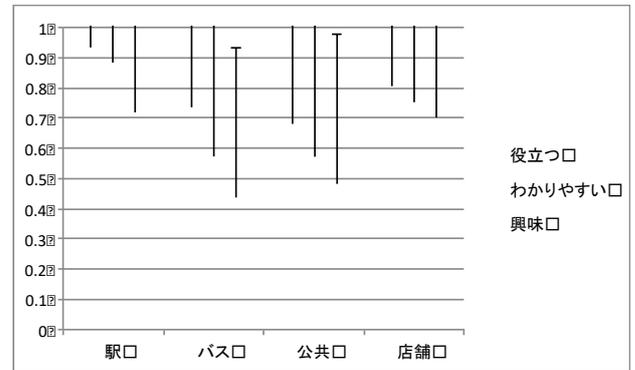


図3 日光の調査区域の英語を含む言語景観表記に関する留学生評価([5]より引用)

表記の「わかりやすさ」は「満足」度に反映した($r=0.669$)が、「興味」は「わかりやすさ」は違った。一方で、回答者自身が「旅行好きか」と揭示への「満足度」には $r=0.409$ と正の相関が見られた。旅行者自身のモチベーション、情報受信者の意欲が言語景観評価に影響した。また、同じ言語景観の中を歩いている、観光客の母語によって異なった印象を持つ。英語を理解する留学生はその間違いが気になる一方で、英語を介さない留学生は気楽に沿道の揭示を楽しんでいた。次のようなコメントもあった。

“Some articles should be in English”

“Tell me a little bit in English but not everything”

英語化を望むが、しかし、すべての英語化を望んでいるわけではないというコメントである。

情報には様々な種類があり、禁止と勧誘では正確さの必要性も異なる。しかし、全てにおいて正確性・理解しやすさを観光客が評価するというわけではない。

4. 見立て

4.1 日本における見立ての文化

日本文化の1つの手法に「見立て」がある。「眼前のモノに別種のイメージを重ね合わせることにより新たな見え」を生じる手法(守谷, 2013) [6]である。目前に見ているものからその遠景を思い遣る。比喩と同じように扱われがちであるが「譬喩においては、ある対象

の特色をより理解しやすいやうに、よく知られた他のもののイメージを借りて表現するものであり、表現の目的はあくまでも見立てられる『ある対象』の解説にある」が、「見立ては2つの物事に類似点を見いたすといふ点では確かに譬喩と同じ方法であるが、類似点以外ではできるだけ飛躍してゐることが望まれる」（早川、1995）[7]。類似点を挟んだギャップがイメージの広がりを生む。短詩系の文学ではその魅力が大きく発揮され、短歌や俳句では限られた字数の中で、作者とそれを聞く側双方で広がりを持つ世界を構築していく。

そして、この手法は一部の芸術家だけの手法には留まらず、日本文化に根付いたものとして日光の沿道における言語景観にも見られる。

4.2 日光の言語景観に見られる「見立て」の手法と英語表記

JR 日光駅から神橋に至る調査区域の中には羊羹販売、湯波料理に代表される和菓子店、和食店が軒を連ねる。店頭には商品の写真やその名称が掲示されている。外国人観光客を意識した英語の説明が付記されることもある。例えば、「こうじ甘酒/Sweet alcoholic drink made from malted rice」というように材料への言及が中心となっている。

また、店頭に張り出された和菓子の名前に「見立て」の手法が見られる。和菓子屋の全ての商品の名前に見立てが施されているのではなく、1つの和菓子店でも、「いちご大福」と並んで、「くろかみ山」という名称のこんもりしたどら焼きが掲示されている。比喩を超えた「見立て」の商品名もある。四神の名を呈した四色酒饅頭がある。四神とは、「天の四方の方角をつかさどる神、すなわち東は青竜、西は白虎、南は朱雀、北は玄武の称。四獣。」（広辞苑 p8641）である。丸い通常の形態の饅頭で、この名前がなければ、単に饅頭かもしれない。以下のように店舗前には掲示されている。

四神 Japanese Sweet of Four Gods

青竜（抹茶）Blue Dragon (Green Tea)

白虎（酒種）White Tiger (Plain)

朱雀（苺）Red Bird (Strawberry)

玄武（黒糖）Black Tortoise (Brown sugar) (ママ) ,

日本語の名称にも英語同様に材料の記載がある。英語のみを見た場合、材料と名前との関係はわかりにくい。色を見た場合、なぜ Green が Blue Dragon に、なぜ Brown が Black Tortoise になるのかは理解できないのではないだろうか。そもそも Dragon, Tiger, Tortoise は Sweets として違和感はないだろうか。また、日本語にお

ける色の表現の特異性に気が付く。「青草」「緑の黒髪」などそのまま英訳し難い表現がある。日本人が感じる感覚はどこまで共有されるのか。英語表記とのギャップを具体的にみることで課題が見えてくる。数人のヒアリングには留まるが、アジア圏とそれ以外では、異なる印象を持つ可能性がある。

また、老舗の和菓子屋が新しく作ったチョコレートとのコラボレーションにも、和菓子の命名が生かされている。

AKEBONO/ 曙/ STRAWBERRY

薄紅のストロベリーチョコレートの名前が「曙」である。日本人であれば、『枕草子』の冒頭、「春は曙」を思い浮かべる。同じ赤い空であっても「夕暮」では苺の季節「春」につながらない。しかし外国人にとってはアルファベット表記の「AKEBONO」と「STRABERRY」の間のギャップは埋まらない。

4.3. 発信者責任と受信者責任-情報受信者の役割-

「見立て」のある和菓子などの商品に関しては、日本語と英語の翻訳や説明の文言という以上の相違がある。英語の場合、商品を提供する側にいわば説明責任があり、材料名などを明確に示す傾向がある。一方、見立てられた和菓子の場合、情報発信者だけでなく、受信者に委ねられる面が大きい。名前を辿って、情報発信者の思いを想像し共有する。一種のコミュニケーションがここには必要になる。同じ文化的な素養があつて初めてこの作業が可能になる。和菓子を提供する茶道においては、4 畳半の茶室にいて、そこから外の自然に想いを馳せる、その目のトリガーの1つが和菓子である。例えば「竜田川」という菓子を目前におき、食し、秋の紅葉の鮮やかに流れる川を思う。秋の自然を思う。

「ちはやふる神代も聞かず竜田川 からくれなゐに水くくるとは」(在原業平)、「嵐吹く三室の山のもみぢ葉は 竜田の川の錦なりけり」(能因法師)という二首が百人一首にある。小さな菓子から想像が広がる、いわば日本文化の醍醐味がこのような沿道の和菓子店の掲示に現れる。通りを歩く外国人観光客には、その文化的相違を乗り越えることを求めるのは難しい。異文化にあつて育った観光客に、この広がりをどう伝えられるだろうか。

5. これからの言語景観-見立ては継承されるか-

5.1. スマートフォンによる言語景観の変容-受信者中

心の情報収集へ

以前は、地元の人々が外国人観光客に知ってほしいと思ったものが英語の表記となって沿道に並んだ。しかし旅行の際のスマートフォン利用の普及とともに、状況は変化してきた。2019年の観光庁の資料によると、「日本滞在中に役に立った旅行情報源」として訪日外国人の約7割が「スマートフォン」をあげている[8]。外国人観光客が翻訳したいと思ったものにカメラを向けて自動翻訳する光景も現れ始めた。

そこには必ずしも発信者の意図があるとは限らない。ヒアリング結果によると、沿道の寺院には、広く参拝者を受け入れるところがあれば、地元の檀家のための寺であり、観光対象ではないと考えるところもある。前者には英語の解説があるが、後者には一切英語の表記はなかった。スマートフォンの自由な翻訳機能が、受容者の主体性を拡充し、英語の表記の有無を超える。観光客が知りたいと思ったところの意味を自由に取得する。発信者が実際に展開した言語景観から受信者主体のスマートフォン画面の言語景観に変化する。この場合、「曙」は「Dawn」と訳されるが、命名者の意図は伝わりきらない。文化の共有に関する課題は残る。情報発信者からその受信者へのキャッチボール、コミュニケーションは、一方的な観光客の情報収集になる。

しかし、この現状は新しい可能性を生む可能性も孕む。スマートフォンによる情報収集では、情報を単に受け取るのではなく、自らの意思で選択した対象を翻訳する。観光客に考える余地が出てくる。実際に店舗に書かれた英語に誤訳がある場合、誤って書いた店側の責任であると観光客はとらえるが、自分で自動翻訳をかけてよくわからない内容だった場合には店舗の責任とはとらえない。それはどういう意味だろうかと思いつめぐらす余地が生じる。自分に合わせて翻訳されてくる社会では「十三里」「〇焼き」は少なくとも今はうまく表示されないだろうし、もし、これが「Baked Potato」と認識されたとしても、それでは頓智は伝わらない。情報化社会の中で自分が中心となって情報を収集する形が主流になった場合、言葉においても受信者責任という要素が出てくる。表示された内容を受信者が考えて、発信者の意図を読み解くという「見立て」は同じ文化的土壌を共有していない日本人と外国人観光客の間では成り立つのは難しい。発信者の意図を思い描くことはできないだろう。

しかし、旅行の場合、3章の留学生アンケート結果に見るように、必ずしもすべてわかることは求められて

はいない。知らないことがあるというのが興味につながるのであれば、まだわからない点を残すというのも観光の際にリピートを呼ぶ要素でもありえる。写真だけを見ながら、楽しそうに評価していった留学生の行き先には店舗の人とのコミュニケーションは待っているだろうか。それとも旅先でも現地の人とのコミュニケーションではなく自分の興味に沿った情報収集で終わるのか。どのような文化受容がなされていくのだろうか。避難誘導などに代表されるわかりやすい正確な情報の一方で、文化的な要素の交流には異なる情報の受発信があると考える。

外国人観光客への調査を実施し、今後も調査研究も行っていく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費基盤研究(C) (課題番号 18K111849「ネット社会におけるインバウンド観光客・定住者を意識した文化伝達の言語表現」) の助成を受けている。研究の機会をいただいたことに感謝する。共同研究者原田康也先生、森下美和先生、佐良木昌先生、伊藤篤先生に謝意を表す。また、日光の古い書籍に関しては日光市立図書館館長渡邊真理子様への調査協力を得た。ここに謝辞を表す。

なお、「見立て」に関しては、情報通信学会思考と言語研究会における発表(2021.7)を中心にまとめた。研究会の場をいただけたことに感謝する。

参考文献

- [1] 庄司博史, P・バックハウス, F・クルマン編(2009)“日本の言語景観”序文 pp9 三元社
- [2] 山口貞雄, “日光附近の地誌”, pp87, 古今書院 1934 年
- [3] 城北逸史編著(1907)“栃木縣營業便覧”, pp383-387, 東京全國營業便覧發行所, 年
- [4] 歌川広重(1858), “名所江戸百景 びくにはし雪中”, 出版者 魚栄, 国立国会図書館デジタルコレクション, <https://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/1312350>
- [5] 平松裕子, (2019) “日光の言語景観とインバウンド観光客のインタラクション-文化と伝統を超えて-”, 2019 年度日本認知科学会第 36 回大会, pp1043-1046
- [6] 守谷美千代 (2013) “日本語と日本文化における〈見立て〉”, 日本語日本文学日本語日本文学 (23), 1-14, 創価大学日本語日本文学会,
- [7] 早川聞多 (1995) “見立て絵について一見立ての構造と意味”, 『美術史の断面』, 清文堂出版, 1995 年
- [8] 観光庁 (2019), “スマートフォンを最大限活用した旅行スタイルへの変化”, https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kanko_vision/kankotf_dai16/sankou.pdf, 2019.1,

神戸における外国人居住地域の言語景観

Linguistic Landscapes in the Residential Areas for People with International and Multicultural Backgrounds in Kobe

森下 美和

Miwa Morishita

神戸学院大学

Kobe Gakuin University

miwa@gc.kobegakuin.ac.jp

Abstract

The author has investigated the linguistic landscapes in Kobe and other cities of touristic interests. This paper will give an overview of the findings so far regarding the areas where residents with international and multicultural backgrounds are densely populated in Kobe.

Keywords — Linguistic Landscape, Residential Area, Multilingual Translation

1. はじめに

2020年初頭以降、新型コロナウイルス感染症拡大防止措置のために国際的な人の往来が制限され、2019年まで増え続けていた日本へのインバウンド観光客は激減している。観光目的の入国は引き続き制限されており、JNTOの推計によると、2021年4月の訪日外国人数は10,900人で、2019年4月の293万人と比較すると99.6%の減少となっている [1].

著者はこれまで、地元である神戸やその他の観光都市における言語景観について、インバウンド観光支援の視点から、路上の案内表示、店舗内表示、メニュー表などを定期的に調査してきたが、インバウンド観光客の激減による影響は至る所に見られる。レストランや店舗で、新型コロナウイルス感染症拡大防止に関するお知らせなどを見かけることが増えたが、多くの場合、日本語表記のみである。多言語表記の看板やメニュー表の上に、日本語表記のみのお知らせが新たに貼られている例なども少なくない。

しかしながら、日本には、インバウンド観光客以外にも、中長期的に滞在あるいは定住している外国人がいる。神戸の場合、全人口に占める外国人居住者の割合が全国平均（約2%）に比べて高く、2019年12月現在での「在留外国人総数上位100自治体」のうち、30位に中央区（13,553人）、89位に長田区（7,143人）、99位に東灘区（6,505人）がそれぞれランクインしている [2]。2021年5月現在での神戸の「国籍別外国人住民数」は、表1の通りである [3].

表1 神戸の国籍別外国人住民数（2021年5月）

| | 国籍 | 人数 | % |
|----|--------|--------|------|
| 1 | 朝鮮・韓国 | 15,666 | 32.5 |
| 2 | 中国 | 12,757 | 26.5 |
| 3 | ベトナム | 8,061 | 16.7 |
| 4 | ネパール | 1,570 | 3.3 |
| 5 | フィリピン | 1,378 | 2.9 |
| 6 | 台湾 | 1,223 | 2.5 |
| 7 | 米国 | 1,002 | 2.1 |
| 8 | インド | 892 | 1.9 |
| 9 | インドネシア | 506 | 1.1 |
| 10 | ブラジル | 478 | 1.0 |
| | その他 | 4,653 | 9.5 |
| | 合計 | 48,186 | 100 |

中央区では、住民の約10%が外国人であり、その出身国も多岐にわたるため、「多文化共生」を目指した取り組みを行っている。同区内の外国人相談窓口では、英語・中国語以外にも、テレビ電話による通訳サポートにより、韓国語・ポルトガル語・スペイン語・ベトナム語・タガログ語・タイ語・フランス語・ネパール語・ヒンディ語・ロシア語に対応している [4].

2. 神戸における外国人コミュニティ

全人口における外国人居住者の割合が高いためか、神戸では、外国人の生活環境が他の都市に比べて整っているとされている。外国人コミュニティとしては、欧米系（塩屋カントリークラブ、神戸ウィメンズクラブなど）、韓国系（在日本大韓国民団兵庫県地方本部）、朝鮮系（在日本朝鮮人総聯合会兵庫県本部）、中国系（神戸華僑総会）、インド系（インドクラブ、インドソーシャルソサエティなど）、ブラジル系（関西ブラジル人コ

コミュニティ), ベトナム系 (NGO ベトナム in KOBE) などがある. さらに, 兵庫朝鮮学園, 神戸中華同文学校, カナディアンアカデミー, マリスト国際学校, 神戸ドイツ学院などの外国人学校や, 神戸ムスリムモスク (イスラム教), 関帝廟 (仏教/中国), ジェイン寺院 (ジャイナ教/インド), 関西ユダヤ教団 (ユダヤ教), キリスト教会 (カソリック, プロテスタントとも多数), 聖ミカエル大聖堂 (英国国教会) などの宗教施設も充実している [5].

田村 (2019) によると, 「外国人コミュニティ」は「外国にルーツのある人たちによって構成され, 運営されていること」「構成員のために何らかのサービスが提供されていること」「任意にコミュニティへの参加と退出が可能であること」の 3 つの要件を満たす集団として定義される. つまり, 同じ国の出身者や同じ地域で暮らす外国人で構成されるだけでなく, 実際には同じ宗教や生活背景を持つ外国人が, 地域や出身地を超えてコミュニティを形成することもある [6]. 神戸においても, 阪神・淡路大震災をきっかけに, 地域に暮らす日本人と外国人の相互理解や, 外国人コミュニティ間での民族を超えた交流がさかんになっている. コミュニティ放送局「FM わいわい」や「多文化共生センターひょうご」などの多言語・多文化の市民レベルの活動は, その顕著な例だと言える [5].

3. 外国人居住地域の言語景観

上述のように, 神戸には歴史的に多くの外国人が住んでおり, 地域によって居住者の国籍などに特徴が見られる. これらの居住地域では, 母語, 英語, 日本語, やさしい日本語などのうち, どの言語がどのように使用されているかというのも興味深いテーマである. 森下 (2021) は, 神戸の中でも外国人居住者の多い中央区, 兵庫区, 長田区の言語景観調査について報告した [7].

澤 (2004) によると, 在日インド人は, 1970 年代までの神戸におけるインド系移民 (オールドタイマーズ) と 1980 年代以降の首都圏におけるインド系移民 (ニューカマーズ) に大まかに分類することができる. 神戸におけるインド系移民は, 家族単位での居住と定住を特徴としている. そのコミュニティは現在, 繊維・電化製品を扱う Sindi (ヒンドゥー教徒), 真珠商人の Gujarati (ジャイナ教徒), 雑貨・自動車部品などを扱う Punjabi (シク教徒) の 3 つのグループから形成されている. 各グループは, 宗教施設を核とした強固でや

や排他的なネットワークを形成しており, 北野 (中央区) に集住しているのは Gujarati である [8]. インドの連邦公用語はヒンディー語で準公用語は英語であるが, Gujarati 州の公用語は Gujarati であり, また北野に住むインド人は大半が定住者で 2 世や 3 世も多い. 北野の言語景観調査でヒンディー語がほとんど見られなかったのは, 彼らが主に英語と日本語を使って生活しているからではないかと推測できる.

輸入食料品店の「北野グロサリーズ」では, インドや中近東の食材を中心に, ムスリムのためのハラール食品も販売している. 店内には, 至る所に商品説明などの貼り紙が見られるが, 同一内容の多言語併記ではなく, 相互に翻訳されていない複数の言語による記載が混在している. 顧客の使用言語がさまざまであること, 特定の商品を購入する顧客の傾向などが見て取れる.

インド人やユダヤ人のコミュニティがある北野では, 特定のコミュニティ向けの言語表記はほとんど見られなかった. コミュニティ内で情報共有がなされており, それ以外の情報がなくても日常生活が完結する, 日常会話レベルの英語や日本語ができる, などがその理由として考えられる. 北野は異人館で有名な人気の観光スポットではあるが, 同時に外国人が多く住む地域でもあるため, 誰に何を伝えるか, その目的によって言語景観も異なってくるだろう. 同じ中央区でも, 中華街のある南京町には, 外国語表記の看板はなかったが, 主に日本人観光客をターゲットにしているためだと考えられる.

兵庫区や長田区には, ベトナム人や韓国人が多く, それぞれ教会や寺院なども存在する. 中央区と異なり, これらの地域には, ノエビアスタジアムなどの一部施設を除いては観光スポットと言える場所はほとんどないため, 言語景観もほぼ住民向けのものであると考えられる. 実際, 兵庫区でベトナム人が経営するスーパーの店内には, ベトナム語表記しかなく, 商品の内容が分かりにくい. 中央区のインド人やユダヤ人と違い, 兵庫区や長田区のベトナム人の多くはニューカマーであり, 母語のみかやさしい日本語しか理解できない可能性が高いため, それが言語景観に反映していると言えるだろう.

4. まとめと今後の展望

神戸の外国人居住地域での調査では, 中央区に外国語表記が少なかった理由として, インバウンド観光客をターゲットにしていない, 外国語表記を必要として

いない人が多い, などの可能性が示されたが, これらを明らかにするためにはさらなる調査が必要である。

磯野 (2020) は, 海外の言語景観で見られる日本語のほとんどが日本語非母語話者によるもので, 特徴的に「間違えている日本語」「不自然・不適切な日本語」であるが, その原因を考え, 正しく直す練習は, 日本語学習者にとって有用な学習手段になると述べている [9]。日本の言語景観で見られる英語についても, 日本の英語学習者にとってほぼ同様のことが言える。本研究における言語景観調査では, 言語のみならず歴史や文化についても深く学ぶ機会が得られる。ゼミ活動とも連動させながら, コロナ禍の現在だからこそ, 日本にある外国に目を向けて調査を続けていく予定である。

謝辞

本研究は, 科研費基盤研究(C): 課題番号 20K00822『英語教育に生かす言語景観研究: 誤用分析と異文化コミュニケーションの観点から』(研究代表者: 森下美和), 科研費基盤研究(C): 課題番号 18K11849『ネット社会におけるインバウンド観光客・定住者を意識した文化伝達の言語表現』(研究代表者: 平松裕子), 科研費基盤研究(B): 課題番号 17H02249『ICTによる観光資源開発支援: 心理学的効果を応用した期待感向上』(研究代表者: 伊藤篤) の助成を受けている。

参考文献

- [1] JTB 総合研究所 (2021) 「インバウンド訪日外国人動向」
<https://www.tourism.jp/tourism-database/stats/inbound/>
- [2] e-Stat (2020) 「統計で見る日本」
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00250012&tstat=000001018034&cycle=1&year=20190&month=24101212&tclass1=000001060399&tclass2val=0>
- [3] 神戸市役所 (2021) 「国籍別外国人住民数」
<https://www.city.kobe.lg.jp/a47946/shise/toke/toukei/jinkou/kokusekibetsu.html>
- [4] KOBE 中央区 (2019) 「外国人相談窓口」
https://www.city.kobe.lg.jp/documents/24046/soudanmadoguti_1.pdf
- [5] 神戸市企画調整局企画調整部総合計画課 (2004) 「復興の総括・検証」神戸: 神戸市復興・活性化推進懇話会
- [6] 田村太郎 (2019) 「外国人コミュニティとの共生: これまでの経緯とこれからの期待」日本財団 Web マガジン「みらい」 Vol. 3
https://www.hitachi-zaidan.org/mirai/03/paper/pdf/Tamura_treatise.pdf
- [7] 森下美和 (2021) 「観光都市の言語景観: 神戸から海外へ」電子情報通信学会『信学技報』, vol. 120, no. 427, TL2020-22, 24-27.
- [8] 澤宗則 (2004) 「グローバリゼーション下のディアスポ

- ラ: 在日インド人のネットワークとコミュニティ」平成 13 年度～平成 15 年度文部科学省科学研究費補助金 (基盤研究 (C) (1)) 研究成果報告書
- [9] 磯野英治 (2020) 「言語景観から学ぶ日本語」大修館書店

ICTによる旅行の安心安全： ～ スマホアプリによる支援のありかた ～ Safety support during a trip by ICT - with smartphone application -

伊藤 篤

Atsushi Itoi

中央大学

Chuo University

atc.00s@g.chuo-u.ac.jp

概要

COVID-19 の蔓延に伴い、インバウンド観光客はゼロとなり約1年半が過ぎた。この間、海外からの観光客はゼロとなり、観光地への打撃は計り知れないものとなっている。本論文では、COVID-19 後の観光支援をテーマに、日光・奥日光において実施している、BLE (Bluetooth Low Energy) ビーコンを利用した観光案内アプリの開発の概要を述べる。特に、今年度、奥日光で実施している、BLE ビーコンの刷新と、健康の維持・促進・回復を主なテーマとした「ヘルスツーリズム」に向けた取り組みについて、その概要を報告する。

キーワード：COVID-19、観光支援アプリ、BLE ビーコン、ヘルスツーリズム、脳波

1. はじめに

COVID-19 の蔓延に伴い、インバウンド観光客はゼロとなり約1年半が過ぎた。この間、海外からの観光客はゼロとなり、観光地への打撃は計り知れないものとなっている。しかし、昨秋の GOTO Travel の人気を見てもわかるように、旅行の再開を待ちわびているひとは多い。国内だけでなく、海外にも多数いるはずである。今は、移動が制限されているため、HP や Youtube などの仮想的な体験で我慢しているひとたちも、COVID-19 収束後は、以前のように日本に来てくれると期待される。

しかし、経済的な疲弊と COVID-19 対策の影響による「おもてなし」のありかたにも大きな変化が発生すると考えられる。また、日本への旅行においては、これまで以上に充実した仮想体験により、さらに期待感が高まっている可能性もある。そのような場合、これまで以上に異文化あるいは非日常となった日本の文化に、人はどのように興味を持つのか、どのように受容していくのか。

また、良い面だけではない。インターネット上の情報や仮想体験は、興味深く面白い情報しか提供されないため、そこへのアクセスの困難さや、そこに存在す

る危険性などについては無防備なまま、現地に行ってしまう危険性もある。

COVID-19 後の観光ということでは、UNWTO が、”COVID-19 and Transforming Tourism”, (28 Aug in 2020) を刊行した[1]。それによれば、2020 年にはワールドワイドでは観光客数が 58%から 78%減少し、観光客の消費額は 2019 年の 1.5 兆ドルから 2020 年には 3,100～5,700 億ドルに減少するだけでなく、1 億人以上の観光関連の直接雇用が危険にさらされるとしている。その中では、自然も含め、地域に少人数で観光するということが推奨されているとともに、観光エコシステムのデジタル化が推奨されている。また、日本では、小泉環境大臣（当時）が、三密を避けながら自然を楽しむ、Go To 国立公園を提唱した[2]。

我々は、これまでに、日光・奥日光（日光国立公園 [3]）において、BLE (Bluetooth Low Energy) ビーコンを利用した観光案内アプリの開発を行ってきたが[4]、今後増加すると考えられる来訪者に対応するために、2021 年度に入って、BLE ビーコンとアプリの刷新を開始した。また、単に初めての来訪するひとに安心安全を含む情報を提供するだけでなく、健康の維持・促進・回復を主なテーマとした「ヘルスツーリズム」にも着目した観光支援について検討しているので、これらの取り組みの概要を報告する。

2. BLE ビーコンを利用した観光支援

BLE (Bluetooth Low Energy) ビーコンは、BLE の Advertising 機能を利用して、位置情報を配信する装置である。主には、屋内における位置測位に使われることが多いが [5, 6]、我々は、これまで、屋外における観光情報配信に利用してきた。これを使うことで、地図アプリで GPS を使い続けるのに比較して、スマホの消費電力を抑えることができるため、特に、戦場ヶ原の



図 1-1 新しい BLE ビーコンの外観 (サイズ: 125 x 80 x 25)



図 2-1(a) 設置したビーコン (木道)

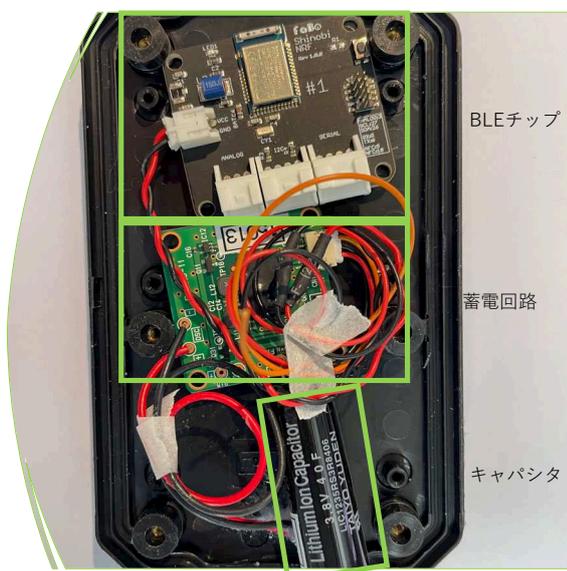


図 1-2 新しい BLE ビーコンの回路



図 2-1(b) 設置したビーコン (森林)



図 2-2 ビーコン発見時のポップアップ (バス停までの時間と、付近の説明が表示される)

ような、山岳地帯での利用に適している。

2021年度は、主に、BLE ビーコンサービスのインフラである BLE ビーコンの刷新を行っている。特に、戦場ヶ原は寒暖差が大きく、風雨にさらされる環境なので、防水対策強化と、効率の良い太陽電池の組み合わせで新しいビーコンを作成して、試験的に設置を開始している (図 1-1、1-2)。

今年作成したビーコンは、色素増感太陽電池 [7] を利用している。これは、通常使われる太陽電池と異なり、弱い光でも発電できるという特徴がある。通常、都市部に太陽電池を設置する場合は、冬のほうが、日照時間の関係で発電量が低下するが、戦場ヶ原のような森林に覆われた地域では、木々の葉に覆われる夏場のほうが発電量が低下しがちとなるため、直射日光が

無くとも発電できることが求められる。

図2-2に、ビーコンを発見したときの動作を示している。ビーコンからの電波を受信すると、ポップアップが表示され、その付近の案内と、出口までの距離とおおよその歩行時間が表示されるようになっている。

3. ヘルスツーリズム

近年、健康の維持・促進・回復を主なテーマとした「ヘルスツーリズム」が注目されており、2018年には国による旅と健康という視点からサービスの品質を客観的に評価する「ヘルスツーリズム認証制度」がスタートするほど意識が高まっている。ヘルスツーリズムとは、自然を利用して健康になることを目的とした旅行ビジネスの一形態である。ヘルスツーリズムは代表的に次に示す6つの活動が含まれており、ウォーキング・森林浴・温泉浴・水中運動・食事・健康相談である。既にいくつかの自治体では、ヘルスツーリズム企画が積極的に行われている。世界遺産に触れ五感を刺激しながらウォーキングを行い、また温泉浴も利用可能な「熊野古道健康ウォーキング」や山形県上山温泉の旅館に宿泊して健康志向の料理方法の学習及び温泉浴とウォーキングを行う「クアオルトバランス膳・朝食ウォーキング」などが事例として挙げられる[8,9]。

Global Wellness Tourism Economy - November 2018 [10]によれば、2017年において世界へのツーリズム市場は約6390億ドルである(表1)。さらに、コロナ禍以前の予測ではあるが、2017年から2022年にかけて、アジアや中東地域を中心として9194億ドルまで市場は拡大すると予測されている[11]。

ここから、世界的に「ヘルスツーリズム」の需要は伸びており、日本にはヘルスツーリズムの資源となる観光地や施設が多く存在している。現在は新型コロナ

ウイルスの影響によりインバウンドは逆風であるが、将来的に森林浴の効果を明らかにすることでヘルスツーリズムを始めとした観光市場への盛り上げに役立てることができるだろうと考える。

4. 脳波を利用した森林浴の効果測定

脳波と脳波を観光における印象検出に使った研究[12]や、景色の色彩と癒やしについて脳波を分析した研究[13]などがあるが、森林浴の効果測定に利用した研究は少ない。

我々は、これまでに、「ヘルスツーリズム」の中でも森林浴に着目し、実際に効果があるのかどうかを脳波センサを用いて分析、検討してきた[14,15]。これは、日光などの観光地で森林浴を行い、脳波センサを用いて測定することによりストレス及びリラクスの程度を測定するものである。これまでの調査では、川のせせらぎが聞こえるエリアや森の奥では、リラクセーション効果が高くなる結果を得ている。これに対して、同じく自然の中での活動として「グリーンツーリズム」体験として農作業を行うと、非日常的な行動をすることから脳が活性化され、ベータ波が増加する傾向が見られた。尚、脳波の分類は、文献[16]を参考にした。

このように、人間の行動と関連させて分析することで、逆に、どのようなところに行けばリラックスでき



図3 脳波センサ

表1 ヘルスツーリズムマーケット予測

Wellness Tourism Growth Projections, 2017-2022

| | Projected Expenditures (US\$ billions) | | Projected Average Annual Growth Rate |
|--|---|----------------|---|
| | 2017 | 2022 | 2017-2022 |
| North America | \$241.7 | \$311.3 | 5.2% |
| Europe | \$210.8 | \$275.0 | 5.5% |
| Asia-Pacific | \$136.7 | \$251.6 | 13.0% |
| Latin America-Caribbean | \$34.8 | \$54.7 | 9.5% |
| Middle East-North Africa | \$10.7 | \$18.7 | 11.8% |
| Africa | \$4.8 | \$8.1 | 11.1% |
| Total Wellness Tourism Industry | \$639.4 | \$919.4 | 7.5% |

Source: Global Wellness Institute estimates, based upon tourism industry data from Euromonitor International, economic data from the IMF, and GWI's data and projection model

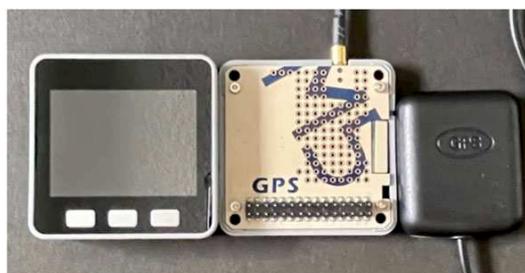


図4 脳波ロガー

るのかを知ることが可能になるのではないかと考えた。

リラックス情報をクラウド上で集約し、どのエリアがリラックス効果が高いかという情報を提供することで、旅行先の選択、旅行中の行動をサポートすることを目的として研究を進めている。ストレスとリラックスの度合を脳波から分析することで、ヘルスツーリズムだけでなくグリーンツーリズムのコンテンツ設計にも利用したいと考えている。観光における需要と供給のミスマッチを減らし、将来的により良い観光市場を作りあげることが出来るとされる。

現在実施している実験では、これまでと同様に、Mindsall社製の簡易脳波センサを利用している(図3)[14]。この脳波センサは、ヘッドバンド型であり、ヘッドバンドの内側に布製の電極がある。電極は、前頭葉付近(メイン)に1つ、また両耳(リファレンス)の2つの部分設置されている。前頭葉の電圧と、リファレンスの電圧の差分を、脳波データとして取り出している。尚、この脳波センサでは、脳波を取得するに際し、Neurosky社のSOCであるTGAM[15]が使用されている。通常、リファレンスを耳でとるために、耳にクリップを取り付けることが多いが、このようにすると、耳が痛くなり、長時間の利用が困難となる。この問題を解決するため、伸縮性のあるヘッドバンドと布製電極により、装着時の不快感、痛みを軽減している。センサbox(図3の下部)のサイズは、53mm x 30mm x 10mmである。センサboxは取り外しが可能であり、ヘッドバンド部分を洗うことができる。データは、BLEを使って外部に送信される。BLEを利用することで、10時間以上、連続で利用が可能であり、ハイキングなど、一日の行動におけるデータ収集が可能である。

また、脳波のログの収集に置いては、これまではiPhoneを利用してきたが、BLEの通信がしばしば切れるため、今回は、ログ取得専用のデバイスを準備する(図4)。このデバイスは、BLEを有する小型デバイスM5Stack[16](サイズ: 54mm x 54mm x 17mm)に、GPSモジュールを加えることで、脳波の値、位置、時刻を同期して取得することを可能としている。M5Stackは、CPUとしてESP32を使用しており、低消費電力なため、モバイルバッテリーでアシストすることで、長時間の利用が可能である。

次章で、中央大学多摩キャンパスにおいて実施した予備実験の結果を示す。



図5 中央大学多摩キャンパス MAP
(丸を付けた部分で測定)



図6 多摩キャンパスの中の稲荷神社

5. 予備実験の結果

上記のデバイスを利用して、中央大学多摩キャンパスで実施した、脳波と歩行環境に関する予備実験の結果を示す。中央大学多摩キャンパスは、図5に示すように、東西約1300m、南北約450m[17]の大きさのうち、多くの部分に武蔵野の自然林が残っており、ホテルが飛ぶ湧き水や小さな社(図6)もあり、日光でのトライアルのための事前実験に適していると考えた。

実験は図5の丸で示すエリアで実施した。中には、芝生の広場、鯉が泳ぐ池、自然林と小さなお稲荷さんなどがある。測定に使ったエリアの拡大図を図7に示す。1週するのに約30分くらいかかる。

図8に、データの一例を示す。時間は午前中、天気は晴れ、暑い日である。尚、図中では、β波が優位なポイント(リラックスできていないところ)を赤で示している。このデータでは、以下のような傾向が見られる。

- ・写真を撮ったポイントはβ波優位である
- ・上り坂ではβ波優位となっている(他のデータでは、雨の日は、坂が滑りやすいためと思われるが、下りもβ波優位となる傾向も見られた)

言語表現と認知機序との間隙

佐良木 昌

Saraki Masashi

明治大学

Meiji University

saraki@st.rim.or.jp

概要

人の認知過程では、「いま・ここ」という感覚的確信は意識において前提されている。しかし、何事かを言い表そうとする表現意識の下では、発話時や文起草の際、表現すべき意識内容、例えば伝達すべき情報、その配列機序が表現主体の母語の構造によって規定されることがある。例えば、英語の基本文型においては、主語—述語から発話や文が起こされることからして、行為主体・行為・行為対象の表現(SVO)が文頭に位置することになる。対照的に日本語では述語が文末に位置し、しかも主語が明示されない場合もあり、述語用言に係る連用句(いつ・どこで)が文頭に立ち易い。例えば、英語では Who>What>Where>When>Why の順が、日本語では、いつ>どこで>だれが>なにを>なぜの順が、一般的と思われる。このように、発話や叙述において、5Ws の情報配列に関する慣習が、異なる言語の使用者で異なっている。この相違について無反省のまま、訳文において原文の情報配列を替えてしまうといった傾向が認められる。本稿で検討する課題は、翻訳者自身の認知と叙述、それぞれの機序にしたがって原文の情報配列を替えてしまう、換言すれば、原文の情報配列を訳文において変更することの是非を問うことである。

1. 言語間 5Ws の差異

1.1. ウィキペディア

ここでは、ウィキペディアの各国版を照合してみる。英語版の記事 “Five Ws” [1] では、以下の順である。

- 1) Who was involved? 2) What happened?
- 3) Where did it take place? 4) When did it take place?
- 5) Why did that happen?

ドイツ語版の medien Wiki/ W-Fragen[2]によれば、ジャーナリズム文書においては、英語の配列と同じく下記の配列 [2] が観察される。

Journalistische Darstellungsformen beantworten in der Regel die folgenden Fragen:

- 1) Wer ist beteiligt? 2) Was ist geschehen?
- 3) Wo? 4) Wann?

5) Wie (Einzelheiten)? Warum? Woher stammt die Information (Quelle)?.

<https://www.medienwiki.org/index.php/W-Fragen/> (Accessed on 28.12.2018)

日本語版の記事 「5W1H」 [3] では、「

When (いつ) Where (どこで)

Who (誰が) What (何を)

Why (なぜ) をしたのか？」であり、英語版とは配列が異なっている。なお英語版 Wikipedia には、“Just So Stories/The Elephant's Child.” 1902 からの引用として、Their names are What and Why and When And How and Where and Who. が参照されているが、前記の英語版配列とは異なっている。

1.2. 叙述の機序

前項における 5Ws は単文を想定していると推定されるが、主節・従節の構成を備える複文については、日本語文では「なぜ」の従節が文頭に位置する傾向が顕著である。この日本語の特徴を踏まえて、複文の叙述について日英間の対照を以下試みる。

最初に、米国における作文指導を瞥見しよう。具体的な事柄を概括する語、または上位の概念を表わす語を用いて概念を先に述べ、次に具体的な事柄を記述する。こうすると左から右へと文章の流れに沿って筆者の認識内容を、読者が理解しやすい。数学論文指導のテキスト “Mathematical Writing” のなかで、Knuth は学生文書の添削例を示して語っている[4]。

“Try to make sentences easily comprehensible from left to right. For example, It would be better to write. We prove that <grunt> and <snort> implies <blah>. We prove that two conditions <grunt> and <snort> imply <blah>. Otherwise it seems at first that <grunt> and <snort> are being proved.”

また、長い主語は避け、キーワードを先頭に出し短くまとめるようにと、指導している例では、

× An important method for internal sorting is quick-sort.

○ Quick-sort is an important method for internal sorting, because ...

× A commonly used data structure is the priority queue.

○ Priority queues are significant components of the data

structures needed for many different applications.

学生文章の例では、まず具体的な事柄(<grunt> and <snort>)を述べる傾向が観て取れる。Knuth先生の添削では、具縦的な事柄を整理一括して上位概念で表している。Knuthは、まずは読者に伝えたい事柄を一言で表す概念から文を起すことを勧めている。文冒頭のSVOにおいて、筆者の考えなり判断なりが端的に示されていることから、読者は筆者の考えの大枠をつかむことができる。続いて、その後の詳細な内容展開についていける。このことを、Knuthは、“easily comprehensible from left to right”として表現している。続いて、その後の詳細な内容展開についていける。このことを、Knuthは、“easily comprehensible from left to right”として表現している。ただ、英語母語の学生であっても、クヌースが書き直した文(○)のように書くことは、大変なことのようだ。演繹的な文体が体得されるのは、レトリックあるいはテクニカルライティングのコースによる教育訓練によるもので、英語という言語の固有の性格によるものとは言えない。また、米国の大学教科書では、“a major idea”は主節で述べ、“subordinate ideas of lesser importance”は従節で述べると指導している。[5]

SUBORDINATE IDEAS OF LESSER IMPORTANCE

Expressing something in a subordinate construction usually implies that it has less significance than what appears in the main clause. It is a mistake, then, to use a main clause or a separate sentence for an idea to which the context assigns minor importance.

.....

DO NOT SUBORDINATE IDEAS OF PRIMARY IMPORTANCE

Subordinating a major idea is the opposite error to not subordinating a minor one.

以上の叙述に対する教育観点からすると、訓練された英語の叙述傾向とは概括から具体的詳細への展開であることが理解できる。たとえば、文冒頭の主語に直属する動詞・目的語から、これに続く関係代名詞節や従属接続詞節への流れが大勢であると理解できる。従って、5Wsの配列が、who>what>where>when>why となることも分かるのである[6]。

一方、日本語の文章展開は、具体的事柄を先に述べ、文の締めくくりとして命題を説き判断辞で締めくくる。英語の演繹的叙述とは逆の展開になっている。この点、英語学習者の英作文において、理由を先ず述べ結論は後にするといった傾向への影響が窺われる。すなわち、「日本人の中学・高校の学習者においては、それぞれ7割以上、6割以上の文が because を文頭で使用しているのに対し、英語母語話者では文頭に because を使用する例は、BROWN, LOB 共に1割に満たないという、非常に対照的な結果である」[7]。

上記の傾向は本稿筆者の調査とも符合する(以下に表

を引く)[6]。

表 従属接続詞の文頭出現頻度 “Time Almanac 1995” CD-ROM

| 接続詞 | 出現数 | 出現率 | 文頭 | 文頭率 |
|-----------|-------|-------|------|-------|
| If | 79408 | 55.4% | 9696 | 12.2% |
| When | 29992 | 20.9% | 9892 | 33.0% |
| While | 12643 | 8.8% | 3781 | 29.9% |
| Because* | 9922 | 6.9% | 1229 | 12.4% |
| Though† | 6659 | 4.6% | 2666 | 40.0% |
| Although† | 3369 | 2.4% | 2080 | 61.7% |
| Unless | 1329 | 0.9% | 264 | 19.9% |

* Because of/because of =10.5% † Although(Time では Thoughも)が文頭に出現する率が例外的に多い。

上記の統計的傾向では、主節先行(判断・結論)で従属節後続(因由・条件)というのが大勢である。

A Comprehensive Grammar of English Language (CGEと略称する)[9]における LOB コーパスの調査結果でも、because の出現位置は後続位置が圧倒的であるが、as, since の方は先行/後続の間に大きな差はない。

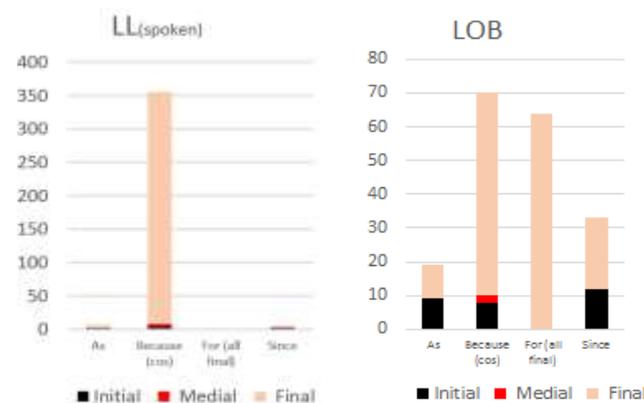


図: LOB 調査の従属接続詞出現位置 Based on Table 15.47, p. 1107 in CGE

2. 5Ws の和訳

事態認知、情報の優先順位、叙述の配列という三つの機序があり、区別する必要がある。翻訳においては、5Wsの配列に関わりなく概要が伝わればよいといった実際の要請の下では、配列が変わっても問題がないかもしれない。しかし、事実の伝え方が問題になるときには、どの情報が重要かという力点の置き方という原文の問題意識を正しく伝えなければならない。そのときには、原文の配列順を尊重しなければならない。例えば、英日翻訳において無意識に英語の情報配列を日本語の配列に変えてしまうといったことが起こるからである。逆に日本語作品の英訳において、日本語の叙述順序を、英文秩序に改変してしまうといったことも起こる。

ここで、米ジャーナリズムの作文指導テキストを例に和訳上の問題を検討してみる[10]。

The lead, whether it consist of one paragraph or more

(the bank story has two), is the unit of a news story. It must contain the who or what element as well as where and when, at least in simple form to be elaborated upon later in the story if necessary. This enables the lead to stand on its own in a sense.

In the bank story the essential elements are as follows:

WHO—three masked and armed men.

WHAT—robbed a bank and shot a teller.

WHERE—First National Bank (abbr.)

WHEN—about 10 A. M. Tuesday

W. K. Agee, P. H. Ault, and E. Emery 1983: 38

上記引用の英文の情報配列は who>what>where>when の順であるが、これを翻訳において「いつ」「どこ」「だれが」「何をした」が最も重要である」[11]と改編することは、妥当性を欠く。翻訳者自身の認知と叙述との機序にしたがって原文の情報を配列替えしてしまうならば、原文の機序と乖離してしまうのである。こうした違いがあるため、翻訳文において、情報配列を原文準拠とするか、目標言語の配列順に転換するか、いずれかの判断が要る。その判断根拠と翻訳技法とを明確にすることが求められる。

3. 事例研究：日本語従節の英訳

ここで、ネイティブの翻訳者トム・ガリー氏の見解を聞こう。以下、ガリー氏の『英語で楽しむ寺田寅彦』から引用する（丸囲み番号および下線は引用者によるもの）。

「①百貨店のひどく込み合う時刻に、第一階の昇降機入り口におおぜい詰めかけて待っている。②昇降箱が到着して扉とびらが開くと先を争って押し合いへし合いながら乗り込む。そうして③それが二階へ来ると、もうさっさと出てしまう人が時々ある。④出るときにはやはりすしづめの人々を押し分けて出なければならないのである。

このエッセーを翻訳しはじめたときに、最初の部分を①When ②When ③When ④When と仮にした。数日後、それを読み返したらすべてのセンテンスが When で始まることに気がついた。第1章「藤の実」でも書いたように、同じ単語を繰り返すことでそれを指すことを強調できるが、ここでは When を強調する必要がないので、最終版では When を一回のみにしたその他にもこの部分でいろいろ変えた。作文にも翻訳にも、絶えざる推敲が必須なのだ。」[12]

First draft

“①When a department store is very crowded, a throng of people will be waiting at the elevators on the first floor. ②When an elevator arrives and the door opens, the people in the crowd push and shove

to try to board first. ③When the elevator reaches the second floor, sometimes some passengers will already get off. ④When they do so, they have to push through the crush of other passengers.”

Final draft

“①In a crowded department store, a throng of people wait at the elevators on the first floor. ②An elevator arrives, the door opens, and the crowd pushes and shoves into it, each trying to board first. ③When the elevator reaches the second floor, some passengers might already rush to get off, forcing their way through the crush of bodies. ④One might think that, if they wanted to go up only one floor, they could have done so using their own legs without having to depend on a jam-packed elevators.”

最初の翻訳では、原文の叙述順序にしたがっている。ガリー氏は When で始まる文章が繰り返されていることに気づき、この反復はガリー氏の意図しない強調になっていると考えた。そこで、最初の翻訳を、反省し考えを整理しながら翻訳文を見直した。その推敲過程で叙述が整理された。こうした労苦の過程を経て、堅固な構造を備えた英文が作られる。ガリー氏は云う。「作文にも翻訳にも、絶えざる推敲が必須なのだ。」寅彦の叙述は、「・・・すると、～」という順序が、最初の訳文では” When・・・, ～であったものが、最終訳文では大略以下のように改定されている。

- ① In a crowded department store という場所の指定に、When 節「時点」から変わっている
- ②・・・, and ～という事態推移の表現に変わっている
- ③ When-clause 変更なしだが分詞構文を追加
- ④「すしづめ」という比喻を jam-packed と工夫している

推敲課程では、最初の原文の意味解釈、すなわち原文が表している事態についてのガリー氏の認識も変わったのではないかと推察するからである：

- ① 時の認知が場所の認定に変更されている
- ② 事の起こりのタイミングが原文及び初訳では表現されているが、最終訳文では事態の推移（あるいは and が因果性を含む表現ならば事態の連動）として動的に表現されている
- ③ 原文③の説明不足を補って forcing 以下の分詞構文の説明を追加して、④への繋ぎを準備している
- ④ 混んだエレベータから出る人の状態を、③との脈絡が分かるようにしている

以上の引用箇所においては、訳文の叙述過程は、ほぼ原文と同じである。

4. 若干の考察

一方、少し後の箇所 (pp. 22-23) では、「・・・に立って、～を見ていると一つの顕著な事実に気が付く」の訳文は、原文の主語なしのためか、人一般のこととしての表現であり One notices ~ when standing・・・ and observing～と叙述過程が主節・従節へと前後入れ替わっている。寅彦は「見る→気が付く」というに現実過程＝認知過程として表現しているが、訳文では認識結果から文をおこしているため、認識結果から遡及する形で現実過程を表現している。だから、認知過程とは切り離された理論的記述となっている。したがって、「見ている」という知覚的表現が「観察している observing」という理論的表現になっている。こうしたところには訳者の事態の捉え返しという認知作用があるかもしれない。

あるいは、科学者寅彦という点を考えて科学者なら観察的に事態を観ているだろうという推定が働いているかもしれない。実際、寅彦の当該段落は科学的分析的説明である。そのため、寅彦が観察結果を報告する段落としてガリー氏が捉えたとも言える。この認識に立てば事態の報告という叙述方式ではなく観察結果の報告に適した叙述方式が適切という判断になるだろう。約言すれば、翻訳過程において、訳者が、母語で、原文段落が表す事態を捉え返すという過程があり、当該パラグラフの性格に応じて翻訳文の叙述方式を選ぶだろう。このような翻訳における認知と叙述との相関関係について、論議を深めることが期待される。

謝辞

本稿は、日本学術振興会の科学研究費助成事業の「基盤研究(C)」(課題番号 21K00744)「高度翻訳知識に基づく翻訳文法の構築に関する研究」および「基盤研究(C)」(課題番号 18K11849「ネット社会におけるインバウンド観光客・定住者を意識した文化伝達の言語表現」)による支援を受けている。

参考文献

- エティ一般セッション, 2019
- [7] 立川研一「日本人初級英語学習者の Writing における 'because' の使用傾向」大分大学教育学部研究紀要 41 巻 2 号 301-312(2020)
- [8] 佐良木昌・宮澤織枝「従属接続詞による英語因由表現の諸相」信学技報 118(516), 65-70, 2019-03-18
- [9] Quirk, R, et.al, A Comprehensive Grammar of the English Language
- [10] W. K. Agee, P. H. Ault, and E. Emery, Reporting and Writing the News, pp.35-41, Harper & Row, New York, 1983
- [11] 神門典子「認識特性に基づくテキスト構造の分析：日英新聞記事を例として」学術情報センター紀要第 8 号, p.111, pp.107-129, 1996
- [12] トム・ガリー, 英語で楽しむ寺田寅彦, 18-19, 岩波書店, 2013
- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Five_Ws/ (Accessed on 28.12.2018)
- [2] <https://www.medienwiki.org/index.php/W-Fragen/> (Accessed on 28.12.2018)
- [3] <https://ja.wikipedia.org/wiki/5W1H/> (Accessed on 28.12.2018)
- [4] クヌース, クヌース先生のドキュメント纂法, 有澤誠訳, 共立出版, 1989,
http://jmlr.csail.mit.edu/reviewing-papers/knuth_mathematical_writing.pdf browsed in july/2021
- [5] Kane, Thomas S, The Oxford Guide to Writing: A Rhetoric and Handbook for College Students” Oxford University Press, pp.219-220, 1983
- [6] 佐良木昌, 認知機序と 5 W 表現順序との言語間相違, 電子情報通信学会総合大会基礎・境界ソサイ

AR 技術を用いた観光情報の提示手法に関する検討

An Examination on Sightseeing Information Presentation Using Augmented Reality

藤原 智宏[†], 金成 慧[†], 伊藤 篤[‡], 佐藤 美恵[†]
Tomohiro Fujiwara[†], Kei Kanari[†], Atsushi Ito, Mie Sato[†]

[†]宇都宮大学, [‡]中央大学
[†]Utsunomiya University, [‡]Chuo University
mc216531@cc.utsunomiya-u.ac.jp

概要

携帯端末の普及や開発技術の向上により, AR (Augmented Reality) は誰でも容易に扱えるようになりつつあり, AR を観光支援に応用した研究開発も行われている. 一方で, 近年, VR (Virtual Reality) における視線入力に関する研究は数多く行われているが, AR と視線入力を組み合わせた研究は少ない. そこで本研究では, 栃木県の観光スポットに関する AR 情報の提示手法として, 視線入力による手法を, コントローラによる手法, 視線とコントローラを組み合わせた手法, スマートフォンを用いる手法と比較し, 手法の快適性や AR 情報の見やすさについて, 被験者実験により調査した. 実験の結果, 視線入力による手法が他の 3 つの手法よりも有用である可能性が示唆された.

キーワード: 観光情報, AR 技術, 視線入力

1. はじめに

AR とは拡張現実の略称であり, 現実世界に仮想の視覚情報 (AR 情報) を重畳表示することで, 現実を仮想的に拡張する技術のことである. AR 情報の観光支援への研究は以前から盛んに行われている[1][2]. AR を観光支援に用いた商品例としては, StartiaLab 社の“COCOAR”やエム・ソフト社の“かんぶら”などがあり, これらはポスターやパンフレット, ガイドマップ上に AR 情報を表示して, 観光情報を効果的に発信している. しかしながら, これらは AR 情報を表示するために, スマートフォンなどの表示デバイスを手に持つ必要があり, 荷物など手がふさがっていることが多いと考えられる観光客にとっては使いづらい面も考えられる.

近年, 視線入力に関する研究が数多く行われている[3][4][5]. 関連研究[3]では, VR 空間で, オブジェクトの選択タスクについて, コントローラ, 注視, 注視+コントローラの 3 手法で比較した. 関連研究[4]では, VR

空間内での視線による文字入力のための基礎検討として, ボタンまでの距離について検討した. 関連研究[5]では, HMD を用いる 3 つの新しい視線ベースのインタラクション技術を提案し, ユーザエクスペリエンスについて調査した. このように, VR 空間での視線入力に関する研究は多く存在するが, 視線入力と AR を組み合わせた研究は少ない. この理由として, AR では仮想と現実の両空間を高精度に整合する必要がある, VR 空間での視線入力よりも複雑で高度な処理が要求されることが考えられる.

本研究では, AR と視線入力を組み合わせることで, ハンズフリーの状態でも AR 情報を観光客に提供することを目的とする. ここでは, AR 情報は栃木県の観光スポットに関する情報とし, 栃木県の地図上に提示する. 先行研究[6]では, 視線入力が AR 情報の提示手法として有用化を調査するために, 視線入力による手法と, コントローラによる手法, 視線とコントローラを組み合わせた手法, タブレットを用いる手法の 4 手法を比較した. 結果として, 視線入力として用いた注視では, 他の手法と比べ, 情報提示が難しいことが示された. その理由として, 視線が一定せずに注視時間の計測が正確にできず, 被験者の意図した入力をとらえることが困難であったことが挙げられた. そこで本論文では, 視線の不安定さを軽減させた注視時間の軽装方法を実装し, 再度, 視線入力による手法と, コントローラによる手法, 視線とコントローラの組み合わせた手法, スマートフォンを用いる手法を, 手が塞がっている状況下と比較し, 手法の快適性や AR 情報の見やすさについて, 被験者実験により調査する.

2. AR 情報の提示システムと手法の概要

本システムは, ステレオカメラ (ZED mini) を取り付けたヘッドマウントディスプレイ (HMD, VIVE Pro Eye), HMD 付属のコントローラ及び, 赤外線センサ (ベースステーション), スマートフォン (Google Pixel 5),

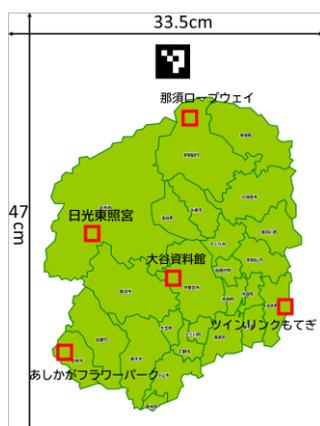


図 1 : 実験で用いる地図

PC(OS : Windows10, CPU : i9-9900KF, GPU : GeForce GTX 1660Ti)から構成される。

実験で用いる地図を図 1 に示す。今回は観光スポットとして、日光東照宮、那須ロープウェイ、あしががフラワーパーク、大谷資料館、ツインリンクもてぎを取り上げる。地図に記載された各観光スポットの位置に、透明なオブジェクトを配置し、地図上の AR マーカをカメラで認識したら、オブジェクトが表示される。そのオブジェクトに対して後述する 4 つの手法により入力操作を行うことで、AR 情報を提示する。提示される情報の概略を図 2 に示す。今回は提示する AR 情報は、観光スポットを訪れる際に必要とされる、写真、説明文、所在地、料金、時間である。矢印ボタンを操作することで、写真を切り替えることができ、×ボタンを操作することで、AR 情報を閉じることができる。また、所在地、料金、時間と書かれたメニューボタンがあり、それぞれに入力操作を行うことで、対応した追加の AR 情報の表示または非表示を切り替えることができる。図 3-6 に被験者が HMD 上で実際に見る AR 情報を示す。

本実験で用いる 4 つの手法について説明する。

- HMD を装着した状態で、HMD のアイトラッキング機能を用いた視線入力による手法では、1 秒間、注視すると AR 情報を表示する。また、矢印ボタン、メニューボタンは 0.5 秒間、×ボタンは 0.8 秒間、それぞれ注視すると操作できる。これらの注視時間は 3 節で説明する予備実験の結果を基に設定した。
- 視線とコントローラの組み合わせた手法では、視線を向けた状態でコントローラのトリガーを引くことで AR 情報を表示する。
- コントローラによる手法では、コントローラか

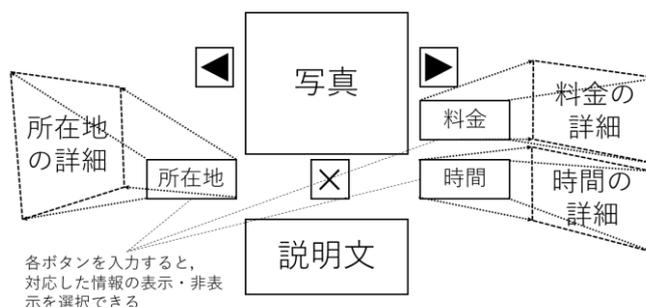


図 2 : 提示する AR 情報



図 3 : 被験者が見る中央画面 写真 (HMD 上)



図 4 : 被験者が見る左画面 地図 (HMD 上)

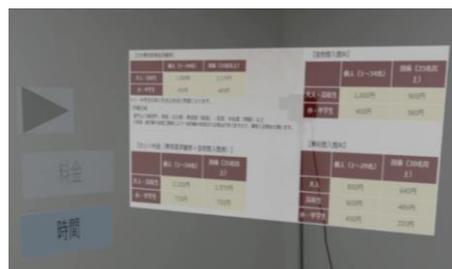


図 5 : 被験者が見る右画面 料金 (HMD 上)

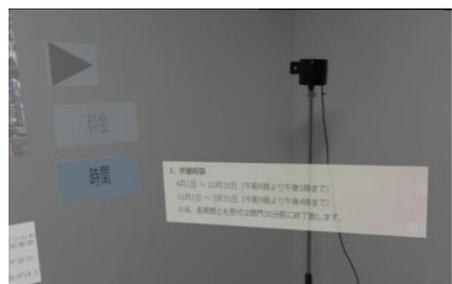


図 6 : 被験者が見る右画面 時間 (HMD 上)

ら伸びる光線を向けた状態でトリガーを引くことで AR 情報を表示する。コントローラから伸びる光線を図 7 に示す。

- スマートフォンを用いる手法では、画面上でタップすることで AR 情報を表示する。

図 3-6 が示すように、表示する AR 情報、ボタンは半透明になっているが、視線を用いる 2 手法では視線が向いている時だけ不透明になる。これにより、被験者は視線の位置を把握することができる。コントローラのみ手法では、コントローラを向けている状態でトリガーを引くことで半透明または不透明を切り替えることができる。スマートフォンを用いる手法では、AR 情報をタップすることで半透明または不透明を切り替えることができる。



図 7: コントローラから伸びる光線

3. 注視時間の選定

前節で説明した本システムに実装する注視時間を選定するために、予備実験を行った。予備実験では、観光スポットの AR 情報を表示し、写真を切り替え、AR 情報を消すという一連の作業を、注視時間の設定を変えた 5 条件で行ってもらった。注視時間の設定は、関連研究[5], [7]を参考にし、0.5 秒, 0.8 秒, 1.0 秒, 1.2 秒, 1.5 秒の 5 条件とした。全条件での操作を終えてから、AR 情報の表示と矢印, ×ボタンの操作それぞれについて、どの条件が入力しやすかったかを回答してもらった。被験者は 22 歳から 24 歳までの男性 2 名, 女性 3 名の計 5 名であった。

結果として、AR 情報の表示に関して 5 名中 4 名が 1.0 秒と回答し、1 名が 0.8 秒と回答した。1.0 秒が選ばれた理由としては、注視時間が短いと、地図を見ている際に意図せずに観光スポットの AR 情報を表示されることが生じるが、1.0 秒間の注視時間では無意識の注視が含まれにくいことが挙げられた。また、注視時間が長いと、直感的でなく利便性が低下することが考えられた。ボタンの操作については、5 名全員が 0.5 秒と回答した。矢印や×ボタンは、仮想空間上で AR 情報と被

らない常に決まった位置関係で提示されるため、誤って入力されることがほとんどないことから、最も短い時間である 0.5 秒が選ばれたと考えられた。しかし、AR 情報を閉じることができる×ボタンについては、万が一の誤操作を避けるために、0.8 秒に設定した。

4. 視線入力による AR 情報の提示手法に関する有用性の調査

本実験では、最初に被験者の視力や VR, アイトラッキングの経験を調べるために、事前アンケートに回答してもらう。その後、練習試行を行う。練習試行では、練習用の観光スポットに対して、各手法により AR 情報を表示し、手法の操作方法、AR 情報の内容を確認してから、選択問題に解答してもらう。このとき、手が塞がっている状況を想定するため、問題用紙を挟んだバインダーを手に持ち、AR 情報を見ながら選択問題を解いてもらう。選択問題は AR 情報に関連した問題とし、その構成は説明文から 2 問、所在地から 1 問、料金から 2 問、時間から 1 問の計 6 問となっている。被験者が全問正解することでできたなら、練習試行は終了とする。練習試行の後、本試行を行う。本試行では、4 つの手法のうち HMD を用いる 3 手法をランダムに行い、スマートフォンを用いる手法を最後に行ってもらう。

被験者に見てもらった観光スポットは、各手法につき 1 箇所がランダムに指定される。被験者は、問題用紙を挟んだバインダーを手に持ちながら、指定された観光スポットの AR 情報を表示し、まず、矢印ボタンを操作して 3 枚の写真を順に見てから 1 枚目の写真まで戻す。その後、実験者の合図に従い、観光スポットの所在地、料金、時間についての AR 情報を表示しながら、バインダー上の問題用紙に書かれた選択問題に解答する。このとき、問題を読んで必要な情報を探索しながら解いてもらうため、被験者には 1 問ずつ AR 情報を表示してから解答してもらう。これは、問題を解いている途中に入力操作を挟むことで、手を使う作業中での各手法を評価するためである。視線入力による手法での実験の様子を図 8 に示す。被験者は、選択問題すべてに解答し終えた時点でその旨を伝える。実験者は、被験者が AR 情報を表示しながら選択問題を解答し終えるまでに時間をタスク完了時間として計測する。そして、1 手法が終了する度に、被験者には、手法と AR 情報についての評価シートに、リッカート尺度を用いた 7 段階評価で回答してもらう。評価シートの質問項目を表 1

に示す。また、Q6からQ8では、それぞれ違和感、ストレス、疲れを感じた場合にその理由も記入してもらう。

最後に、事後アンケートとして、4手法に順位を付けてもらう。被験者は22歳から24歳までの男性6名であり、全員が正常な視力、または矯正された視力を有している。VRおよびアイトラッキングの経験がある被験者は4名である。



図 8：実験の様子

表 1：質問項目

| | |
|----|--------------------|
| Q1 | 提示された情報は見やすかったですか |
| Q2 | 情報を簡単に表示できましたか |
| Q3 | 情報を直感的に表示できましたか |
| Q4 | 問題用紙への記入はしやすかったですか |
| Q5 | AR マーカは気になりましたか |
| Q6 | この手法は違和感なく行えましたか |
| Q7 | この手法はストレスを感じましたか |
| Q8 | この手法は疲れましたか |

5. 結果と考察

Q1からQ8の結果について、データ数が少なくノンパラメトリックであるため、対応のある3群以上の間の比較で用いるFriedman検定を行い、手法間での有意差の有無を調べた。その結果、Q4では有意性が見られたが、それ以外では有意差は見られなかった。図9-11にQ1, Q3, Q4の得点分布を示した箱ひげ図と平均得点(×印)を、図12にタスク完了時間の時間分布と平均時間(×印)をそれぞれ示す。

Q1の結果を図9に示す。図9では、HMDを用いる3手法よりもスマートフォンを用いる手法が低い評価となっている。この理由として、HMDに比べてスマートフォンの画面が小さく、情報が見つらいことが考えられる。Q2では、4つの手法間で情報表示の難易度に顕著な違いがなかったと考えられる。これは、注視時間

の設定を見直したことにより、先行研究よりも視線入力による手法が改良されていることを示している。Q3の結果を図10に示す。図10では、すべての手法で評価が高かったため、今回用いた手法は直感的であったと言える。Q4では有意性($p < 0.05$)が見られたため、Holmの多重比較を行ったが、手法間での有意差は見られなかった。Q4の結果を図11に示す。図11では、視線入力による手法が他の手法と比べて高い評価となった。これは、コントローラ、スマートフォンを持つ必要がある手法に対して、ハンズフリーである視線入力による手法の利点を示している。Q5では、ほとんどの被験者が気にならないと回答した。これは、提示されたAR情報に注目し、マーカが気にならなくなるためと考えられる。Q6では、スマートフォンを用いる手法で違和感を得ている被験者が複数人見られた。その理由として、バインダーとスマートフォンを一緒に持つ必要があるため、持ち方に対して違和感が生じたことが挙げられた。また、視線とコントローラを組み合わせた手法において、視線とコントローラは別々であるのに、組み合わせていることに違和感があると述べていた被験者もいた。Q7では、各手法でストレスを感じていた被験者が見られた。理由として、HMDの重さ、ステレオカメラの視野角やスマートフォンの表示面積の不十分さが挙げられた。Q8では、各手法で疲れを感じていた被験者が多数見られた。理由として、Q7と同様の理由のほかに、スマートフォンを用いる手法で文字が小さいが、拡大機能がなく読みづらかったことが挙げられた。Q7, Q8より、どの手法においても各デバイスでの不便な点が存在し、それによってストレスや疲れを感じると考えられる。

タスク完了時間の結果を図12に示す。Friedman検定の結果、有意性は見られなかった。しかし、コントローラによる手法で時間を要した被験者が複数見られた。これは、コントローラによる手法では入力操作としてコントローラを対象に向ける動作を含むため、大きな動作を必要としない他の手法よりも時間がかかったと考えられる。つまり、視線入力による手法では注視時間が必要であるが、コントローラによる手法よりも効率的に操作が行える可能性が示唆される。

事後アンケートの順位付けについて、1位を4ポイント、2位を3ポイント、3位を2ポイント、4位を1ポイントとして、合計得点を計算した。その結果を図13に示す。Friedman検定の結果、有意性は見られなかったが、図13に示すように、視線入力による手法が最

も高い評価となった。これは、手が塞がっている条件下において、視線入力による手法が有用であることを示唆している。

全体として、視線入力による手法の有用性が示唆され、注視時間の設定を見直しことによる効果が示された。また、手が塞がっている状況の際には、ハンズフリーである視線入力による手法が有効であると考えられる。しかし、データ数が少ないため、今後、被験者を増やして検討する必要がある。

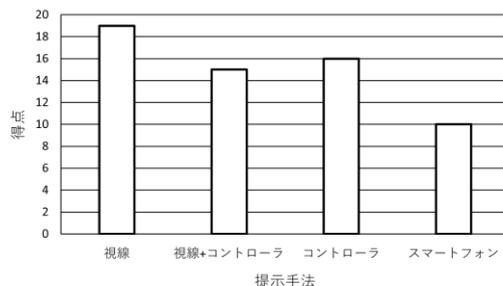


図 13: 順位付けによる評価

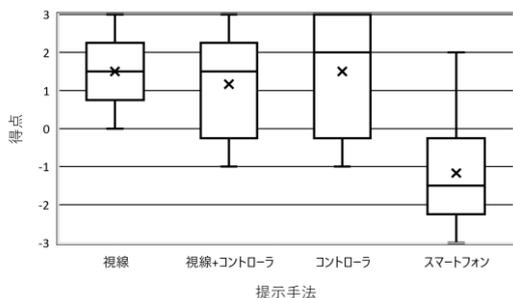


図 9: Q1 提示された情報は見やすかったですか

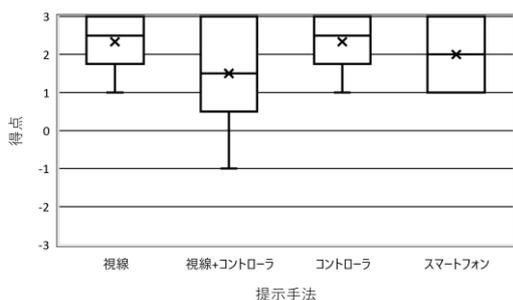


図 10: Q3 情報を直感的に表示できましたか

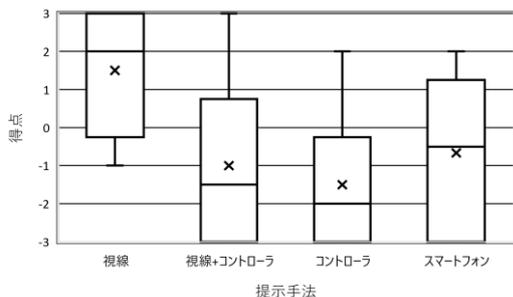


図 11: Q4 問題用紙への記入はしやすかったですか

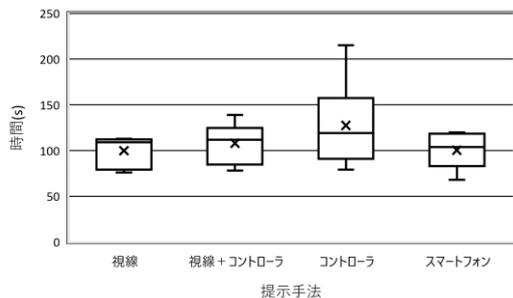


図 12: タスク完了時間

6. おわりに

本研究では、注視時間の設定を見直した視線入力による手法を含めた4つの手法でAR情報を提示した。実験では、各手法によりAR情報を表示し、選択問題に解答してもらった。そして、手法の快適性やAR情報の見やすさについて、各手法の評価結果を比較した結果、視線入力による手法の有用性が示唆された。これにより、荷物など手がふさがっていることが多いと考えられる観光客へのAR情報の提示方法として、ハンズフリーである視線入力による手法が期待できると考えられる。

今後は、データ数が少ないため被験者を増やし、より多くのデータで検討する必要がある。

本研究はJSPS 科研費 JP19K12180, JP17H02249 の助成を受けて実施した。

文献

- [1] 深田秀実, 他, (2011)“画像認識型 AR 技術を用いた観光情報提供システムの提案”, 情報処理学会, Vol.2011-IS-115, No.13.
- [2] 高橋亨輔, 他, (2012)“拡張現実を用いた個人が主体となる観光案内アプリケーションの提案”, 第 28 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.398-401.
- [3] Tomi Nukarinen, et al. , (2018) “Evaluating Ray Casting and Two Gaze-Based Pointing Techniques for Object Selection in Virtual Reality”, In Proc. 24th ACM Symp. on Virtual Reality Software and Technology, VRST '18, No.86, pp.1-2
- [4] 村田 朋美, 他, (2018) “VR 空間内での視線入力に関する基礎的検討”, 情報処理学会研究報告, 22.
- [5] Thammathip Piumsomboon, et al. , (2017) “Exploring natural eye-gaze-based interaction for immersive virtual reality” , 2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI), 36-39.
- [6] 藤原智宏, 元浦菜摘, 金成慧, 佐藤美恵, (2021)“視線入力による AR 情報の提示手法に関する検討”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.45, No.6, pp.45-48.
- [7] 村田 和義, 他, (2018) “身体動作を用いたオブジェクト選択における許容可能な滞留時間の検討”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.20, No.4.

圏論による意味推論のモデリング

Category theoretic approach to meaning inference

日高 昇平[†]

Shohei Hidaka

[†]北陸先端科学技術大学院大学

Japan Advanced Institute of Science and Technology

概要

同じ感覚・言語データに対して、我々は異なる意味や解釈を見出す。こうした意味推論に関する論考は心の哲学分野で深められてきたが、計算可能な形式は未整備である。これに対し、本研究は意味推論の最小課題として数列の類推問題を対象とし、その典型的な人の推論を説明する数理モデルを提示する。このモデルは、系統的な傾向性をもつ人の主観的な解釈の生起機序の解明を目指す「数理現象学」の萌芽ともいえるだろう。

キーワード：意味推論 (meaning inference), 類推 (analogy), モノイド (monoid), 圏論 (category theory)

1. 同じデータの異なる意味・解釈

我々は同じ(はずの)データから、異なる意味や解釈を見出す。あるいはデータの見方を変えて、過去の捉え方とは異なる捉え方を得ることがある。いわゆる曖昧図形と呼ばれるものが、そうした同一の感覚データに対する異なる知覚的解釈が生起する現象の顕著な一例になっている。その代表的な一つとしてネッカーキューブ(Necker cube)[5]と呼ばれる平面図形(図1a)がある。ネッカーキューブは一義的には平面図形であるが、それに対して我々は典型的には立方体のような立体図形を知覚する。

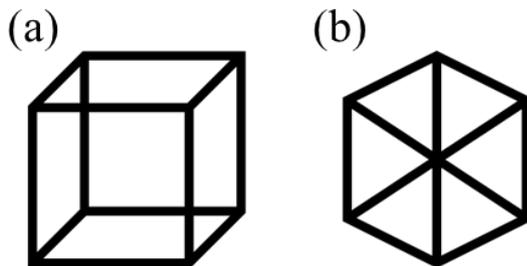


図1: (a) ネッカーキューブ、(b) コッファーマンキューブ

2. 意味推論のパラドックス

一見して全く同一のデータに対して、複数の異なる解釈があり得る現象は、以下で意味推論のパラドックスと呼ばれる問題においても取り上げられる。

Wittgenstein は、文や言語の意味にある本質的な不定性に着目し、論理的にその意味を確定することはできないことを、多くの思考実験を例に挙げて論証した[8]。この思想に通底するのは、言語そのものには本質的な意味を表明する性質はなく、その言語の使い手の使い方、言語の意味が潜在的に表現されるという考え方である。つまり、Wittgenstein によれば、「言語ゲーム」のプレイヤーの振る舞いが、言語の意味を反映する。

それでは、あるゲームのプレイヤーの振る舞いを観測するだけで、そのゲームの規則を推定することは可能だろうか。この問題は、帰納推論の困難性を導く。すなわち、有限の事例の観測を基にした帰納推論は、常に潜在的な誤りの可能性をもつ。この問題を、Goodman [1]は「Glue のパラドックス」という言語の意味に関する思考実験で指摘し、Kripke [3]は「クアス算」という仮説的な演算の思考実験にて指摘した。

つまり、Wittgenstein によれば、意味の推論は、プレイヤーの振る舞いに基づく帰納推論に帰着するが、しかし、その帰納推論は論理的な不確定性の問題をはらむ。しかし、人はそうした原理的に不確定性を有する問題(例えば、図1(a)のネッカーキューブ)に対して、一定の方向性を持った解釈をする経験的な傾向を示す。こうした意味の推論に関する、理論的な論考の帰結と、経験的な人の傾向との間の矛盾を、本稿では意味推論のパラドックスと呼ぶ。

3. 意味推論のトイモデルとしての類推

意味推論のパラドックスを解消し、人の意味推論を説明する理論を構築する道筋の一つとして、ある与えられたデータに対して人が典型的に解釈する構造を数理的に解析するアプローチがある。

先に上げたネッカーキューブの立体構造に関して、日高・高橋[8]は、ネッカーキューブの特殊な構造をアフィン同型群により特徴づけ、立体的な知覚が相対的に生じにくいコッファーマンキューブ(図1(b), [2])との違いを説明した。

こうした特殊な構造をもつ問題における意味推論は、これまで上げてきた知覚・錯覚現象にとどまらない。一見して、知覚とは全く無関係に見える数列の類推に関しても、ネッカーキューブと同様の数理的な解析が可能であることが分かってきている。

以下では、近年、日高ら[15]が取り組むもう一つの意味推論課題の一つとして、数列の類推問題を紹介する。

三つ組み数列の類推問題

問: 三つ組み数列を三つ組み数列に変換するある関数 f を適用したところ、以下ようになった:

$$f(1, 3, 7) = (3, 7, 1)$$

$$f(2, 5, 6) = (5, 6, 2)$$

このとき、 $f(4, 9, 8)$ の値はどうか答えよ。

この数列類推問題の答えとして、最も典型的な答えは

$$f(4, 9, 8) = (9, 8, 4)$$

である。実際、オンライン調査を行ったところ、 $62/63=99\%$ がこの答を選んだ($N=63$)。

多くの読者は、この答は当然のことでほかに選択肢もないだろうと思われるかもしれない。しかし、ある種の論理に基づけば、この問題のあり得る答えは無限に存在する。つまり、以下の答え(a, b, c)にどのような実数を入れても、それを満たす関数 f は存在する:

$$f(4, 9, 8) = (a, b, c).$$

これは線形代数の問題として具体的に考えれば(すなわち、 f を線形関数に限れば)、ある答え $f(4, 9, 8) = (a, b, c)$ に一致する関数 f がちょうど一つあることは明確である(線形関数に限る必要はないが、それに限っても関数は無限に存在する)。

つまり、この類推問題は、論理的に考えれば、ある関数 f として可能な解釈が無限に存在するにも関わらず、人が経験的には一定の方向性で、その数列の意味(i.e., ここでは数列を満たす規則・関数)を推論する現象の一例となっている。

4. 意味推論への圏論的アプローチ

三つ組み数列の類推における人の意味推論を説明するには、前述の「(線形)関数適用」という暗黙の枠組みを超えて、より豊かな構造を取り扱う数学が必要になる。「関数適用」の枠組みでは、与えられたデータの一部である(1, 3, 7)は、あたかも3次元ベクトル空間の1点として捉えられていた。

これに対し、この点としての捉え方を含み、より一般化された枠組みの一つがモノイドとしての捉え方である¹。モノイドとは、必ずしも逆元を持つとは限らない群で、単位元を含む集合で、その元の二項演算に閉じ、演算の結合律が成り立つものをいう。圏としてみた場合、対象を一つだけもつ圏ともみなせる。

データ(1, 3, 7)は3次元ベクトル空間の1点であるとともに、0次元ベクトル空間 V_0 から3次元ベクトル空間 V_3 への写像(アフィン変換)の一つともみなすことができる(ベクトル空間を対象、アフィン変換を射とする圏における一つの射)。すなわち以下の写像である:

$$(1, 3, 7): V_0 \rightarrow V_3.$$

この立場に立てば、ある写像 $g: V_3 \rightarrow V_3$ で

$$g(1, 3, 7) = (1, 3, 7)$$

を満たす写像の集合を

$$G_{(1,3,7)} := \{g: V_3 \rightarrow V_3 \mid g(1,3,7) = (1,3,7)\}$$

と書けば、集合 $G_{(1,3,7)}$ と写像の合成 \circ を二項演算による構造はモノイドを構成する。 $G_{(1,3,7)}$ は恒等射像 $1_{(1,3,7)}$ を含み、写像の合成は結合律を満たすことを確認すればよい。

このモノイド(圏)としてのデータの見方は、特殊な場合として、集合が $G_{(1,3,7)} = \{1_{(1,3,7)}\}$ である場合を含み、この場合が前述の「関数適用」で暗黙に仮定されていたデータの数学的な構造に対応する。

一方、一般に集合 $G_{(1,3,7)}$ はその特殊なケースより大きく、このより豊かな構造を持つモノイドとしての $G_{(1,3,7)}$ を $G_{(3,7,1)}$ にうつす写像 $F: G_{(1,3,7)} \rightarrow G_{(3,7,1)}$ は、モノイド準同型(関手)である。モノイド準同型では、集合を対応づけるのみならず、そのモノイドの二項演算(合成)を保存する必要がある。

これに加えて、同じ関手 F が $G_{(2,5,6)}$ を $G_{(5,6,2)}$ にうつす、という条件が、三つ組み数列の類推問題で要求されていると考えよう。これは圏論でいう pullback という構造の保存で表現でき、この条件を満たす関手 F は極めて特殊な構造をもつ関手に限られる。導出の詳細は割愛し、結論のみ言うならば、この特殊な関手 F は、以下の予測をもたらす:

$$F(4, 9, 8) = (9, 8, 4).$$

すなわち、この特殊な関手(i.e., pullback を保存する随伴関手)は、人の典型的な意味推論の結果と一致する。

¹ モノイドを含むより一般化された数学の理論である圏論をこれ以降の記述言語として用いる。認知科学者に向けた圏論の入門的な文献として[14]を参照されたい。

5. まとめ：数理現象学に向けて

本稿では、意味推論のパラドックスの性質を持つ最も単純な問題及び認知現象として三つ組み数列の類推問題を取り上げ、その典型的な意味推論を説明する理論的枠組みを提案した。この理論枠組みは、必ずしも今回着目した数列を扱う問題に限らず、パタンの類似性[13]、線画の知覚[12]や、動き方向の錯視[11]など、意図推論[7]などの、他の異なる領域の問題における典型的な推論を説明するのに有用であると考えられる。

このような領域ごとに表面的には異なるデータ構造の違いを抽象化して、それらに共通する数理を統合的に記述する言語として、圏論が有用であろう[9]。

特に、意味推論のパラドックスに代表されるように、同一のデータに対する無数の定まらない潜在的な解釈がある場合、従来の枠組みとして、制約付き最適化による不良設定問題の解消が用いられてきた[4]。この枠組みでは、各領域に固有の知識を前提としてモデルに組み込む必要が生じる。例えば、ネッカーキューブの知覚では、「平面への射影で線分であるものは、3次元空間でも線分である」などの「自然制約条件」を課すことで、不良設定問題を解く、といった試みが提案されている[2, 9]。

この制約条件に基づく不良設定性の解消では、問題領域ごとに固有の知識が要求され、その知識は部分的には、外界に関する「あるべき原像」の情報を含む。そのため、我々が「そもそもどのように外界を知り得るのか」といった、認識論や現象学における根源的な問いに対しては、それらのアプローチは無力である(我々はすでに外界を部分的には知っているから、知りえるという同語反復にしかならない)。

こうした既存の枠組みの限界に対し、本稿で示した、圏論に基づく枠組みは、データの領域固有ではない、「領域一般的な自然さ」を記述する方法を指し示している。つまり、そもそもデータがどのような形式で表現されるべきか、という根本にまでさかのぼって、恣意的なデータ形式を避けた議論を展開することができる。具体的に、本稿で述べた、数列を例にとれば、データの捉え方は、暗黙に仮定されていた点(自明なモノイド)としてだけではなく、より豊かな構造をもつモノイドとしての捉え方を考えることで、数列の持つ特殊な構造を記述することが可能になった。

こうした理論的なアプローチは、我々の主観的な世界の構造を論じてきた哲学の一分野であるフッサール

の現象学[16]を、数理的な言語によって捉えなおす試み、すなわち「数理現象学」の萌芽とみなせるのではないだろうか。

謝辞

本研究は科研費 JP 20H04994 および JST さきがけ JPMJPR20C9 の補助を受けて行われた。

文献

- [1] Goodman, N. (1983). Fact, fiction, and forecast. Harvard University Press.
- [2] Hoffman, D. (2003). Visual intelligence: How we create what we see. New York: W. W. Norton & Company. (ホフマン, D. 原 淳子・望月 弘子 (訳) (2003). 視覚の文法: 脳が物を見る法則 紀伊國屋書店)
- [3] Kripke, S. A. (1982). Wittgenstein on rules and private language: An elementary exposition. Harvard University Press.
- [4] Marr, D. (1982). Vision. W. H. Freeman & Co Ltd.
- [5] Necker, L.A. (1832). LXI. Observations on some remarkable optical phenomena seen in Switzerland; and on an optical phenomenon which occurs on viewing a figure of a crystal or geometrical solid. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 1, 329-337. doi: 10.1080/14786443208647909.
- [6] Quine, W. V. O. (1960). Word and object. MIT press.
- [7] Torii, T. & Hidaka, S. (accepted). Completion of the infeasible actions of others: Goal inference by dynamical invariant. *Neural Computation*.
- [8] Wittgenstein, L. (1953). Philosophical investigations. John Wiley & Sons.
- [9] 林部敬吉 (2001). 心理学における 3 次元視研究の動向: 2000. 静岡大学情報学研究, 6, 1-20.
- [10] 日高昇平 (2021). 認知科学の将来: 喩える脳を対象とする第三種の科学として. 認知科学, 28(3).
- [11] 日高昇平 & 高橋康介 (2019). 未知領域を含むオブジェクト同定による窓問題知覚の説明. 日本認知科学会第 36 回大会論文集. (O2-1) p16-18.
- [12] 日高昇平 & 高橋康介 (2021). なぜネッカーキューブはあの立体に見えるのか. 認知科学, 28(1), 25-38.
- [13] 今井 四郎・天野 要 (1998). 変換と写像の概念に基づくパターン認知論. 応用数理, 8, 30-45. doi: 10.11540/bjsiam.8.1_30
- [14] 西郷甲矢人, 日高昇平, 高橋康介 & 布山美慕 (2021). 認知科学者が圏論を始めるための参照情報: 圏論にまつわる Q & A, 圏論の認知科学における効用, 文献情報. 認知科学, 28(1) 70-83.
- [15] 高橋康介・日高昇平 (2020) 過剰な意味づけへの理論的アプローチ: ホモ・クオリタスとしての人間理解へ向けて (OS03). 日本認知科学会第 37 回大会.
- [16] 田口茂 (2014). 現象学という思考: 〈自明なもの〉の知へ, 筑摩書房.

認知モデルを組み込んだ音韻意識形成支援システムの提案 Proposing a Phonological Awareness Formation Support System Using a Cognitive Model

西川 純平[†], 森田 純哉[†]
Jumpei Nishikawa, Morita Junya
[†] 静岡大学
Sizuoka University
nishikawa.jumpei.16@shizuoka.ac.jp

概要

言語発達の過程の一部は音韻意識と呼ばれる能力に支えられる。発達の過程では、音韻意識が未熟なために起こる誤りが報告されている。このような能力の形成をうまく支援するためには、個人の認知特性を考慮することが重要になる。本稿では、人の内部プロセスに対応するモデルを組み込んだ支援システムを提案する。個人に対応するモデルを持つシステムにより音韻意識の形成を支援する仕組みを構築することを目指す。

キーワード：認知モデル, 音韻意識, モーラ, ACT-R

1. はじめに

言語は、人と人の日常的なコミュニケーションに大きな役割を果たしている。その発達には生得的な要因と経験的な要因の両方が関与するとされる [12]。たとえば、舌や喉などの発声器官の構造、耳や聴覚野などの聴覚系の特性は、どのような言語であっても、音韻構造の獲得の速度や成否に影響する。この他に、共同注視などの社会認知機能も、新生児が生得的に有する言語獲得の下地とされる [4]。新生児は、上記のような器質的特性、あるいは生得的な社会認知機能を下地としつつ、母語となる言語に特有の構造を得るための経験を蓄積していく。その過程において、養育者のふるまいの観察に基づく役割反転模倣などが大きな役割を果たすとされる [16]。

この顕著な例は音素の分節化に見られる。子どもは、言語発達の初期において、音声を連続したものとして知覚し [7]、音節やモーラなどさまざまな単位で分割する可能性を持つ。そして発達するにつれ、母語が規定する単位の系列（日本語であればモーラ）を処理するシステムへと収束していく。

発達心理学や言語聴覚療法の分野では、この発達の一部は、音韻意識と呼ばれる能力に支えられるとされる [13]。これは音声言語における音素やリズムなど音

韻的側面へ注意が向けられるようになる能力を指す [8]。言語発達の過程で起こる言葉の誤りの中には、その言語の音韻意識の形成が不十分なために起こると考えられるものも確認されている [15]。また、自閉スペクトラム症などの非定型な発達をたどる子どもにおいては、モーラの習得が全体的に遅れる例や、一部が使用できないという例も存在する [5, 10]。

発達の段階や困難を抱える部分に個人差が大きい音韻意識のような能力の形成をうまく支援するためには、その子ども個人の認知特性に配慮し、これまでの知見に基づいた方法による支援を行うことが重要である [18]。これに対し、本研究では、支援システムに人の内部プロセスに対応するモデルを組み込むことを検討する。個人に対応するモデルを持つシステムにより音韻意識の形成を支援する仕組みを構築することを目指す。

2. 関連研究

本節では、まず言語発達と音韻意識の形成に関する先行研究を紹介する。次に、人間の認知過程を理解し説明する方法としての認知モデルと認知アーキテクチャ、そして認知モデルを用いた支援システムを紹介する。

2.1 音韻意識に関する研究

人が知覚、発声する音について、その心的な表現の分類は、音韻論の領域で議論されている。音韻論では、人が発声する音を記述する方法の一つとして、弁別素性が提案されている。弁別素性は音素を区別する基本単位である。発声に付随する舌や喉の動作を分類することで、一般的には + または - の値をとる二項変数として定義される。弁別素性は、英語の母音発声における誤りの分析 [17] にも活用されている。本稿が扱う

モデルでは、モーラを特徴づけ、モーラ同士の類似を設定するために弁別素性を用いる。

音韻意識に関する研究は多く行われている。音韻意識が形成の途上にあるために発生すると考えられる言葉の誤りは多数報告されており、ラ行の音をダ行の音とする例 [8] や、モーラを基準としない分節化（たとえば、しりとりにおいて「たいよう」→「ようぐると」と「よう」を単位として回答）の例 [9] がある。原 [6] は、年中から小学校3年生の子どもを対象に、音韻操作課題を課し、発達の様相を検討している。この研究では、年齢により操作可能な拍数（単語の長さ）や反応時間に差があることが示されている。また、この研究で用いられた単語逆唱課題などいくつかの課題の成績が平仮名の指導によって向上することも示されている。

高橋 [14] は、定型発達の子どもの対象とした横断的な発達心理学的実験を通して、音韻意識形成の段階を、しりとりができるようになる条件と絡めて検討している。この研究では、しりとりをするためには、音をモーラに分割する能力とモーラによる索引が付与された心的辞書が必要であること、この心的辞書の獲得のためには仮名文字の習得が有効であることが示されている。また、しりとりに必要な音韻意識を持たない子供でも、大人の補助によってしりとりに参加することも示されている。これらの結果は、しりとりを実施するには、モーラに注意を払う音韻意識が必要であり、その能力は、音に対応する視覚的補助（仮名文字の提示など）による強化が必要であることを示唆する。高橋は、さらにしりとりのような文化圏で共通して営まれることば遊びの遂行が、母語における音韻意識の形成に重要な役割を果たすと議論した。

ここまでで紹介した研究を踏まえて、本研究では、しりとりを課題として用いる。単語から語尾音を切り出し、語頭音により単語を検索するといった音韻操作能力に着目して、音韻意識形成の過程を検討する。

2.2 認知モデリング

人の認知に関するメカニズムや認知プロセスを理解し、説明するための方法の一つとして、認知科学の領域では、認知モデリングというアプローチがとられる。認知モデリングでは、計算機上に、人の課題遂行に近似するモデル（認知モデル）を構築し、シミュレーション中の認知モデルのふるまいや内部状態から、人の課題遂行中の認知プロセス、内部状態を推測する。

音韻意識の形成過程における人の内部プロセスに着目し認知モデルを構築する研究も存在する [20]。この研究では、モデリングに認知アーキテクチャACT-R (Adaptive Control of Thought – Rational) [2] を利用している。ACT-R は思考や記憶に関する心理実験を元に構成されており、人間の認知に関わる多様な現象を統一的に捉えることを可能にしている。ACT-R の構造は複数のモジュールを持つプロダクションシステムとして表現される。各モジュールの動作を規定する様々なパラメータが存在し、個人のモデル化を容易にしているほか、外部環境とのインタラクションを受け持つモジュールが存在し、反応時間の予測や実験データとの対応づけが可能になっている。さらに、ACT-R 上のモデルが内部に保持する知識の一部は、モデル構築者の手により、離散的な記号として与えることができる。この研究では、ACT-R に実装されるこのような一般的な記憶のメカニズムを、音韻意識と対応づけてモデル化している。とくにモデルが保持する音韻の知識について類似度を設定することにより、音を取り違える誤りを起こす未熟な音韻意識を再現している。

パラメータ設定によるモデルの個人化や離散的記号としての宣言的知識といった特徴は、音韻意識のモデル化に有利に働くだけでなく、実際の人間を対象とした支援システムにおいても有効であると考えられる。よって、本研究においても ACT-R を利用した認知モデルを扱う。

学習や障害などさまざまな場面において人が抱える困難への対応を支援するシステムが提案されている。その中には支援システムに認知モデルを含むことで、より高い効果を狙う研究も存在する。たとえば、Anderson らによる ITS (Intelligent Tutoring System) [3] は、幾何学の証明や LISP プログラミングに関して、学習者とシステムが保持するモデルを対応づける。モデルの行動ログから失敗や混乱を検出し、学習支援につなげている。

森田らによるモデルベース回想法 [19] では、認知症患者への既存のメンタルヘルスケアの手法の1つである回想法を拡張している。回想法のための写真スライドショーシステムに、利用者個人に対応づけた認知モデルを組み込むことで、適切な回想のガイドを試みている。

3. 提案システム

本節では、音韻意識形成支援のためのシステムを提案する。扱う課題とシステムに含まれる認知モデルの動作を説明する。システムは、以下の2段階で動作

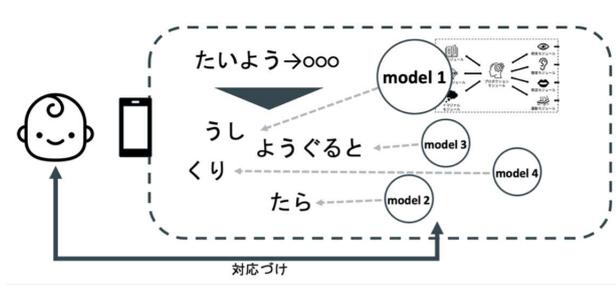


図 1: システム概観

する。

1. システムに含まれるモデルとの対応づけによって、システム利用者の音韻意識の状態を推定する。
2. 推定された音韻意識に基づいて、その利用者に有効だと考えらえる支援を行う。

図 1 に、提案システムの概観を示す。システムには、異なる音韻意識の状態に対応する複数のモデルが含まれる。システムは、課題を通して利用者の反応に応じたモデルを選択・更新することで、利用者の音韻意識を推定する。たとえば図 1 は、利用者が「う」というモーラを識別でき、「うし」という単語を出力したモデル (Model 1) の尤度が高い状態に相当する。

3.1 課題とシステムの動作

このシステムでは、しりとりをタスクとして課す。しりとりは、一般に二人以上の参加者が繰り返し単語を回答することで進行することば遊びである。本システムにおいては、利用者は、システムの提示する複数の回答候補から適切な単語を選択するという方法で回答する。これは、音韻意識に関する調査で課題とされたしりとり (高橋 [14] など) を参考にしている。

図 2 にシステムの動作を示す。(1) まず、システムは開始単語を選択し、実験ウィンドウに表示することで、システム内のモデルおよびシステム利用者に提示する。(2) モデルは単語を確認すると、その語尾を認識し、しりとりのルールに則って単語を回答する。(3) モデルが回答した単語は、実験ウィンドウに表示され、システム利用者が回答するための選択肢となる。(4) システムの利用者は、開始単語及び回答候補単語をもとに、適切だと思う単語を回答 (選択) する。(5) システムは、回答をもとに利用者の音韻意識に対応するモデルを推定し、モデルの更新や選択をする。(6) 一連の処理のあと、開始単語を再度選択し、繰り返ししりとりを行う。ここで、システム内のモデルは未熟な音韻意識に対応づけられる。つまり、モデルの

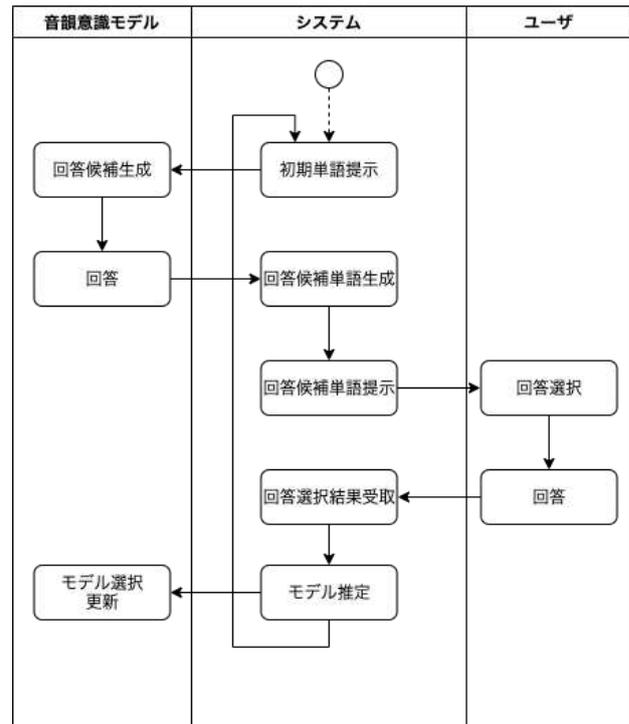


図 2: 提案システムの動作

回答 (システムが利用者に提示する選択肢) には、しりとりが成立していない単語も含まれる。

3.2 モデルの基本的な設定

本システムは、さまざまな誤りに対応する複数のモデルを含む。ここでは、モデルに共通する機能について述べる。モデルは先行研究で構築されたもの (詳細は [20] を参照) を、システムへの組み込みや個人への対応づけが容易となるよう拡張したものである。前節で述べたように、各モデルが回答した単語は、システムから回答候補 (選択肢) としてユーザに提示される。

モデルは、しりとりを遂行するために、モーラの知識、単語の知識、モーラと単語の関連を示す知識の 3 種類を持つ。知識の例を表 1 に示す。単語の知識には『基本語データベース』[1] に含まれる名詞 20,584 単語を利用した。

これらの知識の可用性は、各知識に付与される活性化値と呼ばれる値によって制御される。活性化値は、式 1 のように知識利用の頻度や忘却の効果 (B_i)、知識間の類似度の効果 (P_i) など複数の項の可算で表現される。モデルが保持する知識の形式や、各知識の活性化値の係数 (たとえば類似度をどれだけ重視するかといった要素) を変化させることで、モデルはしりとり中の検索に失敗するようになる。これにより、モデルを未

表 1: モデルの宣言的知識

| (a) 単語知識 | | (b) 音韻知識 | |
|----------|----------|----------|-------|
| word | sound | mora | sound |
| ringo | “ringo” | /ri/ | “ri” |
| gorira | “gorira” | /go/ | “go” |
| kuri | “kuri” | /ku/ | “ku” |
| ... | ... | ... | ... |

| (c) 単語と音韻の関連 | | |
|--------------|------|----------|
| word | mora | position |
| ringo | /ri/ | head |
| ringo | /go/ | tail |
| gorira | /go/ | head |
| ... | ... | ... |

熟な音韻意識に対応づけることができる。

$$A_i = B_i + S_i + P_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

3.3 個別化モデルと音韻意識の推定方法

さまざまな誤りを引き起こす未熟な音韻意識に対応づけるために、前項のモデルを基本として複数の個別化モデルを構築する。本稿では、プロトタイプシステムとして2種類の誤りに対応するモデルを用意した。

まず、モーラを取り違えるような誤りのモデルが考えられる。この誤りには先行研究のモデルが対応している。たとえば「ご」と「お」が似ているために「りんご」に対して「おに」と答えるような誤りである。モーラを取り違える誤りは、モデルが持つモーラの知識間に類似度を設定することで表現することができる。特定のモーラ間の類似度を高く設定することで、特定の置き換え（ラ行とダ行の混同、子音の欠落など）に対応づけることが可能である。

また、単語末尾の長音の扱いにおいても、複数の処理を想定できる。ここでは、語尾の長音を削除し、ひとつ前のモーラを語頭として回答するモデル（「ちーたー」に「た」で始まる単語を答える）と、語尾の長音を母音として捉えて回答するモデル（「ちーたー」に「あ」で始まる単語を答える）を実装した。語尾音に関する扱いの違いは表 1c の種類の知識を複数設定することで表現できる。上記の例は、「ti-ta-, ta, tail」および「ti-ta-, a, tail」をモデルに持たせることに対応する。

システムは、これらのモデルの回答を選択肢として利用者に提示する。繰り返ししりとりを行う中で、シ

ステム利用者が選択した回答の種類や頻度から、利用者の音韻意識がどのような状態であるか（どのモデルと対応するか）を判定する。単語選択の記録や誤りの頻度から、ベイズ推定を用いてどのモデルと対応するかを特定し、活性値のパラメータ (B_i や P_i) の調整により利用者にフィッティングすることを想定している。

その後、判定に基づいて難易度を調整したうえでしりとり課題を繰り返すことで音韻意識形成の支援を図る。具体的な難易度調整には、正解できる問題の割合調整、間違えた問題に類似した問題の提示を想定している。また、先行研究 [6] の報告から、子どもがある単語を処理可能かどうか、その単語の拍数（単語長）が影響することもわかっている。このことから、システムの提示する単語の長さを制限するという補助も検討している。

4. まとめと今後

本稿では、音韻意識の形成を支援するシステムのコンセプトを提案した。システムは、特定の誤りを起こす音韻意識に対応する複数の認知モデルを内部に保持することで、個人の音韻意識の判定・形成支援を可能にする。

今後はまず、より多くの種類の誤りに対応するモデルを構築する必要がある。たとえば、関連研究 [9] で報告されるような分節化の誤り（たいよう → ようぐると）にも対応しなければならない。他の誤りに対応した個別化認知モデルの構築のために、実際の誤りのデータを収集する必要がある。このデータの収集は、すでに構築済みのモデルを組み込んだプロトタイプシステムを用いた実験によって行う予定である。ただし、分節化の単位など、あり得るすべての誤りを網羅したモデルを構築することは不可能である。収集したデータや、発話の誤りを分類した研究 [11] を参考に、他の種類の誤りへ対応したモデルを用意する。

また、子どもを対象とした評価実験の前に、音韻意識の形成された成人を対象とした予備実験を行うことを計画している。この予備実験は、システムの使用する単語の自然さなどを評価することを目的とする。現状のシステムでは、単語の知識の可用性に差はなく「証券取引所」や「パーソナルコンピューター」などといった単語も選択される。予備実験における被験者の評価や単語親密度などの要素を考慮することで、子供を対象としたシステムとして適切な単語の選択されるよう調整を加えることを想定している。

文献

- [1] 天野成昭・小林哲生, (2008) “基本語データベース: 語義別単語親密度”, 学習研究社.
- [2] Anderson, John R, (2007) “How can the human mind occur in the physical universe?”: Oxford University Press.
- [3] Anderson, John R, C Franklin Boyle, and Brian J Reiser, (1985) “Intelligent tutoring systems,” *Science*, Vol. 228, No. 4698, pp. 456–462.
- [4] Baron-Cohen, Simon, (1997) “Mindblindness: An essay on autism and theory of mind”: MIT press.
- [5] Grandin, Temple and Richard Panek, (2013) “The autistic brain: Thinking across the spectrum”: Houghton Mifflin Harcourt.
- [6] 原恵子, (2001) “健常児における音韻意識の発達”, *聴能言語学研究*, Vol. 18, No. 1, pp.10–18.
- [7] 梶川祥世, (2002) “子どもの音声習得”, *言語*, Vol. 31, No. 11, pp.42–49.
- [8] 小林はるよ, (2018) “音韻意識の形成と言葉の発達—『言葉が遅い』を考える—”, こだま出版.
- [9] 窪菌晴夫, (2000) “子供のしりとりとモーラの獲得”, *神戸大学文学部紀要*, Vol. 27, pp.587–602.
- [10] 麦谷綾子・保前文高・廣谷定男・佐藤裕・白勢彩子・田中章浩・山本寿子・梶川祥世・今泉敏・立入哉, (2019) “こどもの音声”, *音響サイエンスシリーズ / 日本音響学会 編*, No. 21, コロナ社.
- [11] 中村哲也・小島千枝子・藤原百合他, (2015) “健常発達における音韻プロセスの変化”, *リハビリテーション科学ジャーナル*, Vol. 10, pp.1–13.
- [12] Pinker, Steven, (1994) “The language instinct.”: William Morrow & Co.
- [13] Stahl, Steven A and Bruce A Murray, (1994) “Defining phonological awareness and its relationship to early reading.,” *Journal of educational Psychology*, Vol. 86, No. 2, pp. 221–234.
- [14] 高橋登, (1997) “幼児のことば遊びの発達: “しりとり” を可能にする条件の分析”, *発達心理学研究*, Vol. 8, No. 1, pp.42–52.
- [15] 寺尾康, (2006) “言語産出メカニズムの連続性について: 言い間違いからみた言語発達”, *ことばと文化*, No. 9, pp.115–131.
- [16] Tomasello, Michael, (1999) “The Cultural Origins of Human Cognition”: Harvard University Press.
- [17] Wickelgren, Wayne A, (1966) “Distinctive Features and Errors in Short-Term Memory for English Consonants,” *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 39, No. 2, pp. 388–398.
- [18] 坂爪一幸, (2011) “特別支援教育に力を発揮する神経心理学入門”, 学研プラス.
- [19] 森田純哉・平山高嗣・間瀬健二・山田和範他, (2015) “メンタルタイムトラベルを誘導するモデルベース回想法”, *研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI)*, Vol. 2015, No. 16, pp.1–6.
- [20] 西川純平・森田純哉, (2021) “音韻意識形成過程における誤りの認知モデリング”, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 23, No. 2, pp.189–200.

知的好奇心の計算論モデルとアルゴリズムモデルの接続：ベイジアンネットワークを用いたACT-Rモデルの分析

Connecting Computational and Algorithmic Models of Intellectual Curiosity: Analysis of the ACT-R Model Using Bayesian Network

長島 一真[†], 森田 純哉[†], 竹内 勇剛[†]

Kazuma Nagashima, Junya Morita & Yugo Takeuchi

[†] 静岡大学

Shizuoka University

nagashima.kazuma.16@shizuoka.ac.jp, j-morita@inf.shizuoka.ac.jp, takeuchi@inf.shizuoka.ac.jp

概要

Marr によれば認知モデルを表す階層として計算論とアルゴリズムの水準が区別される。これらの水準は相互に関連しているが、そのつながりは必ずしも明確ではない。そこで本研究では、アルゴリズムの水準の認知モデルを、計算論の観点から検討し、妥当性を付与することを目指す。本報告では、知的好奇心のACT-Rモデルの振る舞いを計算論に基づくベイジアンネットワークを用いて分析した。その結果、知的好奇心の仮説とACT-Rモデル間で整合する特徴が現れた。

キーワード：認知モデル, ACT-R, 内発的動機づけ, 知的好奇心

1. 背景

好奇心は、教育やエンターテインメントなどの、幅広い分野において、取り組む活動に関心を持たせ、その活動を継続させる動因となる。好奇心を持つことで人間は幅広い環境を学習することができる。この好奇心を応用したモデルの研究は、古くから様々なアプローチで行われている [3, 5, 17, 20]。

こういった人間の認知機能に関わるモデルを整理する際に、Marrの3水準は有効である [12]。これらは、数理によって表現される計算論の水準、情報処理・認知アーキテクチャによって表現されるアルゴリズムの水準、そしてハードウェアなどへの実装の水準からなる。これらの各水準は、相互に制約条件になる関係を持つが、その関係は弱いとされる。しかし、認知機能理解のために、各水準の独立した事項だけの理解だけでなくこの関係を理解する必要があるとされる。

そこで、本研究では、水準間の関係の理解に着目し、計算論の水準とアルゴリズムの水準を接続することを目指す。これらを接続することで、アルゴリズムの水

準は、計算論の水準に対して実現方法 (how) を与えることができ、計算論の水準はアルゴリズムの水準に対して妥当性 (why, what) を付与できると考える。本報告では、計算論とアルゴリズムの水準間の接続を行うという目的に向けて、著者らが過去に実装した知的好奇心のACT-Rモデルを説明するベイジアンネットワークモデルを示す。ACT-Rは記号的表現をベースとした情報処理モデルであり、アルゴリズムの水準に位置づけられる。しかし、その処理には多くのルールが介在し、計算論の水準に基づく議論が困難である。それを抽象化された数式によって説明することで、複雑なACT-Rモデルの振る舞いを計算論に基づいて議論できるようになると考える。

2. 関連研究

本研究は、知的好奇心の計算論の水準のモデルとアルゴリズムの水準のモデルの接続を目指すものである。この目的と関連した研究として、(1) 計算論の水準の好奇心のモデルの研究、(2) アルゴリズムの水準のACT-Rによる知的好奇心のモデルの研究を紹介する。

2.1 計算理論に基づく好奇心のモデル

好奇心に関しては、近年、様々な人工エージェントの研究において扱われている。好奇心の計算論モデルとして、Fristonによるフリーエナジーの理論 [5] を挙げることができる。この理論では、好奇心のきっかけとなる驚きや興味、楽しさなどの感情は、外界の認識と経験から得られる予測との不一致によって引き起こされると説明されている。この考えを援用し、様々な研究者が、予測誤差の観点から、好奇心に基づく環

境学習における自律エージェントの開発を行ってきた [19, 20].

その中でも Singh は、好奇心をモデル化した IMRL (Intrinsically Motivated Reinforcement Learning) という手法を用いて強化学習エージェントにより広く環境を探索させる方法を検討した。近年、この考えは、深層強化学習の枠組みと共に発展している [3, 13, 17]. これらの研究は、トイワールドあるいは限定条件下のタスクにおいて高いパフォーマンスを発揮する。こういった研究から計算論の水準と実装の水準との接続についてはすでに高水準でなされているといえる。

しかし、深層強化学習におけるモデルの実装は end-to-end に行われるため、モデルの内部の処理は明確とは言いがたい。加えて、このような研究は、同一の計算論を背景にしているにも関わらず、同様のトイワールドなどのタスクにおいて、複数の実装方法が存在する [2]. 例えば、Pathak は深層強化学習を援用し、環境から得られる外部報酬と、ピクセル情報から得られるエージェントの次状態との予測誤差から得られる内部報酬を好奇心とし、好奇心のモデルを実装した [17]. この考えを援用し、Burda は内部報酬、つまり好奇心のみを用いた好奇心のモデルを実装した [3]. これらのモデルの計算論的背景は、いずれもフリーエナジーの理論 [5] に基づく。しかし、最適なアルゴリズムを特定の計算論に対して提供できていないため、計算論とアルゴリズムの水準の接続はいまだ不十分である。

2.2 アルゴリズムの水準による知的好奇心のモデル

これらの計算論の水準の研究に対し、筆者らはアルゴリズムの水準の好奇心のモデルの研究を行ってきた。ここでは、好奇心の一種である知的好奇心 [11] の認知モデルの実装を目指した。このモデルの実装には、現存するアーキテクチャのなかで、最も多くの機能を有し、最も多くの先行研究に利用されている認知アーキテクチャである ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational[1]) を用いた ([9] による網羅的な認知アーキテクチャのレビューを参照)。この豊富な ACT-R のモジュールとルールを用いてアルゴリズムを記述することで、多様な心理学的な知見に裏付けされたモデルを作成できる。

2.2.1 ACT-R のモデルの概要

本項では、先行研究 [16, 21] において構築した ACT-R モデルの設計を述べる。具体的なモデルの処理は付録に記載した。

2.1 節にて述べたように、好奇心は外界の認識と経験から得られる予測との差分によって生じるものとして数理的に説明できる。この予測からの差分が驚き(好奇心)を生じさせ、そのうちの一部は、楽しさなどの感情的反応を引き起こし、人間に興味や関心を持たせ、その活動を継続する動因となる。

楽しさに関しては複数の研究者が、環境における新規なパターンの発見と関連することを述べている [4, 7, 8, 19]. たとえば、ゲームデザイナーである Koster は、著書の “Theory of Fun for Game Design [8]” において、人間がゲームにおいて感じる楽しさは、ゲーム内での新しいパターンを発見することによって引き起こされると述べる。また Koster と同様のより形式的な楽しさの理論化は、Schmidhuber による “Formal Theory of Creativity, Fun, and Intrinsic Motivation [19]” においてなされている。この理論において、パターンの発見はデータの中で反復される定型的なパターンを発見し、圧縮することと定義される。Schmidhuber は、データを圧縮すること、あるいは圧縮可能なデータを取得することを楽しさと対応づけた。

以上のことより筆者らは、前述した知的好奇心が楽しさを引き起こすということと、人間が環境のパターンを発見することで得られる楽しさが対応するのではないかと考えた。つまり、人間の環境におけるパターンの発見を知的好奇心として捉え、それを ACT-R のパターンマッチングと対応させ知的好奇心のモデルを実装した。この実装された迷路の継続課題を行う知的好奇心のモデルは、課題中にパターンマッチングを発生させると楽しさを感じるという仮定に基づいている。さらに、ACT-R における手続き学習 (コンパイル) は、経験を重ねることによるパターンマッチの機会の減少 (ルールと知識の圧縮) を導く。著者らのモデルはこの学習のプロセスを含めることで、モデルの楽しさを感じる頻度の減衰により、飽きのプロセスを表現した。

2.2.2 シミュレーション

筆者らの過去の研究では、2.2.1 節の設計に基づくモデルを構築し、迷路の継続課題のシミュレーションを実施した [16]. シミュレーションの目的は提案する

知的好奇心のメカニズムの性質を検討することであった。詳細に知的好奇心のメカニズムを検討するため、それぞれ異なるサイズのマップと、複数の思考水準のモデルを実装した。それぞれのモデルは課題中に、パターンマッチングが発生させると、知的好奇心が刺激される。そこで筆者らは、知的好奇心の増加がモデルの課題の継続につながると仮説をたてた。そして、それに伴い、課題のゴール達成率、マップを広範囲に探索した際に増加するエントロピー、スキル生成数が増加すると考え、これらをシミュレーションの指標とした。

図1は、シミュレーション結果である。シミュレーションの前提として、グリッド状の迷路のマップのサイズを3段階用意し、それぞれの大きさに対し、異なるマップを10用意した。1つのマップに対して、パターンマッチングに付随する知的好奇心の大きさ（楽しさ）を20段階変化させた。モデルはこれらの条件の下、マップのスタートからゴールまで探索を行った。このスタートからゴールまでの探索（ゴール未達成も含む）を1ラウンドとし、ラウンド開始時に課題を続ける、やめるかの判断を行うルールを競合させた。シミュレーション開始時には、課題継続の動機づけが高いと設定し、ラウンド中にパターンマッチングが発生したら課題継続の知的好奇心の大きさに伴う動機づけが高まり（楽しさ）、パターンマッチングが生じないままラウンドを終了した場合、課題継続の動機づけが減少する（飽き）と設定した。1回のシミュレーション中にモデルは飽きる（課題継続の動機づけが課題をやめる動機づけを下回る）まで、これを繰り返す。そしてモデルが飽きたら繰り返したラウンド数を課題の継続回数として記録した。

グラフに示した結果は、それぞれのサイズに対して異なる10のマップの結果を平均したものになる。また、左側のモデル（DFS+IBL, DFS）の思考水準が高く、右側のモデル（Random）の思考水準が低い。ここでの思考水準は、モデルが行動を起こすまでに行う処理の量（パターンマッチングの頻度）を意味している。より端的に言えば、右に配置されたモデルに比べ、左に配置されたモデルはより多くのルールを有しているため、パターンマッチングが発生する頻度が多い。

グラフより、思考水準の高いDFS+IBLとDFSモデルは、知的好奇心に伴う報酬を与えると課題の継続数が増え、その他の指標も増加傾向にあることがわかる。この結果は、思考水準の高いモデルは、筆者らの仮定と整合する振る舞いを生じさせることが示される。しかし、思考水準の低いRandomモデルは、報酬

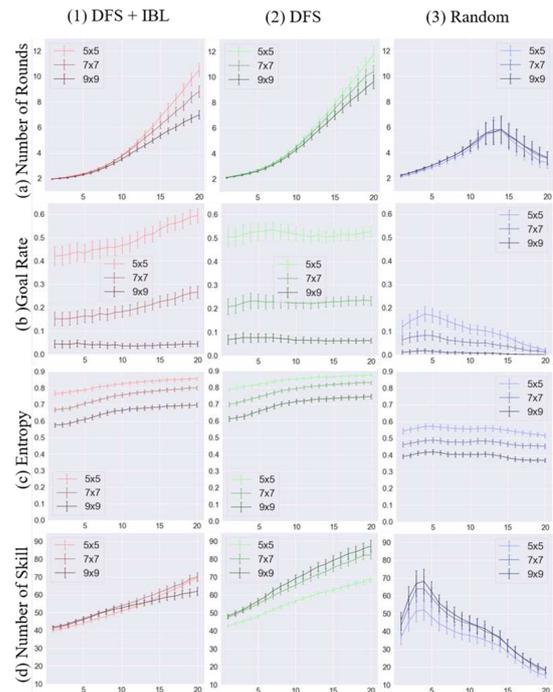


図1 シミュレーション結果。列方向によってモデルを区別し（1: DFS+IBL モデル, 2: DFS モデル, 3: Random モデル）縦方向のアルファベットにより指標を区別する（a: ラウンド継続数, b: ゴール達成率, c: エントロピー, ACT-R のモジュールによって生成されたルール数（d））。それぞれのグラフのエラーバーは各マップにおいて得られた標準偏差（ $n = 1000$ ）の平均（ $n = 10$ ）に1/10を乗じた値を示す。なお、それぞれのグラフの横軸は知的好奇心の強さである。

を増やすと、課題継続数が逆U字の増減を見せ、知的好奇心の仮説に沿う結果にならなかった。したがって、これらのモデルの振る舞いが、どのような計算論に基づいているのか検討できず、モデルの振る舞いに妥当性を得られなかった。

3. 提案手法

図1で示されたように、これらアルゴリズムの水準のモデルは、モデルごとに異なるルールを持ち、変数同士が相互に作用しながら課題を遂行するため複雑である。したがって、上記の研究 [15, 21] において実装された思考水準の異なるモデルについて、簡潔な説明を付与することは困難である。この複雑さを軽減し、より一般的な説明を付与するために、本報告では計算論の水準とアルゴリズムの水準を接続することを目指す。

この目的を達成するため、筆者らはアルゴリズムの水準のモデルに計算論的妥当性を付与するため、計算

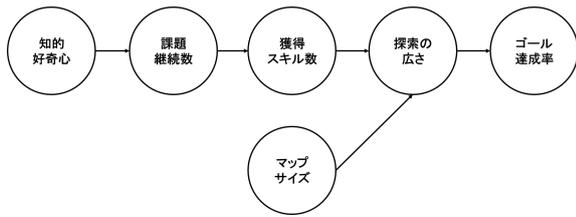


図2 シミュレーションで用いた各変数のネットワーク構造

論の水準のベイジアンネットワークを構築し、各変数間でどのような作用を持つのかという因果関係を推定することを提案する。これによって、アルゴリズム水準のモデルは目指すべきネットワーク構造（計算論）を持ち、シミュレーションで用いた操作変数（知的好奇心の大きさ、マップの広さ）や指標間の因果関係が判明する。その後、知的好奇心のモデルを、そのネットワーク構造にフィッティングするまで修正し、分析を繰り返すことで、計算論の水準とアルゴリズムの水準を接続できるのではないかと考える。

3.1 知的好奇心のモデルの分析

この提案手法を実現するための第一歩として、2.2.2節のシミュレーション結果を対象に、ベイジアンネットワークを用いて分析を行った。図2は、筆者らが仮定していた各変数間の因果関係をネットワーク図にしたものである。このネットワークは、

- 知的好奇心の強さの増加に伴い課題の継続数が増加
- 継続数の増加とともにマップを探索する機会が増えスキルが増加
- スキルが増加すると、エージェントは広範囲にマップを探索することができ、エントロピーが増加
- エントロピーの増加に伴いゴール達成率が上昇

という因果関係を表している。なお、マップサイズが大きくなると相対的にモデルの行動範囲が局所化すると考えられる。そして行動範囲の局在化は情報エントロピーとして表現できる。そのためマップサイズは探索の広さに関係するのではないかと考えた。

3.2 分析結果

表1は、図2のネットワーク構造に対して、図1の結果をフィッティングした結果である。得られた因

果関係を回帰式として表現する際の係数（2行から6行）、各モデルとネットワークの適合度（7行）が示される。回帰式における操作変数を Reward（知的好奇心の強さに伴う報酬）と Map Size（環境の大きさ）とし、目的変数を Goal Rate（ゴール達成率）とした。列は図1であげたそれぞれのモデルに対応する。

表に示される適合度（BIC: Bayesian Information Criterion）は、

$$BGe = \sum_{i=1}^k \log f_{X_i} \left(X_i \mid \prod X_i \right) - \frac{d}{2} \log n \quad (1)$$

によって計算された。この式は、Rパッケージである bnlearn[14] において定義されるものである。 k は変数の数を表し、 X は変数自身を表す。また、 d はパラメータ数を表し、 n はサンプル数を表す。左項が精度、右項がペナルティを表しているため、つまり、このスコアの値が大きいほどデータとネットワークが適合していると言える。したがって、IBL+DFS モデル、DFS モデル、ランダムモデルの順で値が大きいため、この順番でモデルとネットワークが適合していると言える。

これらの結果からそれぞれのモデルの特徴が示される。例えば操作変数である知的好奇心の大きさに伴う報酬は、パターンマッチングの頻度が多い思考水準の高い IBL+DFS、DFS モデルに対して強く作用するが、思考水準の Random モデルにはあまり作用しない。それを裏付けるように、思考水準の高いモデルはネットワークとの適合度が高いことを示し、思考水準の低いモデルはネットワークとの適合度が低い結果となった。

4. 今後の計画とまとめ

本報告では ACT-R によって実装された知的好奇心のモデルに対し、一般的な説明を付与するために、その出力からベイジアンネットワークを構築した。そのベイジアンネットワークを用いて分析を行い、モデルごとの変数間の関係を回帰式の係数、およびネットワー

表1 各々の変数に対する回帰式の係数

| | IBL+DFS | DFS | Random |
|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| GoalRate~Entropy | 0.547 | 0.559 | 0.448 |
| Entropy~MapSize | -0.446 | -0.563 | -0.386 |
| Entropy~Skill | 0.591 | 0.657 | 0.041 |
| Skill~Round | 0.796 | 0.741 | 0.394 |
| Round~Reward | 0.651 | 0.655 | 0.117 |
| BIC | -4.295×10^6 | -4.331×10^6 | -4.938×10^6 |

クの適合度を表すことができた(表1)。これらの結果から、思考水準の高いモデルは知的好奇心の強さの増加と共にパフォーマンスが向上し、一方で思考水準の低いモデルは知的好奇心からの影響は少ないことが示される。この分析は、アルゴリズム水準のモデルによって生成された振る舞いを、計算論の水準(回帰式)に変換するものである。アルゴリズムによって生成される複雑な振る舞いを、より簡潔な表現に置き換えることで、回帰式の係数やネットワークの適合度からその妥当性を検討することができるようになったといえる。

しかし、本研究には、表1で得られた変数間の関係を詳細に分析できていないという限界もある。そのため、知的好奇心のモデルを計算論と接続するという目標の達成は、未だ十分ではない。今後は、さらに変数間の関係を詳細に分析する必要がある。前節の通り、この表は図2のネットワーク構造に対して図1の結果をフィッティングしたものである。したがって、各変数間の関係を表している。モデルごとの特徴が各変数間の回帰式の係数として現れているため、モデルのアルゴリズムがネットワーク構造に合うまでモデルを更新し、モデルと計算論の水準の接続ができると考える。

また、シミュレーション結果からボトムアップにネットワーク推定を行い、仮説のネットワークと各モデルのネットワークとの相違点および変数間の関係の相違点を比較分析する必要がある。今回行った推定では、因果構造のモデルを仮説としてトップダウンに構築し、それをもとに変数間の分析を行った。これによって、仮説に合うモデルの評価ができるが、合わないモデルに対して評価が行えない。トップダウンのネットワーク、ボトムアップに推定した各モデルのネットワークを比較分析することで、仮説に合わなかったモデルに対して解釈を与えられると考える。

文献

- [1] J. R. Anderson. *How Can the Human Mind Occur in the Physical Universe*. Oxford Press, 2007.
- [2] Arthur Aubret, Laëtitia Matignon, and Salima Has-sas. A survey on intrinsic motivation in reinforcement learning. *Corr*, 2019.
- [3] Yuri Burda, Harri Edwards, Deepak Pathak, Amos Storkey, Trevor Darrell, and Alexei A Efros. Large-scale study of curiosity-driven learning. *arXiv preprint arXiv:1808.04355*, 2018.
- [4] Roger Caillois. *Les jeux et les hommes*. 1958.
- [5] Karl Friston. The free-energy principle: A unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 11, No. 2, pp. 127–138, 2010.
- [6] Cleotilde Gonzalez, Javier F Lerch, and Christian Lebiere. Instance-based learning in dynamic decision making. *Cognitive Science*, Vol. 27, No. 4, pp. 591–635, 2003.
- [7] Johan Huizinga. *Homo ludens versuch einer bestimmung des spielementes der kultur*. 1939.
- [8] Raph Koster. *Theory of fun for game design*. ” O’Reilly Media, Inc.”, 2013.
- [9] Iuliia Kotseruba and John K. Tsotsos. 40 years of cognitive architectures: core cognitive abilities and practical applications. *Artificial Intelligence Review*, Jul 2018.
- [10] Christian Lebiere, Cleotilde Gonzalez, and Michael Martin. Instance-based decision making model of repeated binary choice. 2007.
- [11] Thomas W Malone. Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive Science*, Vol. 5, No. 4, pp. 333–369, 1981.
- [12] David Marr. Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information. 1982.
- [13] Volodymyr Mnih, Koray Kavukcuoglu, David Silver, Andrei A Rusu, Joel Veness, Marc G Bellemare, Alex Graves, Martin Riedmiller, Andreas K Fidjeland, Georg Ostrovski, et al. Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, Vol. 518, No. 7540, pp. 529–533, 2015.
- [14] Radhakrishnan Nagarajan, Marco Scutari, and Sophie Lèbre. Bayesian networks in r. *Springer*, Vol. 122, pp. 125–127, 2013.
- [15] K. Nagashima, J. Morita, and Y. Takeuchi. Modeling intrinsic motivation in act-r: Focusing on the relation between pattern matching and intellectual curiosity. In *Iccm2020: 18th International Conference on Cognitive Modeling*, 2020.
- [16] K. Nagashima, J. Morita, and Y. Takeuchi. Curiosity as pattern matching: Simulating the effects of intrinsic rewards on the levels of processing. In *ICCM 2021: 19th International Conference on Cognitive Modeling*, 2021.
- [17] Deepak Pathak, Pulkit Agrawal, Alexei A Efros, and Trevor Darrell. Curiosity-driven exploration by self-supervised prediction. In *Proceedings of the Ieee Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, pp. 16–17, 2017.
- [18] D. Reitter and C. Lebiere. A cognitive model of spatial path-planning. *Computational and Mathematical Organization Theory*, Vol. 16, No. 3, pp. 220–245, 2010.
- [19] Jürgen Schmidhuber. Formal theory of creativity, fun, and intrinsic motivation (1990–2010). *Ieee Transactions on Autonomous Mental Development*, Vol. 2, No. 3, pp. 230–247, 2010.
- [20] S. Singh, A. G. Barto, and N. Chentanez. Intrinsically motivated reinforcement learning. In L. K. Saul, Y. Weiss, and L. Bottou, editors, *Advances in Neural Information Processing Systems 17*, pp. 1281–1288. Mit Press, 2005.
- [21] 長島一真, 森田純哉, 竹内勇剛. 多様な環境の学習における ACT-R を用いた内発的動機づけのモデル. No. O3-2, pp. 62–71. 日本認知科学会第 37 回大会, 2020.

付録

図1で用いた3つの思考水準のモデルの概要を記述する。これらは、筆者らが ICCM 2021 において発表したモデルと同様である [16]。モデルは段階的に機能を付与され、その順に課題を遂行する中で利用される宣言的記憶（パターンマッチング）が増大する。ACT-R の理論において、パターンマッチングの対象となる宣言的記憶は脳皮質（腹側前頭前野）を介して引き出されるとされる。対して、それが利用されない処理は、プロダクションモジュール（脳基底核と対応）の比重が大きい。人間の意識的な処理が前頭前野を介して行われ、自動的な処理が脳基底核を介して行われるとの想定 [1] に立てば、ACT-R は、パターンマッチングを伴わない低次の思考とパターンマッチングを伴う高次の思考に区別するといえる。したがって、図3の左から右に向かうに従って、深い思考水準を組み入れたモデルと仮定した。それぞれのモデルの詳細を下記に記述する。

ランダムモデル

最も思考水準の低いモデルは、ランダムにゴールモジュールの現在位置を遷移させる。ラウンド内において、モデルはゴールに達するか制限時間に達するまで下記の処理を繰り返す。

1. 方向の決定: 4つの移動方向（東、西、南、北）を表すプロダクションを式(1)に基づいて、確率的に発火させる。なお、4つのプロダクションのユーティリティの初期値は等しく設定する。
2. 行き先の決定: 決定された方向への移動が可能か否かをパスに関わる宣言的記憶を検索することで判断する。この判断に利用するプロダクションには、ゴールモジュールに格納される現在位置と(1)にて決定された方向が、変数として含まれる。パターンマッチの結果、該当するパスの記憶が見つからなかった場合、(1)に戻る。パター

ンマッチに成功するパスが見つかった場合、ゴールモジュールの状態を検索されたパスに従って変更した後に(1)に戻る。一旦検索されたパスはプロダクションコンパイルされる。なお、プロダクションコンパイル後のプロダクションのユーティリティは、プロダクションコンパイル前のプロダクションのユーティリティよりも低く設定される。同じ宣言的記憶がプロダクションコンパイルされるごとにユーティリティが増大し、最終的にプロダクションコンパイルされる前のプロダクションのユーティリティと等しくなる。この設定はACT-Rのデフォルトの設定に従うものである。

確率的 DFS モデル

より高次の認知機能（宣言的記憶）をモデルに含めるために、確率的なDFS (depth-first search)、あるいはバックトラックによって環境を探索するモデルを構築した。その実装は、Reitterらの研究 [18] を参考にした。このモデルは、4に示すように、ACT-Rのイマジナルモジュールで生成されたチャンクを用いたスタック構造を備える。スタック内のプッシュ機能は、ARG1 スロットに過去のチャンク名を格納することで、スタック内のポップ機能は、ARG1 スロットの値を過去のスロットの値に戻すことで実現している。これらの生成されたチャンクは宣言的モジュールに格納され、後から検索することでポップ機能が実現される。ACT-RはLispで記述されているため、Lispの処理系にアクセスすることが容易である。しかし、これらの処理はすべて、Lispなど他のプログラミング言語で書かれた外部関数を定義することなく、ACT-Rのプロダクションのみで実装した。

具体的なモデルの動作は、以下の通りである。

1. 方向の決定: ランダムモデルと同様に、まず移動方向をランダムに決定する。
2. 行き先の決定: ランダムモデルと同様に、現在位置と移動方向を結ぶパス検索に成功した場合、ゴールモジュールの現在位置を変更する。加えて、DFSモデルは、検索されたパスに検索済みのタグを付与した新たなチャンクをイマジナルモジュールを介して作成し、宣言的モジュールに格納する。モデルがパスの検索に失敗したとき（行き止まりになったとき）、モデルは検索済みのタグが付与されたチャンクを辿ることで以前の場所に戻り、(1)を繰り返す。ランダムモデルと同様に、確率的DFSモデルは、パスに関する宣言的

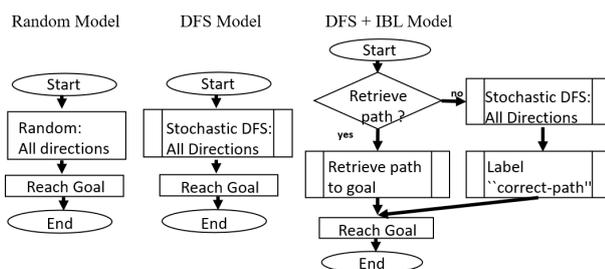


図3 思考水準の異なるモデル

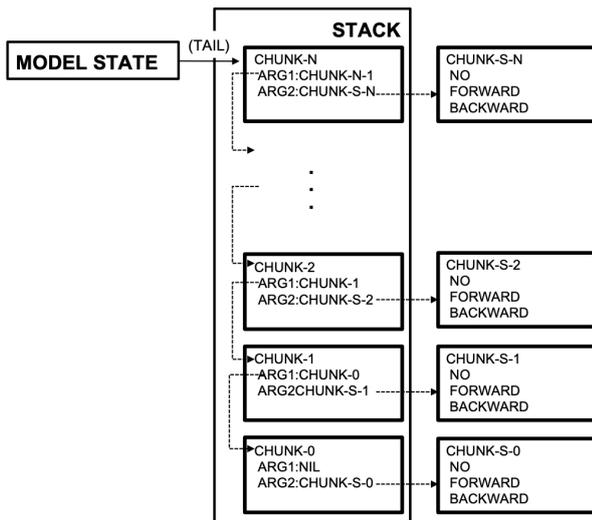


図4 ACT-Rのチャンクで構築したスタック構造。スタックの実装のためにACT-Rのイマジナルモジュールを使用している。

記憶をプロダクションコンパイルし、変数を含まない新しいプロダクションを学習する。

モデルはゴールに到達するか制限時間に達するまで(1)と(2)を繰り返す。パスの検索に失敗した場合、ランダムモデルが直ちにパスの検索を繰り返すのに対し、DFSモデルは宣言的記憶を検索しながらスタックをポップしていく。そのため、このモデルが効果的に環境を探索するためには、より多くのラウンドを繰り返し、パスの記憶をプロダクションコンパイルする必要が生じる。

確率的DFSとIBL組み合わせモデル

このモデルは確率的DFSとIBL(instance-based learning)を組み合わせる。IBLとは、現在の課題の解決に過去の記憶を用いる学習方法である[6, 10]。この課題では、各ラウンドの開始から、ゴールに到達するまで、経由したパスをスタックに蓄える。ゴールに到達した後に、スタック内のパスを辿り、正解ラベルの付与されたチャンクを生成する。ラウンドの進行は、以下の2つのステップをゴールに到達するか制限時間に達するまで繰り返す。

1. 方略の決定: DFS戦略を取るかIBL戦略を取るかを競合解決により決定する。
2. 方向と移動先の決定
 - (a) DFS戦略を採用した場合は、DFSモデルと同様に振る舞う。
 - (b) IBL戦略を採用した場合は正解ラベル付き

のパスの検索を試みる。失敗した場合は(1)に戻る。成功した場合は、正解ラベルの付与されたパスに従って現在位置を更新する。

課題の初期段階で、このモデルは確率的DFSモデルと同様に振る舞う。ラウンドが繰り返され、正解ラベル付きのパスの記憶が増加すると、効果的にゴールに到達できるようになる。IBLは、DFSに比べて、時間を要するコストの大きい処理である。正解ラベルをパスに付与するためには、ラウンドの終了時にスタック内のパスを検索しなければならない。また、パスの選択時にて、過去のラウンドの記憶を思い出すことも、他のモデルには存在しない時間的コストとなる。

行動予測から意図推定そして意図共有への進化シナリオの試論

Possible Evolutionary Scenario from Action Prediction to Intention Estimation and to Intention Sharing

橋本 敬
Takashi Hashimoto

認知科学大学北陸先端科学技術大学院大学知識科学系
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
hash@jaist.ac.jp

概要

他者の意図はいかにして推測でき、また共有できるのか。本稿では、意図推定の起源は他者の反射的な行動の予測であり、自分と他者の内部状態が豊かになった結果、他者の意図（実現したい状態への態度）の存在とそれを実現する行動ルールを推定するアブダクション（仮説形成）として進化したというシナリオを検討する。そして、この他者の意図と行動の仮説は、自身が持つ「状態→行動→状態」の単純なルールの再帰的結合により生成できることを主張する。

キーワード：意図共有，進化，アブダクション，再帰的結合

1. はじめに

意図とは心的な状態の一種であり、一般には外部から観察して分かりやすいものではないため、内部状態である。なぜ他者の意図（を含む心的状態）を推定するかを生物進化の観点から考えるなら、他者の将来の行動を予測できたり、自分が発する刺激により他者の行動を誘導できたりすることで、自身の適応度を上げることにつながるためであると考えられる。本稿は、このような他者行動の予測・誘導の観点からの、意図の推定と共有の進化シナリオについて考察を試みる。

2. 他者の行動の予測・誘導

2.1 他者の反射的行動の予測・誘導

個体 A が別の個体 B の行動を予測する状況を考える。最も単純な状況は、個体 B が反射的な行動を行う場合である。B が次のような行動を経験したとする。

個体 B の行動(1)：

環境状態 Y → 行動 a → 環境状態 Z

もし個体 B が帰納的学習の能力を持つ、あるいは、この経験が個体 B の適応度を高める場合、それぞれ学習と進化によって、

個体 B の行動ルール(1)：

環境状態 Y → それに反応して行動 a をとる → (自身に好ましい) 環境状態 Z にする

という行動ルールを持つに至る。なお、ここで環境状態は外部からある程度客観的に観察可能とする。

個体 A が環境状態と個体 B の行動を観測できる場合、上記の個体 B の行動(1)を何度も観測した結果、もし個体 A が帰納的学習の能力を持つならば、個体 B の行動ルール(1)を学習できる。そうすると、個体 A は個体 B の環境状態 Y における行動を

個体 A による個体 B の行動予測(1)：

環境状態 Y → 個体 B が行動 a → 環境状態 Z

と予測できることになる。

さらに、もし個体 B にとって環境状態 Y に擬せられるような（個体 A 自身も含む）環境の操作を個体 A ができるならば、個体 A はその環境操作により、個体 B の行動 a を誘発できる。

個体 A による個体 B の行動誘導(1)：

環境状態 Y にする → 個体 B が行動 a → 環境状態 Z

個体 B による行動 a の帰結である環境状態 Z が個体 A の適応度を高めるものであれば、個体 A は個体 B の行動を誘導する行動を進化的に獲得する。たとえば、ある種の化学物質や音が個体 B の接近を誘引し、個体 A は個体 B を捕食したり交配したりする場合である。逆に、個体 B が個体 A を捕食するような場合は、個体 B を接近させない環境状態の変化を個体 A は獲得することになるだろう。これらは、個体 A と B の間の信号伝達[1]であり、コミュニケーションの一種である。この帰結 Z が個体 B にとって完全に非適応的であるならば（一方的に捕食されるだけなど）、行動 a をとる個体 B は減少していくので、この行動の結びつきは安定ではない。したがって、平均的には（すなわち、すべてのケースにおいてではなく）両者に利得がある場合にのみ、この種のコミュニケーション（異なる個体間での行動の結びつき）が進化し得る[2]。

2.2 内部状態を持つ他者の行動の予測・誘導

次に、個体 B が反射的な行動をするのではなく、外

からは観測できない内部状態を持っており、それが個体Bの行動に影響する場合を考える。内部状態は観測不可能なので、個体Aから見た個体Bは

個体Bの行動(2) :

環境状態 Y → 行動 a → 環境状態 Z

環境状態 Y → 行動 b → 環境状態 Z'

環境状態 Y → 行動 c → 環境状態 Z''

...

のように、同じ環境状態で様々な異なる行動をとっているように見える。このような状況では観測のみから個体Aが個体Bの行動を帰納的に学習することはできない。個体Bの行動を予測するには、個体Bの隠れ状態をおく必要がある。たとえば、

個体Aによる個体Bの行動予測(2) :

環境状態 Y、個体Bの内部状態 r → 個体Bが行動 a → 環境状態 Z

では、「環境状態 Y、個体Bの内部状態 r → 個体Bが行動 a」という演繹的なルールはどこから来るだろうか。内部状態 r は観測できないので、行動予測(1)のように「環境状態 → 個体Bの行動」を経験することからの帰納では得られない。個体Bの内部状態について何の知識もないならば、「環境状態 Y で行動 a をとったということは、恐らく内部状態は r なのだろう」という推定も難しい。とするならば、個体Bの内部状態を推定し、

個体Aによる個体Bの行動仮説(1) :

環境状態 Y のとき、個体Bの内部状態を r とする
→ 個体Bが行動 a → 環境状態 Z

という仮説を立て、その蓋然性を上げていくしかない。すなわち、他者の内部状態に関して仮説形成=アブダクションをし、仮説検証することになる。

この場合、個体Bの行動を a に誘導することは、環境状態を Y にするだけでは達成できず、個体の内部状態を r に導かなくてはならない。個体Aのある行動により、個体Bの内部状態を r へと導けたとすると

個体Aによる個体Bの行動誘導(2) :

環境状態 Y、個体Bの内部状態を r にする → 個体Bが行動 a → 環境状態 Z

とできる。個体Aの行動が個体Bの内部状態を変化させているので、前節のような2者の行動の反射的な結びつきよりも、人間的な意味でのコミュニケーションに近づいている。

とはいえ、個体Aの様々な行動が試され得る進化的時間スケールを考えるならば、環境状態 Z が個体Aの適応度を高める場合に、個体Aは個体Bの行動を誘導

する行動を進化的に獲得することができる。すなわち、個体Aは個体Bの内部状態を変更する意図を持たなくても、個体Bの内部状態がどのようになっているかの理解を持たなくても、この種のコミュニケーションは成立し得る。

たとえば、サバンナモンキーが捕食者がいる状態でアラームコールを出すことで他のサバンナモンキーの個体が適切な捕食者の回避行動をとるというケース[3]では、アラームコールを出す個体は捕食者が来たことにより感情(恐怖心)が高まってアラームコールを出しているだけかもしれないし、それを聞いた他個体も感情を喚起されて回避行動をとっているだけかもしれない。すなわち、アラームコールを出す個体が他個体を逃がす意図を持つ必要も、そのコールにより他個体の感情がどのようになるかを理解する必要もない。また、回避行動をとる個体もアラームコールによって捕食者が近づいていることを理解して回避行動をとっている必要はない。実際は、サバンナモンキーが意図を持っていたり他者の内部状態(心)を理解していたりしてこのような行動をするかもしれないが、「意図」や「理解」という概念を持ち出すことなくこの同種他個体間の協力的なコミュニケーション行動を最節約的に説明できる。

動物でも、アラームコールに対して捕食者のイメージを持って回避行動をとる場合がある。たとえば、シジュウカラは、ヘビに似た木の棒がある状況でアラームコールを聞いた個体は、その棒に近づくというヘビを探す行動をとるが、他の鳴き声を聞いたときや棒がヘビの動きと似ていない時は近づかない[4]。すなわち、シジュウカラにとってこのアラームコールはヘビの内的表象を喚起する(ヘビを表す)記号になっており、記号を用い他者の内部状態を変更することで行動を誘導するコミュニケーションをしていると言える。しかしこの場合でも、どちらの個体も他者の内部状態を変更する、あるいは、天敵から逃げる意図を持つと言必要はない。

3. 内部状態を「意図」と言うためには

では、内部状態を「意図」と言うためにはなにが必要だろうか。これは当然ながら意図の定義によるが、ここでは意図を「実現したい状態への態度」と考える。たとえば、私がビールを手にしようとしてビールに向けて手を伸ばしているとき、私は「ビールを掴んでい

る状態」を実現したいという態度という内部状態を持っており、これを「私はビールを掴みたい（手にしたい）」という意図を持つ」と表現する。

この考えを他者の行動（個体 B）を観察する場合に当てはめてみよう。個体 B の行動 a を観測したとき、個体 B はそれによってある状態（環境状態 Z）を実現しようとしている、と個体 A が解釈する。すなわち、個体 B は「環境状態 Z を実現したい」という意図を持つ、と個体 A が考える。このように考えると、外部から観察できる個体 B の行動は状態 Z（目的）を実現する手段であるという、目的・手段の連関を想定することになる。このように（他者の）行動を目的・手段連関の中の手段と捉えることができれば、その目的を想定している内部状態を、意図を持っている状態と言って良いのではないだろうか。

個体 A が他者を意図を持つ存在だと見るためには、個体 A は「ある状態は別の状態へ行く途中段階であり、他者のある行動は別の状態へ行く手段と見る」という、目的・手段連関を想定・認識する能力を持つ必要がある。だがここでも、必ずしも個体 B が本当に状態 Z を実現することを目的として持っている（Z を意図している）必要はない。個体 A が個体 B について、

個体 B の内部状態 r :

状態 Z を実現したい

個体 B の行動ルール(3) :

環境状態 Y、内部状態 r → 行動 a をする → 状態 Z になる

と措定する（仮説を立てる）ことで、個体 B の行動をより良く予測できる（仮説が反証されない）のであれば、「個体 B が状態 Z の実現を意図し行動 a をとっている」と考える（個体 B のことを理解する）ことがとりあえずは正当化される。すなわち、（少なくとも他者の）意図は幻想であっても実効的であれば良いのである。

ここで、状態 Z は個体 B から見て他者の状態・行動でも良い。この場合は、個体 B は他者の行動を導こうという意図を持っていると（個体 A からは）認識される。

また、目的・手段連関は一つで終わる必要はない。上記のビールの例で言うなら、ビールを手にしようという私の目的（実現したい状態）は、ビールを飲むという目的を実現しようとする手段である。また、ビールがある位置を見て確認する行動は、ビールに手を伸ばすという目的の手段になる。このように、目的・手

段連関は連鎖する。

目的・手段連関の連鎖が十分長い時は、その連鎖の多様性も大きくなるので、生物進化で目的・手段連関の連鎖に対応する多くの行動を獲得することが難しくなる。長い目的・手段連関の連鎖を持つとは、世界の状態や他個体の状態を変えるための計画を持てるほどに豊かな心的キャパシティと行動レパートリーを持っているということである。たとえば、何段階かの手順を踏んで完成に至る道具を作ることや、獲物を長い間追い続けたり罠を作ったりして仕留めるような行動ができる場合である。そのような個体は

行動ルール(4) :

状態 Y0 → 行動連鎖 a0a1a2... → 状態 Z

という複雑な（目的・手段連鎖が長い）行動ルールを持てるので、他者に対してもそれを措定することができる。ここで、

個体 B の内部状態 r :

状態 Z を実現したい（という意図）

という行為（外部から観察できる行動）の目的・理由を想定することで、個体 B の行動 a0 を観測するだけで、個体 B は「状態 Y0 で行動連鎖 a0a1a2... をすれば状態 Z になる」というルールを発動しているからだと推測し、「B が次に取る行動は a1 だ」と予測できる。

4. 意図共有へ

「個体 B が次に取る行動は a1 だ」と予測できるということは、「個体 B が次に取る行動は a1 であり、それは Y2 というサブゴールを実現するための」と想定できることを意味する。ここで、「個体 B が実現したい状態 Y2 を自分が実現してあげれば個体 B は a2 という行動を取る労力がいらなくなる」と考えることもできる。すなわち、

個体 A の内部状態 :

状態 Y2 を実現したい（意図）

状態 Y2 は個体 B が実現したい状態、あるいは、実現したい状態 Z へ向かうサブゴールであることを（意識的・無意識的にかかわらず）知っている（知識）

という内部状態（意図と知識）を持つということである。「意図共有」を「他者がもつ実現したい状態を理解し、自分もそれを実現する態度を持つこと」と定義す

¹ もう少しちゃんと書くと、「状態 Y0、行動 a0 → 状態 Y1、状態 Y1、行動 a1 → 状態 Y2、... → 状態 Z」という行動ルール

ると[5]、これは意図共有が達成できていることになる（実際に実現したい状態にまで現実を持って行けることまでは意味しない）。

では、他者の意図と行動連鎖による状態遷移のルールはどこから来るのだろうか？ひとつの可能性は、自分がそうした経験を何度もしている場合である。すなわち、

自身の内部状態 r :

状態 Z を実現したい

のときに

自身の行動ルール :

状態 $Y_0 \rightarrow$ 行動連鎖 $a_0 a_1 a_2 \dots \rightarrow$ 状態 Z

により状態 Z をうまく実現できた経験を持つから

個体 B の内部状態 r :

状態 Z を実現したい

個体 B の行動ルール(4) :

状態 $Y_0 \rightarrow$ 行動連鎖 $a_0 a_1 a_2 \dots \rightarrow$ 状態 Z

を想定する。これは他者意図推定のシミュレーション仮説[6]に相当する。しかし、この方法では自分が実現したことがある目的・手段連鎖と同じものしか、他者の意図・行動を理解・予測することができない。

一方、環境状態 Y で個体 B の行動 a を観測したとき、「状態 Z を実現しようとしており、「状態 $Y \rightarrow$ 行動 $a \rightarrow$ 状態 Z 」というルールを発動している」と推定するアブダクションは、どちらかという他者意図推定の理論仮説[7]に相当する。ここで、行動 a の観測だけから推定される状態 Y 、 Z は原理的には無限にあり得るので、様々な行動状態遷移ルールを生み出すことができ、自分が経験したことがある目的・手段連鎖以外の他者の意図・行動も理解・予測できるようになるだろう。ここでその様々な行動状態遷移ルールを生成する可能性があるのが、単純な状態・行動のルールあるいは目的・手段連鎖のルールを再帰的に結合することである。再帰的結合とは、なにかとなにかを結合したものをさらに他のなにかに結合することであり、多様な生成物を生み出す効果がある[8]。「状態 $Y_0 \rightarrow$ 行動 $a_1 \rightarrow$ 状態 Y_1 」「状態 $Y_1 \rightarrow$ 行動 $a_2 \rightarrow$ 状態 Y_2 」…というルール群を要素として、これらを再帰的に結合することで、多様な「状態 \rightarrow 行動 \rightarrow 状態」の連鎖、すなわち、サブゴールの連鎖を生み出すことができる。自分が持っている（経験がある）のは、個々の要素ルール群だけでなく、全ての連鎖を経験として持つ必要はない。

すなわち、他者意図を想定できることは、まず、自分が意図（実現したい状態への態度）を持ち、その意

図を実現するサブゴール連鎖（目的・手段連鎖）、すなわち、行為による状態遷移の連鎖を考えられることが必要である。そして、この行為による状態遷移の再帰的結合を内的に行えることが要請される。

5. おわりに

本稿では、他者の反射的な行動の予測から意図共有へ至る進化シナリオについて考察した。まず、単純な反射から内部状態がある他者行動の予測・誘導の進化が動物のコミュニケーションの進化に相当することを見た。そして、内部状態を「意図」と言えるためには、他者の行動について、目的をアブダクションし行動はその目的達成の手段と考える、目的・手段連鎖を想定・認識することが必要であることを論じた。そのような想定が他者行動の予測に有効になるには、世界の変化についての目的・手段連鎖の連鎖を想定できる、すなわち、計画を建てられるくらいに豊かな内部状態を持つ行動主体と相互作用する場合である。そして、意図共有とは、他者の目的・手段連鎖の連鎖の中で、ある行動の観察からその他者が実現したい状態へ至るサブゴールを自身の意図とすることと考えた。最後に、複雑で多様な目的・手段連鎖の連鎖ルールは、「状態 \rightarrow 行動 \rightarrow 状態」の単純なルールを再帰的に結合することで生み出すことができ、それが他者の目的・手段連鎖についてのアブダクション（仮説生成）になることを主張した。

なお、本稿では、「もし○が生じれば（できれば）△がおきる（できる）」という推測を連ねており、実証的な検討が可能で論を進めているわけではない。従って、「ありえる進化シナリオ」についての思考実験を行っている。現状では実証的にテストできるほどこの思考実験は洗練されていないが、構成論的シミュレーションによる検討・精緻化が次のステップとして考えられる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP17H06383, JP20H04256 の助成を受けたものである。

文献

- [1] Maynard Smith, J., & Harper, D., (2003). *Animal Signals*, Oxford: Oxford University Press.
- [2] Dawkins, R., & Krebs, J. R., (1978). Animal signals: information or manipulation. In J. R. Krebs, & N. B. Davies

- (Eds.), *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach*, Oxford: Blackwell, pp. 282–309.
- [3] Cheney, D. L., & Seyfarth, R. M., (1990). *How Monkeys See the World*, Chicago, IL: Chicago University Press.
- [4] Suzuki, T. N., (2018). Alarm calls evoke a visual search image of a predator in birds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 115, No. 7, Article 201718884.
- [5] Hashimoto, T., (2020). The emergent constructive approach to evolinguistics: considering hierarchy and intention sharing in linguistic communication, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, Vol. 29, pp. 675–696. doi:10.1007/s11518-020-5469-x.
- [6] Gallese V, & Goldman A., (1998). Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 2, No. 12, pp. 493-501. doi: 10.1016/s1364-6613(98)01262-5. PMID: 21227300.
- [7] Gopnik, A., (1993). How we know our minds: The illusion of first-person knowledge of intentionality. *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 16, No. 1, pp. 1–14. doi:10.1017/S0140525X00028636.
- [8] Toya, G. & Hashimoto, T., (2018). Recursive combination has adaptability in diversifiability of production and material culture. *Frontiers in Psychology*, Vol. 9, Article 1512, pp.1-17. doi:10.3389/fpsyg.2018.01512.

「これ」 

This title is meaningless when seen out of context

明地 洋典

Hironori Akechi

京都大学

Kyoto University

akechi@cogn.jp

概要

ヒトのコミュニケーションでは同じ記号が文脈によって異なる意味を伝える。この文脈依存的コミュニケーション形式は、ヒトにとっては、文脈を通して意図を明示、推論することが情報伝達性の面で効率的であることを示している。近代的なコミュニケーション状況では文脈が欠けやすく、非協力的になりやすい。未来のコミュニケーションの場を設計する上では、文脈を補填し、協力的な性質を引き出す工夫を施すことが重要になるだろう。

キーワード：コミュニケーション、文脈、意図、指示詞

1. ヒトは文脈を通して意図を明示・推論し、意味を伝える

ヒトのコミュニケーションは文脈依存的である。どのような言語でも、指示詞（日本語ではいわゆる「こそあど言葉」）のような極端に文脈依存的な言葉が存在する。文脈依存的でないように思われる固有名詞、たとえば「アルバート・アインシュタイン」でさえ、様々な意味（たとえば「天才」「お茶目な人」）を伝え得ることを考えると、ヒトのコミュニケーションにおいては、言葉は厳密な意味で「符号化」されているのかどうかも疑わしい。文脈依存的であるということは、不確実性があり、また、推論を要するということである。それでも問題なく意図を伝え合えるのは、文脈の用い方には前提があり、ある種の原理に従って記号を表出、解釈するからであろう。そのような前提として、発話は協力的に情報伝達性を考慮して行われることが挙げられる[1]。また、指示詞とともに指さしがよく使われるように、文脈依存的な言葉は意図が明示され、推論されることによって、非曖昧化され、意味が伝達される。では、なぜそもそもヒトのコミュニケーションは文脈依存的になったのか。

2. 文脈依存的な言語は意図明示によって情報伝達を効率化する

ヒトにおけるコミュニケーションの文脈依存性は、情報伝達の効率化に寄与している。あらゆる言語やコミュニケーションの体系は、効率性を考慮すると、文脈が意味に関する情報を伝達する限りにおいては、記号自体は曖昧になる[2]。文脈を介したコミュニケーションが効率的であるためには、文脈的情報を意図伝達に有用な形で用いることができなければならない。そして、実際にヒトは、多くの場合、「これ」というような非常に文脈依存的な言葉を情報伝達のためにうまく使用することができる。「これ」が何を指すかは、話し手が何を見たり指さしたりしているか、その発話の直前まで何を対象に話していたかなどの文脈を考慮しなければ、明確に定まらない。意味の特定には意図の推論が必要である[3]。話し手は合理的かつ協力的であり、その視線や身ぶりでも明示している物以外を意図して「これ」と発話することはないことを前提にしなければ、「これ」の候補はこの世界（もしくは話し手の空想の世界）に存在する、あらゆる物になってしまう。逆に言えば、指示詞「これ」のような極端に文脈依存的な言葉がどのような言語にも存在するのは、ヒトがそのような文脈依存的な言葉や言語の性質から利益を得ているからに他ならない。実際に、指示詞のような極端に文脈依存的な言葉と指さしのような意図明示の手がかりをともに用いることにより、情報伝達が効率化され得ることが明らかになりつつある[4]。ヒトは与えられた文脈を用いるだけでなく、自ら文脈を作り出すことによって、文脈依存的な言語をうまく意図の伝達に利用している。

3. 近代的なコミュニケーション状況では文脈が欠けやすく、齟齬が生じやすい

近代的なヒトのコミュニケーションでは、文脈が欠けやすく、非協力的になりやすいため、齟齬が生じやすいことが考えられる。従来のヒトのコミュニケーションは、顔見知り同士で行われ、時空間、文化的・言語的慣習などを共有していることを前提とした対面での形式が前提であった。近年では、技術の進歩により、時空間、文化、言語の違いを超えたコミュニケーションが可能であり、様々な水準において文脈が欠けやすい。ヒトのコミュニケーション形式が文脈を情報伝達に用いる能力、意図の明示と推論を前提にしていることを考えると、文脈が欠け、誰に対してどのような意図で発した言葉であるかが明らかでない状況でのコミュニケーションは、齟齬が生じやすいはずである。たとえば、Twitter のつぶやきは、多くの場合、誰に対しての発話であるのか明確ではない。また、多くの場合、表情や身ぶりなど、感情的な情報を伝達するのに適した手がかりが欠けている。文脈が欠けやすい状況では、意図を伝えるのに文脈的情報が十分ではないことを考慮し、発信者も受信者も文脈を意識的に補填することが重要であろう。また、匿名性を保ったままコミュニケーションを行うことが可能であるため、ヒトのコミュニケーションの基盤である協力性も欠けやすい。ヒトの協力的社会は、評判を介した互惠性によって成り立っているとされる。匿名であることにより、コミュニケーションは利己的なものになりやすく、判断に繋がりがやすくなってしまう可能性がある。

4. 未来のコミュニケーションに向けて

未来のコミュニケーションを考える上では、対面でのコミュニケーション場面から離れるほど、ヒトのコミュニケーションの前提や基盤が欠けやすくなることを意識し、また、コミュニケーションの場や技術を作るときには、文脈がうまく補填され、共有基盤が形成されやすい工夫、また、ヒトの協力的な性質を引き出す工夫を施すことが重要になるだろう。コミュニケーションには本質的に労力が伴う。しかし、ヒトにおいては、コミュニケーションは互惠的な営みであり、社会参加の手段でもある。未来のヒトのコミュニケーションがその本質を見失わないよう、いまこそ、コミュニケーションを重ねる必要があるのかもしれない。

文献

1. Grice, H. P. (1975) Logic and Conversation. In *Syntax and Semantics* (eds. Cole, P. & Morgan, J. J.), pp. 41–58. New York: Academic Press.
2. Piantadosi, S. T., Tily, H., & Gibson, E. (2012) The communicative function of ambiguity in language. *Cognition*, 122, 280–291.
3. Kaplan, D. (1989) Afterthoughts. In *Themes From Kaplan* (eds. Almog, J., Perry, J., & Wettstein, H.), pp. 565–614. Oxford: Oxford University Press.
4. Akechi H. in prep

言っていないことは“意図された”ことと想定すべきなのか？ Should we assume that what we are not saying is “intended”?

安田 哲也[†]

Tetsuya Yasuda

[†]東京電機大学理工学部

Tokyo Denki University

t-yasuda@mail.dendai.ac.jp

概要

コミュニケーションを行うためには、言語のやり取りのみならず、そこに明示されていない文脈も考慮に入れなければならない。しかしながら、明示されていない情報を想起することは幼児にとって難しいが、成人は情報(構造)を補完し解釈することができる。この構造性を見出す力がコミュニケーションを阻害している可能性がある。本発表では、意図共有という観点からヒトの推論能力等を議論し、SNS 等の非対面コミュニケーションへの示唆を考察する。

キーワード：含意, alternatives, 意図推測

1. 言語とコミュニケーション

適切にコミュニケーションを行うためには、その発話に込められた他者の意図を、その発せられた状況や共同注意や指さし等の非言語情報を利用し、適切に推測しなくてはならない(Tomasello, 2008)。発せられた語からその意図を推測して解釈を行う際、その意図は必ずしも明示されているとは限らない(e.g., Irony; Wilson & Sperber, 1992)。例えば、皮肉は字義的にその表現を解釈すると賞賛だが、なされた状況とその表現との意図の乖離により賞賛ではないことを暗に伝達する。コミュニケーションにおいてこのような過程が存在するのは、発話を純粋に記号のやり取りから解釈するのではなく、発話を推論し、その発話を解釈しているからである (Sperber & Wilson, 1995)。

2. 他者を推察する能力

含意(その語/発話に込められた意味: 推意)を考慮した解釈を行うことは、単純ではない(Noveck & Reboul, 2008)。特にコミュニケーションの意図伝達において参与しているのが量的含意(scalar implicature)である。量的含意とは、提示された語(e.g., some)に対応する語(e.g., all)を否定することにより、提示された語の意味を強くするというものである。それは量のみに関わらず、尺度的な意味がある語に対しても適用される (文献)。例えば、「今日は暖かい」という発話は、今日は暑くはないことを意味する。

日本語においては、この量的含意がうまく表現がなされない時がある。例えば、「ある研究室に所属している学生はお金持ちである」のような場合は、量的な語は含まれていないが、恐らくある研究室に所属しているすべての学生がお金持ちではない(i.e., 何人かの学生はお金持ちである)というような解釈を行うことが考えられる。日本語では、照応を利用した表現がよく使用される。そのため、文脈を提示することが難しいような状況においては、誤った解釈をしかねない。

3. 幼児期の推察する能力

5歳前後の幼児では some 等の alternatives を持つ語の推測/理解(i.e., スカラー含意)は獲得の途中であることがわかっている (Papafragou & Musolino, 2003; Stiller, Goodman, & Frank, 2015)。その一方、その語自体が持つ ad hoc 含意に関しては、2歳の幼児でも理解できることが示されている (Yoon & Frank, 2019)。Yasuda and Kobayashi (BCCCD 2019)では、例えば「かばんをもって人がいます」というような刺激文を用い、some 等の scalar alternative を仮定した解釈を行うかを調べた。幼児は「かばんを持っている人がいます」という文を、すべての人が持っているという解釈を行った一方、成人は scalar alternatives を仮定した、何人かが持っているという解釈を行った。よって、成人は、「かばんを持っている人がいます」という文を、「…(何人か)います」という(勝手に)量的情報を埋めるような心的な操作を行った可能性が考えられる。一方、幼児は、字義通りにあるものが存在しているか/していないかに焦点化した解釈であった。明示しない情報を推測するような心的な操作は難しいことが予想される。

4. 成人は(不完全な文に)構造性を見出す

Yasuda and Kobayashi (2019)が提案した、「かばんを持っている人が(何人か)います」という解釈は、例えば「かばんがあります」のような単純な文でも起こりえるの

だろうか。もし scalar alternatives を仮定した解釈がなされるとすれば、「(いくつかの)かばんがあります」と解釈されることが予想される。

Yasuda and Kobayashi (in prep)では、大学生 41 名を対象とした Microsoft Form を利用した実験が行われた。刺激は、Yasuda and Kobayashi と同様に量の伴った絵カード(some, all, none)が用意された。刺激文は、複文として「花をもっている人がいます」、単文として「花があります」が提示された。参加者は、刺激文が出た後に絵カードを観察し、最も適切に刺激文を表現しているカードを選択した。混合計画の三要因分散分析の結果、刺激文の主効果と順序と刺激文の交互作用が認められた。初めに複文が提示された後に単文が提示された方が、初めに単文が提示されたよりも、some という解釈を行っていた。また初めに単文が提示した場合でも複文が提示されると、some という解釈を行っていた。よって、複文の方が、言語が持つ構造に着目しやすい。しかし、複文を解釈するという経験を得た後に、単純な文を解釈する場合には、単純な文でさえ some を見出した。

この現象は、Grice の提案した量の公準に基づく、言っていないことに意味を見出すという解釈で説明することは可能である。しかしながら、この解釈方略で参加者が発話意図を推測しているならば、単純な文である時にも同様に「かばんが(何個か)あります」となることが考えられるが、そのようなことは見られなかった。

5. (特定な)意図を(勝手に)見出す力

この「かばんを持っている人が(何人か)います」という解釈は、意図共有(Tomasello, 2008)の観点から説明すると妥当である可能性がある。参加者が Some という意図を見出さなかった単純な文では、ある特定の意図を伝えたいという意図が希薄である。一方、Some と解釈できる複文を経験した後は、単純な文でも同様の意図を見出していた。意図共有の働きが強いと仮定できるならば、高次の構造性を見出さなくてもよい文(e.g., 単純な文)に対しても意図を共有しようと心的に働きかけたと考えることもできる。

Yasuda et al. (JSL2021)では、「かばんを持っている人がいます」という文を用い、ある意図を見出すことが容易な同じグループ(e.g., すべてのカードがクマ着ぐるみ)の人がモノを持っているような刺激と、そうでないそれぞれのグループ(e.g., クマ(some), ウサギ(all), ネコ(none)の着ぐるみ)の人がモノを持っているような刺激

を提示した。成人は同じグループを提示されると alternatives を仮定するのが容易らしく、some という解釈がなされていた一方、違うグループが提示されるとその alternatives を仮定することが難しいということが報告された。Yasuda et al. (in prep)では、このグループという要因に知覚的な色という要因を追加して、some という解釈が起こるかを調べた。すべてのグループが違う色で表現され、かつ違う着ぐるみで表現された場合に最も some を見出さなく、all として解釈していた。また、このような状況においては、そもそも some を解釈することが困難であった。よって、構造性を見出すような力は、意図を見出すために構造の「隙間」を感じ取ることが重要である可能性がある。

6. 意図推測が意図共有をもたらす(?)

ある種の SNS における文は投稿できる文字数が限られている。よって、何かの情報を埋める(過剰な)意図共有が生じやすい状況が、そもそも SNS の環境にはあることが考えられる。SNS は対面コミュニケーションとはかなり様相が異なり、表情等のフィードバックはない。よって、ある程度単純でない文は話者の意図とは反した alternatives を仮定した解釈が行われてしまう可能性は否めない。

この(過剰に)意図を読むという能力が、自分の意図したい推論を(過剰に)生成する可能性もある。例えば、日常場面でも過剰に意図を読む場面は生じる。共創的コミュニケーションを精緻に調べるためには、例えば、意図共有しにくいしやす状況はあるのか等、様々な側面から研究する必要がある。

謝辞

参加者に感謝を申し上げます。構造性に関する実験を行った東京電機大学の卒業生である宮川君にも感謝を申し上げます。なお、本研究は JSPS/MEXT KAKEN JP17H06382(H.K.)と JSPS JP20K0355 (T.Y.)の助成を受けて行われました。

主要参考文献

- [1] Noveck, I. A., & Reboul, A. (2008). Experimental pragmatics: A Gricean turn in the study of language. *Trends in cognitive sciences*, 12(11), 425-431.
- [2] Sperber, D. and Wilson, D. (1995). *Relevance Theory: Communication and Cognition*, Second Edition, Blackwell.
- [3] Yasuda, T., & Kobayashi, H. (January, 2019). Comprehension of weak and strong scalar implicatures in Japanese young children and adults, Yasuda, Tetsuya, and Kobayashi, Harumi, Poster presented at the Budapest CEU Conference on Cognitive Development (BCCCD 19), Budapest, Hungary.

アイロニー発話と推論的コミュニケーション

Ironical Utterances and Inferential Communication

吉村あき子
Akiko Yoshimura

奈良女子大学
Nara Women's University
akikoy@cc.nara-wu.ac.jp

概要

ヒトのコミュニケーションに現れるアイロニー発話は、コードの解読だけでは話者の意味を解釈することができず、推論が大きな役割を果たしている典型的な事例です。本発表では、アイロニー発話の認知処理プロセスを観察し、話者の意味は何かを追求することを通してその特徴的解釈パターンを抽出し、推論に基づくコミュニケーションの進化との関係を考察します。

キーワード: コミュニケーション, アイロニー発話, 認知語用論, 推論, アブダクション, 推意

1. はじめに

これはよく知られている Grice の例ですが、例えば、[A がこれまで親友だと思っていた X が、A の秘密を商売敵に漏らしてしまった。A と聞き手 B の両者がこのことを知っている状況]で、A が B に「X はいい友達だね」と言うとアイロニーです。この時この発話は「X はひどい友達だ」を意味するとされています。古典的理論では、アイロニー発話は、発話内容の反対を意味するもの(意味論レベルで字義的意味に取って代わる)として分析されますが、Grice は、それを語用論的に引き出された推意であると分析します[1]。しかし Grice の説明では、発話の字義的意味からその反対を意味する推意にどのように移行するのが明示されていませんし、アイロニー発話の推意が、他の一般的な推意と同じタイプとみなせるのかどうかははっきりしない、ということが Sperber and Wilson によって指摘されています[2]。

一方 Wilson は、アイロニー発話を、話者以外に帰属する思考に対して、話者が乖離的態度を表明するものだ、という独自の定義を提案しています。これは多様なアイロニー発話に適用できる説明範囲の広い定義なのですが、アイロニー発話によって伝達されるもののステータスについては何も述べていません[3]。

本発表は、アイロニー発話の認知処理プロセスを考察し、アイロニー発話によって伝達されるのは(発話の字義的意味の反対の場合も含め)、Grice の言うように主として推意であり、それは、コミュニケーションにおけることば(発話)の役割は、聞き手の推論を正しい

軌道に乗せることである、という Sperber and Wilson の見解を支持すること、アイロニー発話の存在は、ヒトのコミュニケーションが推論に基づくことを強く支持するものであることを示したいと思います。

2. 発話の表意と推意

発話によって伝達される意味に、明示的意味(explicature, 表意)と非明示的意味(implicature, 推意)があることはよく知られています。Wilson は表意を「解読と推論の組み合わせで同定される伝達される命題」と、推意を「発話によって伝達される意味で表意ではないもの」と規定しています[4]。しかし、表意形成過程は、かなり明確になっていますが、推意導出については、まだよく分からないところがあります。

語用論はコミュニケーションにおける推論を扱い、推論を研究する学問は論理学なので、語用論は論理学を避けて通ることができません。一般に、推意の分析をするときには、導出過程が分かりやすい演繹の削除規則を使ったものが例としてよく引き合いに出されます。例えば、A に「ベンツは運転する？」と聞かれて B が「高級車には乗らないの」と答えた場合に、B の発話が「ベンツは運転しない」を推意として伝達するような場合です。このように発話内容「高級車は運転しない」と文脈想定「ベンツは高級車だ」を前提にして演繹推論し、結論「ベンツは運転しない」を引き出すのが一般的です。演繹規則では、前提が真であれば帰結も必ず真になりますので、前提の発話内容に矛盾するような帰結は引き出されません。これが、先ほどの Grice のアイロニーの説明に、Sperber and Wilson が疑問を呈した理由だと思われます。「X はいい友達だ」という発話を前提にして「X はひどい友達だ」という推意をどうやって引き出すのか、万が一引き出せたとして、それは上記ベンツの例と同じ推意なのか、という疑問です。

もし、推意導出に演繹規則しか貢献できないのであれば、当該発話から「X はひどい友人だ」を推意として引き出すのは不可能です。しかし、ほかの推論規則も

推意導出に貢献するのであれば、説明の可能性は出てきます。そして、私たちが日常の様々な状況で実際に行っている推論は、演繹規則に限らないので可能性はあるといえます。吉村(2016)はそれを調べ、ほかの推論規則も推意導出に貢献することを示し、推論規則に基づく分析的推意と拡張的推意の2分法を提案しました。

3. アブダクションによる推意 (吉村 2016)

伝統的な論理学は演繹と帰納を扱いますが、ほとんど命題を単位とする演繹が中心です。この伝統論理学でヒトの行う推論を十分説明することはできないので、パースは、「ひらめき」のような科学的仮説形成の推論をも扱えるよう、演繹 deduction・帰納 induction・アブダクション abduction の3分類を提唱しています[5]。

推意との関連で言うと、吉村(2016)は、帰納(一般化/抽象化)もアブダクションも推意導出に貢献していること、命題単位の入力を扱う推論規則だけでは、推意は説明できないことを明らかにしています[6]。

アブダクションとは「驚くべき事実Cが観察される、しかしもしHが真であれば、Cは当然の事柄であろう、よって、Hが真であると考えべき理由がある」と定式化される推論です。例えば「[陸地のずっと内側で、魚の化石のようなものが発見される]という驚くべき事実(C)が観察される。しかしもし[この一帯の陸地はかつて海であった](H)が真であれば、Cは当然の事柄であろう。よって[この一帯の陸地はかつて海であった](H)と考えるべき理由がある、というような推論です[7]。

次の文脈における母親の発話は、アブダクションによって推意が引き出されていると考えられます。[米西部開拓時代のシルバーレイクで、会社の要請でインガルス一家だけが厳しい冬を現地で越していた。まだ極寒の2月、西部に向かう気の早い入植者の荒くれ男達が宿を求めてきた。3人の娘がいるので断りたかったが、凍えさせるわけにいかず、引き受ける。娘のローラが次のように述べる。]「そんなわけで母さんは、5人もの知りもしない人たちのために、夕食をしたくしました。…食事のあと片づけがまだ終わりもしていないのに、かあさんは洗い桶の前をはなれて、小声でゆっくりいいました。It's bedtime, girls. 「寝る時間ですよ、みんな。」まだ寝る時間ではなかったのですが、かあさんが、知らない男たちと一緒に階下にはいけませんよ、ということをしてとなくいったのだということが、みんなにはちゃんとわかりました。」(吉村 2016: 212)

この「寝る時間ですよ」という母親の発話は、真偽でいうと偽です。しかし推意が引き出されています。その導出過程は、まだ寝る時間ではないのに「寝る時間ですよ」とかあさんが言う(驚くべき事実 C)が観察される。しかし「知らない男たちと一緒に階下にはいけない」ということを伝えたい(H)とすれば、C「寝る時間だ」と言って、娘たちを2階に行かせようとするのは当然の事柄であろう。よってHが真であると考えべき理由がある、というアブダクションで推意Hが創りだされていると考えるのが妥当だと思われるのです。

アイロニー発話における推意導出とは異なる点もいくつかありますが、本発表では、このアブダクションによってアイロニー発話の推意導出を説明する可能性を考えたいと思います。

4. 推論に基づくコミュニケーション

「Xはいい友達だよ」というアイロニー発話によって伝達される「親友だと思っていたのに裏切るなんて、Xはなんてひどいやつなんだ」(筆者の解釈)は、発話の論理形式を発展させたものではないので、推意だとみなさざるを得ません。アイロニー発話の話者の意味は、字義的意味にではなくその推意にあります。つまりは、アイロニー発話の役割は、まさに Sperber and Wilson のいう、聞き手の推論を正しい軌道に乗せること、といえるのではないのでしょうか。発話内容とその背景文脈との大きなギャップが、アブダクションを駆動すると考えられます。アイロニー発話の存在は、ヒトのコミュニケーションの原型が、コードの解読に基づくものではなく、推論に基づくものであることを強く支持するといえるかもしれません。

文献

- [1] Grice, Paul (1989) *Studies in the Way of Words*, Harvard University Press, Cambridge.
- [2] Sperber, Dan and Deirdre. Wilson (1981) "Irony and the Use – Mention Distinction," in Cole, Peter. ed. *Radical Pragmatics*, 295-318, Academic Press.
- [3] Wilson, Deirdre (2009) "Irony and Metarepresentation," *UCL Working Papers in Linguistics* 21: 183-226.
- [4] Wilson, Deirdre(2016) "Relevance Theory," *Oxford Handbooks Online*, DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199697960.013.25.
- [5] Buchler, Justus (1955) *Philosophical Writings of Peirce*, Dover Publications, New York.
- [6] 吉村あき子 (2016) 「演繹される推意と創作される推意」 *JELS* 33, 209-215, 日本英語学会.
- [7] 米盛裕二 (2007)『アブダクション—仮説と発見の論理—』勁草書房, 東京.

ソーシャルメディアにおけるコミュニケーションの現在と未来 Present and Future of Communications on Social Media

笹原 和俊[†]

Kazutoshi Sasahara

[†] 東京工業大学

Tokyo Institute of Technology

sasahara.k.aa@m.titech.ac.jp

概要

インターネットやソーシャルメディアの登場によって、人々の情報の発信内容や伝達範囲が変化し、現在、コミュニケーションのあり方はこれまでとは異なるものに変化している最中のように思える。SNS 上でのフェイクニュースの拡散やエコーチェンバー現象の仕組みを、ビッグデータの分析や計算モデルを活用する計算社会科学で読み解き、推論に基づくコミュニケーションのありうる未来やそのための方法論について議論する。

キーワード: エコーチェンバー, コミュニケーション, ソーシャルメディア, フェイクニュース

1. はじめに

多様な情報と人々をつなぐはずのソーシャルメディアが、社会的分断や情報のタコソボ化を助長しているという問題が顕在化している。その典型例が「エコーチェンバー」である。エコーチェンバーとは、自分と似た興味関心をもつユーザーと過度につながり合うことによって、同じようなニュースや情報ばかりが流通する閉じた情報環境のことである [1]。エコーチェンバーは、自分の好みに合致した情報のみが来やすく、自分とは異なる観点からの情報が来にくいいため、フェイクニュースやヘイトの温床となる危険性を孕んでいる。

本研究では、多様なつながりを促進することで、エコーチェンバー化を緩和するソーシャルネットワーク原理を提案する。この原理を用いると、多様な弱い紐帯が自生し、社会的ネットワーク全体としての情報多様性が動的に維持されることが期待できる。それを検証するために、この原理を Polyphony という SNS に実装して、予備実験を開始した。本稿では、提案原理の着想の元になったエコーチェンバーのデータ分析と計算モデルを紹介し、Polyphony の設計や予備実験の経過について紹介する。

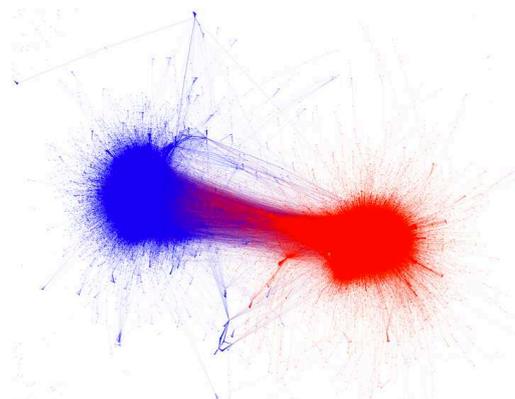


図 1 米国大統領選 2016 におけるエコーチェンバー

2. エコーチェンバーの実態調査と計算モデル

2.1 エコーチェンバーの実態調査

まず、エコーチェンバーの実態を把握するために、Twitter のデータを用いて情報共有のパターンを分析した。米国の大統領選挙 2016 および中間選挙 2018 に関するハッシュタグを含むツイートを収集し、リツイート（情報共有）がどのように行われているかをネットワーク分析した。その結果、オンライン上の情報共有がリベラル系と保守系に分離し、典型的なエコーチェンバーの構造をしていることがわかった (図 1)。さらに、保守系の方がつながりが密でかつアクティビティが高いことも判明した。これらの結果は、先行研究 [2, 3] と一致している。

2.2 エコーチェンバーの計算モデル

これらの結果を踏まえて、ネットワーク上の意見形成の計算モデルを発展させ、ソーシャルメディアにおけるエコーチェンバーの計算モデルを構築した。この計算モデルをテストベッドとして、社会的影響や社会的つながりかえなどのパラメータを様々に変えて、大規模

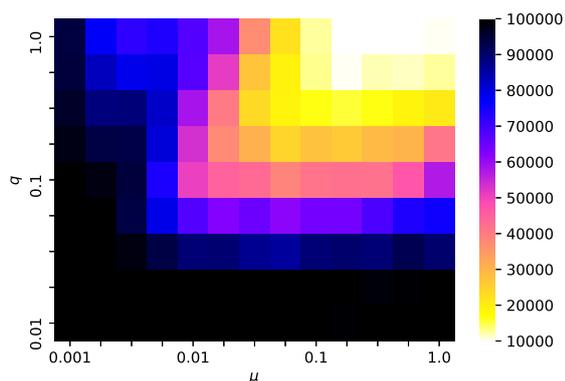


図 2 社会的影響 (μ) と社会的つなぎ替えの頻度 (q) がエコーチェンバー化に及ぼす影響 (各セルの色はエコーチェンバー状態になるのにかかる時間で、400 回のシミュレーションの平均))

シミュレーションによってエコーチェンバーが生じる条件を特定した。条件とはすなわち、「人々が確認バイアスのもとに行動し、社会的影響と社会的つなぎ替えが両方存在する条件では、意見の分極と社会的分断が不可逆的に進行し、エコーチェンバーの状態に至る」というものである。この計算モデルは、エコーチェンバーに関する先行研究の構造的・統計的特徴を再現することも確認できた [4]。また、「社会的影響や社会的つなぎ替えの頻度が大きいほど、エコーチェンバー化が加速される」という新たな知見を得た (図 2)。一連のシミュレーションによって、情報環境の分離化と同質化が緩和される条件と新しいソーシャル・ネットワークワーキング原理に関するヒントが得られた。

3. 多様なつながりを促進する SNS

以上の 2 つの研究結果から、エコーチェンバー化を緩和するソーシャル・ネットワークワーキング原理を以下のように提案する。

過度な社会的影響を受けること回避しつつ、「意外なつながり」が促進されるようにナッジする。

ナッジとは、ユーザに選択の余地を残しながら、自発的に特定の行動を選択するよう促す仕掛けである。

意見の相違からつながりが切断 (アンフォロー) されることはある程度仕方がないとして、新たなつながりが作られる際に、システムがなければ出会えないような「意外なつながり」が生まれる (フォロー) 確率を高めようという方針である。

Polyphony という実験用 SNS を開発し、この提案原理を実装した。ナッジには音を使用し、多様な属性

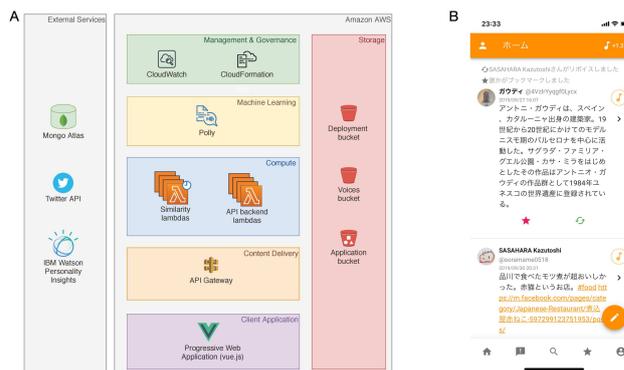


図 3 Polyphony の (A) 構成と (B) タイムライン

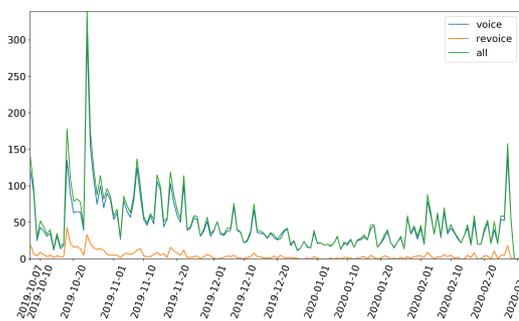


図 4 Polyphony の投稿数 (ボイス, リボイス, それらの合計) の推移

の類似度に基づいて認知バイアスに働きかける方式を採用した (特許出願中)。Polyphony の開発と運用には Amazon Web Service (AWS) を用い、個人属性の推定には IBM Watson の Personality Insights の 22 項目の推定結果を用いている (図 4A)。

また、Polyphony では、社会的影響を弱体化させるために、投稿が共有された回数や「いいね」(ブックマーク)された回数そのものが表示せず、特定の投稿が過度に注目されないようにしている (Instagram も同様方法の導入をしているが、それは理にかなっていない) (図 4B)。本システムでは、「誰かがブックマークしました」とだけ表示する。また、「こんな人もいます」機能では、多様な個人属性の類似性に基づく意外なつながりを紹介する (推薦ではない)。多様な個人属性に基づき相性を計算し、「相性がいいほど、心地よい音になる」ナッジをしている。Polyphony を 2019 年 10 月に公開し、予備実験を開始した (<https://polyphony.link>)。日々蓄積されているデータからは、提案原理の有効性を示す手がかりが少しずつ得られてきている。

4. まとめ

本研究が提案するソーシャル・ネットワーキング原理は、社会的分断と情報の同質化の問題を、シンプルなアイデアと実現可能な情報技術によって緩和することを目指している。既存の汎用型ソーシャルメディアに加え、地域 SNS やインバウンド（訪日観光）SNS などの特化型 SNS、MOOC（大規模オープンオンライン講座）の学習コミュニティやシニア・高齢者向けオンライン・コミュニティなど、多種多様な用途のソーシャルメディアが今後ますます社会に浸透し、その重要性がさらに増すことが予想されるため、多様な情報流通を促進して情報環境全体のコミュニケーションを活性化する提案原理の社会的意義は大きい。さらにヒト、モノ、コト（情報）がオンライン（情報環境）とオフライン（現実世界）の垣根なく相互接続する Society 5.0 において、提案原理は多様な価値創造の源泉としてのソーシャル・キャピタルの新たな可能性を切り拓き、幅広い分野への応用展開が見込まれる。

そのような展開のためにも、Polyphony の予備実験で観察された問題点や今後予想される潜在的問題を洗い出し、社会実装に向けて改善策を検討する必要がある。また、情報技術を有効活用して多様な社会的つながりを促進する方法は他にもありうるため、異なる観点のからのアイデアについても柔軟に取り入れていく必要がある。

謝辞

本研究は科研費（JP19H04217 および#4903, JP17H06383）、JST さきがけ（JPMJPR16D6）の助成を受けて行われました。

文献

- [1] 笹原和俊. フェイクニュースを科学する 拡散するデマ, 陰謀論, プロパガンダのしくみ. DOJIN 文庫. 化学同人, 2021.
- [2] Lada A. Adamic and Natalie Glance. (2005) The Political Blogosphere and the 2004 U.S. Election: Divided They Blog. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Link Discovery*, LinkKDD '05, pp. 36–43.
- [3] Michael D Conover, Bruno Gonçalves, Alessandro Flammini, and Filippo Menczer. (2012) Partisan asymmetries in online political activity. *EPJ Data Science*, Vol. 1, No. 1.
- [4] Kazutoshi Sasahara, K, Wen Chen, Hao Peng, Giovanni Luca Ciampaglia, Alessandro Flammini, and Filippo Menczer. (2021) Social influence and unfollowing accelerate the emergence of echo chambers. *Journal of Computational Social Science*, Vol.4. 1, pp. 381–402.

ゲーム研究の新展開（3）～認知データの計測と評価～

Novel Development on Game Research (3)

- Measurement and evaluation of cognitive data -

伊藤毅志¹, 片寄晴弘², 中谷裕教³, 棟方渚⁴, 大澤博隆⁶

Takeshi Ito, Haruhiro Katayose, Hironori Nakatani, Nagisa Munekata, Hirotaka Osawa

¹電気通信大学, ²関西学院大学, ³東海大学, ⁴京都産業大学, ⁵筑波大学

The University of Electro-Communications, Kwansai Gakuin University, Tokai University, Kyoto Sangyo University,
University of Tsukuba

¹ito@cs.ucc.ac.jp, ²katayose@kwansai.ac.jp, ³hakatani@tsc.u-tokai.ac.jp, ⁴munekata@cc.kyoto-su.ac.jp,
⁵osawa@iit.tsukuba.ac.jp

概要

ゲームは認知科学の主要なテーマであり、近年ゲーム AI の研究が大きな価値観の転換を与えていることについては、これまでの OS で説明してきた。

一方、人間のゲームプレイヤーの認知過程を明らかにする研究も、様々な計測機器の生体計測機器の進歩に伴って新たな展開を見せている。対象とするゲームの種類も多岐に渡るようになり、多くのチャンネルで計測されたデータをどのように統合して評価するのかという新しい枠組みも必要になってきている。本 OS ではゲームプレイヤーの認知データの計測と、それに基づく評価に着目し、ゲーム研究の新展開について考察していく。

キーワード：ゲーム AI, 生体データ計測, 面白さ, 評価

1. 趣旨

ゲームの研究が、認知科学研究の一つの大きなテーマとして機能してきたことは、これまでの OS においてもすでに述べてきた通りである[1][2]。近年のゲーム研究を眺めると、認知データや生体データの計測技術の進歩は著しい。視線計測装置は安価になり、軽量化して安価になってきた。fNIRS や fMRI などの非侵襲性の脳活動を計測する装置も格段の進歩を遂げている。また、生体反応である発汗、心拍数、脈波、皮膚の電気信号などを計測する装置も比較的安価に入手できるようになり、ゲームをプレイする人間の生体データは容易に手に入る時代となっている。

そこで、本年の OS では、計測と評価の研究の観点から、4名のパネリストにご登壇いただき、それぞれのお立場から話題提供をいただき、ゲームの計測と評価に関する研究を展望していく。

2. 構成と概要

当日は、以下のような構成で進行する予定である。

1. 企画概要説明 (10分) 伊藤毅志
2. 公募発表 2 件 (25分×2件)
3. パネル討論 (60分)

「認知データの計測と評価」

司会：伊藤毅志

○話題提供 (10分×4名)

中谷裕教, 大澤博隆, 棟方渚, 片寄晴弘

○全体討論 (15分)

2.1. 企画概要説明

まず、本企画責任者である伊藤毅志から、今回特にクローズアップする計測と評価の研究の位置づけをする。

2.2. 公募発表 2 件

本 OS に応募された以下の 2 件の口頭発表を行う。

- 1) 社会的比較を用いたエージェントとの競争システム：大石真史, 大澤博隆 (筑波大学)
- 2) 人狼でなぜ人は騙されるのか：金泉則天, 伊藤毅志 (電気通信大学)

2.3. パネル討論

本パネル討論では、「認知データの計測と評価」を対象としたパネル討論を行う。

パネリストとして、将棋を題材にプレイヤーの認知機能を知覚、記憶、思考、判断などの要素に分解して計測し分析を行っている中谷裕教氏 (東海大学),

協調ゲームや多人数ゲームを題材に非言語的コミュニケーションの分析を行っている大澤博隆氏、人狼などの多人数ゲームを題材にして皮膚電気活動と発話プロトコルを計測し、それらのデータを結びつけて、勝率の高いプレイや特有の認知過程を明らかにしようとする研究を行っている棟方渚氏、ゲームの楽しさの評価をゲームの体験の質で議論する視点を提供する片寄晴弘氏の多様なメンバーを迎え、ゲームにおける認知をどのように計測し、評価していくのかについて、深く議論していきたい。それぞれ、以下のような話題提供をしていただく予定である。

2.3.1. 話題提供1：将棋棋士における駒の価値評価を認知科学的手法で計測する（中谷裕教）

チェスをはじめとしたゲームは認知機能を知覚、記憶、思考、判断などの要素に分解して評価を行え、またレーティングシステムにより熟練度を定量的に評価できるので、エキスパートの認知機能を対象とした研究の題材として使われている。本研究ではチェスの日本版である将棋を題材として、重要情報の評価が将棋のエキスパートである棋士と素人でどのように異なるのかを調べた。

エキスパートが状況を把握する過程は3つのレベルから構成される。レベル1は重要情報の認識、レベル2は現在状況の理解、レベル3は将来状況の予測である。Endsley(1995)によると、判断ミスの原因の70%はレベル1に起因し、またエキスパートとアマチュアの判断の差もレベル1に起因する。

将棋における重要情報の一つは駒の価値である。玉を取り合うゲームなので玉の価値が最も高い。将棋のエキスパートである棋士にとっての駒の価値を認知科学的手法で評価するために、多数の駒をランダムな配置で提示し、短期的に駒配置を記憶させた。短期記憶の容量以上の駒を提示した場合、棋士にとって価値の高いものから優先して記憶するはずである。その結果、玉と飛車は同程度に最も価値が高く、その次は角と銀、それ以降は金、桂馬、香であった。

将棋では玉と飛車の位置関係によって居飛車や振り飛車などの作戦の概要が決定する。一方、角と銀の位置により具体的な作戦が決まる。そのため、将棋には角換わり腰掛け銀、矢倉3七銀、棒銀など、角と銀の名前が入った戦法が多数存在する。また、

金、桂馬、香は作戦に従って配置される。そのため、「玉、飛車」、「角、銀」、「金、桂馬、香」の順に駒の配置を認識すると、局面の状況を効率よく理解することができる。

一方、素人は歩を優先的に記憶していた。将棋には8種類の駒が存在するが、駒の枚数は歩が最も多く、約半数を占める。そのため、駒の配置を効率よく記憶するために歩に着目するのは自然である。

2.3.2. 話題提供2：cheap talkの存在しない協力ゲームにおける協力意図の検出（大澤博隆）

Hanabi や人狼ゲームなどの不完全情報ゲームでは、プレイヤーがお互いに相手の情報を完全に持たないまま協力行動を行う必要がある。協力を行う最も有名な方法は、協力前にリスクを伴わない情報交換をして、相手の意図を探ることである。こうしたやりとりはcheap

talk と呼ばれる。しかしながら、現実のやりとりでは、こうした情報交換にコストが発生する。Hanabi や人狼ゲームはcheap talk が存在せず、コミュニケーションに何らかのコストを伴ったり、コミュニケーションの結果として自身の生存に関わったりするリスクが発生する。本発表ではHanabi におけるエージェントの振る舞いの変化や、人狼ゲームにおける協力行動の非言語計測実験を元に、こうした条件下で、各エージェントが協力する際に、どのような問題が発生しうるかを論じる。その上で、今後ゲーム研究が扱わなければならない協力行動に関する条件を検討する。

2.3.3. 話題提供3：人狼ゲームのプレイヤー大会をベースとしたゲーム特徴抽出（棟方渚）

これまで、人狼ゲームのゲーム特性の解明のため、ゲームの対戦データやプレイヤーの発話情報をもとに分析が行われてきた。一方で、人狼ゲームの特性上、プレイヤーは他プレイヤーに自身の思考や情報を隠すため、発話情報などの外部から入手できる情報のみでは、プレイヤーの思考・考えを理解することは難しい。そこで、本研究では皮膚電気活動に着目し、人狼プレイヤーの内部状態（一過性の興奮）の分析を試みた。皮膚電気活動は、精神性発汗を指標とした情動状態を理解することができ、プレイヤーがゲーム中のどのような場面に着目しているか、などプレイ

ヤの内部情報の変化を分析することができる。本研究では、5 人狼を行なっているプレイヤーの皮膚電気活動を測定・分析し、プレイヤーのゲーム体験から人狼ゲームの特性を抽出した。

生体信号と発話プロトコルを組み合わせる手法から明らかになる知見について、紹介する。

2.3.4. 話題提供4：ゲームにおける評価とは（片寄晴弘）

ゲームの本質的な評価は、ゲームそのものでなく、当該のゲームをプレイした人の体験の質としてとらえられるべきものである。一言で言うとするなら、ゲームをプレイした人がどのくらい「楽しめた」のかが問われることになる。「楽しい」という素敵な体験の存在を疑う人はほとんどいないだろうが、実はこの評価が難しい。個々の体験が「ささる」かどうかは個人の嗜好による部分が少なくなく、将棋はするがシミュレーションゲームはしない、あるいは、その逆のケースがかなりの頻度で発生している。当該の体験が「ささる」層と「ささらない」層が一定数存在し、それぞれの層間での意見が全くあい入れないということが起こりえる。この状況は科学の対象として捉えていこうとするとやっかいな問題であるが、一方で、「ささった」層の人たち間で「こちらの演出は良いよね」と共通理解を持ちうる事項も存在する。

このような領域特有の特徴、課題を整理した上で、この領域における「積み上げ」を確保していくための方策について議論の緒を提供する。アプローチとしては、十把一絡げに扱われてきた「楽しさ」をより細分化して取り扱うための仕組みを考究していくこととなる。具体的には、

1) 「楽しさ」のサブ要素の分解、2) 「ささる」層の探究、3) 「演出技法」の積み上げ、の三つの視点を整理し、これまでに組み込まれてきた研究や取り組みの具体例を紹介した上で、当該領域の発展に向けての学術的な方策についての議論を行なっていきたい。

3. おわりに

研究対象とするゲームの種類が多様化し、その生体データも多岐に渡る状況で、得られた認知データをどのように分析し、評価していくのかということ

に関する、明確な方法論はなく、様々な手法が模索されている。これらを統合して議論する視点が求められている。

様々な角度からの話題提供者によるパネル討論から、ゲームに関する多様な認知データをもとに意味ある評価を行う手法について、一緒に議論するOSにしていきたいと考えている。

文献

- [1] 伊藤毅志, 松原仁, 山本雅人, 狩野芳伸, 大澤博隆, ゲーム研究の新展開と認知科学, 認知科学会第36回大会, OS09-5, pp.975-977 (2019).
- [2] 伊藤毅志, 樹井文人, 松原仁, 山本雅人, 河村隆, 竹川佳成, ゲーム研究の新展開と認知科学(2), 日本認知科学会第37回大会, OS10-4, pp.1024-1028 (2020).

社会的比較を用いたエージェントとの競争システム Competitive system with agents using social comparison

大石 真史[†], 大澤 博隆[†]
Masafumi Oishi, Hirotaka Osawa

[†]筑波大学
University of Tsukuba
hailabsec@iit.tsukuba.ac.jp

概要

本研究では、人間とエージェントの相互作用での社会的比較の効果を評価するシステム構築を目的とした。社会的比較は、タイピング課題とアンケートで評価する。同化と対比を誘発する2条件とエージェントが人間より能力が高いか低いかを示す2条件を組み合わせた4条件を作成した。条件操作は、使用者に与えるエージェントの情報やエージェントとのチャット、タイピング課題時の能力値で操作する。GPT-2とチャットボットで自動化したシステムを構築することができた。

キーワード：HAI(Human Agent Interaction), 社会的比較, エージェント

1. 序論

スマートスピーカーやソーシャルロボット、チャットボットが社会に普及し、人間との身体的な触れ合いや対話などの多様な相互作用を行なっている。このような人間とエージェントの相互作用をHAI (Human Agent Interaction) と言い、新たな相互作用の設計について様々な研究がなされている。

HAI 研究においては、エージェントは物理的な身体を持つロボット、仮想的なエージェント、人間の3つの形態が考えられる。ゲームにおいてHAIを考えると、ゲームに登場するほかの人間もしくはコンピュータが操作するキャラクターとゲームをプレイしている人間の相互作用がHAIと捉えることができる。

エージェントが社会的な存在として認知されることにより、人間同士でも起こりうる心理効果を引き起こすことができる。例えば、人間とエージェントがチャットする中で、エージェントが自己開示を行うことにより、チャットを行っている人間のより深い自己開示を引き出すことができた研究[1]がある。これは、相手の自己開示に合わせて自身も自己開示を行わなければいけないと感じる自己開示の返報性をHAIに活用した例であると考えられる。

人間同士の相互作用において生まれる心理効果が、HAIにおいても生じるか検証することは重要である。HAIにおける心理効果について着目した研究が行われ

ており、社会的な存在として認知されたエージェントの与える効果やその範囲についても研究されている。例としては、他者の存在によりパフォーマンスの無意識的な変化をもたらすソーシャルファシリテーション効果がゲーム内での成功に影響を与えない可能性を示す研究[2]があげられる。これは、人間同士の心理効果がHAIにおいて必ずしも同様に働くとは限らないことを示しているといえる。

人間同士の関わりで生じる心理効果に社会的比較が存在する。社会的比較は、自分を他者と比較することである。社会的比較は、自身より優れていると感じている他者と比較する上方比較、自身より劣っていると感じている他者と比較する下方比較に分けることができる。どちらの比較も自尊心や自己評価の向上というポジティブな効果から自尊心や自己評価の低下というネガティブな効果を持つ。

社会的比較は、人間とエージェントの相互作用においても生じると考える。HAIにおける社会的比較については、上方比較がエージェントを対象に行われる事を示している研究[3]がある。

我々のこれまでのHAIにおける社会的比較の研究[4]では、社会的比較が行われていることは確認できたが、社会的比較の効果を適切に引き出すことができず、相互作用の設計を改良する必要がある。そのため、[4]でのシステムを自動化し、社会的比較の効果を適切に引き出す相互作用について検証するシステムを構築する必要があると考える。

本研究では、[4]で得られた内容を基に使用したシステムを改良し、社会的比較の効果を評価するシステムの構築をする。社会的比較の効果を操作するための相互作用には、性格分析課題とエージェントと人間のチャットを採用した。社会的比較の効果を評価するために、タイピング課題と参加者のアンケートを行う。

2. 背景

2.1. 社会的比較

本章では、HAI における社会的比較の効果を評価するシステムを検討するため、社会的比較について説明し、HAI における社会的比較の研究を示す。そのうえで、事前に行なった研究について説明し課題を明らかにする。

社会的比較は、「A Theory of Social Comparison Processes」[5]にて初めて議論された。この説にて言及されている仮説の1部である「人間には自身の能力や意見を評価したいという動因がある」、「客観的な手段で評価できない場合は他者と比較する事で評価しようとする」、「比較対象となる他者は自身と類似した他者を選ばれやすい」という3つの仮説を基本とし、様々な観点から理解が進められてきた。

能力を比較する場合において、自身より高い能力を持っていると感じる他者との比較を上方比較といい、自身より低い能力を持っていると感じる他者との比較を下方比較という。どちらの比較もポジティブな効果とネガティブな効果を併せ持つ。どちらの効果が発揮されるかは、比較対象に対して同化しているか対比しているかに影響される。同化と対比は、外界を認知した際に得られた情報を分類して捉えるカテゴリー化の際に生じる。同化は、同じカテゴリーに属するものは互いに類似していると認知することである。対比は、異なるカテゴリーに属するものは違いを強調して認知することである。

Cashらは上方比較における対比は自己評価の低下をもたらすと述べており[6]、Brownらは上方比較における同化は自己評価の向上をもたらすと述べている。[7]。Lockwoodは、下方比較における対比は、自己評価の向上をもたらす、同化は、自己評価の低下をもたらすと述べている[8]。Lockwoodらによると、上方比較の同化では、比較対象である優秀な他者へ近づこうと鼓舞する機能を持つとしている。この機能は、比較している能力が自身に関連し、その優秀な他者の持つ能力を自身が獲得する可能性がある場合に機能すると述べている[9]。HAIにおいて社会的比較を活用することで、新しい相互作用の設計が可能になると考える。

HAIにおける社会的比較については、Nadiniらの研究[3]がある。この研究では、人間と仮想エージェントでの囚人のジレンマゲームを用いて、優秀な成績を持

っている仮想エージェントの決定が人間の決定に影響を与えたことから人間がエージェントを対象に上方比較を行なっている事を示している。このことから、下方比較も含めた社会的比較がエージェントを対象に行われることが考えられる。そのため、下方比較がエージェントを対象に行われるか検証することで、HAIにおける社会的比較の理解を深めることができると考える。

2.2. 事前研究

我々のこれまでの研究では、人間がエージェントを対象に社会的比較を行うのかを検証し、社会的比較を行なった際の人間のパフォーマンスと自己評価に変化があるかについて参加者実験を行い調査した[4]。上方比較を行うように誘導するか下方比較を行うように誘導するか2条件と同化を誘導するか対比を誘導するか2条件を用意し、それぞれの2条件を組み合わせた4条件のエージェントを用意した。

参加者にはそれぞれ条件で性格分析課題とエージェントとのチャット、エージェントとのタイピング課題及びアンケートを課した。上方比較・下方比較の条件操作は、事前に計測した参加者の能力からエージェントの能力を変化させることで操作した。同化・対比の条件操作は、三和らの研究[10]において同化と対比を操作するために使用されていた手法を参考に作成した性格分析課題とWoZ法を用いたエージェントとのチャットで操作した。パフォーマンスについてはタイピング課題を用いて評価し、自己評価についてはアンケートを用いて評価した。

[4]の参加者実験の結果では、アンケートの結果から参加者がエージェントを対象に社会的比較を行うことが確認できた。パフォーマンスについては、参加者が同化していると感じ、参加者より能力の低いエージェントと競争すると人間に与えるネガティブな影響が少なくなる可能性を示唆している。

アンケート結果については、想定しない有意差が存在していた。性格について比較を行なったかについてのアンケートにて、上方比較・同化を行なった条件、下方比較・同化を行なった条件のそれぞれと上方比較・対比を行なった条件間で有意差があった。エージェントの自律性についてのアンケートにて、下方比較・同化を行なった条件と上方比較・対比を行なった条件間で有意差があった。これらの有意差の原因とし

て、エージェントのチャットを WoZ 法で行うために使用したシナリオが条件間で不均等であったこととエージェントの能力が参加者と比べ差が大きかったことをあげている。社会的比較を HAI に適応させた際の効果をさらに検証していくためには、[4]での結果を踏まえて使用したシステムを改良する必要があると考える。

2.3. 提案

本研究では、[4]で得られた内容を基に使用したシステムの改良を行い、社会的比較を用いたエージェントとの競争システムの構築を目指す。エージェントの能力設定方法について改良し、チャットは WoZ 法ではなく自動的に動作するように変更する。システムが全て自動で動作するように構築し、社会的比較を HAI に適応させた際の効果を検証するシステムを作成する。

このシステムにより、HAI における社会的比較の効果について評価することができる。チャットは WoZ 法を用いないことにより実験監督者を必要とせず実験を実施することが可能である。また、同化・対比条件内のシナリオによる意図しない影響を抑えることができると考える。

3. システム

システムの課題と進行は以下の図 1 である。

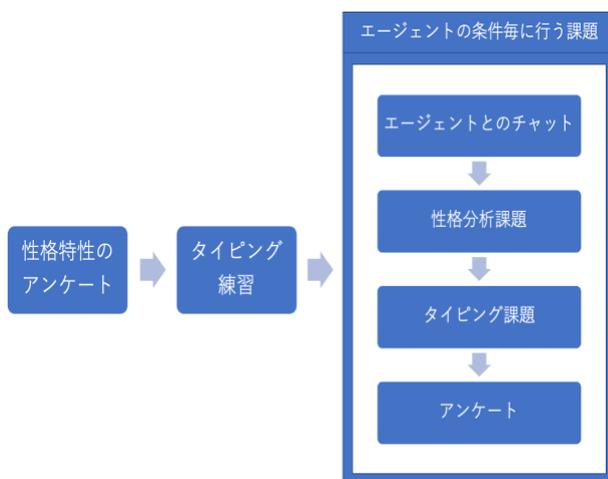


図 1 課題の進行図

本研究におけるタイピング練習及びタイピング課題のルールについて説明する。本システムでタイピングを課題として使用するの、タイピング練習とタイピング課題の2つである。タイピング課題に使用する UI が図 2 である。左側はユーザがタイピングする文字列



図 2 タイピング課題の UI

であり、右側はエージェントがタイピングを行う文字列である。下のバーは優勢度を表している。優勢度は、ユーザとエージェントのタイピングの正解数を合わせたもので、それぞれの正解数を割ったものである。タイピング練習では、エージェントの文字列表示と優勢度のバーは表示しない。タイピングは、5行5列のアルファベットをランダムに提示し、左上からそのアルファベットと一致しているキーをタイプする。黒色のアルファベットは、未タイプのアルファベットであり、正解のタイプをすると灰色に変化する。不正解のタイプをするとアルファベットが赤色に変化し、赤色になったアルファベットを正解のタイプをすると灰色に変化する。制限時間は1分であり、時間内にした正解のタイプ数を正解数、ミスをしたタイプ数をミス数としている。

Festinger は、「客観的な手段で評価できない場合は他者と比較する事で評価しようとする」と仮説で述べており、Takata らは仮説について実験を用いて確認している[11]。このことから社会的比較は、自身の能力を客観的に評価できない場合に行われやすいことがわかる。そのため、正解数や時間終了時の位置から評価できないように、正解数やミス数は提示せず、3行目を常にタイプさせている。

3.1. 条件操作

条件操作は、上方比較を誘導するか、下方比較を誘導するか、2条件と同化を誘導するか、対比を誘導するか、2条件を組み合わせる4条件である。

3.1.1. 上方比較・下方比較

上方比較と下方比較の条件操作は、タイピング課題のエージェントのタイプスピードで操作する。

上方比較と下方比較の条件操作は、タイピング課題のエージェントのタイプ速度で行う。Lockwoodらの研究[9]からエージェントの能力は、参加者と近い能力である必要があると考える。しかし、本研究では、ユーザが上方比較条件のエージェントに勝利するなどの条件の逆転は防ぐ必要がある。

エージェントのタイピングは、エージェントのタイプ速度及び正解率で制御する。時間がエージェントのタイピング速度の値分経過する毎に正誤判定を行う。正誤判定には、0 から 100 までの乱数とエージェントの正解率を使用し、乱数の値が正解率以下であれば正解とし、アルファベットを灰色に変化させ、正解率を超えるとミスタイプとし、アルファベットを赤色に変化させる。

練習時の結果の中で最も正解数の多い回の総タイプ数で制限時間を割り、ユーザのタイピング速度を計算する。このタイピング速度に係数をかけたものをタイピング課題開始時のエージェントのタイピング速度とする。練習時の結果の中で最も正解数の多い回の正解率をタイピング課題開始時のエージェントの正解率とする。

エージェントのタイピング速度と正解率は課題開始後のユーザのタイピングに合わせて更新していく。ユーザが 1 行分 (5 文字) を正解のタイプをすると、正解タイプにかかった時間を 1 行分 (5 文字) の文字数で割り、新たなエージェントのタイピング速度として更新する。この 1 行分 (5 文字) タイプにおけるユーザの正解率を計算し、エージェントの正解率として更新する。

エージェントの能力を決定する係数については、エージェントとタイピング課題をした参加者がエージェントの能力を自身と比べてどれ程の能力であると感じるかを調査し決定した。参加者は学生 11 名(男性 10 名, 女性 1 名)である。[4]では、エージェントの能力は初期に設定したまま更新されずに実験を続ける。この際の係数は、上方比較で 0.5, 下方比較で 2 としていた。今回の事前調査では、エージェントの能力について更新していくように設定し、係数の異なる 4 条件を作成した。係数はそれぞれ 0.5, 2, 0.67, 1.5 となっている。これに[4]での設定の 2 条件を加えた 6 条件でエージェ

ントとのタイピング課題を参加者に行ってもらった。参加者には自分と比べたエージェントの能力について「0.自分と比べて能力がかなり低い」、「10.自分と比べて能力がかなり高い」とし、11 件法で評価を求めた。

更新なしで係数が 0.5 の条件と更新ありで係数が 0.5, 0.67 の条件での結果をそれぞれ Wilcoxon の符号順位検定で比較した。更新なしで係数が 0.5 の条件(平均:6.82, 標準誤差:0.35)と更新ありで係数が 0.67 の条件(平均:5.91, 標準誤差:0.21)で有意差($p=0.036 < 0.05$)が確認できた。更新なしで係数が 2 の条件と更新ありで係数が 2, 1.5 の条件での結果をそれぞれ Wilcoxon の符号順位検定で比較した。条件間に有意差は見られなかった。

事前調査の結果から更新ありで係数が 0.67 のエージェントの方が[4]で使用したエージェントより有意に参加者自身の能力に近いと評価されていたと考えられる。そのため、本システムでは更新ありで係数が 0.67 のエージェントを、上方比較を行う条件で使用する。下方比較を行う条件では、システムで能力の設定を統一するため能力の更新をありとする。係数が 2 の条件(平均:2.73, 標準誤差:0.24)と係数が 1.5 の条件(平均:3.45, 標準誤差:0.34)について Wilcoxon の符号順位検定で比較すると、有意傾向($p=0.094 < 0.1$)が見られた。そのため、本システムでは下方比較を行う条件での係数は 1.5 を使用する。

タイピング課題後には勝敗と優勢度を整数表示したものを表示し、そのエージェントとのタイピング課題を終了する。

3.1.2. 同化・対比

同化と対比の条件操作は、性格分析課題とエージェントとのチャットを用いて行う。同化, 対比のどちらが生じるかは、Brownらの研究[12]から比較相手と特殊な情報を共有しているかに左右されることがわかる。特殊な情報は、誕生日や性別、性格特性の一致などの情報である。特殊な情報の共有を行なった時は、同化を生じ、共有を行わない場合は、対比が生じると考えられる。

ユーザとエージェントのチャットは、シナリオベースで行う。事前にエージェントの回答のシナリオを作成しており、シナリオに基づいて自動的に回答する。チャットは、エージェントが質問する形で進行し、ロボットやエージェントのイメージ図は見せず、文面でのみ会話する。

表1 性格特性のアンケート項目

| |
|-------------------------|
| TIPI-Jを改変した質問項目 |
| 活発で、外交的だと思う |
| 他人に不満をもち、もめごとを起こしやすいと思う |
| しっかりしていて、自分に厳しいと思う |
| 心配性で、うろたえやすいと思う |
| 新しいことが好きで、変わった考えをもつと思う |
| ひかえめで、おとなしいと思う |
| 人に気をつかう、やさしい性格だと思う |
| だらしなく、うっかりしていると思う |
| 冷静で、気分が安定していると思う |
| 発想力に欠けており、平凡だと思う |

チャットは3つのパートに分かれており、それぞれで違う役割を持つ。

1つ目は、自己紹介である。同化条件では、エージェントが青年期の人間を目指して開発されたAIという設定で自己紹介を行う。対比条件では、マルチタスクAIという設定で自己紹介する。このパートでは、同化では能力の類似性を表現し、対比では、類似性を表現していない。

2つ目は、生来特性の共有である。上方比較では、誕生月について質問し、下方比較では、出身地について質問する。回答は、同化条件と対比条件で変化させる。同化条件では、誕生月では日付情報をユーザの回答から抜き出し、同じ誕生月に稼働したという内容の回答し、出身地では場所情報を回答から抜き出し、近くのデータサーバで稼働したという内容の回答をする。対比条件では、エージェントは自己開示せずに次の質問に移動する。

3つ目は、趣味趣向の一致である。同化条件では、選択肢を絞った上で好きな選択肢について回答することを求め、その回答に対して同意表現を行う。同意表現については、その回答についてエージェントも好きであることを表現している。対比条件では、回答に対して回答ありがとうございましたと回答する。このパートでは、同化条件では趣味趣向の一致という情報の共有を行う。対比条件では、何も行わないようにする。

性格分析課題は[10]の条件操作を参考に作成した。この課題では、ユーザとエージェントの性格の一致という情報の共有または性格の違いの強調を行う。

性格の一致の情報の表現のために性格特性のアンケート結果を使用する。性格特性のアンケートは、TIPI-J[13]を本研究に合わせて改変したものを使う。実際に使用する質問項目は表1である。回答は、○×の2

択での回答を求めている。

同化条件では、性格特性のアンケート結果の8項目を一致させたものをエージェントの性格特性のアンケート結果とし、ユーザに提示する。「この性格プロフィールは、先ほどチャットでトークをしたAIのものです。あなたとこのAIの性格で似ていると思われるところについて考えてください。そして、似ていることについて思いついた点をできるだけたくさん挙げ、下記入力フォームに書いて提出してください。制限時間は5分間です。」と提示し、回答を求めた。これによりユーザにエージェントとの性格特性の一致という情報の共有を行なっている。

対比条件では、性格特性のアンケート結果の2項目を一致させたものをエージェントの性格特性のアンケート結果とし、ユーザに提示する。「この性格プロフィールは、先ほどチャットでトークをしたAIのものです。性格プロフィールを見て、あなたはどのような性格か考えてください。そして、自身の性格について思いついた点をできるだけたくさん挙げ、下記入力フォームに書いて提出してください。制限時間は5分間です。」と提示し、回答を求めた。これによりユーザにエージェントとの性格特性の不一致という情報を与え、性格の違いを強調している。

3.2. 実装

実際の実装は、Unity Technologies社の提供するゲームエンジンUnityで行い、エージェントとのチャットは、株式会社NTTドコモが提供するxAI ML SUNABAとrinna社が公開した日本語GPT-2モデルを組み合わせて実装する。

自動で動くことを目標としているため、様々な環境にビルドしてアプリを生成できるゲームエンジンのUnityを開発のプラットフォームとした。xAI ML SUNABAは、株式会社NTTドコモが提供する自然対話プラットフォームでシナリオベースのチャットボットを作成することができるサービスである。作成したチャットボットはWebAPIを介して呼び出すことができ、本システムでもUnityで作成したアプリからWebAPIを通して呼び出している。チャットボットに使用するシナリオは、事前に作成して登録する。同化条件のシナリオにおける2つ目のパートでの同意表現は、rinna社が公開した日本語GPT-2モデルを用いて事前に生成し、シナリオに組み込む。他のパートの回答につ

表2 評価のためのアンケート項目

| アンケート | 項目 | 目的 |
|-------|--------------------------|----------|
| Q1 | さきほどの自分のタイピングについてお答えください | 自己評価 |
| Q2 | AIと性格が似ていると思う | 同化と対比の確認 |
| Q3 | チャット及び性格分析の際に、AIと性格を比べた | 性格比較 |
| Q4 | タイピング中やタイピング後にAIと能力を比べた | 能力比較 |

いては、同化、対比の条件内で差が出ないように配慮して作成した。

rinna社が公開した日本語 GPT-2 モデルは、入力されたテキストに対して、そのテキストの後に続くように文章生成を行う。本システムでの文章生成のルールとしては、入力テキストから「。」までを1文として1文に含まれる記号（空白も）が3以上または、1文の文字数が10文字未満は使用不可とする。その後、文法または文脈がおかしいものは使用不可とする。条件を達成した文章が5文になるまで生成を繰り返す。例えば、「私も四季は冬が好きです。冬は、」を入力テキストとして入れた場合、「私も四季は冬が好きです。冬は、寒いですが不思議と清々しい気持ちになりますよね。」は条件を達成した文章である。「冬は、暑いですし、冬は寒いですから、体感温度がすごく違います。」は、文脈が適切ではないため使用不可とする。

4. 今後の課題

今後の課題は、このシステムを用いた参加者実験を実施し、HAIにおける社会的比較を更に評価していくことである。

社会的比較は、アンケートとタイピング課題で評価する。アンケートの内容は表2であり、Q2,3,4は[10]にて使用されているアンケートを参考に作成した。社会的比較が行われていたかは、Q3,4の結果で評価し、同化と対比の操作がされていたかは、Q2の結果で評価する。社会的比較の効果は、Q1の結果とタイピング課題の結果（総タイプ数とミス数）から評価する。

5. 結論

本研究では、事前に行った研究をもとにチャットボットの導入やエージェントの能力設定の改良を行った。これにより同化と対比、上方比較と下方比較を操作し、HAIにおける社会的比較を評価するためのシステムを自動化した上で構築することができた。

6. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20H01585 の助成を受けたものです。

文献

- [1] YC. Lee, N. Yamashita, Y. Huang, and W. Fu, (2020) "I Hear You, I Feel You Encouraging Deep Self-disclosure through a Chatbot", Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.1-12.
- [2] K. Emmerich and M. Masuch, (2018) "Watch Me Play: Does Social Facilitation Apply to Digital Games?", Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Paper 100, pp.1-12.
- [3] M. Nadini, P. Pongsachai, C. Spinello, D. Burbano Lombana, and M. Porfiri, (2020) "Empirical Evidence of Upward Social Comparison in a Prisoner's Dilemma Game", IEEE Access, vol. 8, pp. 52884-52894.
- [4] 大石真史, 大澤博隆, (2021) "エージェントの同化と対比による社会的比較の効果の検証", 人工知能学会全国大会論文集
- [5] L. Festinger, (1954) "A Theory of Social Comparison Processes", Human Relations, Vol. 7, No. 2, pp. 117-140.
- [6] T. F. Cash, D. W. Cash, and J. W. Butters, (1983) "Mirror, Mirror, on the Wall...?": Contrast Effects and Self-Evaluations of Physical Attractiveness", Personality and Social Psychology Bulletin, Vol. 9, No. 3, pp. 351-358.
- [7] J. D. Brown, N. J. Novick, K. A. Lord, and J. M. Richards, (1992), "When Gulliver travels: Social context, psychological closeness, and self-appraisals", Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 62, No. 5, pp. 717-727.
- [8] P. Lockwood, (2002) "Could it happen to you? Predicting the impact of downward comparisons on the self", Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 82, No. 3, pp. 343-358.
- [9] P. Lockwood and Z. Kunda, (1997) "Superstars and me: Predicting the impact of role models on the self", Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 73, No. 1, pp. 91-103.
- [10] 三和秀平, 外山美樹, 長峯聖人, 湯立, 相川充, (2017) "制御焦点の違いが上方比較後の動機づけおよびパフォーマンスに与える影響", 教育心理学研究, Vol. 65, No. 4, pp. 489-500.
- [11] T. Takata and H. Hayashi, (1981) "Availability of objective information and social comparison behavior", Japanese Psychological Research, Vol. 23, No. 2, pp. 88-100.
- [12] J. D. Brown, N. J. Novick, K. A. Lord, and J. M. Richards, (1992) "When Gulliver travels: Social context, psychological closeness, and self-appraisals", Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 62, No. 5, pp. 717-727.
- [13] 小塩真司, 阿部晋吾, P. Cutrone, (2012) "日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J) 作成の試み", パーソナリティ研究, Vol. 21, No. 1, pp. 40-52.

人狼でなぜ人は騙されるのか

Why are players fooled in playing werewolf

金泉 則天[†], 伊藤 毅志[†]
Noritaka Kanaizumi, Takeshi Ito

[†]電気通信大学

The University of Electro-Communication
kanaizumi@minerva.cs.uec.ac.jp, ito@cs.uec.ac.jp

概要

近年、人狼は不完全情報ゲームの新たな研究題材として注目されている。本研究では、「人狼において人はなぜ騙されるのか」の理由に対して、認知バイアスの観点から考察した。実験において、バイアスが生じやすいと予想される問題と生じにくいと予想される問題を作成して、それらを参加者に見せることで、意思決定の違いを考察した。結果として、注目する発話内容によって様々な形のバイアスの影響を受けて意思決定を行っていることが明らかとなった。

キーワード：人狼知能, 認知バイアス (cognitive bias)

1. はじめに

不完全多人数コミュニケーションゲームである人狼は研究題材として注目されている。人狼をプレイする人工知能の開発は人狼知能プロジェクトと命名されている。人狼知能プロジェクトとは、2015年に発足されたプロジェクトであり「人間と自然なコミュニケーションを取りながら人狼をプレイできるエージェントの構築」を目標としている。

人狼知能に関する研究は大きく2つに分けられる。1つは人狼知能の開発である。この研究は様々なアルゴリズムを用いて、人狼知能を作成し、人狼知能プラットフォーム上で強さを競う研究などによって発展してきている。もう1つは認知科学的アプローチを用いた人狼の研究である。この研究は人間プレイヤーがどのように考えてプレイするのかを明らかにする研究である。後者の認知科学的アプローチにおいて、人狼という複雑な状況下で人間がどのように意思決定を行い、コミュニケーションを取っているかについては未だに不明な点が多い。プロジェクトの目標を達成するには、人間がどのようなことを考えプレイしているかを明らかにする認知科学的アプローチは重要な意味を持つと考える。

本研究では、5人人狼のプレイヤーを題材にして、意思決定場面に焦点を当てる。プレイヤーがどのような場面で非合理的なプレイをして騙されるのかについて認知バイアスという視点から分析し、人狼におけるバイ

アスの影響について考察していく。

2. 5人人狼とは

「人狼」とは正体隠匿型の多人数不完全情報コミュニケーションゲームである。最も一般的なルールでは、プレイヤーは「村人陣営」と「人狼陣営」に分かれて、それぞれの勝利を目指す。

本研究で扱う5人人狼とは文字通り、5人で行う人狼である。プレイヤーの役職は、村人陣営は村人2人、占い師1人、人狼陣営は人狼1人、狂人1人で構成されている。5人人狼は、人狼知能プロジェクトの大会におけるレギュレーションの1つであり、人狼における基本的な要素やゲームの性質を損なわれないようになっている。

人狼では基本的には2つのターンで構成されている。1つ目は昼のターンである。このターンではプレイヤー間で話し合い、多数決で誰を村から追放するかを決める。2つ目は夜のターンである。このターンでは特定の役職を持ったプレイヤーが能力を発動でき、5人人狼では占い師と人狼がそれに値する。占い師はプレイヤー1人を人狼か否かを知ることができ、人狼はプレイヤー1人を襲撃することが可能である。追放または襲撃されたプレイヤーはその後の議論や投票に参加できなくなる。

村人陣営の勝利条件は2日目の投票フェーズ終了までに人狼を追放すること、人狼陣営の勝利条件は2日目の投票フェーズ終了までに追放されずに生き残ることである。

3. 関連研究

3.1 人狼における意思決定過程の研究

杉本と伊藤は、人狼において正確に役職を把握できない村人や狂人の視点からプレイヤーの意思決定過程を明らかにする研究を行った[1][2]。杉本らは、実験参加者全員に同一の人狼プレイ動画を見せ、動画内のプレ

イヤの1人になりきるように教示し、「自分がそのプレイヤーならどのようにプレイをするか」として考えていることをすべて発話させ分析した。

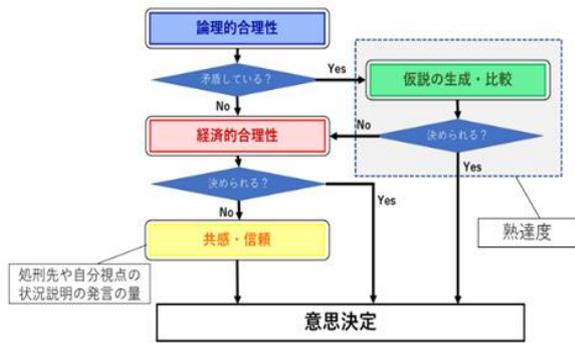


図1 プレイヤの意思決定モデル

その結果、図1のような意思決定モデルを提案した。プレイヤーは、各プレイヤーの論理的破綻がないかを指標とする「論理的合理性」を考慮する。次にどのような選択が自分の陣営の勝率が高くなるかを指標とする「経済的合理性」を確認して意思決定を行う。またプレイヤーの発言に論理的破綻が生じている場合にはゲームの状況に基づいてそのような発言を行う合理的な仮説を生成する。その仮説を検証することで意思決定を行っていく。

しかし、このモデルでは人間は合理的な判断を行うことを前提としたモデルである。人はしばしば非合理的な判断を犯すことがあり、このモデルではそのような状況を説明できない。

3.2 人間の非合理的な行動についての研究

Tversky と Kahneman は、人間の非合理的な行動についての研究を行った[3]。Tversky らは、様々な種類の問題を作り、多くの実験参加者にその問題を答えさせた。

結果として、実験参加者の多くが非合理的な解答をすることが確認された。その一例として挙げられるのが「代表性ヒューリスティック」によって生じる「代表性バイアス」である。多くの実験参加者は質問に対して、事前情報を無視し、要素が特定のカテゴリー内でどの程度典型的なのかの度合いで意思決定をしていた。

人間の非合理的な意思決定に着目した研究は多くある。しかし、そのような事例が人狼の場面でも確認されたという研究はない。本研究ではこれらの認知バイアスが5人狼においても確認されるかを調査する。

4. 認知実験

4.1 目的

5人狼において意思決定の際にバイアスが生じるのかどうかを明らかにする。本実験では、5人狼において、どのような状況でバイアスが生じて、誤った判断を下してしまうのか、意図的に複数の解釈が可能な問題を提示して、意思決定における思考過程の違いを明らかにしたい。

4.2 方法

4.2.1 人狼問題のシナリオについて

実験者は、認知バイアスの効果を確認するために以下のようなシナリオを作成した。まず図2のように、複数の解釈が可能なベースとなるシナリオを考え、1日目は共通のシナリオとし、そのシナリオの2日目に実験者が考えるバイアスが起りやすい要素を加えたシナリオとそうでないシナリオの2つを作った。

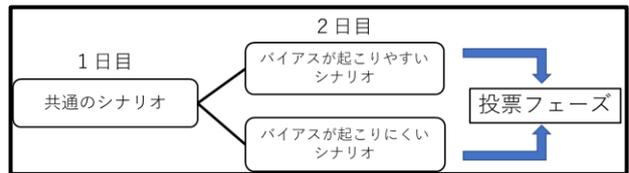


図2 バイアスを操作した問題

今回は上記のようなバイアスの生じやすさによって分岐した問題を2問と、実験参加者が合理的に人狼をプレイできるかを確認するためのダミー問題を2問作成した。ダミー問題は、合理的な判断をすれば、答えが一意にきまるようなシナリオとなっている。バイアスを比較する2つの問題は、バイアスの生じやすさによってシナリオAとシナリオBの2つに分けて、Q1A、Q1BとQ2A、Q2Bとし、ダミー問題をQ3とQ4とする。

4.2.2 人狼問題の動画表示方法

実験者が作成したシナリオをもとに、パワーポイントを使って以下のようなアニメーションを作成した。図3は本実験で使用した人狼のアニメーションを切り取ったものである。

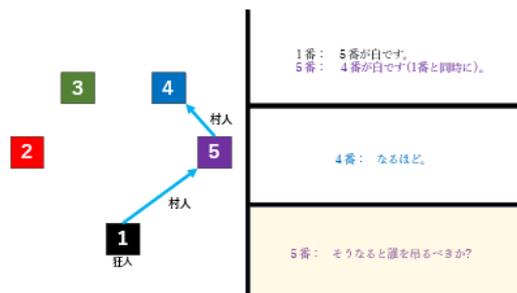


図3 人狼問題アニメーションの例

図の左半分には、シナリオ内に出てくる5人のプレイヤーの位置関係と具体的アクションを示す。例えば、図3では、「1番のプレイヤーが5番を占って村人であったと報告していること」、「5番のプレイヤーが4番を占って村人であったと報告していること」を表している。誰が誰をどのように占ったかを「占ったプレイヤー→占われたプレイヤー」で表し、矢印の隣に占いの結果を書くことで表現している。投票フェーズでは、誰が誰に投票したかが表示され、投票の結果誰が処刑されたか、2日目には誰が人狼に襲撃されたかが表示される。動画の右半分には動画内のプレイヤーが発したセリフが過去2つまでの発話履歴とともに表示されている。発言は下から上に流れていくような動画としており、図3の一番下の発言のように最新の発言には背景を薄くつけることで、わかりやすくした。

4.2.3 実験手順について

実験参加者12名は、シナリオ内のプレイヤー1番になりきってもらい「自分がそのプレイヤーならどのようにプレイをするか」をすべて発話させた。なりきってもらった役職は人狼において特殊能力によって他者の役職を知り得ない村人と狂人とした。

実験参加者には図4のような流れで人狼の意思決定問題を提示して思考させた。まず、なりきる役を確認し、1日目の議論フェーズでは、他者のプレイヤーの発言を読んで、どのようなことを考えたのかを思考発話法で発話させた。投票フェーズでは自分以外の誰に投票するかについて理由と共に発話させた。実験で使った問題は必ず2日続く問題とし、2日目も同様に発話させた。その後、質問に回答させた。質問（アンケート）の内容については後述する。そして最後に全プレイヤーの役職を開示したうえで、実験参加者にプレイの反省点や感想を発話させた。

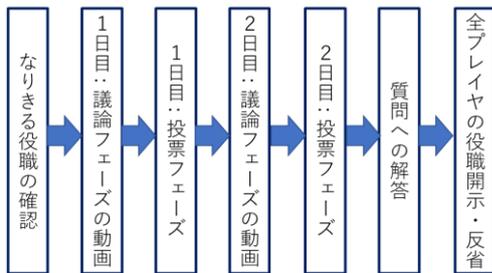


図4 意思決定実験の流れ

実験者は4つのグループに分けた。これらのグループにおいて、問題提示順による順序効果を考慮して、参加者ごとに問題提示は変化させ、バイアスを誘発する問

題かそうでない問題を交互に組み合わせて4つのグループにわけた。4つのグループに出題した問題は表1の通りである。Q1AとQ1Bは問題構造が同じでバイアスを意図的に付与したものとそうでないものである。同様にQ2AとQ2Bもそのような関係になっている。Q3とQ4はダミー問題である。

表1 グループ毎の出題問題

| グループ | 1 問目 | 2 問目 | 3 問目 | 4 問目 |
|------|------|------|------|------|
| A | Q1A | Q3 | Q4 | Q2A |
| B | Q2B | Q4 | Q3 | Q1A |
| C | Q2A | Q3 | Q4 | Q1B |
| D | Q1B | Q4 | Q3 | Q2B |

4.2.4 質問（アンケート）について

5人的人狼において、2日目に残っているプレイヤーは自分も含めて3人となる。実験参加者には、なりきってもらったプレイヤー以外の2人のプレイヤーが人狼である確率をそれぞれ回答させた。このアンケートは、各問題終了後におのおの回答させた。

4.3 問題について

今回はバイアスが起りやすいと予想されるシナリオと起りにくいと予想されるシナリオを用意した。Q1とQ2の内容について詳細に示す。図に示されている十字架マークは投票によって追放されたプレイヤーを、斜め線2本は人狼に襲撃されたプレイヤーを意味している。

4.3.1 シナリオ Q1 の説明

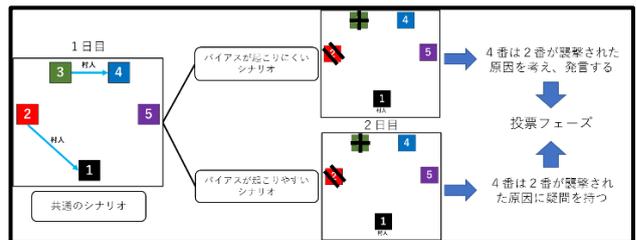


図5 Q1の内容

Q1は1日目と2日目の大半が共通のシナリオとなっている。1日目ではプレイヤー2番は1番を村人と占い、プレイヤー3番は4番を村人と占った結果を報告するところから始まる。そして2日目の序盤ではプレイヤー5番が論理的な意見と共に4番を疑うようになっている。分岐は2日目の終盤に発生し、プレイヤー4番は「5番が2番を襲撃して4番を陥れようとしている」と5番が人狼であると主張するシナリオAと、プレイヤー4番は2番が襲撃された理由に疑問を持ちながら投票を迎えてしまうシナリオBとなっている。

実験参加者はプレイヤー1番の村人になりきってもらい、この2つのシナリオに接してもらおう。シナリオ A では4番の2番が襲撃された原因についての発言に注目して5番を人狼と予想することが期待され、シナリオ B では、5番の論理的意見を支持して4番を人狼と予想することが期待される。

4.3.2 シナリオ Q2 の説明

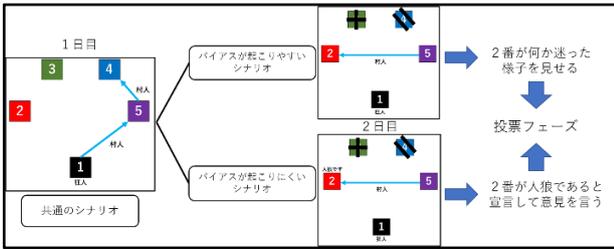


図 6 Q2 の内容

Q2 も Q1 と同様に1日目と2日目の大半が共通のシナリオとなっている。1日目では、プレイヤー1番は5番を村人と占い、プレイヤー5番は4番を村人と占うところから始まる。2日目の序盤ではプレイヤー5番が2番を村人と占い、1番が人狼であると断言したうえで1番に投票をすると宣言する。分岐は2日目の終盤に発生し、シナリオ A では、2番は何か迷った様子を見せ投票フェーズを迎える、一方、シナリオ B では2番は自分自身を人狼と宣言することで、5番の主張の矛盾を指摘する。

実験参加者はプレイヤー1番の狂人になりきってもらった。このシナリオでは、そもそも5番の発言は非論理的であり、普通に考えれば2番が人狼であるので、パワープレイで5番に投票するのが自然であるが、5番の非論理的発言の解釈が問われる問題となっている。したがって、2番が人狼であることを主張するシナリオ B の方が正解にたどり着きやすいことが期待される。

4.4 結果

4.4.1 質問の結果

以下に4.2.4節で挙げた質問の結果を示す。見方の一例を示す。表内の左上にある80と20は「実験参加者 No.1 の人が問題 Q1A においてプレイヤー4番を80%の確率で人狼と思い、プレイヤー5番を20%の確率で人狼と思った」ことを意味している。黄色のラインは実験参加者が実験参加者に高く割り振ると期待していたプレイヤー番号である。青色はそれに反していた解答を示している。

表 2 質問に対する回答一覧

| 問題番号/実験参加者番号 | No1 | No2 | No3 | No4 | No5 | No6 | No7 | No8 | No9 | No10 | No11 | No12 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Q1A | 4番 | 80 | 51 | | | 40 | 100 | | 70 | 80 | | |
| | 5番 | 20 | 49 | | | 60 | 0 | | 30 | 20 | | |
| Q1B | 4番 | | | 90 | 70 | | 60 | 70 | | | 34 | 30 |
| | 5番 | | | 10 | 30 | | 40 | 30 | | | 66 | 70 |
| Q2A | 2番 | 99 | | 100 | 30 | | 99 | | 100 | | 70 | |
| | 5番 | 1 | | 0 | 70 | | 1 | | 0 | | 30 | |
| Q2B | 2番 | | 70 | | 75 | 30 | | 75 | | 25 | | 65 |
| | 5番 | | 30 | | 25 | 70 | | 25 | | 75 | | 35 |
| Q3 | 3番 | 20 | 55 | 40 | 25 | 20 | 40 | 5 | 25 | 0 | 65 | 0 |
| | 4番 | 80 | 45 | 60 | 75 | 80 | 60 | 95 | 75 | 100 | 35 | 100 |
| | 5番 | | | | | | | | | | | |
| Q4 | 3番 | 98 | 90 | 100 | 90 | 80 | 100 | 99 | 90 | 100 | 90 | 90 |
| | 5番 | 2 | 10 | 0 | 10 | 20 | 0 | 1 | 10 | 0 | 10 | 10 |

4.4.2 Q1 の発話内容

本研究ではシナリオに差異がある2日目において明確に意思決定を行う投票フェーズの発言に着目して発話分析を行った。表2を確認すると実験参加者が予期していた結果とは異なった意思決定をしている例が散見された。発話内容を確認すると、こちらが意図したバイアスが喚起されるような表現に注目していなかったり、全く違う発言に固執したりしている様子が確認された。

Q1A は Q1 におけるバイアスが起こりにくい問題であり、「4番の2番が襲撃された原因についての発言」に注目してほしかった。そしてこの行動から5番が人狼ではないかと予想してほしかった。しかし実際には「5番が2番を襲撃する確率より4番が2番を襲撃する確率のほうが高そうである」、「5番が2番を襲撃するより、4番が2番を襲撃するほうがメリットはありそう」など襲撃の結果と代表性ヒューリスティックを重視して意思決定を行っていた実験参加者 (No.1, No.9) が見られた。

Q1B は Q1 におけるバイアスが起こりやすい問題であり、「意見をしっかり言っている5番の発言」に着目することが期待された。そして、意見が弱い4番が人狼であると予想してほしかった。しかし実際には、5番の発言は無視されて、「考えられる役職推定をすべて考えたら、5番が人狼である確率が高い」などを理由に意思決定を行っていた実験参加者 (No.11) が見られた。

4.4.3 Q2 の発話内容

Q2A は、Q2 におけるバイアスが起こりやすい問題であり「人狼でない人に投票をすることを促す5番の行動」に注目してほしかった。そしてこの行動が「5番以外の人を追放しようとしている人狼の行動」という解釈を行ってもらった上で5番を人狼と考えることが期待された。しかし、問題 Q2A の解答者は5番の行動

に注目するのではなく、「潜伏占い師はいない」という人狼における原則に従って、2番が人狼であると判断する人（No.1, No.3, No.7, No.9）が多く観られた。

Q2Bは、Q2におけるバイアスが起こりにくい問題であり、主に「人狼と宣言した2番の行動や発言」に注目してほしい。そしてその行動から「2番が本物の人狼で5番が真の占い師である」と解釈して、2番を人狼であると判断してもらうことが期待された。しかし、この問題で、問題Q2Aにおいて注目してほしい「5番の言動」に注目した実験参加者がいた。「5番が占い師ならやっている行動にメリットを感じない」や「5番が本物の占い師なら1番を人狼と言うのはおかしい」などの根拠から5番が人狼であると意思決定を行っている人（No.6, No.10）がいた。

4.5 考察

実験参加者の解答が想定したものと異なり、意見が割れた原因として、人間プレイヤーの作業記憶の容量の限界が考えられる。

実験参加者は投票の際に実験中のすべての発言を考慮しておらず、特定の事柄を判断材料にして意思決定を行っている様子が観られた。

人狼はリアルタイムで行われるコミュニケーションゲームであり、刻々と流れる時間の中で、誰が何を発言し、誰が誰に投票したかを記憶して、それらの意図を考えて、自身の意思決定を行っていかなければならない。そのような状況下において、人間の作業記憶の容量には限界があり、すべての発言を完全に覚えて、すべての情報を評価して、論理的に意思決定を行うことは殆ど不可能であると考えられる。そのため、誰かの役職を推定するとき、特に選択を迷っている時は、気がついたある特定の発言や自分が考える価値判断に則って意思決定を行っている過程が観られた。

Q1は論理的合理性と経済的合理性だけでは解けない問題となっており、そのような状況下で実験参加者の多くは「このような行動をする人はこの役職である確率が高そう」や「この場面でこのような行動を行う人は怪しい」などの代表性ヒューリスティックによって行動する過程がみられた。また代表性ヒューリスティックによって判断を行っている実験参加者間でも、それぞれ異なった意見を言っており、このことから各々の代表性ヒューリスティックはそれぞれが異なった形で所持していると考えられる。

Q2は、実験参加者がなりきってもらうプレイヤー1番

が狂人であるのだが、5番のプレイヤーから1番は人狼であるという発言をされ、5番の発言の真意が問われる問題となっている。

ここで、5番の「人狼らしさ」に注目してほしいQ2Aにおいて、「1日目に占い師は潜伏しない」という原則に従うのは、複雑な状況では「原則」に従うという信条を持っていたからと考えられる。また同様に「2番の人狼らしさ」に注目してほしいQ2Bにおいて「5番の人狼らしさ」で意思決定を行っていたのは、複雑な状況では「このような状況ではこのようなプレイをする人が多いのではないか」という「代表性ヒューリスティック」などに従うという信条を持っていたからではないかと考える。

上記のような意思決定過程を通して、人間は作業記憶容量の限界から、どうしても少ない情報からしか判断できないために、特定の情報のみを偏重し、他の情報を軽視してしまう。その結果、「代表性バイアス」などが生じてしまい、非合理的な判断を行ってしまい、騙されてしまうのではないかと考えられる。

5. 結論

本研究では、バイアスを意図的に付加した問題を実験参加者に解かせることでバイアスの効果がどのように現れるかを調べた。結果として問題間でこちらが意図したようなバイアスの効果は現れなかったが、プレイヤーは複雑な状況下において意見が割れる結論に行き着いた。その理由として、プレイヤーはリアルタイムで複雑な意思決定場面において、すべての情報を扱え切れず、特定の情報にのみ固執し、各々が持っている信条などを拠りどころにして意思決定を行っていく過程が観察された。合理性では解けない問題においては各々が異なった形で持っている代表性ヒューリスティックによって意思決定を行う。矛盾した状況下では、人狼における原則や通説または代表性ヒューリスティックによって意思決定を行う。それらの特定の情報に着目する過程で情報の一部を軽視して、その結果バイアスが生じてしまい非合理的な行動を取り騙されてしまうことが示唆された。

上記のような考察を説明するために、図7のような新しい意思決定モデルを考える。杉本らの意思決定モデルをベースに、改良を加えたものである。

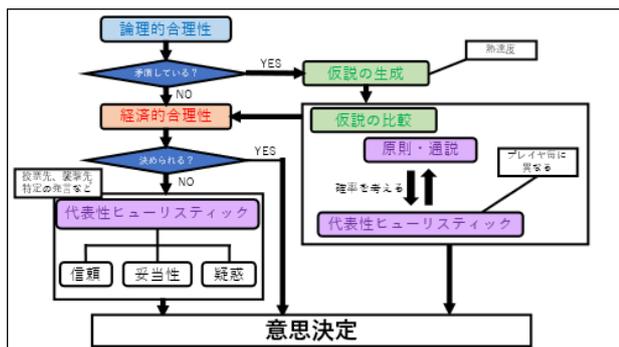


図 7 プレイヤの意思決定モデルにおける新仮説

6. 今後の予定

今回提案した新仮説が正しいのか否かを検証していきたい。また、プレイヤーの熟達度によって、これらの意思決定に変化がみられるのかを明らかにしていきたい。また本報告では、2日目の投票フェーズにおける発話内容を中心に分析したが、議論フェーズ中の発言もよく調べ、どのように自身の意見が変化していくのかを詳細に調べていきたい。

文献

- [1] 杉本磨美, 伊藤毅志, (2017) “5 人狼における村人の意思決定過程の研究”, 認知科学会第 34 回大会, P1-26F, pp.826-832 (2017).
- [2] 伊藤毅志, 杉本磨美, (2020) “人狼プレイヤーの意思決定過程”, 第 34 回人工知能学会全国大会, 2F4-OS-20a-01, pp.1-4 (2020).
- [3] Tversky, A. Kahneman, D, (1974) “Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases”, Science, New Series, Vol. 185, No. 4157, pp. 1124-1131, (Sep. 27, 1974).

聴取と動作によって生まれるアクションRPGゲーム空間

—視覚障害者の空間探索と認知—

Action RPG game space created by listening and movement:
Spatial exploration and cognition of the visually impaired

田中みゆき¹ 細馬宏通²

Miyuki Tanaka¹, Hiromichi Hosoma²

¹ 早稲田大学文学学術院

¹ Waseda University, Faculty of Letters, Arts, and Sciences

info@miyukitanaka.net

Abstract: Video games have developed rapidly since the 1970s with the advancement of CG and other visual technologies, and the widespread use of game consoles and displays that support these technologies in general households. Until now, game design has been video-driven, and sound has been treated as something that augments the effects of video. On the other hand, in order for visually impaired people to play video games, they need to be able to control the game using only sound, but there have been no games that support this. However, "The Last of Us: Part II," released in 2019, made a global splash by allowing the visually impaired to play the game using only sound, without the help of a sighted person. Using the video of a visually impaired person playing this game and his own commentary, this study analyzes the role and effect of auditory cues in enabling play, and discusses how visually impaired people grasp the game space and situation through sound to determine their next action.

キーワード：空間認知、ハッキング、アクセシビリティ、視覚障害

1. はじめに

テクノロジーの進歩に伴い、現在の視覚障害者に向けたアクセシビリティは、多様性を増している。たとえば、図形情報や地形情報を触覚で伝える触図、点字・点図、文字や画像を聴覚で伝える音声読み上げ、そしてGPSと音声ガイドで移動を補助するアプリ、映画館で音声ガイドとともにスクリーンを楽しむ「UDCast」などさまざまなものがある。

こうしたアクセシビリティの役割は、身体的な特性によって得られない情報を視覚以外の方法で伝えることであり、視覚障害者の能動的な参加を引き出すような設計が意図されてきたとは言いがたい。もう一つは、生活をより豊かにするために、芸術や娯楽を楽しむのを助ける役割である。

一方、ゲーム開発の分野では、まだ十全なアクセシビリティが開発されているとは言いがたい。その一因は、ビデオゲームが映像技術主導で進んできた

ため、視覚障害者のための情報保障が他の娯楽分野と比べ遅れをとってきたことにある。これまで視覚障害者は、主に音だけで楽しむゲーム「オーディオゲーム」の分野で自ら作り手となってきた。オーディオゲームの作り手は、インターネットを介してつながり合い、互いのゲームをプレイし合うなど、独自のネットワークを構築している [1]。こうした視覚障害者によるゲーム開発に関しては、当事者による先行研究はいくつかあるが [2][3]、いずれも当事者の開発環境やアクセシビリティの日常生活への応用についてであり、ゲーム体験自体の楽しみに焦点を当てているわけではない。

このような状況下にあって、2020年に発売された『The Last of Us: Part II』は、視覚障害者にとってブレイクスルーとなるゲームであった。『The Last of Us: Part II』は、アメリカのNaughty Dog社が開発し、日本ではソニー・インタラクティブエンタテインメント社より発売された、プレイステーション4用のアクション・アドベンチャーゲームである。主人公は、

パンデミックによって荒廃し、感染者や略奪者が蔓延する世界を仲間と旅しながら、平和を崩壊させた者たちに復讐を果たす。このゲームが画期的だったのは、視覚障害者が晴眼者の助けを借りることなくプレイすることができるゲーム史上初めてのアクション・アドベンチャーゲームだったということである。[4]とりわけ重要なのは、晴眼者が作ったものを、視覚を通じた体験を引いたものとしてプレイするのではなく、視覚を使わなくとも聴覚や触覚を通して能動的にゲームに没入し、自らの選択した動作によって没入感や達成感を得ることができる設計がなされている点である。

そこで本研究では、視覚障害者に本ゲームをプレイしながらそこで起こったことについて実況してもらい、撮影記録したその過程をマイクロ分析することによって、聴取と動作によるゲーム実践がいかなる認知空間を生み出すか、それは視覚空間といかに異なるかについて考察する。

2. 方法

2.1 データ

本論で用いるデータは、全盲のゲームプログラマーである野澤幸男（以下「N」）が『The Last of Us: Part II』をプレイする様子を、著者およびゲーム実況サイト「〇〇といくゲームさんぽ」を運営する「なむ」の質問と野澤の解説を交えながら収録したものである。収録は、プレイステーションの「シェアプレイ」機能を使って、遠隔でゲーム画面をつなぎながら4時間行った。本論では、その中から、視覚障害者がプレイする際の特徴が表れている以下の3つの場面を選び、集中的に分析を行った：1. プレイヤーがアクセシビリティ機能を使って街を探索する場面（29秒）、2. 屋外から音質を聞き分けて屋内に移動しアイテムを獲得する場面（20秒）、3. アクセシビリティ機能を転用する場面（30秒）。分析では、これらに含まれるアクセシビリティ機能、野澤の発話、主なプレイ動作をELAN[5]で記述し、時系列の細部に注目した。

2.2 主なアクセシビリティ機能

以下では、分析の鍵となる障害者用の「アクセシビリティ機能」について概説する。『The Last of Us: Part II』には、視覚機能、聴覚機能、運動機能のサポート

に適した3つのアクセシビリティに関するプリセットが用意され、計60以上ものアクセシビリティ項目が設けられている。視覚障害者用のものには、テキスト読み上げに加えて、キャラクターの歩行や探索を補助する「ナビゲーションアシスト」、空間をスキャンしその空間にあるアイテムや敵などを把握する「聞き耳（拡張モード）」、移動や戦闘などの動作やアイテムごとに振り分けられた「音響キュー」などがある。

各事例の分析に入る前に、視覚障害者が自力でゲームを進めていくために必要な3つの機能「ナビゲーションアシスト」「音響キュー」「聞き耳」を説明する。

「ナビゲーションアシスト」とは、ゲーム中の移動を簡便かつ自動に行うための補助機能である。この機能をオンにすると、一つのボタン操作（△ボタン）で、方向などを指定することなく、ストーリーに沿って自動的に進むべき方向や、獲得可能なアイテムの場所に誘導してくれる。Nはこの機能をオンにしてプレイを行っている。晴眼者は離れた事物を視覚的に認知することでその目標への方向や距離を知るが、視覚障害者の場合はこうした視覚的手がかりは使わないため、ナビゲーションアシストのように目標への移動が自動的に可能となる機能が必須である。

「音響キュー」とは、ゲーム中に随時鳴らされる音の手がかりである。大きく分けて以下の5つの機能がある。

- ・アイテムや敵の存在を示す。
- ・対象に対して何らかの行為が可能かを示す（例：インタラクト音響キュー）。
- ・いま自分がどんな行為を行っているかを示す（例：匍匐中、攻撃中など）。
- ・獲得したアイテムの種類を示す。
- ・物語の進行に必要な行為を促す（例：手紙を読む、会話をするなど）。

「聞き耳」とは、プレイヤーが一定範囲内をスキャンし、何らかの対象（アイテム、特殊アイテム、敵、感染者）の存在を発見する機能である。プレイヤーが四角ボタンを押すと、体の前方のエリアに聞き耳を立てることができる。対象が見つかった場合は、その種類によって異なる音響キューが鳴る。ただし、具体的にどんなアイテムであるかは、拾ってからわかる。

3. 結果と議論

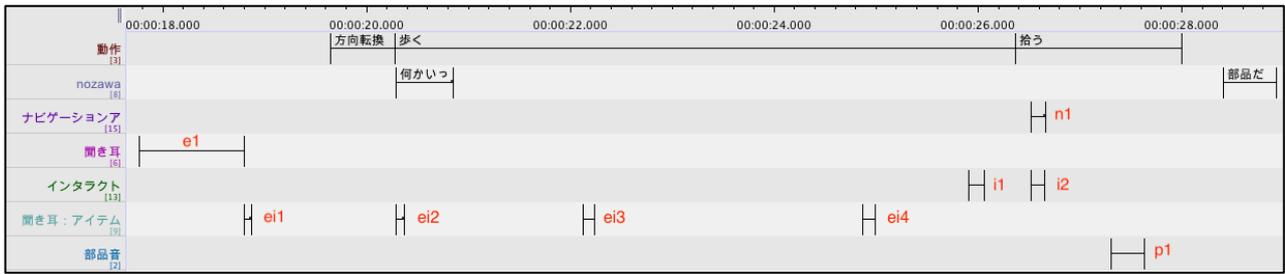


図1: 事例1のELANによる分析。プレイヤーNが聞き耳を使うと、アイテム音が鳴る。「ナビゲーションアシスト」を使ってアイテムに近づくとインタラクト音響キューが鳴り、アイテムを拾った後に部品音が鳴る。

3.1 事例1：ゲーム序盤

事例1では、ゲーム全体を通して必須の機能である「ナビゲーションアシスト」「音響キュー」「聞き耳」が実際にどのように活用されるのかを見ていこう。

事例1は、プレイヤーNが空間を探索し、アイテムを獲得するまでの一連の動作の例である。Nは、未知の空間に来たと感じて、まず「聞き耳」機能を使用する(図1:e1)。この場面に限らず、Nは、ゲームプレイ中に、空間の性質がそれまでと異なると感じるとまず「聞き耳」機能を使用する。「聞き耳」はプレイヤーの足元から円周状に外側に向けて一定範囲を数秒かけてスキャンしていく。しばらくすると、

離をおおよそ推測することができる。Nは「ナビゲーションアシスト」を使っているため、左スティックを押し込むと自動的に最も近いアイテムの方向に体が向く(図1:動作:方向転換)。「聞き耳:アイテム」音が複数聞こえるため、Nは「何かいっぱいあるじゃん」(表1:1行目)(図2)と言いながら左スティックを前に倒し、その方向に歩いていく(図1:



図2:表1:01行目時点でのゲーム画面。左手前がプレイヤー。白い矢印はナビゲーションアシスト機能を使ってプレイヤーが進む方向を示している。矢印先で重なっている二つの白い円はアイテムの位置と数を示している。

| | |
|------|-------------|
| 01N: | 何かいっぱいあるじゃん |
| 02 | (0.7) |
| 03T: | う:ん |
| 04 | (1.4) |
| 05S: | むちゃくちゃ正確に今 |
| 06 | (0.7) |
| 07S: | 方向向きました |
| 08 | (0.3) |
| 09T: | う:ん |
| 10 | (1.0) |
| 11N: | 部品だ ← |

表1: 事例1のトランスクリプト。N: 野澤、T: 田中、S: なむ。数字は沈黙の秒数。

「音響キュー」の一つである「聞き耳:アイテム」音が鳴り(図1:ei1,ei2)、エリア内にアイテムが存在することがわかる。e1を使用してからei1が鳴るまでの時間によって、現地点からアイテムまでの距

動作:歩く)。

アイテムに手が届く距離まで近づくと、「インタラクト音響キュー」が鳴る(図1:i1,i2)。「インタラクト音響キュー」は対象に対して何らかの行為(取る、押す、上るなど)が可能であることを示すキューである。ほぼ同時に「ナビゲーションアシスト:目標」が鳴る(n1)。そこで三角ボタンを押し、アイテムを手にとると、「部品」音が鳴る(p1)。そこで初めて獲得したアイテムが部品であることがわかり、Nは「部品だ」と発話する(表1::11行目)。

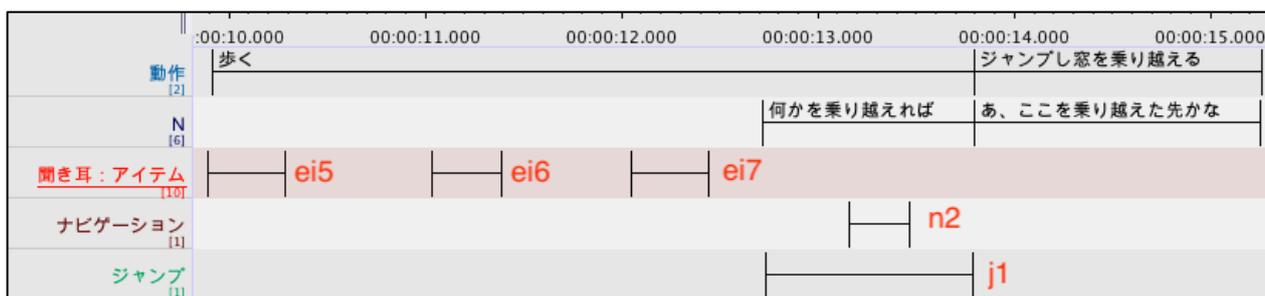


図4：事例2のELANによる分析。プレイヤーNが「聞き耳」機能を使いアイテムを発見し、「ナビゲーションアシスト」機能で進んでいくと「ジャンプ音響キュー」が鳴り、Nはそれを乗り越えた先が建物への入口であると認知する。

この事例では、「聞き耳」によってアイテムが聴覚的に発見され、さらに「音響キュー」によってアイテムを獲得することが聴覚的にフィードバックされることがわかった。また、アイテムの位置までの移動は自動化されていることがわかった。視覚的に把握しなくても空間を探索しアイテムを獲得すること、そのアイテムが何であるかを確認することが可能であるという本ゲームの基本的なアクセシビリティ機能を示している。

3.2 事例2：アイテム音と環境認知

ゲーム空間は実世界における空間に倣って設計されていることが多く、屋内と屋外を区別する壁や天井、自然環境における崖や川など、異なる空間的特性を持っている。しかし、壁の存在を聴覚で認識することの難しさは、視覚障害者がビデオゲームをプ

| | |
|------|-------------------------------------|
| 01N: | 何かを乗り越えれば |
| 02N: | あ、ここを乗り越えた先かな |
| 03N: | に |
| 03: | (1.3) |
| 04N: | あー |
| 05N: | これ何? |
| 06: | (1.9) |
| 07S: | 乗り越える?今何でわかったんですか、乗り越えるって |
| 08N: | えっとスキャンする時に音がちょっとこもってるやつは壁の向こうにあるんで |
| 09S: | うわーすごい |
| 10T: | えーどうやってわかるそれ |

表2：事例2のトランスクリプト。

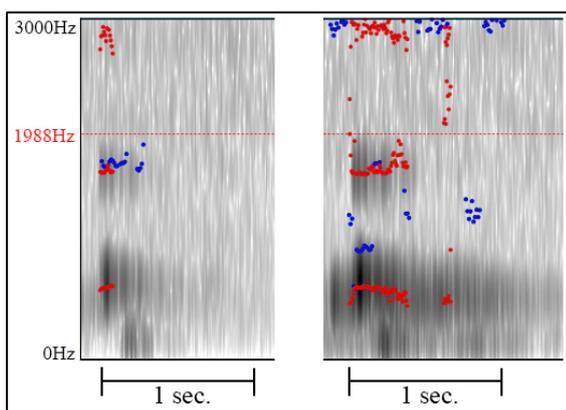


図3：事例2のPraatによる分析図。左が壁越しのアイテム音、右が壁なしのアイテム音。壁なしのアイテム音は音の立ち上がりの直前に小ピークがあり残響が長いに対し、壁越しのアイテム音には小ピークはなく、残響も短い。これをもってNは壁越しの音を「こもっている」と認知したと考えられる。

レイする障壁となってきた。事例2では、本ゲームにおいて壁の存在を視覚障害者はどのように認知しているのかを見ていこう。

事例2では、プレイヤーNが屋外を歩きながら「聞き耳」を使ってアイテムが屋内にあることを発見し、そのアイテムがある建物内に入る。Nは、「聞き耳」を使った際に、発見された「聞き耳：アイテム」音（図4：ei5, ei6, ei7）が屋内とは異なる響き方をすることから「アイテム」が屋内にあると判断し周囲を探索する。ある時点で「ナビゲーションアシスト」（n2）と「ジャンプ音響キュー」が鳴ったことから（j1）、開いている窓を飛び越え建物に入る。

この事例では、アイテム音の音質の変化が、アイテムの位置だけでなく、アイテムとプレイヤーの間に存在する環境情報も記述していることを表している。アイテムを探索する行為によって、アイテム音が変化し、その変化がゲーム空間の構造を認知するのに役立っている。これは、探索の対象が音を発するこ

とによって環境が浮かび上がってくる例であり、視覚的な空間認知の方法とは性質が異なるものである。



図5：事例2における表2：01～02行目におけるプレイヤーの状態。手前がプレイヤー。左側に建物の壁と窓がある。白い円は壁の向こうのアイテムを指している。白い矢印（ナビゲーションアシスト）は、窓の方向が進行方向であることを示している。

3.3 事例3：音響キューの用途を転用する

事例3は、プレイヤーNが、屋外の高所で足場の飛び飛びになっている箇所を移動する場面である。Nは、梯子を登り建物の高所に到着して周囲を探索するが、探索中に音響キュー「落下防止：死亡する高さ」が鳴る。これを聞いたNは一旦後ろに下がり、体の向きを時計回りに90°の方向に変える。すると今度は「ジャンプ音響キュー」が鳴り、これを聞いた直後、Nはジャンプし経路を進んでいく。

以上のプレイ内容には、これまで見てきた事例とは異なる点がいくつかある。第一に、渡り板で構成された高所は、移動空間が狭いため、進行方向を誘導する「ナビゲーションアシスト」は機能しないという点である。第二に、プレイ場所が高所で狭いため、事例1で考えたような「聞き耳」に対して反応するアイテムが配置されている可能性が低く、事例2で

| | |
|------|------------------------------|
| 01N: | この低いボンボンボンって音は |
| 02 | (0.9) |
| 03N: | 落ちたら死ぬところです |
| 04 | (0.7) |
| 05N: | で 落ちません |
| 06 | (0.9) |
| 07N: | 落ちませんがジャンプして無理やり落ちようすると落ちられる |

表3：事例3のトランスクリプト。

考察したような壁が存在する可能性も低いことである。実際、Nはこの高所では、「聞き耳」機能を用いていない。つまりこの高所は、プレイヤーにとって、「聞き耳」「ナビゲーションアシスト」を除いた「音響キュー」のみに頼らざるをえない環境なのである。

では、「音響キュー」のみを用いて、Nはどのように狭い高所の空間配置を推測し、ゲームを進めたのだろうか。トランスクリプト（表3）でNは、「この低いボンボンボンって音は、落ちたら死ぬところです。で、落ちません」（表3、発話01-06）と解説している。つまり、「ボンボンボン」という音響キュー「落下防止」が鳴る場所は、「落ちたら死ぬ」ほどの高所なのだが、ゲーム仕様によって、落ちる方向に向かっては前進することはできない。落ちるためには「無理矢理ジャンプ」しなければならないのである（表3、発話07）。

実際のNの行動（図6）を見ると、Nはこの仕様を空間認知のツールとして転用していることがわかる。まず、音響キュー「落下防止：死亡する高さ」によりA地点で前進すると落下することを認識したNは、時計回りに90°体の向きを変更しB地点に向く。そ



図6：事例3のELANによる分析。プレイヤーNが体の向きを変えながら「落下防止：死亡する高さ」を避け、「ジャンプ音響キュー」によってジャンプできる方向を導き出していく。

ここでNは、音響キュー「落下防止」が再び二度鳴るのを聞き(図 6:d1, d2)、体の向きを再度時計回りに90° 変更する。移動先のC地点に行く途中で「ジャンプ音響キュー」が鳴る(図 6:j2)のを聞き、その後C地点から向き直りB地点まで戻ってくる。Nはこの音響キュー「落下防止」を、単に落下を警告する音としてではなく、自分の立ち位置が「落下」するほどの高さにあることを認知する手がかりとして用いるとともに、「落下」の危険がない場所、すなわち「ジャンプ音響キュー」が鳴る場所を探索するための手がかりとして使っているのである。この際、Nは日常生活およびゲーム世界で経験的に得ている一般的な建物の形状パターンをもとに、次のような推論をしたと考えられる。高さのギャップは、単に一点に存在するのではなく、連続した境界線を為していると想定できる。その場合、その位置で前進する選択肢はなくなり、別の位置に経路がある可能性を探る必要がある。つまり、この一連のプレイで行われているのは、ひとつの地点の情報をもとに、境界線によって区切られた広がりのある空間の形状を推測し、境界線上のどこかにジャンプ可能な位置を探索するということである。

ここで重要なことは、一点における限られた情報から空間を推測することは、不良設定問題であり、空間は一意には決まらないということである。しかし、Nは、これまでのゲーム体験や実生活での経験をもとに、一点で認知された高さのギャップは、ある線的な広がりを持った出来事と捉えて差し支えないことを知っている。つまり、プレイヤーは、単に音響キューのみによって空間認知を行うのではなく、得られた情報にゲーム空間の特性を補完することで、空間を推測しているのである。

もう一つ重要なことは、「落下防止:死亡する高さ」という音響キューは、元々プレイヤーに危険を警告する目的で設計されたものだという事である。つまり、Nは空間推測を行うために、この音響キューの持つ元々の用途をハックしているのである。このように、設計者側の意図とは異なる用途にさまざまな情報を転用するハッキングの態度は、視覚障害者のプレイでしばしば起こる現象である。

4. おわりに

以上、視覚障害者が『The Last of Us: PartII』をプレイする際の事例を、アクセシビリティ機能、野澤の発話、主な動作に注目し、視覚障害者が聴覚によりゲーム空間を探索し、アイテムや敵を認知しながらゲームを進めていく過程を明らかにした。その結果、晴眼者が当たり前のように行っている、遠くから対

象の種類を視認して次の行動を決定するというプレイとは、全く異なる過程が明らかになってきた。

事例1では、歩行や移動を可能とする「ナビゲーションアシスト」、実世界では音を発することのないアイテムや動作の存在を示す「音響キュー」、視覚によらない空間探索を可能とする「聞き耳」が必須の機能であり、それらが視覚障害者の脳内で結び付けられていく過程を示した。事例2では、記号的な音である「音響キュー」がゲーム空間の中で実空間のような反響の差を持っており、それを手がかりにプレイヤーが障壁の存在を推測するという視覚障害者特有の空間認知のあり方を考察した。事例3では、視覚障害者が「音響キュー」を本来の用途ではない使い方をすることによって、空間の構造を推測し次の動作を導き出す過程を分析した。

今回は事例研究であり、特に事例3で示したアクセシビリティの転用は、分析対象を増やせばさらに異なる知見が得られる可能性が大いにあると考える。さらに、アクセシビリティによる補助とプレイヤーの能動性に委ねる設計がどの程度計画され実装されていったのかは、視覚障害者のアクセシビリティに配慮しながら能動的なアクションを導き出すための現実社会における課題とも通じるものがある。また、プレイステーション4のコントローラは振動機能に対応している。聴覚情報に加えて、プレイヤーの動作に対する触覚的なフィードバックの分析も、今後の重要な課題である。

参考文献

- [1] Audiogames.net. January 30, 2021, URL: <https://audiogames.net/>
- [2] 松尾 政輝, 坂尻 正次, 三浦 貴大, 大西 淳児, 小野 東: 視覚障害者のアクセシビリティに配慮したアクション RPG: 全盲者向け開発環境とゲーム本体の開発, 日本バーチャルリアリティ学会誌, 21(2) (2016).
- [3] 松尾 政輝, 三浦 貴大, 坂尻 正次, 大西 淳児, 小野 東: 視覚障害者のアクセシビリティに配慮した音だけで作図可能な地図エディタとサイドスクロールアクションゲームの開発, 情報処理学会研究報告, Vol.2016-AAC-2 No.12 (2016).
- [4] The Last of Us 2 goes beyond accessibility and difficulty levels – Polygon. February 1, 2021, URL: <https://www.polygon.com/2020/7/2/21310396/last-of-us-2-accessibility-vision-difficulty-gameplay-opinions>
- [5] ELAN (Version 6.0) [Computer software]. (2020). Nijmegen: Max Planck Institute for Psycholinguistics, The Language Archive. Retrieved from <https://archive.mpi.nl/tla/elan>

共創から立ち現れる創造性 — 現場の文脈に埋め込まれたデザイン Creativity Emerging in Co-Design – Design Embedded in Contexts

宮田義郎[†], 三野宮 定里[‡], 原田泰^{††}

Yoshiro Miyata, Yasunori Sannomiya, Yasushi Harada

[†]中京大学, [‡]ソフトデバイス, ^{††}公立ほこだて未来大学

Chukyo University, Softdevice Inc, Future University Hakodate

miyata@sist.chukyo-u.ac.jp

概要

人類史における創造性の変遷から、狩猟採集社会から農耕社会への転換に伴う社会のモジュール化により効率性と創造性のバランスが崩れ、さらに産業化社会への転換に伴うモジュール間の共創の困難化と専門家による創造性の独占により、現代社会では創造性が抑制されていることを示す。活動構成型デザイン実践の3つの事例から、デザイナーが現場で関係者と共創して道具をデザインする活動の中で、関係者の潜在的な願いが引き出されて創造性が立ち現れることを示す。

キーワード：創造性、アージュ理論、共創

1. 創造性の起源

創造性は人にとって望ましい性質として語られることが多い。確かに自らのアイデアで新しい何かを創造する行為はよろこびとして経験されるだろう。しかしそのようなよろこびは「創造性」という特別な性質を持った人の特権であり、簡単には得られない体験であるかのように語られることも多い。そもそも人の創造的な行為のよろこびはどこからくるのだろうか、そしてそれが望ましいものであるにもかかわらず、日常得難いと感じられるのは何故なのだろうか？それを探るためには、人が自然には存在しなかった道具を創造したことで、他の生物とは異なる道筋を切り拓いてきた人類の歴史を辿ってみる必要があるだろう。

私達が経験する創造のよろこびという感情は、人類が道具を創造し、文明を創造してきたこととどのように関係しているのだろうか？「感情のアージュ理論」[1]によると、狩猟採集時代の環境の中で生存確率を最大化するように進化したアージュ（行動を促す感情）が、大きく変わってしまった現代社会の環境の中では必ずしも合理的にはたらかなくなるとされる。現代社会で創造のよろこびが得難いのは、環境の変化によるのだろうか？

狩猟採集社会では、人も他の動物同様に、エネルギーを消費して食料を獲得し、その食料から得たエネルギーにより次の食料を獲得していた。アージュ理論によると、生存確率を高めるような行動を促すように進化

した認知システムがアージュであり、感情はアージュの機能の一部である。生存のために重要な行動には、アージュによってそれを促す強い動機づけとよろこびが伴うはずである。消費エネルギーあたりの獲得エネルギーつまりエネルギー効率が生存に直結していたため「エネルギー効率を高める行動」を促すようなアージュが進化したと考えられる。これを「**効率化アージュ**」と呼ぶ。より少ない消費エネルギーで目的を達成できるような方法を認識したら使いたくなる、例えば階段とエスカレータがあればエスカレータを使いたくなるのは、効率化アージュが働いていると考える。一方で、食料獲得の手段である道具を創造・改良するような行動は、試行錯誤のためにエネルギーや時間が必要で、効率化アージュには反する。従って道具のデザインには、「**効率化アージュ**」に対抗するだけの強さをもった創造を促すアージュが必要だったはずだ。これを「**創造性アージュ**」と呼ぶ。生存に直結する効率化アージュに対し、試行錯誤やコミュニケーションによる関係構築など必ずしも生存に直結しない活動が強いよろこびを伴うことで、創造性アージュは「生きるよろこび」と呼ばれるような感情を生み出すと考えられる。この感情はチクセントミハイのフロー体験 [2], Dweck のマインドセット [3], creative self-belief [4] の概念とも関係が深いと考えられる。

創造性アージュによって創造されるのは、物理的な道具だけでなく、身体と感覚、知識、コミュニケーションなども含む複雑な社会的活動の総体である。狩猟採集社会では、自然環境の中で複雑に変化する天候、気候、生態系の状態を予測しながら、群のメンバー同士の密な情報交換を行い、より効率的な行動パターンを創造することが、生き延びるために必要であったと考えられる。従って、このような活動は個人の創造的な行為というよりは、群のメンバー間の人間関係をそのような創造的な状態に保っていく継続的な活動（それは「共創」とも呼べるだろう）であったはずである。それは固定したシステムではなく、常に新しい活動を

生みだしながら変化していく活動（オートポイエシス）といえるだろう。そのように常に動いている活動の中で効率化アージと創造性アージの適度なバランスが保たれるように進化したと考えられる [5]。創造的活動は創造性という特性を持った個人によって作られるのではなく、共創を可能にする環境の中でそれぞれの創造性アージが働くことによって立ち現れる活動である、と理解できるのではないだろうか。

2. 創造性の歴史

人類は食糧をより効率的に獲得するために、環境の変化に合わせて適応的に行動する狩猟採集という生活様式から、環境を制御して生産する農耕という生活様式に、約1万年前から転換していった。農耕は環境をより予測可能に作り変えることで、狩猟採集時代のように生産の過程で密な情報交換をしなくても生産結果が予測可能になったため、アージのバランスが創造性から効率化へシフトしていくことになった。また農耕が可能だった肥沃な大河の流域に人口が集中し、都市とその周辺の生産地が分離したために、消費者と生産者というモジュールが発生し、効率化のためにモジュール間の情報交換を最小化するような社会システムを構築していった。その結果モジュール間の共創が困難になり、社会階層間の支配や搾取などが常態化していったと考えられる。これにより多くの文明が崩壊していった。[6][7][8] 社会のモジュール化と創造性の関係については4節でより詳しく考察する。

さらに300年前に始まった産業化では、それまでは生活の場で当事者間の共創によって創造してきた衣食住などの道具を、少数の専門家が創造した道具を化石エネルギーを使う機械により大量生産するようになった。これによりアージのバランスがさらに創造性から効率化に大きくシフトすることになった。生活の道具だけでなく、学習は教育へ、健康維持は医療へと、大多数の人が消費者として少数の専門家に依存するようになり（イリイチ [9]はこれを根源的独占と呼んだ）、創造する必要がほとんどなくなったことで、創造性アージが働くことが難しくなったと考えられる。道具のデザインが現場での活動から切り離され、作り手と使い手の創造性アージによる共創が困難となった。それと同時に、本来当事者間の共創であった創造的活動が、個人の創造的活動とみなされるようになり、創造性の概念も個人の特性であるがごとく論じられるようにな

った。

現代の私たちの生活の中で、効率性アージにより便利な道具（電子レンジ、エアコンなど）を使うときには、「生きる」ことは楽になったが、創造性アージによる「生きるよろこび」は抑圧されている、といえるだろう。「より簡単に」「より快適に」「より安全な」「より健康に」などの価値は、自らの試行錯誤と学習によって得られる価値ではなく、専門家が与えてくれてそれに依存する価値になってしまった。[10]

3. 活動構成型デザインにおける創造的活動

効率化アージと創造性アージのバランスを取り戻す方法は、デザイン学会の情報デザイン部会でいくつか提案されている。三野宮[11]の活動構成型デザインでは、デザイナーは現場の人たちと実践しながら新しいツールの可能性を探った。使う人もデザインに関わり、作る人と使う人が共創する活動の中で創造性アージがはたらくことが明らかになった。以下活動構成型デザインの実践記録をより詳細に分析する。

3.1 貼り箱製作工房でのデザインプロセス

貼り箱製作工房での現場の職人とデザイナーの共創 [12] によって、工芸品職人のための製造コスト見積もり計算アプリケーション HACOSTA のデザインが実現した。工房の社長 O 氏と、デザイナー S（三野宮）の対話から、デザインを最初に方向付けたプロセスを探ってみる。O は見積もりの決定権を持っている人かつ、職人歴も長い。S が O に「材料費の計算アプリならつくれそうだと話していました」と伝えると、O は S に「実は見積もりは材料費の計算と手間賃の計算をしていて、手間賃の計算の方に悩んでいる」と打ち明けた。このやりとりから、以下のようなことが推測できる。

1. O は箱単価の見積もり、特にそれまでどんぶり勘定で行ってきた手間賃の計算方法をより適切に行いたいと思っていた。単なる作業の効率化というよりは、作業の質を高めたいという願いを持っていたと解釈できる。

2. しかしそれを実現するような行動を今まで起こしていなかった要因を考察する。O は他のメンバーにもこの思いは伝えておらず、実現するためには他のメンバーとの共創にかなりの時間＋エネルギーが必要と感じていたと発言していることから、効率性アージ

により行動が抑制されていたと考えられる。またどのような方法がよいのか見当もつかず、何から始めればよいかわからなかったとの発言からは、実現の可能性が認識できず創造性アージュが働きにくくなっていたと解釈できる。

3. フロアごとに作業が分かれてお互いの作業が見えにくくなっている、という S による観察から、職場のモジュール化によって職人同士の情報交換が必ずしも活発ではなかったと考えられる。

4. S の「材料費の計算アプリは作れそう」という発言に反応して、O は手間賃の計算についての悩みを打ち明けたことから、「S が材料費の計算アプリができるのなら、手間賃の計算も実現できるかも知れない」という可能性を認識し、期待を持ってその悩みを打ち明けた、と推測できる。実現の可能性を認識することにより創造性アージュが働いたと解釈できる。

5. S は、O の発言からその願いを認識し、材料費の計算アプリを作るための情報を集めはじめたことから、S も自らの技術により職場に貢献できる可能性を認識したことで、それを実現したいという創造性アージュが働いたと解釈できる。

6. S は O の願いを認識した時点では箱制作過程を把握していなかったが、その後自ら制作を体験し学習するために現場の職人から情報を得る必要があり、コミュニティの中での人間関係を構築していった。それにより手間賃計算のアルゴリズムを発想し、実現することができた。ツールに対する創造性アージュが、人間関係への創造性アージュに拡張していったと解釈できる。

7. O は当初は計算時間を短縮するという効率化を目的としたツールをイメージしていたが、ツールの制作が進むにつれ手間賃の計算方法そのものを見直したいという願いが意識化されてきていることから、単なる作業の効率化や質の向上というだけでなく、職場内の仕事の質そのものを改善できる可能性を感じていたと考えられる。

8. O はアプリをよりよいものにするために積極的に様々な情報を S に提供し、職人の学習のツールにもしたいとも考えていたことから、ツールだけでなく職場の仕事のあり方に対する創造性アージュが働いていたと解釈できる。

9. アプリの形ができ始めると、他のメンバーも次第に協力するようになった。他のメンバーもそれぞれの立場で、O と同様に仕事の質を改善できる可能性

を認識し、共有することができ、それらがツールに組み込まれていった。図 1 に示したように、職人は営業担当者との関係性を改善しようとし、営業担当者は顧客との関係性を改善しようとし、顧客は商品に納得したいと望み、新しい仕事の可能性を発見したメンバーもいた。結果として、それぞれのメンバーがツールのデザインに創造的に貢献していたと言えるだろう。

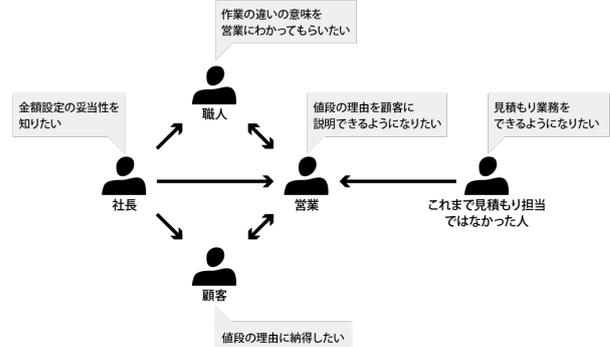


図 1 デザインプロセスで可視化された潜在的願い

3.2 歴史博物館でのデザインプロセス

歴史博物館では民族資料の専門家とデザイナーの共創によって、異なる資料種別間の関連性を視覚化するデジタルアーカイブビューアのデザインが実現した。デザイナー S、H（原田）が提案したプロトタイプに対する専門家の反応から、デザインを方向付けたプロセスを探ってみる。

民俗資料研究は非常に多様化しており、専門家の研究テーマは「漆器」「陶磁器」「絵画」「染織」「人物」「書簡」など領域は様々であり、そのため資料や調査結果の管理も個別多様になっている。専門家の一人から「資料全体を一括管理し、研究メンバーがそれぞれ入力などの管理が可能で、かつ、他の研究メンバーの資料も閲覧できるような仕組みが作れないか」という相談があり、デジタルアーカイブのデザインが始まった。

デザインプロセスの考察

陶器の専門家 B は「陶器と漆器と一緒に画面に表示されているのがみていると面白い」「本当は当時は陶器と漆器は同じ台所に並んで使われていたはずで、そういう様子を博物館展示でみせたいと考えている」また「他の領域との関連がみたい・みえるのが面白い」とコメントした。他の専門家は自分の研究領域の中で使用するためにどんな機能が必要かを検討していた。このことから、民俗資料は漆器、陶器、染織・服飾、浮世絵

といった資料種別ごとに専門性が細分化されていること、資料種別ごとに独自のデジタルアーカイブやファイリングがされていること、いままで資料種別が混ざったデジタルアーカイブの表現をみたことがなく、そこに興味を持ったことが明らかになった。

この事例からは、本来は同じ空間で一つの生活の文脈の中で使われていた陶器と漆器が、研究者の専門分野というモジュールにより切り離して扱われ、専門分野同士の研究上での共創が困難な状況を作り出していたことがわかる。そこに専門家ではないデザイナーが入りそのモジュールの境界を曖昧にするような視覚化をデザインしたことにより、専門家の中に好奇心や挑戦心が喚起され、共創への創造性アージュが働いたと解釈できる。

3.3 アイコン制作プロジェクトでのデザインプロセス

アイコンデザイナーとデザイナーSの共創によって、複数人でアイコン制作するための業務支援ツールのデザインが実現した。アイコンデザイナーたちは数千件のアイコンデザインという案件を受注した。このツールを活用することで、アイコンデザイナーたちは進捗管理や品質の確認といった作業を円滑に進めながらアイコンデザイン業務を遂行することができた。このツールは、アイコンデザイナーが業務中に利用する中で、その都度必要になった機能を追加実装されていったデザインプロセスが特徴である。ここではアイコンデザイナーたちが新しい機能の必要性に気がつくまでの流れから、デザインのプロセスを探ってみる。

デザインプロセスの考察

数千点のアイコンをデザインするために最初は効率化のための分業がなされ、数名のスタッフの間で分担してデザインを進めた。この段階ではアイコンデザインの内容でなくて、作業の進捗状況のみを確認できるツールデザインが選択されたことから、効率化アージュが優勢であったと解釈できる。さらにアイコンが出揃い、アイコン制作チームから「同じモチーフをもつアイコンを並べて表示できないか」とツールデザイナーSは相談をうけた。現状は作成者が複数人いるために表現にバラツキが生じているが、同じモチーフを用いるアイコンはそのモチーフの表現を統一していく作業を行なっていく必要があり、最初に効率化のために分業したモジュールの間の情報交換が必要なこと、自分たちで情報交換が難しいこと、難しいからこそエネルギー

ーを使ってでも、そのためのやり方をつくる必要を認識したと解釈できる。このように、効率的な作業からデザインの精緻化へと制作の段階が進むにつれて必要なツールが変化したことを、ツールの使用者と制作者が共創する活動の中で認識した。このツールを実現するために、制作者は同じモチーフを絞り込んで表示する仕組みを作り、アイコン制作チームはメタデータの追記を行う、という共創が起こった。

4. モジュール化によるシステムの効率化と創造性の抑制

以上の3つの実践記録の考察から、モジュール化により創造性が抑制されている現代の組織のモデルを導く。

- 職場のコミュニティーでは、作業の効率を高めようとする効率性アージュによって、システムのモジュール化と、モジュール間の情報交換の頻度や量を最小化する方向にシステムを組織化する傾向がある。
- 例えば、グループの間で分業が起こり、それぞれの作業内容やスケジュールを決めることで、お互いの状況を知らなくても作業ができるようにして効率を高めようとする。
- しかしお互いの状況が見えにくくなることにより、改善したい要素を認識しているメンバーがいても、それが共有されにくく、モジュール間の共創が困難になっている。
- そのようなシステムは柔軟性がなくなり、変化に対応することが困難になる。

ここでいうモジュールは「その内部での物質・情報・エネルギーの移動が、外部との物質・情報・エネルギーの交換よりも密度が高いような、システムの一部」という一般的な意味で使用している。例えば物理学で扱う原子、分子、生物学で扱う細胞、胃や心臓などの内臓、心理学や社会学で扱う個体、群れ、コミュニティーなどもモジュールであるが、これらの例のようにモジュールは一つのモジュールがより小さいサブモジュールを含んでいるという入れ子構造になっていることが多い。会社組織の場合も本社、支社、部、課、など固定的なモジュールもあるし、プロジェクトチームのような流動的なモジュールもあるし、友人グループなど名前のないモジュールもある。システム（自然システムも人工システムも）を構成する複数のモジュール

ルが統合されてより大きなモジュールを構成したり、一つのモジュールの中にサブモジュールが形成されるなどのモジュール化は「内部での情報交換が、外部との情報交換よりも密度が高い」という性質によってエネルギー効率（エネルギーを有効に使うって活動する）を高めるための普遍的な方法と考えられる。さらに人工システムの場合はモジュールに名前をつけることでコミュニケーションの効率をあげている。例えば自然言語もプログラミング言語も、モジュール化によって効率化を達成している。

モジュール化による創造性の抑制

このようにモジュール化を定義してみると、モジュール化による効率化というのは人に始まったことではなく、ビッグバン後の混沌としていた世界に秩序を作り出してきた仕組みだといえるだろう。そうであるならば次の疑問は、現代の社会組織でみられるモジュール化による共創の阻害は、宇宙を作り出してきた仕組みの延長にあるのか、それとも人間社会特有の問題なのか、である。その鍵になるのが今回の論文で効率性と対比させている創造性である。人の創造性は、自然が新しいシステムを作り出す創造とはどこが違うのだろうか？ここでは共創を阻害し創造性を抑制していると考えられる二つの違いを指摘する。

- 自然は億年単位の時間をかけた共創により調整しながら新しいモジュールを創造するが、人はそれをはるかに短時間で済ませようとするために共創が困難であると考えられる。
- 自然が創造してきたモジュールは、物質的な、また生物学的な基盤の上に成立しているために、モジュール間の共創もそれらの基盤に基づいて行うことができる。しかし会社組織や国家などの人工のモジュールは、イデオロギー、資本、宗教、言語などの人工の基盤の上に成立しており、そのような基盤はモジュール内では効率化のために変容していくが、モジュール間で必ずしも共有されないために、モジュール間の共創が次第に困難になると考えられる。

5. 活動から立ち現れる創造性

活動構成型デザインでは、創造的活動を個人の創造的な特性に起因すると捉えるのではなく、共創を可能

にする環境の中で当事者の創造性アージュが働き、人間関係や道具と人の関係が解体・再構築されていくような活動であると捉える。

3節で述べた活動構成型デザイン実践での考察から、4節でモデルを示した、モジュール化により創造性が抑制されている組織が、活動構成型デザインによる共創により変容するプロセスモデルを導いた。

1. デザイナーが新しいメンバーとしてコミュニティに入り、仕事を学ぶためにメンバーとコミュニケーションをとり、人間関係を築いていく。
2. デザイナーとメンバーの対話の中で、改善したい要素が共有されてくる。
3. それに対する改善方法を提案することで、それを実現できる可能性が認識される。
4. 創造性アージュが働き始め、メンバー間、モジュール間の共創が起こり、システム全体が変容する。

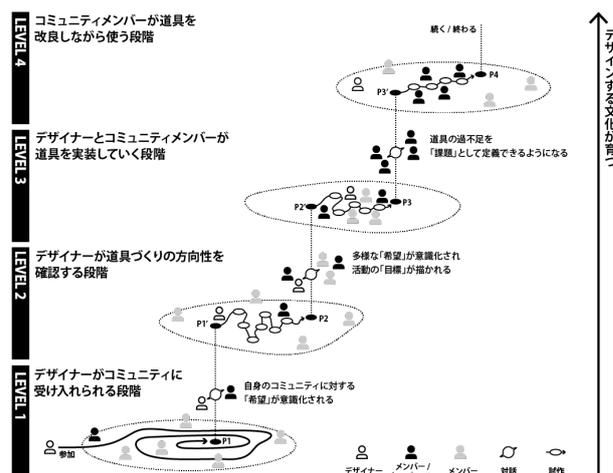


図2 活動から立ち現れる創造性

例えば貼り箱製造業での実践例（図2）では、デザイナーはコミュニティに次第に受け入れられる段階（図2の LEVEL1）を経ることで、職人との人間関係を築き、対話の中で彼らの「願い」についての何気ない言及を拾いあげ、それらを実現できる可能性をツールのプロトタイプによって表現して道具づくりの方向性を示した（LEVEL2）。それを見た職人から新たな「願い」が言語化され、それらをツールに組み込むことで新たな願いが可視化される、という循環が実装する段階では起こった。その過程で、それまで明確に意識化されていなかった職人たちそれぞれの願いが職人間でも共有され、少しずつツールに埋め込まれていき、デザイナーと職人の共創による新しいツールが形作られ

た (LEVEL3). その願いとは例えば「他のメンバーに理解して欲しいこと」や「知りたかったが分からなかったこと」など、現場の中で共有されていなかった情報や知識であり、それらがツールによって可視化できる可能性を認識したことで、それを実現したいという創造性アージュが働いたと解釈できる。また情報が可視化されたことにより、一部のメンバーしかできないと思われていた作業を他のメンバーもできる可能性も認識され、メンバーが道具を改良しながら使うようになり仕事のあり方が変容していった (LEVEL4).

これらの実践例にみられたように、活動構成型デザインでは、ツールのデザインは現場での活動に埋め込まれていた。作る人と使う人を分けるのではなく、また道具を活動から切り離すことなく、ミクロなデザインをするデザイナーと、マクロなデザインをするユーザーが活動の中で共創した。それにより、ユーザーはツールの仕組みはわからなくても、使いながらツールの機能をデザインすることが可能となり、同時に自分の仕事のあり方をデザインし直すことができた。またデザイナーも、異なる現場での実践を通して、使い手との対話による共創でツールをデザインし活動を構成していくプロセスを学んでいた。創造的な個人によってツールがデザインされたのではなく、関係者がそれぞれの文脈で自分の仕事と向き合う活動の中から創造的なデザインが立ち現れたと言えるだろう。

文献

- [1] Toda, M. (1982) *Man, Robot and Society - Models and Speculations*. Boston: Martinus Nijhoff Publishing.
- [2] Csikszentmihalyi, M. (2008) *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, Harper Perennial Modern Classics (今村浩明訳, フロー体験: 喜びの現象学, 世界思想社)
- [3] Dweck, C. (2017) *Mindset - Updated Edition: Changing The Way You think To Fulfil Your Potential*, Robinson (今西康子訳, マインドセット「やればできる!」の研究, 草思社)
- [4] Karwowski, M. (2017) *The Creative Self: Effect of Beliefs, Self-Efficacy, Mindset, and Identity (Explorations in Creativity Research)*, Academic Press.
- [5] 宮田義郎 (2021) GDP から LDP (Local Domestic Products) へ - 創造原理により人生の意味を自ら紡ぐ, 日本デザイン学会第 68 回研究発表大会発表論文集
- [6] Diamond, J. (2005). *Collapse – How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York: Brockman, Inc. (楡井浩一訳, 文明崩壊, 草思社)
- [7] Montgomery, D. R. (2017). *Growing a Revolution – Bringing Our Soil Back to Life*. W. W. Norton & Company, Inc. (片岡夏実訳, 土・牛・微生物, 築地書館)
- [8] 宮田義郎 (2020) 社会実践ラボラトリーの理論—人類のデザインの価値観の歴史を踏まえて, デザイン学研究特集号 Vol.27, No. 2, pp.48-55.
- [9] Illich, I. (1973) *Tools for Conviviality*. Marion Boyars. (渡辺京二訳, コンヴィヴィアリティのための道具, 筑摩書房)
- [10] 宮田義郎 (2021) 戸田正直の文明論の再構築: 生態学的検討, 認知科学 第 28 巻第 1 号 (印刷中)
- [11] 三野宮定里 (2021). デザインプロセスの視覚化から浮かび上がる社会実践デザインの手法: 課題解決から活動構成デザインへ. 公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科 博士論文
- [12] 三野宮定里, 原田泰. コミュニティの中でデザインプロジェクトが生起する過程をデザイナー視点から記述する: 貼り箱製造会社におけるデザイン実践を題材として. 認知科学, Vol.27, No.2, p.176-191, 2020.

創造性育成のためのアートプログラムの構築とその効果

Art workshop for fostering people's creativity

清水 大地[†], 蓬田 息吹[†], 王 詩雋[†], 岡田 猛[†]
Daichi Shimizu, Ibuki Yomogida, Shijun Wang, Takeshi Okada

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

概要

本研究では、創造性育成のためのアートプログラムの枠組みを提案し、1年間に渡り実施したその概要と、1つのワークショップの概要・効果を報告する。特に長期に渡る創造性育成の枠組みとして Creativity Dynamics を提案し、その4つの要素を反映した多様なワークショップを実施した。創造性不安や拡散的思考など創造性の関連指標により、効果を線形混合モデルにより検討した。結果、プログラムは、長期的な創造性支援の上で有効である可能性が示された。

キーワード：創造性育成，アート，ワークショップ，Creativity Dynamics，長期的支援，創造性不安

1. はじめに

本研究では、創造性育成のためのアートプログラムの枠組みを提案する。そして、1年間に渡り実施したプログラムの概要とその中の1つのワークショップの概要と確認された効果を報告する。

現代では、新奇な価値を有するものを生み出す創造性の重要性が強く認識されており、その育成の社会的重要性が、教育学・経済学・政府等様々な立場から強く主張されてきた (e.g., Florida, 2002, 2005; OECD, 2018; White House, 2013)。そこで本研究では、近年国内外の教育において徐々に取り入れられつつある STEAM 教育 (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) の内容も踏まえつつ (Allina, 2018; Perignat & Katz-Buonincontro, 2019)、創造性育成のためのアートプログラムの枠組みを提案する。特に、創造的熟達に関する先行研究を踏まえ、創造性の、人生における経験や周囲の環境によって動的に変化し発達していく動的な側面である Creativity Dynamics に着目する重要性を提案した

(図1, Shimizu, Yomogida, Wang, Okada, in press)。実際に、アートの熟達過程に関する研究では、現代芸術家やダンサーが、領域における既存の表現やその考え方を拡張した多様な表現のバリエーションを探索的に生成すること (Shimizu & Okada, 2018; Yokochi & Okada, 2020)、その過程を通して表現やその考え方に固有の解釈を発展させること (Shimizu & Okada, 2020)、そして、以上の過程に長期的に取り組むことで、自身の

価値観や人生と強く結びついた創作コンセプトや創作ビジョンを生成していくこと (Okada, Yokochi, Ishibashi, & Ueda, 2009; 横地・岡田, 2007) が示唆されている。以上のコンセプトやビジョンの生成に至る Dynamics を活発かつ長期的に展開させていくこと、そしてその過程を支援することが、創造性支援のためのアートプログラムにおいて重要ではないかと想定した。

そのため、本研究では創造性に強く影響を与え、かつ Creativity Dynamics を構成すると考えられる以下4つの要素に着目した (Shimizu et al., in press)。これらの要素をプログラムの中に積極的に取り入れることで、Creativity Dynamics の展開に対する包括的な支援を行うことを目指した。

- ① 多様な物体・環境と身体を通して関わることで、それによりイマジネーションを拡張すること (Shimizu & Okada, 2019, 2021)
- ② 表現やイマジネーションを他者と活発に共有すること、それによりイマジネーションを拡張すること (Ishiguro & Okada, 2020; Okada & Ishibashi, 2017)
- ③ ①と②の各過程やその相互作用の過程を長期に渡って蓄積すること
- ④ ③の長期に渡って取り組むための前提として、創造性不安を低減し、内発的動機づけを高めること (Amabile, 1988; Daker, 2018)

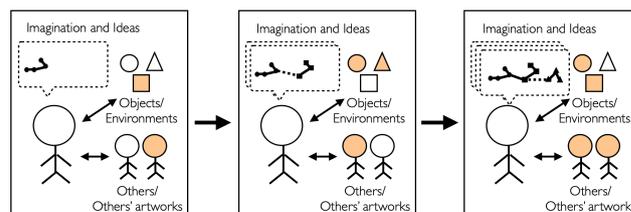


図1. Creativity Dynamics の枠組みの概要。上記の過程・経験を長期に渡って蓄積することで、参加者は imagination を拡張し、自身の人生や価値観と強く結びついたコンセプトやビジョンを生成していく。

| 日時 | ワークショップ | | ①物-身体 | ②触発 | ③探索 | ③内発的動機づけ |
|-------|------------------------|--------------------------------|-------|-----|-----|----------|
| 5/12 | 鑑賞と対話 | 佐藤悠 (鑑賞プログラマー) | | ○ | | ○ |
| 6/8 | みるを考える | 古藤陽 (横浜美術館学芸員) | ○ | ○ | | ○ |
| 6/16 | ビジョンのWS | 佐宗邦威 (株式会社BIOTOPE代表) | | ○ | ○ | ○ |
| 6/23 | Co-creation of Music | Michael Spencer (日本フィルハーモニー) | ○ | ○ | | ○ |
| 9/3 | Creativity and Story 1 | Steven Fischer (Film director) | ○ | | ○ | ○ |
| 9/17 | 鑑賞-創作-対話 | 佐藤悠 (鑑賞プログラマー) | ○ | ○ | | ○ |
| 11/17 | 五感とイメージ | 篠原猛史 (現代芸術家) | ○ | | ○ | ○ |
| 12/18 | Creativity and Story 2 | Steven Fischer (Film director) | ○ | | ○ | ○ |

図 2. アートプログラムの概要

以上の 4 つの要素を豊かに取り入れたアートのワークショップに参加し、その経験を長期に渡って継続していくことで、参加者の Creativity Dynamics の展開を促進することを目指した。さらには、自身の価値観や人生と強く結びついた創作コンセプトや創作ビジョンの生成に繋げていくことを最終的なプログラムの目的として設定した。

2. 1年間に渡るアートプログラムの概要

上記の構成要素を反映したアートプログラムを、ワークショップに関する豊かな経験を有する熟達したアーティストやワークショップ講師と協働で構築し、特定企業の企画・開発を担当する参加者を対象に、1年間に渡って継続して実施した(図 2)。プログラムには、約 10 名のメンバーが参加した。プログラムは、複数のワークショップから構成されており、絵画創作・絵画鑑賞・音楽創作・物語創作等を含む様々なアート領域における取り組みを活用した計 8 個のワークショップを実施した。各ワークショップは、上記した 4 つの構成要素のいずれかもしくは全てを強調して企画・実施された。本稿では、特に絵画の鑑賞・創作に焦点を当てたワークショップを取り上げ、その取り組みと参加者にもたらした効果を報告する。

3. 絵画の鑑賞ワークショップの概要

このワークショップでは、参加者はある絵画作品 (Edvard Munch, “The Sick Child II”) の鑑賞とその作品に基づいた創作に取り組んだ。ワークショップの具体的な内容を図 3 に示す。まず参加者は、A: 講師の合図に合わせてランダムに線を引くウォーミングアップに取り組み、身体を用いて物質を操作する際に生じる偶然性とその面白さを実感する体験に取り組んだ(要素①③を反映)。B: 次に、参加者は絵画作品の鑑

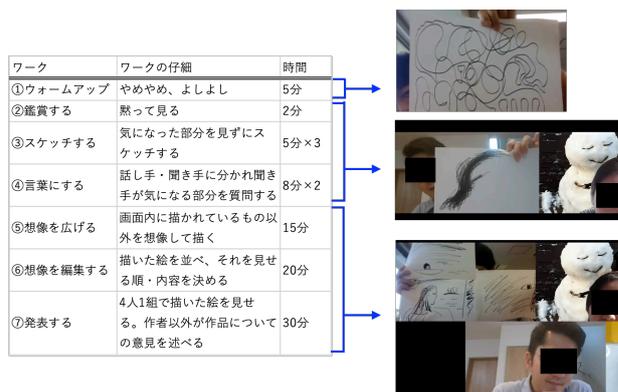


図 3. 鑑賞-創作-対話のワークショップの概要

賞に取り組んだ。ここでは 2 分間という通常の鑑賞と比べて比較的長い時間に渡って作品を鑑賞した。そして、C: 絵の中で気になった部分 3 箇所のスケッチを行った。ここでは参加者は、描いている紙を見ずにスケッチを行い、絵の上手さよりも感じた印象を深めること、意図から外れて引かれた線からさらに想像を深めることを求められた(要素①③を反映)。その後、D: ペアになり描いたスケッチに関する対話を行った。描いた側は自ら説明することは出来ず、見た側が自身の観点から積極的に質問を行い、スケッチの内容や元の絵に関する観点を探索的に共有した(要素②③を反映)。そして、E: 個別作業に戻り、元の絵の周囲や背景等の描かれていない部分を想像し、スケッチとして 3 枚描く作業に取り組んだ。ここでは D で共有した観点も踏まえ、元の絵と関連した想像を活発に広げることが目指された。そして、F: E で作成したスケッチを好きな順に並べ、その一連の過程を結びつける 1 つのストーリーを作成した(要素①を反映)。最後に、G: 参加者は 4 人 1 組になり、作成したストーリーを他の参加者と共有した。D の対話同様、ストーリーの作成者は並べたスケッチに関する説明を自ら行うことは出来ず、他 3 名の参加者が提示された一連の絵からストーリーを想像して話し合いを行った(要素②を反映)。全体として、参加者は、身体の動きや他者との対話を通して活発

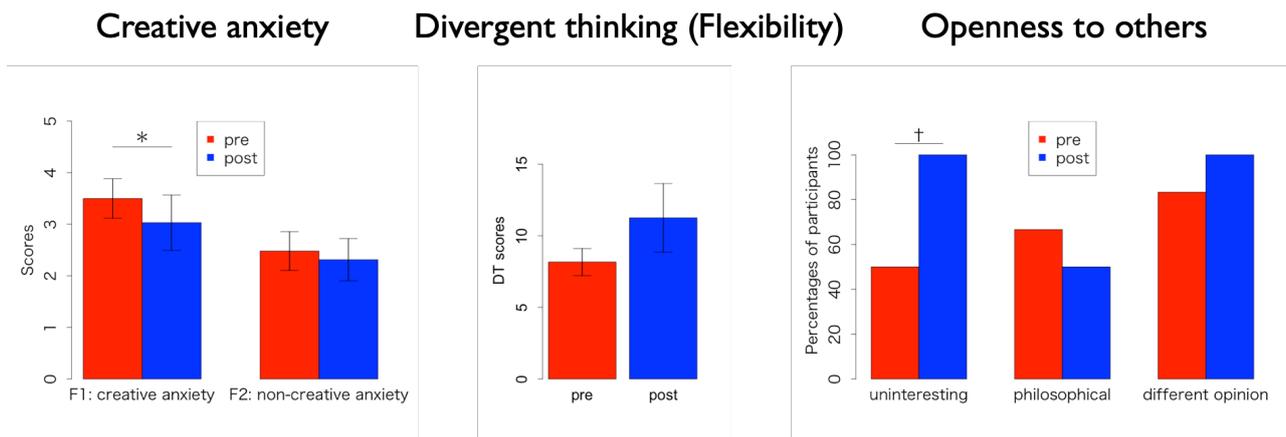


図4. 鑑賞—創作—対話のワークショップの効果

表1 線形混合モデルの結果の概要

| Questionnaire/Task | Measurement | Model | <i>t</i> | <i>df</i> | <i>p</i> |
|--------------------|------------------------|--|----------|-----------|----------|
| Creativity Anxiety | Creativity Anxiety | $Y_{it} = 0.22 - 0.37 * a_{it} + c_i$ $c_i \sim (0, 0.82)$ | 2.65 | 9.85 | .025 |
| | Non-creativity Anxiety | $Y_{it} = 0.08 + 0.07 * a_{it} + c_i$ $c_i \sim (0, 0.93)$ | 0.49 | 9.57 | .63 |
| Divergent thinking | Divergent thinking | $Y_{it} = -0.34 + 0.88 * a_{it} + c_i$ $c_i \sim (0, 0.51)$ | 2.12 | 3.81 | .10 |

Y: 各尺度・課題の特典, a: 測定時期 (ワークショップ前・後), t: 測定時期のダミーコード, b: 拡散的思考課題の課題番号, k: 拡散的思考課題の課題番号のダミーコード, c: 参加者番号, i: 参加者番号のコード. 各尺度・課題得点を標準化した上で分析を実施した.

に想像を広げていく様子が窺われた。特に、絵画やスケッチに関する、自身の想定していない他者の観点の話聞くことで、絵に関する想像が大きく広がっていく様子が観察された。

4. 絵画の鑑賞ワークショップの効果

ワークショップにより生じた変化について、実施前後に測定した心理尺度や認知課題により検討した。このワークショップでは、創造性や提案した Creativity Dynamics と関連すると考えられる、創造性不安 (Daker et al., 2019)、拡散的思考 (Torrance, 1960, 1980)、他者への開放性という3つの尺度を測定した。

ここでは、測定時期 (ワークショップの前後) を説明変数、各尺度・課題の得点を目的変数、参加者をランダム効果とする線形混合モデルにより検証を行った。各尺度・課題の平均得点を図4に、線形混合モデルによ

り算出された式を表1に示す。まず、創造性不安について時期の係数に関して統計的に有意な値が示された (Coefficients: -0.37, $t(9.85) = 2.65, p = .025, f = 0.08$)。次に、拡散的思考課題の得点については、時期の係数に関して有意な値は示されなかったものの、中程度の効果量が示された (Coefficients: 0.88, $t(3.81) = 2.12, p = .10, f = 0.08$)。そして、他者への開放性についてカイ二乗検定を行った結果、「興味の無い話」と「意見の異なる話」に関しては、ワークショップ前後において有意な傾向差もしくは大きな効果量が示された ($\chi^2(1) = 2.86, p = .09, h = 1.57, \chi^2(1) = 0.74, p = .39, h = 0.84$)。以上の結果は、上記の鑑賞—創作—対話のワークショップに参加することで、参加者の創造的な活動を行うことに対する不安が低下したこと、日常的な物体を多様な観点から捉える拡散的思考課題の得点に変化したこと、他者と意見の異なる話をしていくといった他者への開放性が高まったことを示唆する結果と考えられる。

以上の結果は、提案した Creativity Dynamics の枠組みやその構成要素を反映したワークショップの有効性を示す結果と考えられよう。類似した結果は、1年間渡って実施したプログラム全体に関する事前・事後変化 (Shimizu et al., in press) の検証においても確認されていた。発表では、以上のプログラム全体を通じた効果や他のワークショップの内容・変化等も取り上げ、OSの議題である Creative-self belief 等の概念とも結びつけ、創造性育成の枠組みに関する広い議論を行う予定である。今後の課題としては、提案した枠組み・構成要素の精緻化、広い対象に対する枠組みの実施・検証、効果を検証するための測定と分析方法の精緻化、が挙げられる。

文献

- [1] Allina, B. (2018). The development of STEAM educational policy to promote student creativity and social empowerment. *Arts Education Policy Review*, 119(2), 77-87. doi: 10.1080/10632913.2017.1296392
- [2] Daker, R. J., Cortes, R. A., Lyons, I. M., & Green, A. E. (2020). Creativity anxiety: Evidence for anxiety that is specific to creative thinking, from STEM to the arts. *Journal of Experimental Psychology: General*, 149(1), 42. doi: 10.1037/xge0000630
- [3] Florida, R. (2002). *The rise of the creative class*. Basic books, New York.
- [4] Florida, R. L., & Florida, R. (2005). *Cities and the creative class*. Routledge, New York.
- [5] Ishiguro, C., & Okada, T. (2020). How Does Art Viewing Inspires Creativity?. *The Journal of Creative Behavior*. doi: 10.1002/jocb.469
- [6] Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Education Working Papers.
- [7] Okada, T., & Ishibashi, K. (2017). Imitation, inspiration, and creation: Cognitive process of creative drawing by copying others' artworks. *Cognitive science*, 41(7), 1804-1837. doi: 10.1111/cogs.12442
- [8] Okada, T., Yokochi, S., Ishibashi, K., & Ueda, K. (2009). Analogical modification in the creation of contemporary art. *Cognitive Systems Research*, 10(3), 189-203. doi: 10.1016/j.cogsys.2008.09.007
- [9] Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31-43. doi: 10.1016/j.tsc.2018.10.002
- [10] Shimizu, D., & Okada, T. (2018). How do creative experts practice new skills? Exploratory practice in breakdancers. *Cognitive science*, 42(7), 2364-2396. doi: 10.1111/cogs.12668
- [11] Shimizu, D., Hirashima, M., & Okada, T. (2019). Interaction between Idea-generation and Idea-externalization Processes in Artistic Creation: Study of an Expert Breakdancer. *Proceedings of the of the 41st annual conference of the Cognitive Science Society*, 1041-1047.
- [12] Shimizu, D., & Okada, T. (2020). Relaxation and Reorganization of "Internal Constraints" in Artistic Creation: Studies Focusing on the Embodiment of Ideas and Interaction with Others in Breakdance. In Karen Knutson, Takeshi Okada, and Kevin Crowley (Eds.). *Multidisciplinary Approaches to Art Learning and Creativity*. pp. 47-63. Routledge, New York.
- [13] Shimizu, D., & Okada, T. (2021). Interaction between the action and cognition in creativity: perception and action-based imagination framework. *Proceedings of the of the 43rd annual conference of the Cognitive Science Society*.
- [14] Shimizu, Yomogida, Wang, Okada, in press
- [15] Torrance, E. P. (1962). Cultural discontinuities and the development of originality of thinking. *Exceptional Children*, 29(1), 2-13. doi: 10.1177/001440296202900102
- [16] Torrance, E. P., & Hall, L. K. (1980). Assessing the Further Reaches of Creative Potential. *Journal of Creative Behavior*, 14(1), 1-19. doi: 10.1002/j.2162-6057.1980.tb00220.x
- [17] 横地早和子・岡田猛.(2007). 現代芸術家の創造的熱達の過程. *認知科学*, 14(3), 437-454. doi: 10.11225/jcss.14.437
- [18] Yokochi, S., & Okada, T. (2020). The Process of Art - making and Creative Expertise: An Analysis of Artists' Process Modification. *The Journal of Creative Behavior*. doi: 10.1002/jocb.472

オンラインで共在する： 美容系ユーチューバーによる Get Ready With Me 動画を例に Becoming online copresence ready: The case of Beauty YouTubers' Get Ready With Me videos

天谷 晴香[†]

Haruka Amatani

[†]国立国語研究所

National Institute of Japanese Language and Linguistics

h-amatani@ninjal.ac.jp

Abstract

Copresence is realised not only by physical interaction but also through distant communication. Social media influencers build relationship through their content with their viewers. This study examines the way the influencers verbally switch between here-and-now things and there-and-then things so that they can situate themselves more realistically in viewers' place-and-time, utilizing the immediate and displaced modes by Chafe (1994) and the decontextualization degrees by Cloran (1994). Words in the titles of their beauty-related videos were found to become more decontextualized in the time course. In their speech in the video, the influencer addressed directly to their viewers especially in the unusual situation as in a quarantine period of the society.

Keywords — YouTube, beauty vloggers, imperatives, decontextualization, online co-presence establishment

1. Introduction

1.1 Online copresence of social media influencers and their viewers

Copresence today is a broad and continuous notion rather than physical copresence in tradition. As [1] defined, traditional sense of copresence requires face-to-face interaction. However, there have been pointed out that copresence has a wider range of variation, in which interactants can be distant in space or time, computer-mediated or human-computer association [2]

Online copresence of a viewer with their Internet star is sometimes called parasocial interactions with pseudo-relationship, like the one toward a mass-media star. Though the relationship is asymmetrical, however, the interaction on social media is somewhat mutual, unlike with a conventional mass-media celebrity [3].

[4] presented their simplified copresence model of two entrainment relations of a focal person(P) and one

other person(O). Those are P's perception of their own entrainment toward O, PEO, and also P's subjective belief that O is entrained with them, P(OEP). Those entrainment relations can be high and low. When they are zero, the person is alone.

When applying Campos-Castio and Hitlin's model to online viewer-influencer relationship, PEO is high and P(OEP) low for viewer whilst PEO can be both low or high and P(OEP) high for celebrity. This asymmetry in their online copresence should be kept in mind in our later analysis of language use by social media influencers.

1.2 Here-and-now vs. there-and-then in speech

Spatiotemporal features can be important cues in investigating copresence linguistically. The here-and-now or there-and-then nature will be analyzed utilizing Chafe's conscious modes and Cloran's decontextualization degrees.

1.2.1 Chafe's (1994) immediacy and displacement of speaker's consciousness

There are immediate and displaced conscious modes, [5] argued, when someone speaking. With the immediate mode, here-and-now things are spoken as output. With the displaced mode, there-and-then things are spoken as output.

In the immediate mode, a speaker perceives things in current environment, represents them through their extroverted consciousness and speaks out about them. In the displaced mode, through introverted consciousness, a speaker remembers or imagines things perceived in a distal environment,

represented through extroverted consciousness, and speaks out about them.

Chafe claimed that speech in the displaced conscious mode “tends to be less shared, more interesting, more interesting, more extensive, and more fully processed than” (p. 200) in the immediate conscious mode.

1.2.2 Cloran's (1994) decontextualization degrees

On the basis of Halliday's functional grammar and Hasasn's message semantics, [6][7][8] introduced her Rhetorical Unit Analysis (RUA) as a method of analysing spoken discourse. The Rhetorical Unit is determined by a decontextualization degree of each linguistic message. Message is a minimal linguistic unit approximately corresponding to a clause. It contains a Central Entity (CE), often equal to a subject, and Event Orientation (EO), represented by a predicate. The CE presents spatial distance from the point where the speaker is situated. The CE categories are interactant, copresent person/object, absent person/object, and generalized person/object. The EO is represented by tense of a predicate, representing temporal distance from the time when the speaker is speaking. The EO categories are concurrent, prior, forecast-non-hypothetical, and forecast-hypothetical. Combining spatial distance of CE and temporal distance of EO leads to determination of the decontextualization degree of the message. For English, Cloran set eleven decontextualization categories: Action, Commentary, Reflection, Observation, Report, Recount, Plan, Prediction, Account, Conjecture, and Generalization.

1.3 Beauty videos on YouTube: Get Ready With Me or GRWM

Get Ready With Me (GRWM) is a beauty video on YouTube, which has arisen around 2012 and continuously used today.

Get Ready With Me has the imperative mood that induce an action from a listener. In the

Rhetorical Unit Analysis (RUA) [6], expressions eliciting an action are the most contextualized, i.e., “here-and-now” expressions. The RUA determines the (de-)contextualization level of a sentence, regarding how the tense and the subject of a sentence is located or not within the material situation the speaker is in.

As for video styles, GRWM videos has three ways of talking styles: no talking, voice-over and talk-through.

In this study, GRWM titles and styles will be analyzed in the time course. First, I will classify the GRWM title. Also, concurrent elements with GRWM will be classified, utilizing the notion of the RUA. Then, I will categorize the talking styles. Later, I will see whether or not the video titles and styles are correlated. Finally, I will discuss how the case of GRWM can possibly show the way beauty vloggers induce reactions from their viewers.

2. Data

Nine beauty vloggers' video titles were in the data. Three started their channels in 2009, three in 2012, three in 2015. The video titles on their channels were accumulated from their beginning to the end of the year 2020. The total number of the videos were 4761. For each video, there were numbers of views, comments, and good/bad reaction buttons pushed.

3. Classification of GRWMs

There were 207 titles that contained Get Ready With Me or GRWM in total. The first one appeared in November 2011 in our data. I classified them into six categories below.

- (1a) Titles containing Get Ready With Me as a sentence(66 titles)
- (1b) Titles containing the abbreviation, GRWM (77 titles)
- (2a) Titles containing Modifier + Get Ready With Me (13 titles)
- (2b) Titles containing Modifier + GRWM (35 titles)
- (3) Titles with a minor-change as Get ___ With Me (mostly Get Unready With Me) (11 titles)

(4) Titles with a minor-change as Get Ready With ___ (mostly Get Ready With Us) (5 titles)

As for (1a) and (1b), abbreviated (1b) tended to appear later and increased its ratio in the data. (2b) were much more frequent than (2a).

There were a decent variety of GRWM videos in their titles, which may mean that the title is linguistically productive.

4. Concurrent title elements in GRWM videos

Concurrent elements in the titles were divided into what they are mentioning; (a) Abstract, (b) Products, (c) Video Style (d) Occasion, (e) Habitual, and (f) Not Makeup Nor Occasion. The numbers of appearances were (a) 31, (b) 36, (c) 9, (d) 60, (e) 29, and (f) 26. Though categories from (a) to (e) appeared from 2012 to 2020 randomly, only titles in (f) appeared later than others in the time course as the first appearance being in January 2017. (f) included ones such as “Q&A” and “Life Update”. Those concurrent elements were classified by its spatial distance from the speaker. This classification is after the classification of Central Entity in the RUA. The decontextualization degree is measured whether they are interactant, co-present or absent in the speaker's current situation.

For what is interactant, I took an expression as the closest if it describes directly the look on the speaker. For this criterion, the closest, i.e. the most situated element can be adjectives or nouns of colors or of ambience such as *glam* or *foxy*. This is category (a) Abstract.

For co-present elements, products used in the video were often mentioned. In many cases, product names or brand names were described in the titles for this category. In other cases, there were more general descriptions such as in *Playing with New Products*. This is category (b) Products. Also, elements mentioning video style was copresent one. *Talk-through* was often mentioned in this category (c).

For absent entities, events the speaker is getting ready for tended to get written. This seems natural for

Get Ready With Me videos. Categories (d) Occasion and (e) Habitual belong here. In (d), events and occasions, such as *Clubbing* or *Valentine's Day*, were mentioned. In (e), habitual expressions, such as *Everyday Makeup* or *Spring Version*, were included. What is prominent for absent entities, there appeared absent topics such as *Life Update* or *Random Thoughts* in around 2017. This is category (f) Not Makeup Nor Occasion. Though it started with newer vloggers, older vloggers started to apply topics of this kind afterwards.

Since new vloggers started it out to use, it is hard to reason that accumulation of videos of an individual lead to open a virtual space for discussion on a decontextualized topic. However, those new people had got exposure to historical accumulation of former vloggers. The exposure might have cultivated their mind open for the discussion space. After newer vloggers started to speak about not necessarily beauty-related topics, older vloggers too started to have them in their videos.

By the spatial distance categories, the concurrent title elements were counted year by year in Table 1. Also, percentages for each category are shown in Figure 1. For the Interactant category, the former category (a) is presented. For the Copresent category the former categories (b) and (c) are combined. For the Absent 1 category, the former category (d) and (e) are in. For the Absent 2 category, the former category (f) is chosen. Because the category (f) seemed to have a distinctively different nature from (d) and (e), it was treated independently.

Table 1 Numbers of concurrent title elements in spatial distance categories by year

| | interactant | copresent | absent 1 | absent 2 | (SUM) |
|------|-------------|-----------|----------|----------|-------|
| 2011 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2012 | 0 | 3 | 6 | 0 | 9 |
| 2013 | 3 | 1 | 8 | 0 | 12 |
| 2014 | 5 | 7 | 17 | 0 | 29 |
| 2015 | 4 | 5 | 11 | 0 | 20 |
| 2016 | 5 | 10 | 11 | 0 | 26 |
| 2017 | 5 | 9 | 10 | 9 | 33 |
| 2018 | 3 | 5 | 13 | 7 | 28 |
| 2019 | 3 | 3 | 8 | 4 | 18 |
| 2020 | 2 | 1 | 5 | 6 | 14 |

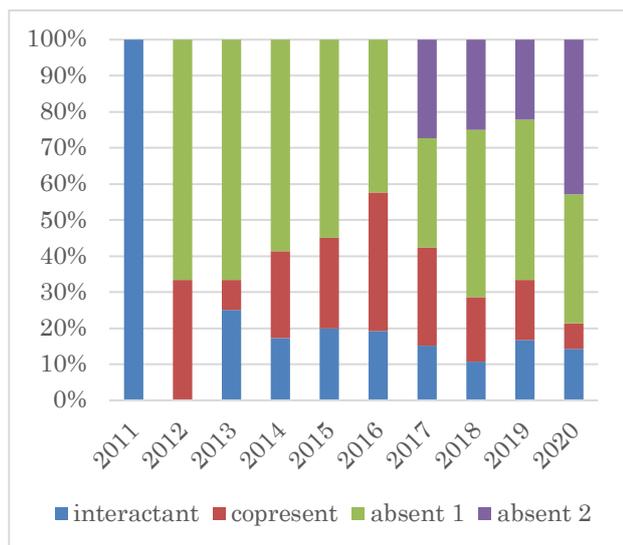


Figure 1 Percentages of concurrent title elements in spatial distance categories by year

5. Changes in talking styles

There were three ways of talking styles for the GRWM videos; no talking, voice-over and talk-through.

Firstly, Get Ready With Me videos appeared as one with no talking in November 2011. Then, voice-over styled ones started to show up after August 2012. Talk-through ones were finally seen with the first one in March 2013. Talk-through styles became the main current around 2016 in our data.

6. Decontextualization degrees of utterances in GRWM videos

Following Cloran, the RUA was carried out on utterances in GRWM videos. Two GRWM videos, one from 2019 and the other 2020, were chosen, together with one “tutorial” video from 2019. These three videos were from the same beauty vlogger, SML0x.

The numbers of messages categorized were 351, 349, for the two GRWMs, and 201 for the tutorial.

Figures 2, 3, and 4 show the distributions of decontextualization degrees of the three videos.

The first GRWM video, called *GRWM: 0-90 *in a hurry using new products**, is where the vlogger says that she has an actual place to go. I took it as a typical Get Ready With Me situation.¹ About this condition, she mentioned in the beginning, “*So today I have somewhere that I need to be.*” and “*So this is very risky because sometimes things go bad, things go wrong.*” In this video, Commentary and Observation utterances were seen frequently. Commentary is a category that the speaker talks about her own situation on the spot. For example, she said, “*So, first, I’m gonna put my primer.*” or “*And I’m gonna do another half a pump on the other side of my face.*” Observation is a category that she talks about the nature of co-present object. For example, she said, “*This is in the shade 7.5 warm.*” or “*So this has like really good reviews.*” Those high proportions may mean that she mentioned many times what she is doing and what product she is using. This may be because she is in a rush, she is rather concentrated on makeup itself.

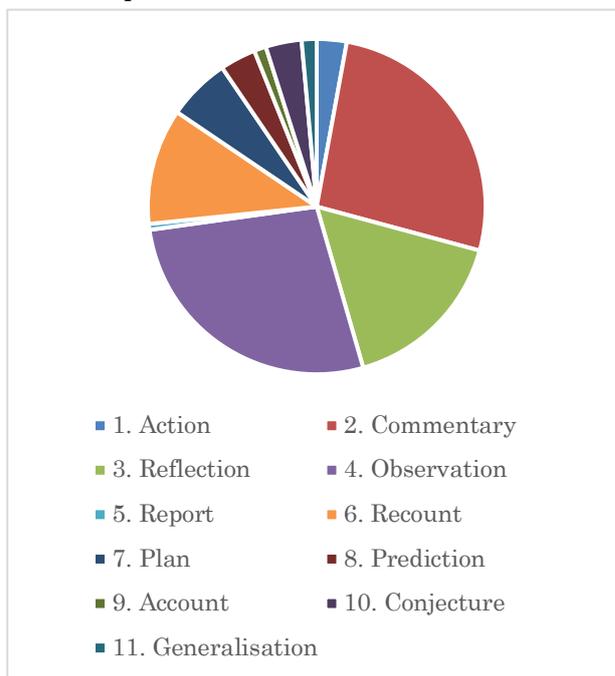


Figure 2 Decontextualization degrees of a SML0x's actual GRWM (*GRWM: 0-90 *in a hurry using new products** [September 14, 2019])

¹ In many GRWM videos, vloggers tend to explain that they are replicating a look they did or would do for an actual occasion in the video. So

it may be literally typical to the GRWM title if they will go out afterwards but not the majority in number.

The second GRWM video, called *GRWM: for no reason *social distancing edition**, is where SML0x does not have an actual place to go out. In this video, compared to the first one, Action and Reflection were rather frequent. Action is a category including imperatives as its most frequent form. The vlogger's actual utterances were "So if you guys have any other foundation brands that you feel like have like really good olive undertones, feel free to share." and "Let me know if you guys want a new updated brow tutorial." Reflection is a category where a speaker reflects mainly what she feels inside. The instances are "I feel so weird. I feel so awkward." and "And, yeah, I hope you guys are out there staying safe and smart and sane." This second GRWM video was out in March 2020, when the first quarantine period, due to the pandemic of COVID-19, started in the United States where the vlogger lives. Those two categories, Action and Reflection utterances, may reflect the vlogger's intention that she needs to ask what her viewers are doing and to share that she is anxious too about the current situation.

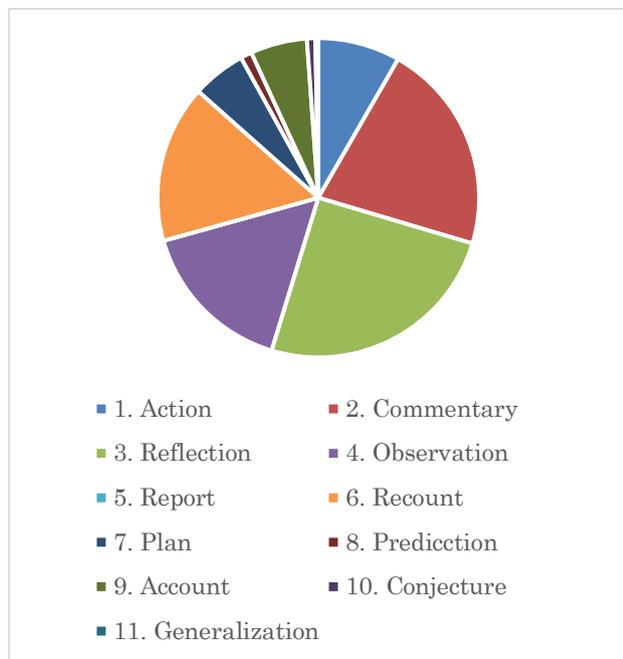


Figure 3 Decontextualization degrees of a SML0x's no going-out GRWM's (*GRWM: for no reason *social distancing edition** [March 15, 2020])

Along with the fact that there is no place to go, the emergent situation may be reflected upon the lower decontextualized leveled utterances.

The tutorial video, called *Warm Caramel Fall Makeup Tutorial*, is a tutorial to be analyzed in comparison with GRWM videos. Tutorial videos are one of the most wide-spread style of makeup videos on YouTube, though the number of appearance in general is gradually decreasing [9]. In this video, Commentary was a very frequent category, compared to the GRWM videos. Again, Commentary is a category where the speaker describes what she is doing. In a tutorial-styled video, description of her current act may be just what viewers need. The examples are "So next I'm gonna go in with Drip, which is a little bit darker, a little bit warmer. / And I'm really just bringing this all into the crease, like even to the inner crease." ² Though the categories are the same with the ones from the first GRWM videos, the detailedness can be recognized here. This may be reflected in the utterance length rather than the decontextualization category.

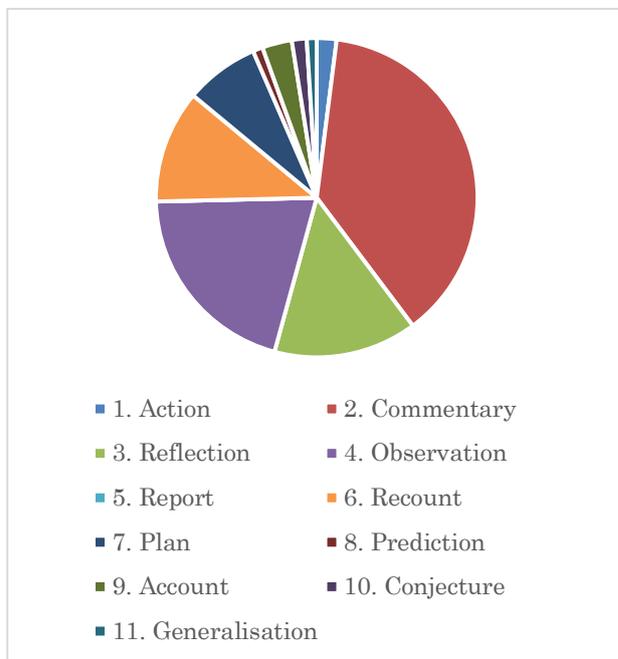


Figure 4 Decontextualization degrees of a SML0x's tutorial (*Warm Caramel Fall Makeup Tutorial* [September 16, 2019])

² The slash in the excerpt is a boundary of two

messages.

In the three videos, the numbers of lower decontextualized utterances were high. However, the distribution of categories are different in each video. Those Cloran's Rhetorical Unit categories may capture the situation minutely, which a speaker experiences. However, when the category is the same, things like how they are in detail or not cannot be detected. For the more detailed analysis, the length of a message may be another measure to capture the ambience of speech in question.

7. Discussion

In section 4, we saw that, on the time course, the GRWM video titles started to contain what was not about makeup or occasion but about other stuffs such as Q&A. When the percentages of spatial distance categories of concurrent elements were examined year by year, the category for Not Makeup Nor Occasion increased rapidly from 2017. It seems that vloggers started to acquire a communicative space for more complicated topics in their GRWM videos afterwards. If we apply the notion of Chafe's displacement here, the vloggers started to share what has been kept deeper inside.

When looking at what was spoken in the video, one GRWM video included more contextualized utterances, such as ones in Action category, that address directly their viewers. Along with Reflection category, the speaker seemed to try sharing the current social situation with the viewers. Emotional relationship building may be done in this way by a social influencer. Applying the Campos-Castio and Hitlin's model of copresence, PEO and P(OEP) are seemingly both high in this video with the linguistic evidence.

8. Conclusion

I assumed in the first place that online video established co-presence of content creator and their viewers. When potent co-presence is well-established, people can talk about things not only here-and-now but also there-and-then. Get Ready With Me itself has strong orientation for

contextualization which can establish online co-presence between video creators and viewers.

Seemingly, it has turned out that not only one video establishes the online co-presence but historical accumulation of the videos cultivate the creator-viewer relationship having viewers copresent ready and finally start to make it possible to have highly decontextualized topic in their videos.

Acknowledgments

This work was supported by JSPS Grants-in-Aid for Scientific Research (KAKENHI) (C) 19K00588.

References

- [1] Goffman, Erving. (1966). *Behavior in Public Places*. New York: Free Press.
- [2] Zhao, Shanyang. (2003). "Toward taxonomy of copresence." *Presence* 12(5), pp. 445-455.
- [3] Rasmussen, Leslie. (2018). Parasocial interaction in the digital age: An examination of relationship building and the effectiveness of YouTube celebrities. *The Journal of Social Media in Society*, 7(2), pp.280-294.
- [4] Campos-Castilo, Celeste, and Hitlin, Steven. (2013). Copresence: Revisiting a building block for social interaction theories. *Sociological Theory*, 31(2), pp. 168-192.
- [5] Chafe, Wallace. (1994). *Discourse, Consciousness, and Time: The Flow and Displacement of Conscious Experience in Speaking and Writing*. Chicago: The University of Chicago Press.
- [6] Cloran, Carmel. (1994). *Rhetorical Units and Decontextualisation: An Enquiry into some Relations of Context, Meaning and Grammar*. Nottingham: University of Nottingham.
- [7] Cloran, Carmel. (1995). Defining and relating text segments: Subject and theme in discourse. In R. Hasan and P. Fries (eds.), *On Subject and Theme: From a Discourse Functional Perspective*, pp. 361-403. Amsterdam: Benjamins.
- [8] Cloran, Carmel. (2010). Rhetorical unit analysis and Bakhtin's chronotype. *Functions of Language*, 17(1), pp. 29-70.
- [9] 天谷晴香. (2021). YouTube 動画タイトルの語彙組織に関する予備的分析: インフルエンサーが示す視聴者とのピア性. 言語・音声理解と対話処理研究会(SLUD)91, pp. 18-23.

聞き手の様子がオンライン環境下での教示行為に及ぼす影響

The effect of listener appearance on online teaching

若松 綾人, 安田 哲也[†], 小林 春美^{†*}
Ayato Wakamatsu, Tetsuya Yasuda, Harumi Kobayashi

[†]東京電機大学大学院理工学研究科、[‡]東京電機大学
Graduate School of Tokyo Denki University, Tokyo Denki University
21rmd44@ms.dendai.ac.jp, h-koba@mail.dendai.ac.jp

概要

遠隔対話での聞き手の様子が、話者が教示行為に使う際のジェスチャーと言語に影響を与えるかを調べた。Web会議システムを用いて、互いに複数の電気製品の画像が印刷された図版を見ながら、話者は聞き手に指定された事物の名称を使わずにいずれかの事物について説明した。そのうち、聞き手が説明していた事物はどれかを問い、もう一度話者は指定された事物について説明をした。結果として、聞き手の姿を写すカメラが On/Off のどちらでも、話し手のジェスチャー産出数は変わらなかった。話し手は聞き手が見えない状態でも、聞き手に自分の姿が見えると考えてジェスチャーをしていたか、あるいは自分の発話を促すためジェスチャーを行っていたか、いずれの可能性もあることが示唆された。

キーワード：遠隔対話、他者からの応答、教示行為

1. 目的

我々は、何かしら意図を持った行為を他者に伝達する際に、言語とジェスチャーを用いる。教示行為は、その中でも他者にある事柄について伝達する行為であり、特に学習場面においてよく行われる。映像を用いた遠隔場面においても、発話だけではなくジェスチャーを用いることが示されている (Guichon & Wigham, 2016)。

最近、zoom などの web 会議ツールを用いたオンライン・コミュニケーションの機会が増えてきた。このツールを使用する時、両者のカメラが On とは限らず、一方だけが On、特に話し手のカメラは On だが、聞き手のカメラが Off ということがしばしば起こる。これは講義の場面でもこのような状況はしばしば生じる。この時、話し手は聞き手の姿が見えないために話しにくさを感じる可能性がある。では実際に話し手の言語やジェスチャーに違いは生じるのだろうか。対面対話と遠隔対話が教示行動において同じようなパフォーマンスを発揮するかについて詳細に調べた研究は著者らが知る限りではないが、関連する知見は示されている。

対面における伝達行為に関しては、ジェスチャーを調べた Alibali and Meyers (2001)の研究がある。この研究では、語り手がアニメを視聴し、聞き手に内容を伝え、その後、聞き手が実験者にアニメの内容を伝えるタスクを行なった。このタスクは、対面での条件とスクリーンで目の前を遮った条件があった。結果として、スクリーンで遮られているという、相手が見えていない状況であっても、象徴的ジェスチャー(i.e., iconic gesture)が産出された。このことから、ジェスチャーは話す上で、言葉を紡ぎだすのを促していると考えられる。加えて、他者がいるという意識も関係していた可能性がある。藤井(2008)では、映像を見せるために記録する(ビデオ記録)、または音声を聞かせるために記録する(テープ記録)という目的を話者に伝えた後に、ジェスチャーを行ってもらうタスクを行なった。聞き手が見ていることを前提とするビデオ記録条件では、ジェスチャーや文節数がテープ記録条件に比べ多かったことが報告された。よって、他者という存在を意識することが情報を伝達する上で寄与していることが考えられる。これは、遠隔対話においても同様だと考えられる。

伊藤・垣花 (2009) が行なった実験では、教師役が口頭で初学者向け統計学を説明するという対面群、教師役が初学者向け統計学を説明しているビデオを主に見せるというビデオ群、統制群を設け、話者の発話数や種類を調べた。説明する際、対面群の方がビデオ群よりも、意味付与的説明やその意味の繰り返しの頻度が多くなり、かつ発話を調整するような相槌や確認するような説明外発話の頻度も多かった。また、成績においても対面群が最も高かった。このことから、対面で自発的に教示を行なうことが重要だと示唆されている。よって、これらの研究から、伝達行為には他者という存在を意識すること、また言語化することが教示行為にとって重要であることがわかる。

Guichon and Cohen (2014)の実験では、Web 会議システム Skype を使用し、第二言語習得という文脈において、談話する課題を用いた実験を行い、その言語分

析を行なった。フランス語話者の生徒が英語を母語とする英語話者の教師に対し 10 分間 4 枚の写真について英語で説明した。この時、1 人の生徒に対し、両者ともカメラ On/Off での遠隔対話のみのいずれか 1 つの条件で実施し、聞き手である教師は説明が不明確か具体的ではない時、説明を促した。聞き手側の教師の総単語数を調べ、カメラ On の場合よりもカメラ Off のみの場合の方が聞き手役の教師は多くの単語を使っていることから、非言語情報を使用できるため、カメラの On をした状態だと会話が滑らかに進むことが示された。

これらの研究では他者の存在の有無が焦点となっていて、相手の姿が見えないが自分の姿は相手に見えているという、Zoom などの遠隔対話で新たに可能となったような状況での効果を検討するものではない。ゼミのとき学生である聞き手のカメラが Off だと話にくい、とする教員のコメントがあることを考えると、映像の利用に非対称性があることは、コミュニケーションに何らかの影響を与える可能性がある。さらに、聞き手側が何かしらの予想できないアクションをした際の教示行動の変容を調べるような研究もあまり行われていない。オンライン・コミュニケーションでは聞き手の様子がリアルタイムで伝わるため、教示行動が柔軟に変容する可能性がある。

本研究では、オンライン環境でカメラの On/Off が、話者の言語、ジェスチャーにどのような影響を及ぼしているのかを調べた。その要因を調べるために、聞き手の様子がわかるよう参加者からの見えを操作した。参加者が教示した際に、敢えて回答者が誤った答えを伝えるという条件を設けた。これは、参加者が正しく伝える動機を持っていたか確かめると同時に、聞き手のフィードバックによって教示者の説明にオンライン環境でどのような影響があるかを検討するために行なった操作であった。他にも、教示をする際、事物の全体名称（たとえば「リモコン」）とそれら事物の部分名称（たとえば「ボタン」）のどちらかを説明する条件を設けた。教示する際、全体名称と部分名称では教示方法が異なり、それらの違いが遠隔での状況にどのような影響があるのか、探索的に調査するために条件を設けた。

実験は、Web 会議システム Zoom を用いて、実験者と参加者の 2 名で行なった。参加者は、指示された事物名称を使わずに説明した。実験者がフィードバックを参加者に与えた後、参加者にもう一度説明を求める

ものであった。分析では、説明で用いた発話、ジェスチャーの産出数について行なった。

実験の予測として、カメラを On にした場合に比べ、カメラを Off にした場合の方が教示者は様子のわからない学習者により具体的な説明をすることを考えられるために、多くの単語を使用し、ジェスチャーの産出数は減少するとした。

2. 方法

参加者

大学生・大学院生 19 名が参加した(平均年齢：22.5 歳; 年齢レンジ：21 歳～25 歳)。参加者の母語はいずれも日本語であった。参加者は、全員実験前に実験同意書に同意して実験に参加した。

手順

本実験では、カメラ条件、名称条件、フィードバック条件の計 3 つの条件を設けた。カメラ条件では、実験者のカメラを On、Off の 2 水準を設けた。名称条件では、参加者が説明する名称が事物全体を指す名称(例：リモコン、図 1 で 9 番)、事物の部分名称(例：ボタン、図 1 で 25 番)の 2 水準を設けた。



図 1：名称条件で用いた図版の一部

注：1 枚の図版には 18 個の電気製品の図が描かれていた。

フィードバック条件では、参加者の説明を受けたのち、実験者が参加者に正答フィードバック、誤答フィードバックを行なうという 2 水準を設けた。フィードバック条件の正答フィードバックの場合、悩んだ様子(e.g. 「〇〇(無意味語)は、えーと、〇番ですかね」)で正しい答えを伝えた。一方、誤答フィードバックの場合は、自信のある様子(e.g. 「〇〇(無意味語)は、〇番ですね」)で誤った答えを伝えた。カメラ条件を参加者間条件とし、それ以外の条件を参加者内条件として実験を実施した。

刺激は、事物単体だけでは発話の産出数が少なくなるため、全体と部分を含めた電子機器、計 33 個の事物リストを作成した。それぞれの事物に番号が振り分けられていた。

実験は、実験者と参加者の 2 名で行い、実験者は聞き手、参加者は話し手として参加した。課題は、事物リストの指定された事物を説明するものであった。参加者が説明を行う前に、実験者は、「実験では番号当てクイズをする」、「指定された事物名称を使わずに説明を行うこと」、「クイズの答え合わせは実験計画者と後で行う」の 3 点を説明した。実験の 1 試行の流れを図 2 で示す。まず話し手は聞き手に説明を行ない(図 2A)、そののち聞き手はフィードバックを行なった(図 2B)。例えば、正答フィードバックのフィードバック条件では、説明を受けたのち、聞き手は「うーん、〇〇(無意味語)は、えーと、〇番ですかね」と悩んだ様子で返し、もう一度説明するように求めた。聞き手のフィードバックののち、話し手はもう一度同じ事物について説明を行なった(図 2C)。なお、聞き手は説明を聞いている時、不自然ではないように相槌やうなずきなどの反応を適宜行なった。指定された事物を 2 回説明するまでが 1 試行であり、これを参加者内条件のすべての組み合わせになるよう 4 試行行なった。最後にアンケートと実験の説明を行なった。

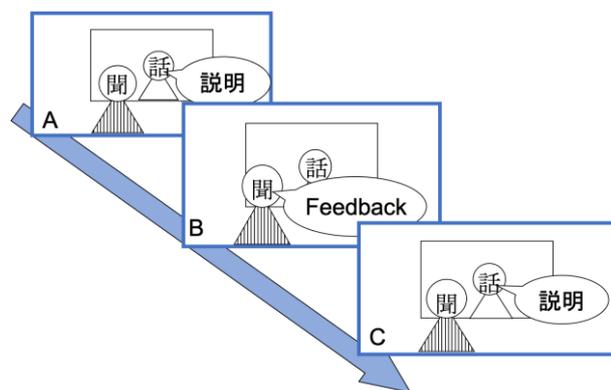


図 2: 実験の流れ

注: この一連の流れを 4 回繰り返した。

分析方法

Zoom の録音機能を用いて、実験者と参加者のやり取りの様子を記録した。言語情報を調べるために動画を再生しながら、書き起こしを行なった。ジェスチャーを調べるために、frame-by-frame 法に基づき、動画を再生し、回数を手動で数えた。ジェスチャーのカ

ウント方法は、Kita, Gijn, and Hulst (2014) のジェスチャーコーディングスキームを参考とし、ジェスチャーを構成する準備、ストロークとホールド、そして最後に引き込み運動までを 1 回としてカウントした。

3. 結果

実験でのある参加者の発話プロトコルとそのジェスチャーを図 3 に示す。

ポータブル DVD プレイヤーについての説明

P1: (1) っと、刺激は、えっと、(2) 折り畳み式の

E: はい

P1: で、えー、(3) 上の方に画面があつて、

E: はい

P1: (4) 下の方にえ、ディスク、ディスクを入れることができるものです (5)

E: はい、ありがとうございます

P1: 参加者、E: 実験者



図 3: 実験でのやりとり (発話とジェスチャー) 発話プロトコル (上) と、参加者の発話と同期して発生したジェスチャー (下)

注: プロトコル中の括弧書きの番号は図の左上の場面の数字に対応している。矢印は手の動きを示す。

言語に関する分析

使用した言語の量をカウントするために、発話の形態素数を調べた。形態素とは言語分析において意味を持つ最小単位であり、複数の形態素により単語が形成される。形態素を認定する基準としては品詞分解 (形態素解析) ツール (<https://webtools-plus.jp/morphological-analysis-online>) を利用して形態素の産出数をカウントした。形態素の産出数に関して、カメラ (On/Off) を参

加者間、フィードバック（正答フィードバック/誤答フィードバック）と名称（部分/全体）を参加者内要因とした混合計画の3要因分散分析を行なった。2次の交互作用のみに有意な差が認められた($F(1,17) = 8.147, p < .05$)。2次の交互作用が認められたため、単純交互作用の検定を行なった。全体名称におけるカメラ条件×フィードバック条件($F(1,34) = 6.628, p < .05$)、誤答フィードバックにおけるカメラ条件×名称条件($F(1,34) = 5.438, p < .05$)、カメラ On におけるフィードバック条件×名称条件 ($F(1,34) = 4.604, p < .05$)にそれぞれ有意な差が認められた。さらに、単純・単純主効果の検定を行なった結果、カメラ On において全体名称を伝えた際のフィードバック条件に有意な差が認められた($F(1,34) = 4.435, p < .05$)。また、カメラ Off において誤答フィードバックにおける名称条件は有意傾向であった($F(1,34) = 3.404, p < .10$)。各条件における形態素に基づく発話産出数を図4に示す。これらの結果から、カメラ On、全体名称のフィードバック条件は正答フィードバック($M = 84.7$)よりも誤答フィードバック($M = 116.2$)の方が、形態素の産出数が多いことが分かった。

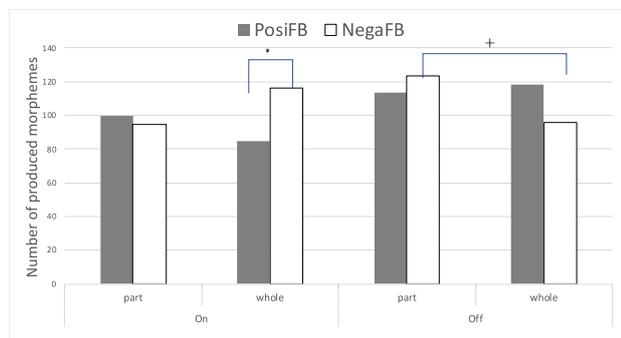


図4：形態素の産出数

指示詞の産出数について調べた。指示詞は、ジェスチャーに同期して使われ、また、教示行為において対象を指示するために重要であるため、分析を行なった。こ系（例：この、これ）、そ系（例：その、それ）、あ系（例：あの、あれ）のそれぞれの指示詞の産出数を図5に示す。カメラ(On/Off)を参加者間、フィードバック（正答フィードバック/誤答フィードバック）と名称（部分/全体）を参加者内要因とした混合計画の3要因分散分析をこ系、そ系、あ系の指示詞それぞれ産出数を従属変数にして行なった。

こ系では、名称条件の主効果のみが有意であった ($F(1,17) = 11.602, p < .05$)。

そ系では、フィードバック条件の主効果が有意な差

が認められ($F(1,17) = 6.936, p < .05$)、また、二次の交互作用が有意な差が認められた($F(1,17) = 7.469, p < .05$)。二次の交互作用が認められたため、単純交互作用の検定を行ない、全体名称におけるカメラ条件×フィードバック条件($F(1,34) = 6.175, p < .05$)、正答フィードバックにおけるカメラ条件×名称条件($F(1,34) = 4.779, p < .05$)、カメラ On におけるフィードバック条件×名称条件($F(1,34) = 6.514, p < .05$)がそれぞれ有意な差が認められた。さらに、単純・単純主効果の検定を行ない、正答フィードバック、全体名称でのカメラ条件 ($F(1, 68) = 5.848, p < .05$)、カメラ On、部分名称でのフィードバック条件($F(1,34) = 6.141, p < .05$)、カメラ Off における誤答でのフィードバック条件($F(1,34) = 8.057, p < .05$)、カメラ On における誤答での名称条件 ($F(1,34) = 6.529, p < .05$)、カメラ Off における誤答での名称条件($F(1,34) = 4.283, p < .05$) がそれぞれ有意な差が認められた。

あ系は、名称条件の主効果のみが有意な差が認められた($F(1,17) = 4.660, p < .05$)。

各条件における指示詞発話の産出数を図5に示す。

これらの結果から、部分名称を教えるときは、全体名称($M = 1.73$)を教えるときよりも、多くのこ系の指示詞($M = 2.77$)を使っていた。そ系の産出数に関しては、誤答フィードバック($M = 1.01$)よりも正答フィードバック($M = 1.736$)の場合多く使われたことがわかった。あ系は、全体名称を教示したときに全く使われなく、部分名称($M = 0.14$)の方が多く使っていたことが分かった。

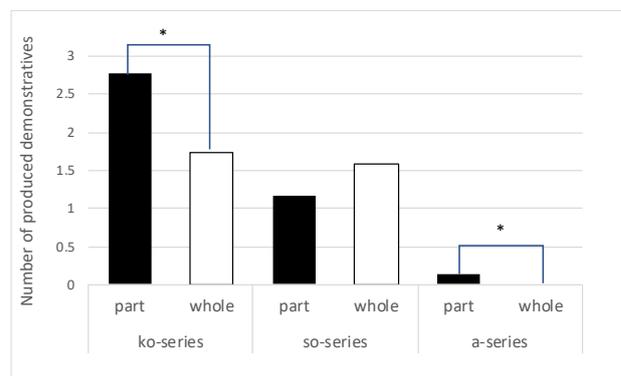


図5：こ系、そ系、あ系の指示詞の産出

非言語に関する分析

ジェスチャーの産出数に関して、カメラ(On/Off)を参加者間、フィードバック（正答フィードバック/誤答フィードバック）と名称（部分/全体）を参加者内要因とし

た混合計画の3要因分散分析を、1人を除いた18人分のデータで行なった。いずれも有意な差は認められなかった(ns)。ジェスチャーの産出数を図6に示す。

カメラ On ($M=2.53$)、Off ($M=2.33$) のいずれの条件でもジェスチャーを産出することが分かった。

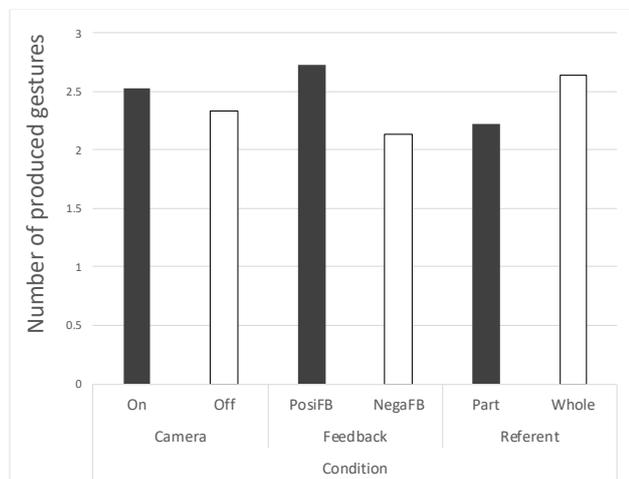


図6：各条件におけるジェスチャーの産出数

4. 考察

予測としてはカメラ Off の場合、カメラ On に比べて形態素の産出数が増加するとしたが、実験結果から、いずれの主効果も有意と認められなかったものの、カメラ On、全体名称におけるフィードバック条件で、産出数は正答フィードバックよりも誤答フィードバックの方が多かった。このことから、全体名称の説明で誤答フィードバックを受けて、参加者は全体とさらに部分を説明に付け加えたため、形態素の産出数が正答フィードバックの場合よりも増加したことが考えられる。

指示詞は、こ系が全体名称よりも部分名称を教える時に多く用いられ、そ系は誤答フィードバックより正答フィードバックに多く使用された。こ系の指示詞は、参加者が説明した内容を実験者も参加者自身と同じ情報を共有していると考え、多く使用したと考えた。実際に事物全体を説明したのち、事物の部分の説明するのに使用した。そ系の指示詞は、それまで組み込んだ要素を指し示すために使用し、正答フィードバックの場合相手(実験者)が自分の説明を理解することができたという自信を得て、誤答フィードバックの場合よりも多く使用したと考えられる。あ系の指示詞は、何かしらを思い出す時や何か表現しにくいものがある場合に用いられると考えられ、今回の実験では手元に図版があり、

あまり使われなかったと考えられる。

ジェスチャーの産出数はいずれの条件でも有意な差は見られず、カメラ On/Off に関係なく、どちらでも産出した。これは、カメラの On/Off のどちらであっても、実験者側から参加者の姿を見えていて、実験者が参加者の説明を聞いているものだと考えることができる。また、タスクの性質上(説明を行っていた)参加者自身に相手(実験者)が見ているという前提を基に教示行動を行ったという可能性も考えられる。他方、このジェスチャーの使用は、自分自身に向けて行っていた可能性も排除できない。例えば、相手の様子がわかるカメラ On では言語で伝えにくい情報を伝達するために主に使われ、相手の様子がわからないカメラ Off では話者自身の発話の生成を促すために多く使われた可能性がある。

5. 結論

本研究では、オンライン環境で聞き手の様子が、話者の行なう教示行為に使う言語、ジェスチャーにどのような影響を及ぼしているのかを調べた。

それらを検討するため、聞き手の様子に注目し、相手の様子がわかる/わからない、1回目の説明の後の参加者に正しい答え/誤った答えを言う、のそれぞれ2つの場合の条件を設け、実験者にある事物について説明してもらったタスクを行なった。

実験結果から、形態素はカメラ On、全体名称におけるフィードバック条件で、産出数は正答フィードバックよりも誤答フィードバックの方が多かった。指示詞については、こ系が部分を説明する際、多く使われた。そ系については、誤った答えを伝えた(フィードバックした)場合よりも正しい答えを伝えた場合の方が多く使われたことが分かった。

興味深いことにカメラが On/Off であってもジェスチャーの産出数は変化しなかった。このことから、話し手は聞き手が見えない状態でも話し手は聞き手に自分の姿が見えていることを考慮してジェスチャーをしているか、あるいは発話を促すためジェスチャーを行なうのか、いずれの可能性もあることが示唆された。この可能性を検討するために、まだ分析していない質問紙の要因を合わせた分析や、ジェスチャーの配分が産出したジェスチャーの種類や全体名称・部分名称のいずれかを説明するかにより異なるかを調べるための更なる分析等が必要である。

謝辞

実験に参加していただいた皆様に心より感謝します。
本研究は、JSPS/MEXT 科研費 JP17H06382 (H.K.)、
JSPS JP20H01763 (H.K.) の補助を受けて実施しました。

参考文献

- [1] Alibali, M. W., Heath, D. C., & Meyers, H. J. (2001). Effects of visibility between speakers and listeners on gesture production: Some gestures are meant to be seen. *Journal of Memory and Language*, 44, 169-188.
- [2] 藤井美保子(2000). ジェスチャー産出に関わる社会的要因：話者のジェスチャー生起量と視点の位置に影響を及ぼす聞き手の存在. *認知科学*, 7, 65-70.
- [3] Guichon, N. & Cohen, C. (2014). The impact of the webcam on an online L2 interaction. *The Canadian Modern Language Review*, 70(3), 331-354.
- [4] Guichon, N. & Wigham, C.R. (2016). A semiotic perspective on webconferencing supported language teaching. *ReCALL*, 28(1), 62-82.
- [5] 伊藤貴昭・垣花真一郎 (2009). 説明はなぜ話者自身の理解を促すか—聞き手の有無が与える影響—. *教育心理学研究*, 57, 86-98.
- [6] Kita, S., Gijn, I., & van der Hulst, H. (2014). The non-linguistic status of the symmetry condition in signed languages: Evidence from a comparison of signs and speech-accompanying representational gestures. *Sign Language & Linguistics*, 17, 209-232.

共有知識がないときにジェスチャーを用いて伝えるか？： 遠隔対話におけるナビゲーション時の指示方略

Do people use gestures when addressee did not share common ground?

小林 勝也[†], 安田 哲也[‡], 小林 春美^{†*}
Katsuya Kobayashi, Tetsuya Yasuda, Harumi Kobayashi

[†]東京電機大学大学院, [‡]東京電機大学
Graduate School of Tokyo Denki University, Tokyo Denki University
21rmd12@ms.dendai.ac.jp, *h-koba@mail.dendai.ac.jp

概要

本研究では共有知識の有無が、言語・非言語使用に影響するの否かを調べるため、Zoom を使った遠隔対話を用いた実験を行なった。実験はナビゲーション課題を模したものであり、話し手に道順を伝えてもらった。言語分析からは特に「そ系」(それ・その・そこ)の用法ごとの使用頻度に大きく差があり、指示形容詞である「その」が最も多く使われた。非言語分析からはジェスチャーの回数も相手を見る時間も、どちらも共有知識の有無に影響を受けていることが示された。

キーワード：共有知識、遠隔対話、ジェスチャー

1. 目的

人は、話すときに発声するだけでなく、同時にジェスチャーを行なうと言われている。ジェスチャーが抑制されると言語に影響があり、発話の総時間に対して無声休止の割合が増加することがわかっている(Graham & Heywood, 1975)。さらに、Rauscher, Krauss, and Chen (1984; 喜多(2002)による引用)は空間的内容を描写するときにジェスチャーが抑制されると、有声休止(「あの一」や「その一」などの言い淀み)の頻度が高まる。このことから、ジェスチャーは発話を促進する作用があることがいえる。

喜多(2000)はジェスチャーについて、他者指向性と自己指向性の区別を提案している。他者指向性とは聞き手に形や方向などを分かりやすく伝えるために行なうジェスチャーのことであり、オブジェクトの輪郭を指でなぞって表すジェスチャーや、方向を示すため指さしを行なうジェスチャーなど、相手に視覚的に情報を与えるジェスチャーが例に挙げられる。一方、自己指向性とは情報整理や発話を促進させるために行なうジェスチャーのことである。電話中に聞き手が離れたところにいるのに、お辞儀やあいづちをってしまうことなどが例に挙げられている(喜多, 2000)。従って、他者指向性のジェスチャーは基本的にコミュニケーションの一環とし

て行われるため、他者指向性のジェスチャーが解釈されるためには、話し手と聞き手が持つ共通基盤(Clark, 1983)や共有知識の影響があることが予想される。

Holler and Stevens (2007)は、話し手と聞き手の共有知識の有無によって、ジェスチャーの頻度に変化はあるのかを調べた。ここでいう共有知識とは全員が「あること」を知っていて、かつ全員が「あること」を知っていることを全員が知っている状態であるとされる。実験では、ある人物が隠されている画像が提示され、それに対して聞き手に隠れている、ある人物を教えるというものがあった。条件は、共有知識がない場合とある場合が設けられた。共有知識がない条件では、話者のみが画像を見た。一方、共有知識がある条件では話し手が説明を始める前に、特定の人物を消した背景だけの画像を話し手と聞き手が一緒に見て、数分話し合ってもらった。これらの手続きが終了した後、画像に写っている特定の人物がどこにいるのかを話し手が聞き手に説明した。その結果、共有知識がない場合は、言語とジェスチャーの両方を使って聞き手に説明をしていたが、共有知識がある場合では、話し手は主に言語で聞き手に説明をすることが示された。しかしこの実験における共有知識は、静止画の図版における事物の特徴や配置であり、比較的単純でジェスチャーでの説明をあまり必要としなかったのかもしれない。互いに共有している実際の知識に基づく空間ナビゲーションでは、ジェスチャーがより有効に使われる可能性があると考えた。

本研究は、ナビゲーション時に共有知識の違いによって、ナビゲーションの仕方(ジェスチャーや言語)が変化するのかについて、Zoom を用いた遠隔対話を用いて、産出実験を行なった。ナビゲーション課題を行なった片岡(2011)の研究で実験参加者はジェスチャーを産出していたことから、ナビゲーション課題はジェスチャーを産出しやすいのではないかと考え、本実験のタス

クでもナビゲーション課題を行なった。実験手順は、まず話し手にナビゲーション動画の内容を記憶してもらい、それを聞き手に説明させた。これらに加え、状況を操作するために、アクシデントがある条件、アクシデントがない条件を設けた。アクシデントがある条件では、聞き手の注意が話し手に十分向いていない状況が生じた。この操作に関しては、聞き手の注意が話し手に向いていないことにより、話し手が産出するジェスチャーの性質が変化するかを調べ、使われているジェスチャーが自己指向性か他者指向性かを調べるという目的があった。聞き手が注意していないときにジェスチャーを行った場合は、他者のためというよりも、自分のためにジェスチャーを行っている可能性があると考えた。

本研究の予測は、共有知識がある場合、話し手は相手に詳しく説明しようとして、ジェスチャーは動画の内容を視覚的に伝えようとするため、使用回数は増加し、発話数も増えるものと考えた。一方、共有知識がない場合、お互いにその場所の知識がないため、正確に伝えられるという見込みが低くなり、詳しく説明しようとする動機も低下し、ジェスチャーの使用回数は減少し、発話数も減るとした。つまり、Holler and Stevens の研究結果とは逆の予想をした。さらに、これらにアクシデントが加わった時、聞き手の注意が話し手以外に向くことになるから、話し手は自身のためにジェスチャーを行なうが、情報整理のための必要最低限のジェスチャーしかしないと考えられることから、ジェスチャーの使用頻度は相対的に減少すると予想した。

2. 方法

21歳から25歳の東京電機大学生・大学院生11名とサクラ(confederate)として他大生1名が参加した。母語はいずれも日本語であった。実験実施前に説明を行ない、研究同意書の記入を求めた。同意が得られた場合、実験を開始した。

本研究では動画を用いたナビゲーション課題を行なった。実験では、お互いに空間に関する知識を共有している場合と共有していない場合を比較するために、共有知識条件を設けた。共有知識あり条件では、実験参加者A、Bのどちらも知っている東京電機大学鳩山キャンパス内の動画を使用した。共有知識がない条件では、実験参加者A、Bのどちらも知らない東村山市駅周辺の動画であった。聞き手は実は実験者に協力してい

るサクラであり、実験者があらかじめ定めておいた言語・非言語行動を行なった。

このサクラの行動には、ジェスチャーの機能を調べるために、話し手(参加者)による説明を聞いている最中にアクシデントを起こしてもらった。聞き手の注意が向いている/向いていないことにより、話し手のジェスチャーの性質(自己指向性/他者指向性)が変わる可能性がある。これを調べるため、会話中にアクシデントが起きる/起きない条件を設けた。アクシデントは「電話がかかってくる」と「水をこぼす」とした。これら計2条件の各2水準で実験を行なった。

実験刺激はGo-Pro(Hero9; GoPro, Inc.)を使って動画を撮影し、再生時間の長さやランドマークがほぼ同じタイミングで映るように動画編集ソフト(VideoPad, NCH Software)を用いて早送りや一時停止などの編集を行なった。動画は、①東京電機大学内(バス停⇒食堂)、②東村山市(駅⇒市役所)、③東京電機大学内(11、12号館⇒体育館)、④東村山市(駅⇒薬局)の順番で流した。また、アクシデントは動画①②で行なう時と、動画③④で行なう時と交互に実験を行なった。

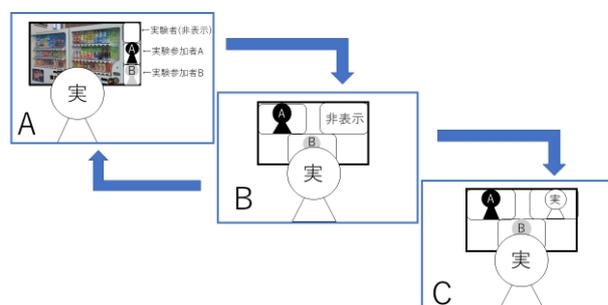


図1 実験の流れ

お互いに共有知識があると認識させるために、学籍番号と名前でも自己紹介を行なった(サクラには架空の学籍番号を話してもらった)。次にジェスチャーがはっきり見えるように、上半身と顔が録画できるようカメラ調整を行なった。その後、実験の説明を行なった。内容は話し手に動画を1本ずつ見て覚えてもらい(図1A)、聞き手に対して動画のルート通りに道案内を行なった(図1B)。また、それぞれの動画の道中に覚えてもらうポイントがそれぞれ5か所ずつあり、そのポイントでは必ず道案内の説明をしてもらった。

動画は共有知識があると考えられる大学内の案内が2回、共有知識がないと考えられる市の案内が2回の

計4回であった。なお、各条件の内1回はアクシデント条件を適用した。実験終了後、話し手に対して伝えられているかに関して、4つの質問を行なった(図1C)。評価は5段階、または4段階で行ない、数字が大きいほど質問に対して「そう思う」とした。

分析方法はZoomのレコーディング機能を使って実験の動画を記録した。言語分析は、動画を再生し音声認識ソフト(Google Inc.)から文字起こしを行なった。その後、動画を再生しながら出力された文字列が合っているかを確認し、分析したものをExcelで表を作成してまとめた。

本実験では、指示詞用法の分析は、wordの検索機能を使って「こ系」、「そ系」、「あ系」の指示代名詞、指示形容詞、指示副詞の使用回数を調べた(例これ、この、ここ)。また、書き起こしを見ても指示詞用法か言い淀み(例その一、あの一)か不明瞭な部分は動画を見て判別した。

ジェスチャーの種類は色々あるが、本実験では「表情的ジェスチャー」と「直示的ジェスチャー」の使用回数を調べることとし、拍子(ビート)やエンブレムは除外した。ジェスチャーは準備、ストローク(stroke)、初期状態への復帰の少なくとも3つの部分に分けられるが、本実験のジェスチャーの分析ではストローク(stroke)の部分に注目してジェスチャーをした回数を数えた。また発話に対して、わずかな音声の「間」があっても同じジェスチャーを繰り返していた場合1回とし、やや大きめの「間」があっても同じジェスチャーを繰り返していた場合は2回と数えた。

以上の実験結果の心理統計を行なう際、ANOVA4 on the Web (<https://www.hju.ac.jp/~kiriki/anova4/>)を用いた。

3. 結果

指示詞に関する言語分析

共有知識(あり/なし)×アクシデント(あり/なし)×用法(指示代名詞/指示形容詞/指示副詞)を独立変数、従属変数をそれぞれ指示詞「こ系」、「そ系」、「あ系」の産出数とした参加者内計画の3要因分散分析を行なった。

「こ系」では、いずれの条件も有意な差は認められなかった。

「そ系」では、用法に関する主効果が認められた($F(2,20) = 224.212, p < .01$)。指示形容詞が多く使用され($M = 5.05$)、順に指示副詞($M = 2.18$)、指示代名詞($M =$

0.59)と使用が少なくなった。また、共有知識とアクシデントの交互作用($F(1,10) = 3.83, p = .079$)、共有知識とアクシデントと用法の二次の交互作用($p = .09$)に有意傾向が認められた。

「あ系」では、アクシデント有無に関する主効果に有意傾向が認められた($F(2,20) = 4.57, p = .086$)。共有知識がある場合($M=0.24$)では、共有知識がない場合($M=0.01$)に比べ、「あ系」を多く使用した傾向にあった。

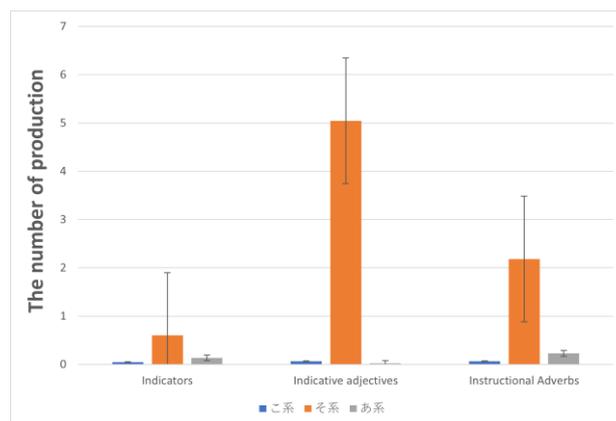


図2 「こ系」「そ系」「あ系」の用法ごとの平均使用回数

ジェスチャーに関する非言語分析

共有知識2(あり/なし)×アクシデント2(あり/なし)を独立変数とした参加者内計画の2要因分散分析を行なった。従属変数はジェスチャーの回数であった。

その結果、共有知識の主効果が認められた($F(1,10) = 6.735, p < .05$)。共有知識がある場合($M=10.45$)では、共有知識がない場合($M=8.31$)に比べ、ジェスチャーを多く使用した。

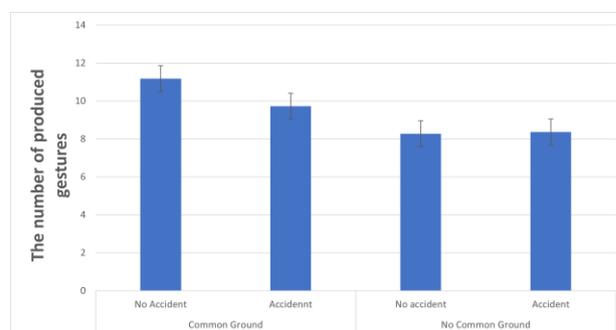


図3 ジェスチャーの平均産出数

4. 考察

言語分析から、「こ系」はあまり使用されなかった。これは遠隔対話なので、眼前に指し示す対象がないから起きたことだと考えることができる。一方、「そ系」では指示形容詞「その」が良く使われていた。実際に、ナビゲーションにおいて曲がるポイントやランドマークなどを説明する際に「その角」のように「その」を使って当該地点を参照していた。このことから、本タスクでは、「その」が頻繁に使われたと考えることができる。もし、遠隔対話ではなく対面状態で同様に実験を行なった場合では、話し手はタスクの道順を近くにいる聞き手に説明する際に「こ系」の使用頻度が増加するかもしれない。

非言語分析から、共有知識がある場合に、共有知識がない場合と比べ、ジェスチャーの回数が多かった。これは、自分がよく知っているからこそなるべく聞き手に詳しく説明しようとしてジェスチャーを使用していた可能性がある。この結果は、共有知識がある場合でのジェスチャー産出が少なかったとする、Holler and Stevens (2007)が提出した知見とは異なる。これは、課題の性質の違いによって起こったものだと考えられる。彼らの研究では画像を使用しているのに対して、本研究では動画を使用していた。動画は画像に比べて場面が移り変わり、話し手が聞き手に伝える情報量が多いため、共有知識がある条件においても言語で動画の内容を説明することは困難だと感じ、話し手はジェスチャーを産出したのだと考えることができる。

アクシデントによる非言語への影響がなかったことから、ジェスチャーの性質が切り替わっている可能性が示唆された。先述したようにジェスチャーには、自己指向性と他者指向性という2つの性質があり、聞き手の注意が話し手以外に向いた際に、話し手が行なうジェスチャーの性質が、他者指向性から自己指向性へ切り替わった可能性も考えられる。話し相手がアクシデントを起こした時にジェスチャーが減らなかったことは、聞き手の注意が話し手以外に向いても、情報整理など自分のためにジェスチャーを行なったことから説明できる。

5. 結論

本研究では、遠隔対話でのナビゲーションにおいて、共有知識の有無、アクシデントの有無によって、発話やジェスチャーの頻度に違いがあるかを検討した。

実験の結果、言語分析からは、「こ系」の用法はいずれの実験条件でも変化はなく、「あ系」はアクシデントに

よる影響があった。「そ系」は用法ごとに使用頻度に大きく差があり、特に指示形容詞である「その」が最も多く使われた。これは、ナビゲーションにおいてランドマークや曲がるポイントを参照する時など、指示を伝達するために重要な用法として利用できたことが挙げられる。

非言語分析からはジェスチャーの回数も相手を見る時間も、どちらも共有知識に影響を受けていることが示された。例えば、ジェスチャーに関しては、動画での方角やランドマークの形などを相手に伝達する際に産出されることが多かった。お互い知っているという共有知識がある状態の方が、相手が正確にランドマークや方向を知っているために間違えないように伝えようとする結果、ジェスチャーを使用して、丁寧に説明したのだと考えられる。また、アクシデントによって適切な指示をするためのジェスチャーが他者指向性と自己指向性の間で切り替わっている可能性がある。この可能性を検討するためには、ジェスチャーの性質の側面から非言語分析を追加することが必要である。

本実験であまり産出されなかった指示詞は、「こ系」の使用である。対面状況を用いた様々な研究では「こ系」の使用がみられる(遠藤,1988)。対面状況で本実験のナビゲーション課題を行なった場合、実験参加者の2人の距離が近くなることから、近位のものを示す「これ」や「この」などが使われやすくなるのかを調べることも興味深い。

ジェスチャー使用が、自己指向性なのか他者指向性なのかを判断することが困難であった。これに関しては、坊農・片桐(2005)がジェスチャーと注視の性質を調べていたように、注視点計測装置を用いて実験することが必要になると考えられる。例えば、注視点のデータから検討することで、聞き手を見ながら行なったジェスチャーを他者指向性、聞き手以外を見ながら行なったジェスチャーを自己指向性として区別できる可能性がある。

謝辞

実験に参加していただいた皆様、また実験者として参加して下さった南氏に心より感謝します。本研究は、JSPS/MEXT 科研費 JP17H06382 (H. K.)、JSPS JP20H01763 (H. K.) の補助を受けて実施しました。

参考文献

- [1] 坊農真弓・片桐恭弘.(2005).対面コミュニケーションにおける相互行為的視点- ジェスチャー・視線・発話の協調

- 一. 社会言語化学, 7(2), 3-13.
- [2] Clark, H. H., Schreuder, R., & Buttrick, S. (1983). Common Ground and the Understanding of Demonstrative Reference. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 245-258.
- [3] Graham, J. A., & Heywood, S. (1975). The effects of elimination of hand gestures and of verbal codability on speech performance. *European Journal of Social Psychology*, 5(2), 189-195.
- [4] Holler, J., & Stevens, R. (2007). The effect of common ground on how speakers use gesture and speech to represent size information. *Journal of Language and Social Psychology*, 26(1), 4-27.
- [5] 片岡邦好 (2011). 間主観性とマルチモダリティ：直示表現とジェスチャーによる仮想空間の 談話的共有について. *社会言語科学*, 14, 61-81.
- [6] 喜多壮太郎. (2000). ひとはなぜジェスチャーをするのか. *認知科学*, 7(1), 9-21.
- [7] 喜多壮太郎. (2002). ジェスチャー考えるからだ. 金子書房.
- [8] Krauss, R.M. (1998). Why do we gesture when we speak? *Current directions in psychological science*, 7, 54-54.
- [9] 馬田一郎・下嶋篤・片桐恭弘・井ノ上直巳 (2008). 視覚的表象と言語の直列的 統合について. *認知科学*, 15(4), 573-587.
- [10] 遠藤めぐみ. 指示詞コ・ソ・アの使い分けにおける操作可能性と聞き手の非人格化の影響. *心理学研究*, 59, 199-205 (1988a).

プロジェクションのモデル化と応用へ向けて Towards Modeling and Application of Projection

小野 哲雄[†], 岡田 浩之[‡], 鈴木 宏昭[¶]
Tetsuo Ono, Hiroyuki Okada, Hiroaki Suzuki

[†]北海道大学, [‡]玉川大学, [¶]青山学院大学
Hokkaido University, Tamagawa University, Aoyama Gakuin University
ono@ist.hokudai.ac.jp

概要

プロジェクション科学について議論する場として、本学会においてこれまで5回のOSを企画・開催してきた。本年のOSでは特に、情報科学や工学の立場からプロジェクションのプロセスの解明およびモデル化について議論したい。さらに、それらをシステムとして社会実装することによって生じる、コミュニティにおける派生や伝承、人々による虚構の共有などにプロジェクションがどのように関わっていくかを議論したい。

キーワード：プロジェクション (projection), 情報科学および工学からのモデリング (modeling of projection based on informatics and engineering), プロジェクションの社会応用 (social applications of projection)

1. はじめに

プロジェクション科学は、内的に構成された表象と実在する世界とをつなぐ認知メカニズムの構造と発生を研究し、意味に彩られた世界の中で活動する人間の姿を描き出すとともに、その成果を社会に還元することを目的としている。本学会においては、2016年の大会からこれまでに5回のOSを企画・開催し、近年は100名を超える多数の参加者を得ている。さらに、OSで議論した内容を基盤として、学会誌『認知科学』の特集「プロジェクション科学」(26巻1号, 2019)を企画するとともに、『プロジェクション・サイエンス』(近代科学社, 2020)として出版するなど積極的な研究活動を行ってきた。

本年は研究成果をさらに社会に還元していくために、情報科学や工学の立場からプロジェクションのプロセスの解明およびモデル化について議論したい。さらに、それらをシステムとして社会実装することによって生じる、コミュニティにおける派生や伝承、人々による虚構の共有などにプロジェクションがどのように関わっていくかを議論したい。

本年は指定講演者(OS招待講演者)として、情報科学および工学の立場から、飯塚 博幸氏(北海道大学)、寺田 和憲氏(岐阜大学)に講演をお願いし、コミュニティにおける伝承・共有の立場から、久保(川合) 南海子氏(愛知淑徳大学)に講演をお願いしている。

以下では本年のOSの背景と概要について紹介したい。

2. プロジェクションのモデル化：情報科学・工学の立場から

プロジェクションの問題を難しくしているのは、それに物理的な経路が存在しないという事実である[1, 2]。外界からの刺激の受容から処理までは、物理的、生理的な基盤が存在する。視覚でいえば、受容されるのは電磁波の一種である光であり、その後の処理は脳内の各部位が担当する。しかしながら、プロジェクションはわれわれの身体から世界へ向けてのプロセスである。この過程においてわれわれは物理的な経路を持たないが、それにもかかわらず、われわれは豊かな意味に彩られた世界をそこに見出す。このようなプロジェクションのプロセスを解明およびモデル化するために、情報科学および工学はどのようなアプローチをとることができるだろうか。

鈴木[1]はこの問題の解決の糸口として、さまざまな知覚や認識を、重ね描きをするフィルタの漸次的更新による変容の過程として捉えている(図1)。ここでは詳細な説明は省略するが、直観的な理解を得るため、たとえばミューラー＝リヤーの図形のように、まず2本の同じ長さの直線だけがあると想定しよう(図2a)。ここで透明なセロファンを用意し、その直線の両端に異なる向きに矢羽根が配置されるように描画し(図2b)、それを重ね合わせてみる(フィルタの重ね合わせ)(図2c)。このようにすることにより、2本の同じ長さの直線がわれわれにはまったく異なる長さに知覚されてしまう。このような重ね描きのプロセス(フィルタの重ね合わせ)をとおして、対象に別の属性が生み出されたり、属性の値が変化したりする。そして、われわれは重ね描きされたものとして世界を知覚することで、世界が意味に彩られたものになっていると考えることはできないだろうか。

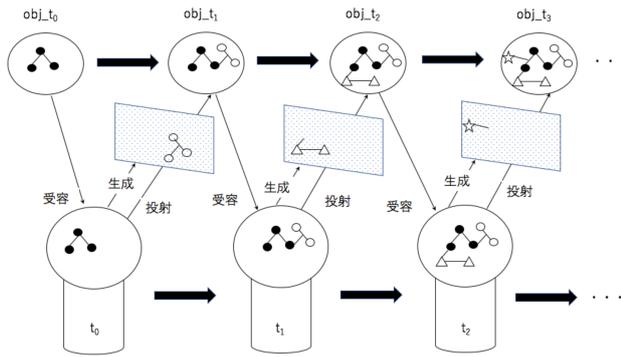


図1 フィルタの漸次的更新による認識の変容

以上の重ね描きのプロセスを別の言い方をすれば、物理的な刺激からボトムアップに得られる情報と、これまでの経験から作り出されるトップダウンな情報が統合されて知覚が成立しているとみなすことができる。そして、こうした重ね描きによる知覚は、サイクルをなす循環的過程でもある。この重ね合わせのフィルタは、ある種のトップダウンの予測と捉えることができる。つまり、フィルタの漸次的更新による変容の過程の一部は、近年活発に研究が進められている予測誤差最小化という枠組み[3]で捉えられるのかもしれない。

さらに情報科学や工学は、プロジェクションのモデル化だけではなく、プロジェクションという現象を解明するための実験装置を提供する。特に、VR/ARなどの技術的な進歩は、未解明な部分が多いプロジェクションの過程を検証する有力な道具となる。本OSの一般発表においても、先端的なVR/AR技術を用いてプロジェクションの解明や新しい体験の実現を目指す研究発表が行われる。これらの研究や技術開発は、従来は想定することができなかった実験環境を安価にわれわれに提供するだろう。

3. プロジェクションと社会の関わり：コミュニティにおける派生や伝承、共有

一方、本年のOSのもう一つのテーマは、プロジェクションと社会の関わりについてである。言うまでもなく、プロジェクションは個体の中で閉じたものではなく、同じようなプロジェクションを多くの人々が共有したり、ある個人がそれを変化させ、他の人へ伝播させていくことにより、プロジェクション自体が社会の中で変容していく。

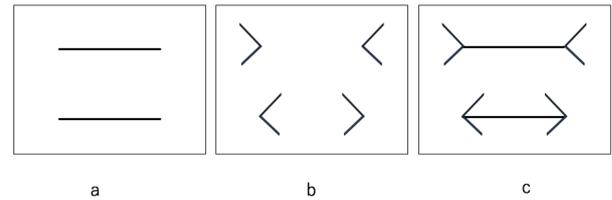


図2 重ね描きにおけるフィルタの事例

久保[4]はサブカルチャーにおける心理の探究をとおして、プロジェクションの共有および社会化について研究してきた。具体的な研究事例としては、腐女子たちの二次創作、科学理論の発展、モノマネ芸などについて検討してきた。これらの研究は今後、プロジェクションと社会の関わりについての重要な知見を提供するだろう。それらは、たとえば、ブランド、流行、宗教などに関する現象を説明することを可能とするだろう。特に、同じ品質の商品であっても、ある著名なロゴマークを付けることによって価格が数倍となり、格段の価値があるとみなされるブランドの創出と伝播は、プロジェクションと社会の関わりについての研究に重要な示唆を与えるものとなるであろう。

4. 指定講演(OS 招待講演)の概要

本稿の2節では、情報科学および工学からのアプローチによるプロジェクションのモデル化の1例、および、プロジェクションの解明のための実験装置や技術提供の意義について述べた。以下に講演題目と概要を掲載する飯塚氏と寺田氏の招待講演は、プロジェクションのモデル化について新たな視点を与えるものになるであろう。

また、久保氏の講演は、3節で述べたプロジェクションと社会との関わりについての論考であり、今後の発展が期待される分野への新しい取り組みの紹介である。

『空間表象のボトムアップ形成と地図のトップダウン理解を統合する多感覚共有モジュールモデル』 (飯塚 博幸)

人は主観的な感覚運動体験を通して、認知地図を作成することができるうえに、抽象的に表現された地図を見ることでも空間的な位置を理解することができる。これを、抽象的な記号を実世界に投射してその記号の意味を捉えていると考え、構成的に投射を行う深層学習モデルを構築した。我々のモデルでは、内部空間表象

の学習と地図の記号接地を、1つの共有モジュールで処理する。この1つの共有モジュールを利用することが投射を可能としており、投射とシミュレーション結果について発表で議論する。(参考文献 [5][6])

『投射される価値』 (寺田和憲)

認識とは現在の入力とすでに持っている抽象概念(内部表象)を比較し、同一かどうかを判定することである。行動主体の持つ内部表象はたくさんある。入力と内部表象との比較はどのように行われるのだろうか。内部表象のリストの最初から順番に一致度が計算され、リストの最後まで行ったときに、最も一致度の高いものが現在の世界の状態として認識されるのであろうか? この方法は非効率である。効率的な方法はいくつかの仮説を現実世界に投射し、一致度を計算する方である。では、仮説の集合はどのように生成されるのだろうか。本発表では、生成される仮説としての個体内価値、個体間価値、また、ベイズ推論による投射と一致度の計算モデルについて議論する。(参考文献 [7][8])

『人類進化にみるプロジェクションの共有: 「ライオンマン」と「古代の大航海」』 (久保(川合) 南海子)

約3万年前のものとしてされる、頭部がライオンで身体がヒトの彫刻には、超自然的な存在が投射され、自分たちを守る象徴として仲間と共有していたことが示唆される。また、日本人の祖先は約3万年前に舟を作り海を渡ってきた。実験考古学によれば偶然の漂流ではなく、集団が協力してこそその一大事業であった。それには自分たちの未来を未知の土地へ投射して共有する必要がある。ライオンマンと古代の大航海を通じて、後期旧石器時代にみられるプロジェクションの共有について論考する。(参考文献 [4])

5. おわりに

本稿では、OS「プロジェクションのモデル化と応用へ向けて」の2つの主要なテーマ、プロジェクションのモデル化、および、プロジェクションと社会の関わりについて、その背景について述べ、招待講演者3名の講演題目および概要を示した。プロジェクション科学に関する本OSはこれまでの5回と同様に、本研究テーマに関して活発な議論が交わされるものと期待される。本研究分野の発展のために、さまざまな分野から多

くの研究者が参加されることを期待する。

文献

- [1] 鈴木宏昭 (2019). プロジェクション科学の目指すもの. 『認知科学』, **26**(1), 52-71.
- [2] 鈴木宏昭編著 (2020). 『プロジェクション・サイエンス』, 近代科学社.
- [3] Friston, K. (2009). The free-energy principle: A rough guide to the brain?. *Trends in Cognitive Sciences*, **13**, 293-301.
- [4] 久保(川合)南海子 (2020). 共有される異投射と虚投射: 腐女子の二次創作, 科学理論, モノマネを通じて. 『プロジェクション・サイエンス』, 近代科学社, 8章, 176-197.
- [5] Iizuka, H., Di Paolo, E. A. (2007). Toward Spinozist robotics: Exploring the minimal dynamics of behavioral preference. *Adaptive Behavior*, **15**(4), 359-376.
- [6] Noguchi, W., Iizuka, H., Yamamoto, M. (2017). Cognitive map self-organization from subjective visuomotor experiences in a hierarchical recurrent neural network. *Adaptive Behavior*, **25**(3) 129-146.
- [7] de Melo, C. M., Terada, K., Santos, F. C. (2021). Emotion expressions shape human social norms and reputations. *iScience*, **24**(3):102141.
- [8] 寺田和憲 (2017). プロジェクションによるサル認識. 人工知能学会全国大会(第31回)論文集, 1G2-OS.

心の指はどこまで伸びる？ – ダブルタッチ錯覚による軸固有の身体変形距離限界の同定

Identification of Axis-Specific Body Image Deformation Limit in the Double-Touch Illusion

佐藤 優太郎[†], 齋藤 五大[‡], 小鷹 研理[†]

Yutaro Sato, Godai Saito, Kenri Kodaka

[†]名古屋市立大学大学院芸術工学研究科, [‡]東北大学大学院文学研究科

Nagoya City University, Tohoku University

sato12yutaro@gmail.com

概要

我々の研究グループは、ダブルタッチによって誘発される新しいタイプの自己接触錯覚として「ダブルタッチ錯覚」(DTI: Double Touch Illusion)を考案した。我々はこれまでに、近接する自他の指へのダブルタッチが、主観的な指の伸長感と肥大感を誘発することを確認している。これらの変形感に関する調査を行なったところ、それぞれの変形感の変形距離限界に質的な差異が認められたため報告する。

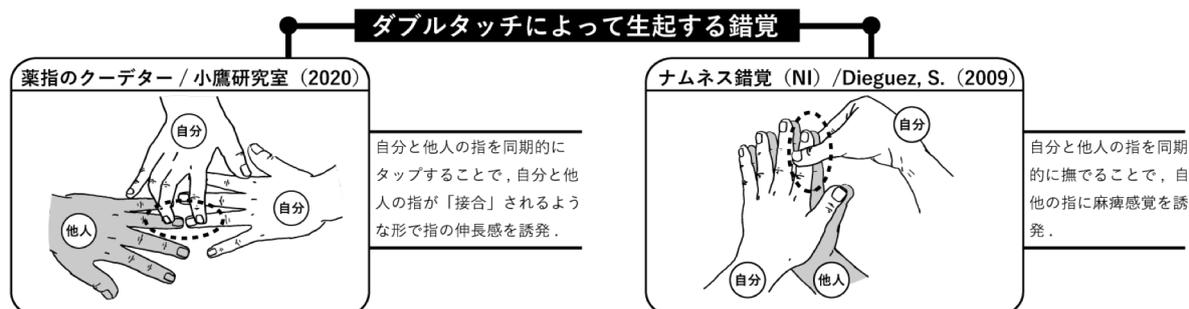
キーワード: double-touch illusion, numbness, ownership, body image deformation

1. はじめに

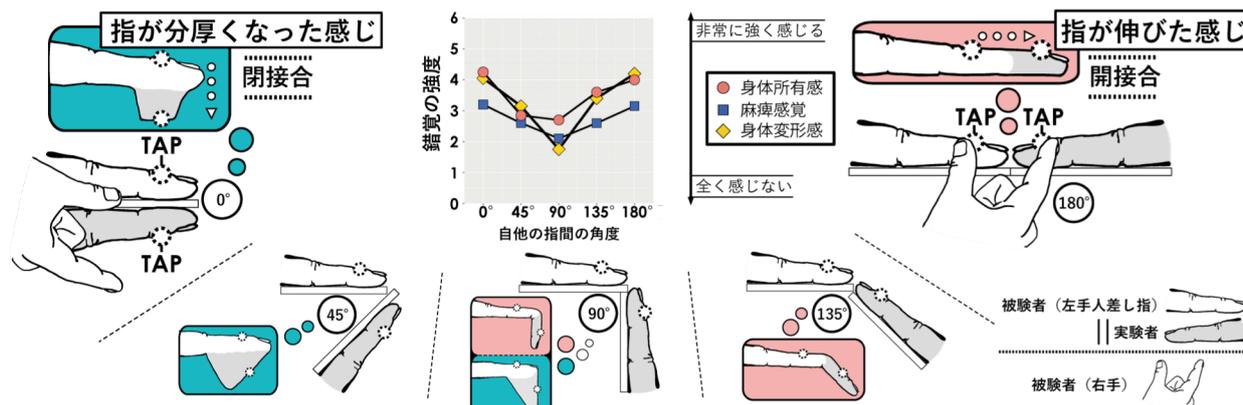
他人の手への接触と同じタイミングで、対応した自分の手の部位を他人に触れられると、他人の手への接触が自己接触に感じられることが知られている。これは、「触る」、「触られる」の2点の接触の時空間的な同期により、モノや他人の手に身体所有感(身体が自身のものであると感じる感覚)が生起し、自己接触の感覚を誘発する「セルフタッチ錯覚」(STI: Self Touch Illusion) [1]と呼ばれる錯覚である。STIや、ゴムの手に所有感を生起させるラバーハンド錯覚(RHI: Rubber Hand Illusion) [2]などの身体の錯覚にみられる所有感変調は、視触覚刺激の統合の過程で、実際の身体への意識が遮断され、所有感生起の対象をモノや他人の身体に置き換えることで成立するものと考えられる。

我々は、こうした従来の所有感変調のパラダイムと大きく異なる錯覚として「薬指のクーデター」を考案した[3]。この錯覚は、自分の指の延長線上に他人の指を配置し、自分と他人の指の近傍を同時にタップすることで、他人の指への接触点まで自己接触に感じられ、まるで指が伸びたかのような感覚を誘発するものである(図1左)。小鷹研究室が2020年11月に開催した研究室展示において、不特定多数の来場者に対して簡易的なアンケートを行なったところ、83%(52/63人)の人から指が伸びた感覚に対するポジティブな回答を得た。この結果は「薬指のクーデター」の一定の錯覚強度を裏付けている。この時強調すべき点は、この錯覚が、自分と他人の指の両方へ接触を理由に、自分の身体への意識を残したまま、双方の身体を主観的に接合するかのように所有感を変調させる点である。これは従来の錯覚研究の観点からして、極めて特異的な錯覚誘発のプロセスと言える。このような、ダブルタッチによって誘発される錯覚の特異性に着目することで、従来の錯覚研究が扱うことのない所有感変調の様相が明らかとなる可能性がある。そこで我々は、上述の錯覚を、従来の錯覚研究の所有感変調と区別し「接合型」のセルフタッチ錯覚と位置付け、調査を行なっている。

他に、ダブルタッチによって生起する錯覚として挙



(図1) ダブルタッチによって生起する錯覚



(図2) ダブルタッチによって生起する所有感, 麻痺感覚, 身体変形感の計測結果

げられるものには, 麻痺感覚を誘発するナムネス錯覚

(NI: Numbness Illusion) がある[4]. NIは, 二人組で掌を軽く合わせ, 空いている方の手で自分と他人の指の背を同期的に上下に撫でることで, 自他の指に麻痺感覚を誘発する錯覚である(図1右). NIは, Japanese Illusionから派生したものなどとして古くから知られているが[5][6][7][8], その認知機序については不明な点が多い. また, ダブルタッチによって誘発される錯覚という点で「薬指のクーデター」と共通するものの, 過去研究では, NIは自分の指の生々しさが失われたかのような感覚の鈍さ(麻痺感覚)を生起するものとして報告されている. このことから, 一見すると, NIは自己接触の感覚とは反対の作用を持つ錯覚であるかのように思える. しかし, 他人の指に対して麻痺感覚を感じるためには, ある程度他人の指を自分のものとして受け入れる必要がある. 実際, Aymerichらにより, RHIの誘発の直後, 被験者自らがラバーハンドを撫でると麻痺感覚が生起されることが報告されており[9], 麻痺感覚には所有感が伴うことが示唆されている. 現状では, こうした麻痺感覚と所有感の関係を指摘する研究は, 筆者の調べる限り極めて少なく[4][7], 両感覚の関係性をより直接的に示すためには, 新たな実験系の考案が必要だと考える.

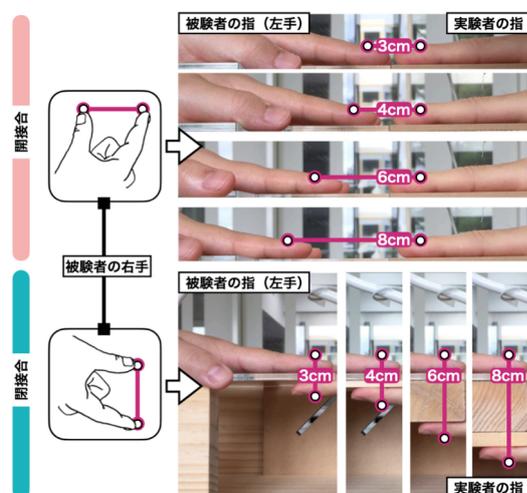
そこで我々は, ダブルタッチによって生起する錯覚の所有感変調に関する調査を行なった[10]. 具体的には, NIの自他の指が隣接した姿勢から指を180度開くことで, 「薬指のクーデター」の姿勢と一致するような関係を持つことに着目し, 所有感・麻痺感覚・身体変形感に関する主観評価を調査した. 結果, 開接合・閉接合の双方の姿勢において, 所有感と麻痺感覚の生起は極めて強い相関を持つことが明らかとなった. 興味深いことに, 同時計測した主観的な指の変形感(開接

合では伸長感, 閉接合では肥大感を調査)は, 所有感, 麻痺感覚と同様, 開接合・閉接合の両方で極大となり, 自他の指間の角度が90度の時に極小となる結果を得た(図2). この結果は, 指の身体イメージの変形が, 直角に折れ曲がったような歪なイメージを生起することは困難であり, 他方で, 指の延長上の変形である伸長変形, 指の腹方向への変形である肥大変形は成立するというような, 変形限界が実際の指の形態学的構造に制約されることを示唆するものである. この結果を踏まえ, 我々は, 「薬指のクーデター」とNIの共通項を整理し, 開接合・閉接合姿勢におけるダブルタッチが誘発する錯覚を「ダブルタッチ錯覚」(DTI: Double Touch Illusion)と命名した.

本稿では, 閉接合・開接合の指の変形感である, 伸長感と肥大感についてさらなる調査を行う. 身体イメージの変形感に関する研究には, Newportらの, 視覚刺激の同期によって, 実際の指の2倍の長さを提示しても伸長感が生起するという報告が挙げられる[11]. この報告は, 指の長さの変形感が, 実際の指の長さを大幅に超えても保持されることを示唆しており, 開接合における指の伸長感も, 同様な性質を持つ可能性がある. 一方でNIは, 隣接する自他の指の腹の間に1cm程度空間を空けた状態で行うと, 麻痺感覚の誘発が減少することが報告されている[4]. 本研究で扱う指の肥大感も麻痺感覚を伴って生起するものであるため, これに準ずるような結果となることが考えられる. このように, 伸長感と肥大感の変形の距離限界の観点からして, 質的に異なるものであることが推察される. したがって本稿では, 両変形感の質的差異が, 変形感の距離限界によって前景化すると仮定し, DTIの開接合・閉接合姿勢における身体変形感の変形距離限界の同定を試みる.

2. 実験

被験者は9人(21-25歳, 男性5人, 女性4人 全員右利き)である。身体イメージの変形感の調査にあたり, DTI について一定の錯覚感度を持った被験者を対象とするため, JSAI2021[10]で報告した実験の参加者に引き続き参加してもらった。なお, 被験者は実験の目的については一切知らされていない。実験は, 被験者の人差し指の延長線上に実験者の指を配置する開接合と, 被験者と実験者の人差し指がアクリル板を挟んで向かい合う閉接合の「姿勢要因」, 被験者と実験者の指の接触地点間の距離を統制した(3cm, 4cm, 6cm, 8cmの4条件)の「指間の距離要因」の二要因の被験者実験を計画した。「指間の距離」には, 被験者と実験者の指間の距離のミニマルな差異がもたらす影響を調査するべく, 開接合における最短距離の3cmと, 最短距離付近の4cm, さらにそこから2cmずつ離れる条件を設定した。開接合の条件では, 被験者の身体を軸とした時の, 被験者の手の接触点と身体とが離れてしまうことによる影響を除外するため, 実験者の指の接触点を基準として距離を設定した。被験者は各条件で, 作成した実験装置(図3)の上に左手を配置し, 目を閉じた状態で, 自身の右手の人差し指を実験者の指, 親指を被験者の左手の人差し指に合わせ, 自身と実験者の指の第一関節の上側(爪の手前あたり)を同期的に120BPMのリズムで20秒間タップする。タップを終えた直後, 所有感, 麻痺感覚, 身体変形感(伸長感と肥大感)に統制項目を加えた7つの質問に対して, 「全く感じない」を0, 「非常に強く感じる」を6に設定した7段階の主観評価アンケートに口頭で回答してもらった。具体



(図3) 指の配置関係と指のタップの対応

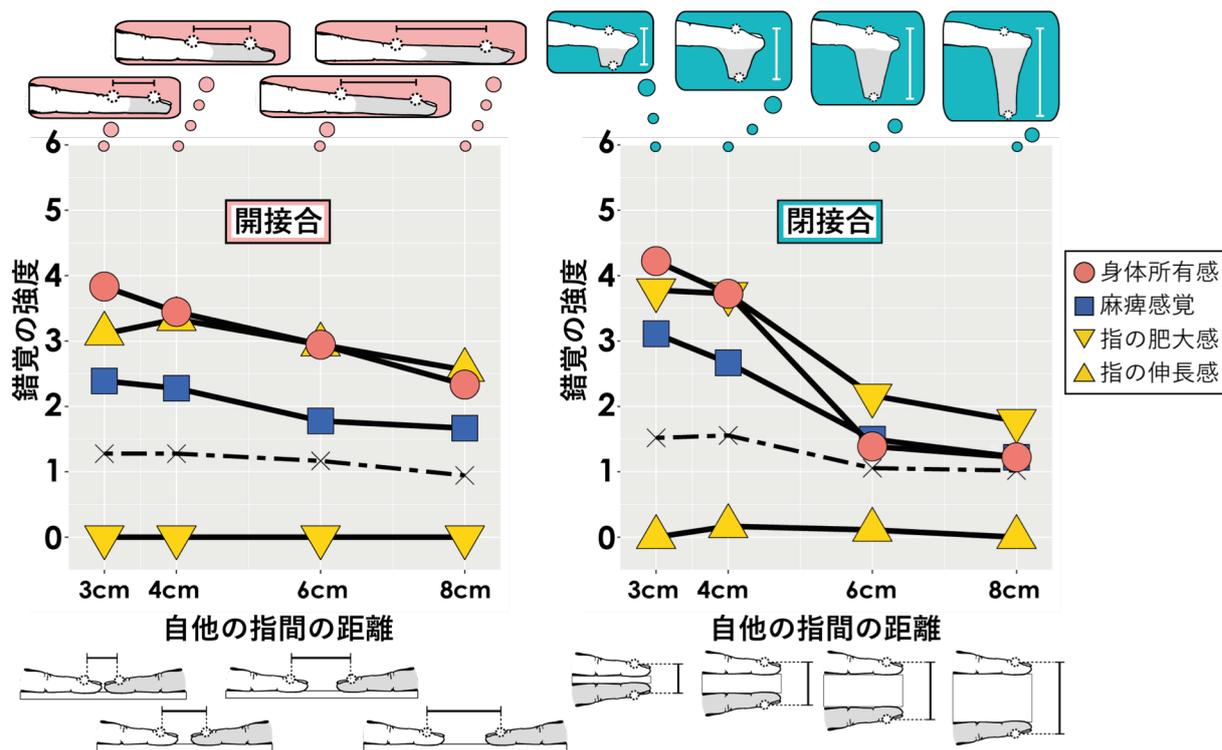
的な質問内容は Dieguez らの実験[4]で用いられた項目をもとに, ダブルタッチを行なった際の相手の指への接触時の感覚について質問項目を作成した(表1)。質問順は被験者ごとに無作為化した。姿勢要因の順序については, 被験者ごとに開接合あるいは閉接合から実験をはじめ, 「指間の距離」については1セットごとに無作為化し, 計8試行, 実験全体で2セット計16試行実施した。

表1 実験で用いた質問項目

| | |
|----|-----------------------------------|
| Q1 | 右手の人差し指で触れている指が自分の指である感じがした。(所有感) |
| Q2 | 右手の人差し指で触れている指が麻痺した感じがした。(麻痺感覚) |
| Q3 | 自分の指が長くなった感じがした。(変形感 / 伸長感) |
| Q4 | 自分の指が分厚くなった感じがした。(変形感 / 肥大感) |
| Q5 | 右手の人差し指で触れている指が重たい感じがした。(統制) |
| Q6 | 右手の人差し指で触れている指が不快な感じがした。(統制) |
| Q7 | 右手の人差し指で触れている指が熱い感じがした。(統制) |

3. 結果

主観評価アンケートによって得られた結果をグラフ(図4)に示す。解析ではまず, 錯覚に関連する質問項目別に, Q1(所有感), Q2(麻痺感覚)に対して 2×4 の二要因被験者内分散分析(「姿勢要因」: 閉接合, 開接合 \times 「指間の距離要因」: 3cm, 4cm, 6cm, 8cm)を行った。結果は, 「姿勢」ではいずれの項目でも主効果は認められず, 「指間の距離」では, Q1, Q2で有意な主効果が得られた(Q1: $F(3, 24) = 19.36, p < 0.001, \eta^2 = 0.38$, Q2: $F(3, 24) = 6.30, p < 0.01, \eta^2 = 0.16$)。「姿勢」と「指間の距離」の交互作用は, Q1では有意, Q2では有意な傾向が確認された(Q1: $F(3, 24) = 7.36, p < 0.01, \eta^2 = 0.08$, Q2: $F(3, 24) = 2.73, p = 0.07, \eta^2 = 0.03$)。また, 身体変形感に関する項目であるQ3(指の伸長感), Q4(指の肥大感)では, 変形感が確認された姿勢別に解析を行った。Q3は閉接合条件, Q4は開接合条件について, 「指間の距離」に対して一要因4水準の被験者内分散分析を行った。その結果, Q4のみに有意な主効果が得られた($F(3, 24) = 7.09, p < 0.05, \eta^2 = 0.31$)。統制項目のQ6においても, 「指間の距離」で有意な主効果が得られたが, 調査にあたり重要な項目ではないため省略する。



(図4) 実験結果

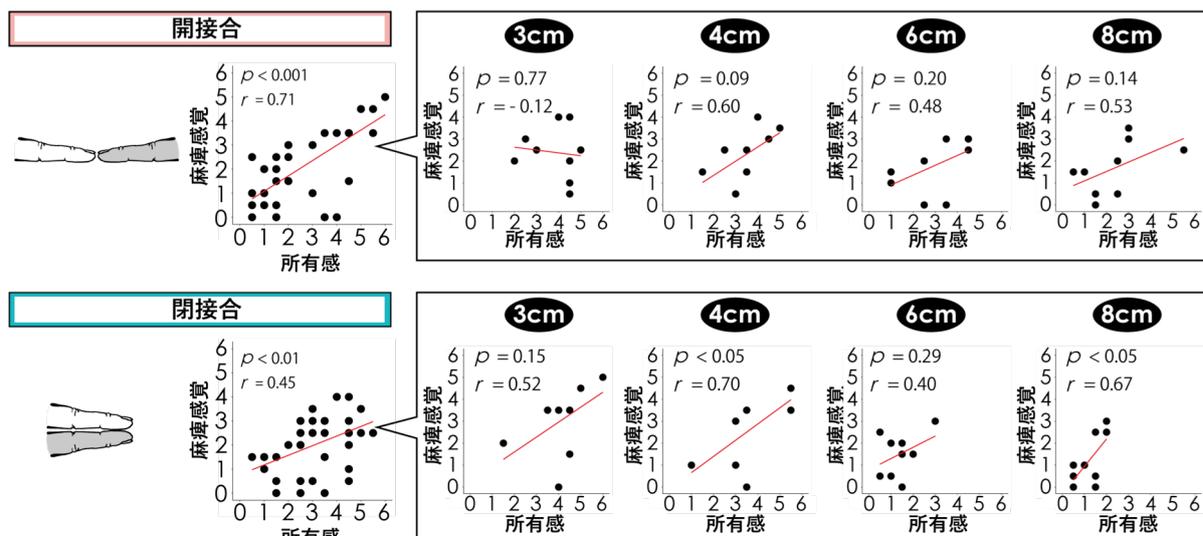
続いて、Q1, Q2 と Q4 で得られた「指間の距離」の主効果に対して、下位検定として多重比較 (Shaffer の方法) を行ったところ、Q1 において、3cm は 6cm, 8cm よりも有意に強く、4cm は、6cm, 8cm よりも有意に強い結果となった ($3\text{cm} - [6\text{cm}, 8\text{cm}] : p < 0.001$, $4\text{cm} - [6\text{cm}, 8\text{cm}] : p < 0.01$)。Q2, Q4 においては、いずれの距離間にも有意な差は得られなかった。

次に、Q1, Q2 で有意、有意傾向に得られた交互作用に対して単純効果の検定を行った。「姿勢」では、Q1 で 6cm と 8cm で有意な効果が得られた ($Q1 : F(1, 8) = 25.912, p < 0.001, \eta^2 = 0.37$, $Q2 : F(1, 8) = 6.63, p < 0.05, \eta^2 = 0.21$)。このことから、所有感 (Q1) では自他の指間の距離が 6cm, 8cm の時、開接合は閉接合よりも有意に大きな値が得られたことが示された。Q2 については、有意な効果は得られなかった。「指間の距離」では、Q1 において、閉接合と開接合の両方で有意な効果が認められた (閉接合 : $F(3, 24) = 24.42, p < 0.001, \eta^2 = 0.62$, 開接合 : $F(3, 24) = 4.78, p < 0.05, \eta^2 = 0.19$)。Q2 では、閉接合のみに有意な効果が認められた ($F(3, 24) = 9.33, p < 0.001, \eta^2 = 0.26$)。

さらに、「指間の距離」の単純効果の検定の下位検定として、多重比較 (Shaffer の方法) を行なった。Q1 について、閉接合では、3cm が 6cm, 8cm よりも有意に

大きな値となり (all $p < 0.01$)、また 4cm も 6cm, 8cm よりも有意に大きな値となることがわかった ($4\text{cm} - 6\text{cm} : p < 0.01$, $4\text{cm} - 8\text{cm} : p < 0.05$)。一方で、開接合ではいずれの指間の距離にも有意な差は得られなかった。すなわち、所有感 (Q1) の生起は閉接合においてのみ、4cm から 6cm にかけて有意に低くなることがわかった。Q2 については、閉接合で、3cm が 6cm, 8cm の評定値よりも有意に大きな値となることがわかった (all $p < 0.05$)。このように、麻痺感覚 (Q2) についても、閉接合では、3cm と比して 6cm-8cm の値が低くなることがわかった。

最後に、各被験者が実験中 2 回行った試行の平均値を用いて、閉接合と開接合それぞれの「所有感」と「麻痺感覚」の関係をピアソン相関分析により解析した (図 5)。その結果、閉接合、開接合の両方に正の相関が認められた (閉接合 : $p < 0.001, r = 0.71$, 開接合 : $p < 0.01, r = 0.45$)。また、「指間の距離」別に「所有感」と「麻痺感覚」の相関関係を調べたところ、開接合の 3cm にのみ、相関関係が認められず ($p = 0.77, r = -0.11$)、その他の閉・開接合の距離条件ではいずれにおいても正の相関関係を持つことがわかった (ただし、有意差が認められたのは閉接合 4cm, 8cm のみ。個別の相関係数と p 値は図に記載した)。



(図5) 所有感と麻痺感覚の相関関係

4. 考察

はじめに、閉接合と開接合の「姿勢」における、変形距離限界の差異に注目したい。3章の結果と合わせてグラフを参照すると、閉接合では、所有感、指の肥大感に関する値が、4cm から 6cm の区間でそれぞれ有意に減少したのに対し、開接合では4cm から 6cm の区間、いずれの値にも有意な差は認められなかった。また、開接合の 6cm と 8cm の所有感が、閉接合よりも有意に強いことが認められている。これは、指の身体イメージの伸長方向への変形感が、肥大方向と比して、自他の指間の変形距離の制約が少なく、長い距離でも保持されやすいことを示唆する結果である。この結果は、Newport らの報告[11]と一致し、我々の仮説を支持する結果である。指の骨格や爪の成長方向が、指の伸長イメージの方向と一致することから考えても、ヒトの主観的な指のイメージは、潜在的に伸長方向へのイメージを形成しやすい性質を持つことが推察できる。一方で、本稿の結果は、研究室所属の一定の錯覚感度を持つ被験者を対象としたことで、身体変形感の限界を理想的な形で観測した結果であると考えている。したがって、錯覚研究にナイーブな被験者を対象とした場合、本稿の結果がどのような水準で成立するかは未知である。指の肥大感覚に関連する報告を参照すると、局所麻酔を施した身体の主観的なサイズは、実際の身体サイズよりも大きく知覚されることが知られている[12]。さらには、麻酔による指の主観的イメージの拡大は、指の長さ（3%増）よりも、指の分厚さ（30%

増）について顕著に確認されることが報告されている[13]。これらの報告は、例えば、炎症を原因とする腫れなどの指の肥大が、成長過程における骨格の変形による指の伸長に比べ実際には容易に起きることを理由とした、指の肥大感生起の容易さを裏付ける報告である。こうした報告は、身体変形感の起きやすさの比較の観点からすれば、本稿の結果とは反対の仮説を支持する報告に思える。今後は、本研究で設定した諸条件を精査し、本稿で得られた結果の一般性についてさらに検証する必要がある。

続けて、所有感と麻痺感覚について、閉接合、開接合の「指間の距離」別に計測した所有感と麻痺感覚の相関関係が、開接合の 3cm にのみ認められなかったことについて考察する。これは、自他の指間が最短となる閉接合 3cm の距離において生起する所有感が、各条件と比較して純度の高いセルフタッチとして感覚されたことを示唆している。言い換えれば、開接合 3cm 条件は、身体イメージ変形の負荷が極めて少ない状態でセルフタッチが成立した状態とも言える。これを踏まえると、身体変形感が伴うような距離における所有感の生起には、何らかの負荷が生じていることが推察される。そしてこの際、所有感との相関関係を持って誘発される麻痺感覚は、身体イメージの変形に伴う副作用として前景化している可能性が考えられる。本研究の結果は、以上のような所有感と麻痺感覚の関連性を直接的に指摘し、所有感生起の議論に新たな指標を見出すものである。

文献

- [1] Ehrsson, H. H., Holmes, N. P., & Passingham, R. E. (2005). Touching a rubber hand: feeling of body ownership is associated with activity in multisensory brain areas. *The Journal of Neuroscience*, 25(45), 10564-10573.
- [2] Botvinick, M., & Cohen, J. D. (1998). Rubber hand 'feels' what eyes see. *Nature*, 391(February), 756.
- [3] 小鷹研究室, 研究室展示「注文の多い「からだの錯覚」の研究室展」, 即錯 No. 08, 「薬指のクーデター (ダブルタッチ錯覚)」, 名古屋市中区, 7thcafe (青少年文化センター内), (2020.11)
(<https://lab.kenrikodaka.com/works/instant08/>, 2021.6.27 アクセス)
- [4] Dieguez, S., Mercier, M. R., Newby, N., & Blanke, O. (2009). Feeling numbness for someone else's finger. *Current Biology*, 19(24), 1108-1109.
- [5] Harwood, P. D. (1949). *Numbness, Body-Image, and the*. 114, 584-586.
- [6] Arnold, H. L. (1952). Japanese illusion. *Science*, 115(2995), 577. <https://doi.org/10.1126/science.115.2995.577-a>
- [7] Dieguez, S., & Lopez, C. (2017). The bodily self: Insights from clinical and experimental research. In *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (Vol. 60, Issue 3, pp. 198-207). Elsevier Masson SAS.
- [8] 田中由浩 (名古屋工業大学 大学院工学研究科) 触覚研究により、人々の幸福度の向上をめざす～触覚情報の共有や拡張が拓く未来～
(http://hapticdesign.org/designer/file015_Yoshihiro_Tanaka, 2021.6.27 アクセス)
- [9] Aymerich-Franch, L., Petit, D., Kheddar, A., & Ganesh, G. (2016). Forward modelling the rubber hand: Illusion of ownership modifies motor-sensory predictions by the brain. *Royal Society Open Science*, 3(8).
- [10] 佐藤優太郎, 齋藤五大, 小鷹研理, Numbness 錯覚とセルフタッチ錯覚の間に成立するトレードオフ性に関する一考察, 日本人工知能学会第 35 回大会, オンライン開催, (2021.6).
- [11] Newport, R., Auty, K., Carey, M., Greenfield, K., Howard, E. M., Ratcliffe, N., Thair, H., & Themelis, K. (2015). Give it a tug and feel it grow: Extending body perception through the universal nature of illusory finger stretching. *I-Perception*, 6(5), 1-4.
- [12] Gandevia, S. C., & Phegan, C. M. L. (1999). Perceptual distortions of the human body image produced by local anaesthesia, pain and cutaneous stimulation. *Journal of Physiology*, 514(2), 609-616.
- [13] Walsh, L. D., Hoad, D., Rothwell, J. C., Gandevia, S. C., & Haggard, P. (2015). Anaesthesia changes perceived finger width but not finger length. *Experimental Brain Research*, 233(6), 1761-1771.

とどかない後ろ手をつなぐ： 自己接触錯覚が起きると指や腕も伸びる

Back hand lock helper: Self-touch and body distortion in the self-touch illusion

齋藤 五大[†], 佐藤 優太郎[‡], 小鷹 研理[‡]
Godai Saito, Yutaro Sato, and Kenri Kodaka

[†] 東北大学大学院文学研究科, [‡] 名古屋市立大学大学院芸術工学研究科
[†] Tohoku University, [‡] Nagoya City University
godai.saito.a7@tohoku.ac.jp

概要

本稿では、参加者が両手を背中に回して上側の手で実験者の手をなでると同時に下側の手を実験者になでられる新奇な自己接触錯覚を提案し、その事態で感じられる自己接触と身体変形の様態を報告する。実験の結果は、両手が背中でのどの程度とどかかという身体の柔軟性に関連せず、なでる手となでられる手に伝わる触覚が時間的に同期すると、自分で自分の手に触れたと感じるだけでなく指や腕が伸びたと感じることを示した。

キーワード：自己接触錯覚 (self-touch illusion), 背面 (back), 身体的自己 (bodily self), 身体変形 (body distortion)

1. はじめに

自己接触錯覚は、錯覚の体験者が閉眼のまま一方の手でラバーハンドに触れると同時にもう一方の手を他者に触れられると、あたかも自分で自分の手に触れていると感じる錯覚である [1]。このからだの錯覚は、自ら触れる手の感覚と触れられる手の感覚を通して身体的な自己の機序を検討する手法を提供する。先行研究では触れる手と触れられる手の距離が近いほど自己接触錯覚が強く生起するが、たとえ両手の距離が 30 cm から 60 cm 離れていてもその錯覚が生じることを報告している [2]。こうした知見は、両手がとどきづらあるいはとどかない状況でも、自分で自分の手に触れていると感じられるときに身体がどのように知覚されるかという疑問を投げかける。

身体的自己にかかわる Lackner [3] の古典的な研究として、自分自身の鼻に触れた状態で肘の屈筋に振動刺激が与えられると、鼻の伸びた感覚を引き起こすことがピノキオ錯覚として知られている。つまり、身体的自己は、触覚や自己受容感覚など複数の感覚情報が整合するかたちで知覚されるものといえる。したがって、自己接触錯覚の場合でも、自己接触が困難な姿勢にもかかわらず自己接触の感覚が得られたときには、

自己接触だけでなく身体変形の感覚も立ち上がることが考えられる。

そこで本研究では、実験参加者が自身の両手を背中に上と下から回し、上側の手で実験者の手をなでると同時に下側の手を実験者になでられる事態の自己接触錯覚を新たに提案し、これを *back hand lock helper* と呼称する (図 1)。もし、この手法が自己接触錯覚を生起させるなら、自分で自分を触れる感覚だけでなく自分自身の指や腕が伸長する感覚も生じる可能性がある。したがって本研究の目的は、*back hand lock helper* における自己接触および身体変形の様態を詳細に調べることにある。

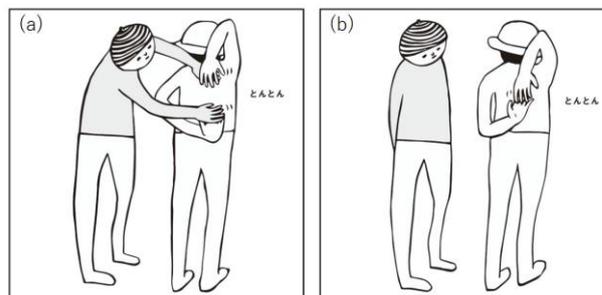


図 1 本研究における自己接触錯覚の概略。錯覚の体験者は客観的には右手で他者の手に触れながら左手を他者に触れられるが (a)、主観的には右手で左手に触れるように感じる (b)。

2. 方法

参加者 22 名の健康的な成人 (男性 11 名, 女性 11 名, 平均年齢 22.2 歳, 全員右利き) がそれぞれ個別に本実験に参加した。

実験計画 本実験は姿勢 (右上, 左上) × 触覚 (同期, 非同期) による 2 要因の参加者内計画であった。

手続 参加者は本実験を立位姿勢で受け、実験中は

アイマスクとゴム手袋を着用した。実験者は参加者と同じ規格のゴム手袋を着用した。

はじめに、からだの柔らかさを調べるために、参加者は、立ったまま両手を背中に上と下から回し、両手人さし指の先端同士をめいっばい近づけたときの左右人さし指同士の最短距離が計測された（両手人さし指が重なったら負の値、重ならず離れたら正の値として記録された）。右手を上を左手を下にしたときと左手を上を右手を下にしたときとの両姿勢の距離が計測された。次に、実験中の両手の位置を決めるために、参加者は無理なくなでられる背中中の位置に両手を置き、そのときの左右人さし指同士の距離が計測された。この両人さし指の実験距離は、最短距離と同様に右手を上にしたときと左手を上にしたときの距離が計測された。

このあと参加者は、各条件のあいだ、背中の上側に回した手で背中に置かれた実験者の手を下から上になでながら、背中の下側に回して置いた手を実験者になでられた。参加者が手をなでる時間は60秒で、手をなでる頻度はメトロノーム音に合わせて0.75秒に1回（80 bpm）であった。参加者は右手を上を左手を下にするときと左手を上を右手を上にするときの姿勢の条件に加えて、手をなでると同期して手をなでられるときと手をなでると非同期して手をなでられるときの触覚の条件の全4条件を無作為な順序で受けた。

各条件後に参加者は、その条件中の感覚体験について表1に示された合計13個の質問項目にそれぞれ0（全くそう思わない）から6（非常に強くそう思う）までの尺度に口頭で回答するように求められた。その質問項目は、Q1が自己接触、Q2からQ5までが身体変

形、Q6とQ7が手の移動、Q8からQ13までが統制にかかわるものであった。Q1およびQ6からQ13までの質問項目はEhrssonらの研究[1]で用いられた項目が適用され、Q2からQ5の質問項目は身体変形の感覚を、Q6とQ7の質問項目は手の移動の感覚をそれぞれ調べるために本実験で新たに用意された。質問項目は、各条件で無作為な順序で参加者に呈示された。

実験後、参加者は肘まで描かれた後ろ向きの上半身の図に実験中に感じた最も印象的な自身の身体像を描くよう求められた。

表1 本実験で用いられた質問項目。

| | |
|-----|-----------------------|
| Q1 | 自分で自分の指に触れているように感じた |
| Q2 | 右手の指が伸びているように感じた |
| Q3 | 左手の指が伸びているように感じた |
| Q4 | 右腕が伸びているように感じた |
| Q5 | 左腕が伸びているように感じた |
| Q6 | 右手が左手の方向に移動しているように感じた |
| Q7 | 左手が右手の方向に移動しているように感じた |
| Q8 | 複数の右手があるように感じた |
| Q9 | 複数の左手があるように感じた |
| Q10 | 右手が通常よりも大きく感じた |
| Q11 | 左手が通常よりも大きく感じた |
| Q12 | 自分の右手を感じられなかった |
| Q13 | 自分の左手を感じられなかった |

3. 結果

両人さし指の最短距離 実験前、参加者が右手を上にしたとき ($M=-6.0$ cm) と左手を上にしたとき ($M=0.4$ cm) の両人さし指を互いに最も近づけた平均距離を

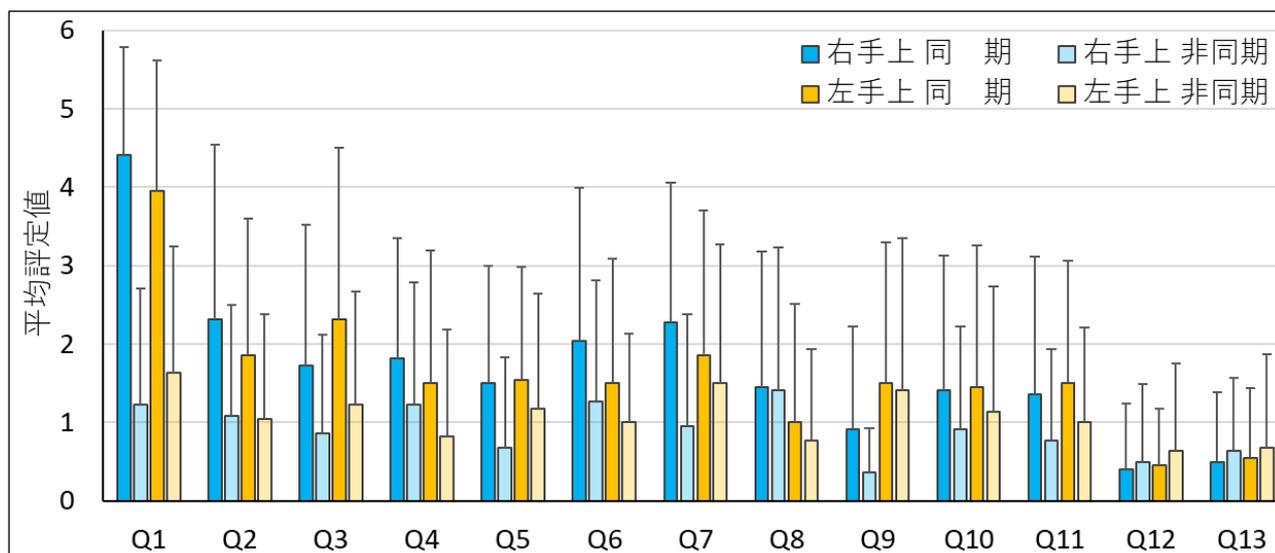


図2 本実験の結果。各質問項目に対する条件ごとの平均評定値。エラーバーは標準偏差を示す。

算出した。右上上と左上上の姿勢における両人さし指の距離に対して1要因2水準の参加者内分散分析を行った結果、右手を上にした条件の両手人さし指の距離は左手を上にした条件よりも有意に近接した ($p < .005$)。

両人さし指の実験距離 実験中、参加者が右手を上にしたとき ($M=22.9$ cm) と左手をしたとき ($M=24.8$ cm) の両人さし指の平均距離を算出した。右上上と左上上の姿勢における両人さし指の距離に対して1要因2水準の参加者内分散分析を行った結果、その距離の間に有意差はなかった ($p = .11$)。

質問項目 Q1 から Q13 の平均評定値を条件毎に算出した (図2)。 Q1 から Q13 に対してそれぞれ2 (姿勢: 右上上, 左上上) \times 2 (触覚: 同期, 非同期) の2要因の参加者内分散分析を行った。その結果、姿勢の主効果が Q8 と Q9 のみで認められた (all $p < .05$)。触覚の主効果は Q1 から Q5 および Q7 と Q11 で認められた (all $p < .05$)。交互作用は、Q1 と Q7 で認められた (all $p < .05$)。Q1 の単純主効果検定は、右上上と左上上のどちらの条件でも評定値が非同期条件よりも同期条件で有意に高いことを示した (all $p < .05$)。Q7 の単純主効果検定は、右上上の条件では評定値が非同期条件よりも同期条件で有意に高く、非同期条件では評定値が右上上よりも左上上で有意に高いことを示した (all $p < .05$)。

質問項目 Q1 と両人さし指の最短距離の相関 自己接触錯覚と身体の柔軟性との関係を調べるために、質問項目 Q1 の評定値と両人さし指の最短距離の相関を算出したところ、右上上の同期条件 ($r = -.04, p = .87$) と左上上の同期条件 ($r = -.36, p = .10$) のどちらでも有意な相関は示されなかった (図3)。

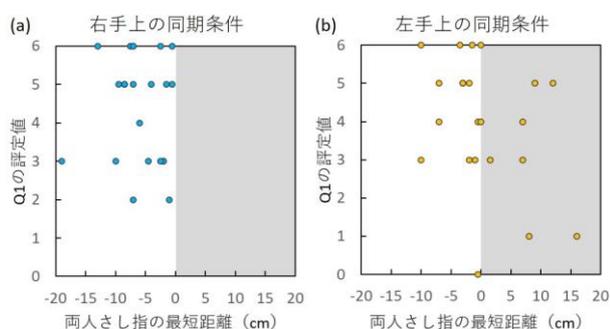


図3 右上上の同期条件 (a) と左上上の同期条件 (b) における質問項目 Q1 の評定値と両人さし指の最短距離の散布図。散布図に灰色で表された範囲内の点は背中に戻した両人さし指がとどかなかった参加者を、白

色の範囲内の点は両人さし指がとどいた参加者を示す。

身体像の描画 参加者が実験中に最も印象的に感じた身体像の描画は、22 枚のうち 18 枚が、指が伸びた、腕が伸びた、両手は触れたが伸びたり移動したりしなかった、のいずれかの3パターンに分類可能であった (図4 a-c)。残りの4例は、腕が鞭みたいになった、身体が柔らかくなった、背中が圧縮されたと描画された、のいずれかに分類された (図4 d-f)。

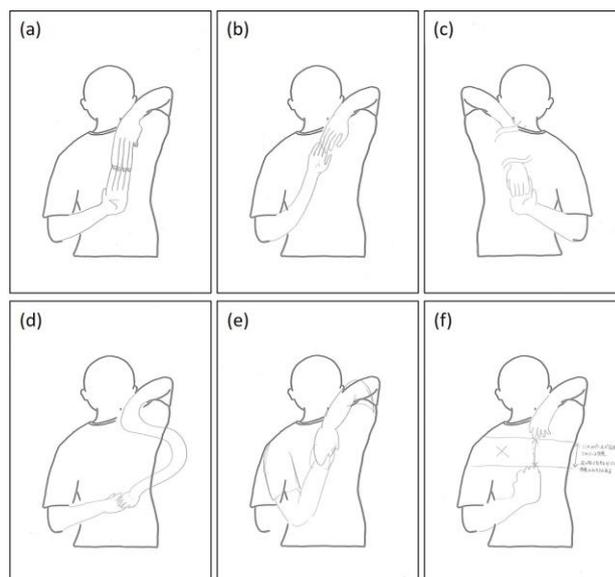


図4 本実験における参加者の身体像の描画例。指が伸びた (a)、腕が伸びた (b)、両手は触れたが伸びたり移動したりしなかった (c)、腕が鞭みたいになった (d)、身体が柔らかくなった (e)、背中が圧縮された (f) と感じた参加者の描画。

4. 考察

本研究では、back hand lock helper と名付けた両手を背中に回す姿勢で実施する自己接触錯覚を提示した。その錯覚を誘導すると、自己接触の評定値 (Q1) は、非同期条件よりも同期条件で高くなることが確認された。この結果は先行研究の結果 [1] [2] を再現する。身体変形の評定値 (Q2-Q5) も、指と腕のどちらも同期条件で高くなることが示された。興味深いことに、本研究では、物理的に両手がとどきづらい背中に上下から両手を回す姿勢において、自分で自分の手に触れたと感じるだけでなく、その動かす指や腕が伸びたとも感じることを見出した。

次に身体の柔軟性と自己接触錯覚の関連性について

議論する。両手人さし指の最短距離は、参加者が左手を上にしたよりも右手を上にしたときに有意に近接したが、触覚刺激が同期したときに右上と左上の条件間では自己接触錯覚の評定値に有意差は認められなかった。自己接触錯覚の評定値と両人さし指の最短距離との間に有意な相関も認められなかった。さらに、両手人さし指がとどかない参加者でも自己接触錯覚が生じることが確認された。これらの結果は、必ずしも背中で両手が接触するかという経験の有無は自己接触の生起に関与せず、両手の時間的な近接がその生起に重要な影響を及ぼす可能性を示す。

本実験では、Q7の「左手が右手の方向に移動した感覚」が非同期よりも同期の条件で有意に高いことも示した。自己接触錯覚が起きると、触れられる手の位置は錯覚生起前よりも触れる手の位置の方向に近づいて知覚されること（自己受容感覚ドリフト）が知られている [1]。本実験で観察された左手の移動感覚も、先行研究と同様に自己受容感覚ドリフトを反映するものと考えられる。

「手が通常よりも大きく感じた」という質問項目は、自己接触錯覚実験の統制項目として用いられる [1]。そのため、通常、この項目の評定値が条件間で変化することは想定されないが、本実験では左手を大きく感じたという評定値 (Q11) が非同期よりも同期の条件で有意に高いことが示された。本実験の *back hand lock helper* では、従来の自己接触錯覚とは異なり、自己接触だけでなく身体変形の手も生じたために、指や腕が伸びるだけでなく手も大きく感じられたと筆者らは解釈する。

図4の身体像の描画例は、自己接触錯覚が生じたときの身体変容の感覚には、指が伸びる、腕が伸びる、指も腕も伸びないなど、その変化が解剖学的に許容され得るいくつかの典型的なパターンに分かれることを示唆する。これらの身体変容のパターンは、両手がとどかないのに自己接触するという自己受容感覚と触覚の矛盾を解決しようとする脳のはたらきとして生じていると考えられる。今後の研究ではこの身体変形の生起機序についてさらなる検討が必要とされる。

文献

- [1] Ehrsson, H. H., Holmes, N. P., & Passingham, R. E. (2005). Touching a rubber hand: feeling of body ownership is associated with activity in multisensory brain areas. *Journal of Neuroscience*, 25, 10564-10573.
- [2] Aimola Davies, A. M., White, R. C., & Davies, M. (2013).

Spatial limits on the nonvisual self-touch illusion and the visual rubber hand illusion: subjective experience of the illusion and proprioceptive drift. *Consciousness and Cognition*, 22, 613-636.

- [3] Lackner, J. R. (1988). Some proprioceptive influences on the perceptual representation of body shape and orientation. *Brain*, 111, 281-297.

ダブルタッチ錯覚による身体像の接合 - 非遮蔽同期による新たなラバーハンド錯覚パラダイム - Connecting Self to the Other through Double-touch Operation

小鷹 研理[†], 佐藤優太郎[†], 齋藤五大[‡]

Kenri Kodaka, Yutaro Sato, Godai Saito

[†] 名古屋市立大学芸術工学研究科, [‡] 東北大学大学院文学研究科

[†] Nagoya City University, [‡] Tohoku University

kenrikodaka@gmail.com

概要

This paper reports a new self-touch illusion based on a double-touch operation (“double-touch illusion”). In this illusion, both finger touches by a participant (self-to-other and self-to-self) are mutually connected to each other without spoiling the specific body-image related to self-to-other touch, which is essentially different from a kind of illusory transition seen in a classical rubber hand illusion’s paradigm. The experiment showed the double-touch illusion works quite well, whose illusion strength was equivalent to the classical self-touch illusion.

キーワード : self-touch illusion, double-touch illusion, numbness illusion, rubber hand illusion

1. はじめに

他人の手を触ると同時に、近接した位置で、自分の手の表面を実験者に触られることによって、実際には他人の手を触っているにもかかわらず自分の手を触っていると感覚される認知現象が報告されている。この錯覚は、ラバーハンド錯覚のバリエーションの一つであり、自己接触錯覚 (STI: Self-touch Illusion) として知られるものである (図1左) [1][2][3][4]。このSTIと構造的に類似した錯覚として、二者の指の腹が互いにもたれかかった状態で、両者の指の背の部分、自身のもう一方の手の親指と人差し指でつまむようになることによって「麻痺感覚」が得られる錯覚が知られている (NI: Numbness Illusion, 図1右) [5]。

STIもNIも、二者の異なる手に対して同期的に触覚を与える点では共通しているが、STIでは二者間でタッチが交換されるのに対して、NIでは二者の手に対するタッチを被験者が占有的に行う。すなわちNIは、STIにおける唯一の実験者からのタッチ (OS: Other-to-Self) を被験者のタッチ (SS: Self-to-Self) に置き



図1 セルフタッチ錯覚 (左) とナムネス錯覚 (右)

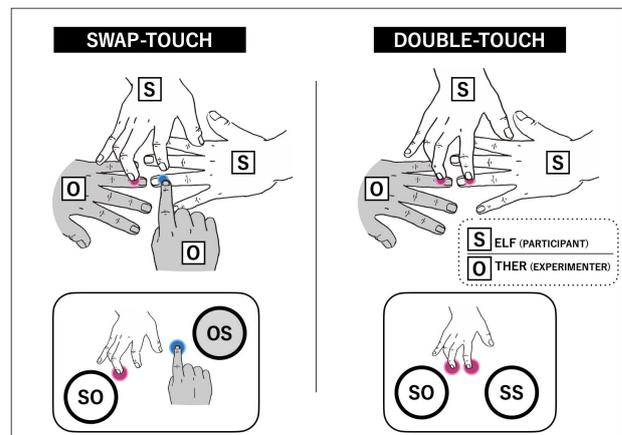


図2 スワップタッチ (左) とダブルタッチ (右) の違い

換えたものと整理できる (図2)。以下では、上記のSTIとNIにおける二者間のタッチの容態 (SO×OS, SO×SS) を、それぞれスワップタッチ/ダブルタッチと表記する。さて、他人の手に対する麻痺感覚が生じるためには、そもそも他人の手が多かれ少なかれ「自分の手」と感じられる必要があるように思われる。実際、ラバーハンド錯覚の実験では、身体所有感の変調の強さが (事後に触れた際の) 麻痺感覚と正の相関を示すことや [6]、麻痺感覚を伴う痛みが身体イメージの歪み

表 1 アンケート項目

| 分類 | 質問項目 |
|---------------------|-------------------------------------|
| Ownership (所有感) | illusion 自分の中指で触れている指が自分の指である感じがした。 |
| | control 自分の左手の薬指が感じられなかった。 |
| | control 自分の左手の薬指が複数あるように感じた。 |
| Numbness (麻痺感覚) | illusion 自分の中指で触れている指が麻痺している感じがした。 |
| | control 自分の中指で触れている指が重たい感じがした。 |
| | control 自分の中指で触れている指が熱い感じがした。 |
| Transform (伸長感覚) | illusion 自分の左手の薬指が中指よりも長くなった感じがした。 |
| | control 自分の左手の薬指が小指より短くなった感じがした。 |
| | control 自分の左手の薬指が太くなったように感じた。 |

と関係しているとする知見等が報告されている [7]. こうした点を踏まえると、ダブルタッチは麻痺感覚のみならず、所有感の変調をも伴うものであると推測される. 他方で、不思議なことに、これまでの NI に関する研究では、所有感の変調について明確に計測されてこなかった. 本研究の第一の目的は、従来のスワップタッチによる STI を（極力他の条件を統制したまま）ダブルタッチに置き換えることによって、身体所有感に関わる指標について、いかなる効果があるかを検証することにある.

2. 実験

大学生または大学院生の 8 人 (N=8, 平均年齢 22.3 歳) を対象に、被験者実験を行った. 利き手は全員右手であった. なお、本実験は、予備的な検討を行うために実施されたものであり、各被験者における過去のダブルタッチ等の錯覚経験について、十分な統制を行っていない.

2.1 実験手順

被験者は着席し、自身の左手を 90 度内側に向け、楽な体勢で手の平を机に添えてもらった. この状態で、図 2 のように、実験者の左手の薬指を、被験者の左手の薬指に対して向き合うように、かつ両者の指先がわずかな隙間で非接触となるように配置した. 実験の各課題では、目を閉じた状態で、それぞれの薬指の第一関節周辺の二点（二点間の距離は 3.5~5cm）を、スワップタッチまたはダブルタッチいずれかの構成（自他要因）で、一定のリズム (BPM120) で 20 秒間タップしてもらった. このとき、同期条件では、スワップタッチ・ダブルタッチのいずれの条件においても、二つのタッチが同時に接地するように行い、非同期条件では、それぞれを交互にタップした（一方のタッチのみに注

目すると BPM は 120 のままである). これら 2 要因（自他要因と同期要因）を混合した合計 4 種類の課題を一つのブロックとし、2 つのブロックを連続で行った. それぞれの課題の後に、表 1 に示す「所有感」「麻痺感覚」「伸長感覚」の強度に関する合計 9 つのアンケートの項目について、0（全く感じない）から 6（大変強く感じる）の 7 段階で回答させた. ここまでの内容を、以下では実験 1 と呼ぶ.

実験 1 に引き続き、やはり同一の条件によるブロックを一回のみ行う実験 2 を行った. 実験 2 では、事前の教示として、試行中に自分の中指の位置に注目するように被験者に指示するとともに、被験者頭部の中心位置が、被験者の指をタップしている自分の中指が存在すると感じられる位置 (SO タップ) と合致するように、上半身を左右に動かして調整するようお願いした. 20 秒間の各試行が終了した後、「自分の中指の位置が課題開始の時点から右に移動しているように感じた」および「自分の中指の位置が課題開始の時点から左に移動しているように感じた」の二つの項目のみ、0（全く感じない）から 6（大変強く感じる）の 7 段階で回答させた. なお、中指の主観的位置の水平方向のドリフト量は、実験 2 開始時に被験者の頭部に装着した VIVE TRACKER によって計測した.

2.2 結果

2.2.1 実験 1

図 3 に実験 1 の実験結果を示す. 「所有感」「麻痺感覚」「伸長感覚」について、被験者内二要因分散分析を行ったところ、それぞれ同期要因の主効果が確認された（所有感： $F(1,7) = 23.33, p < 0.002$, 麻痺感覚： $F(1,7) = 13.46, p < 0.008$, 伸長感覚： $F(1,7) = 61.64, p < 0.001$). 具体的には、非同期的なタッチと

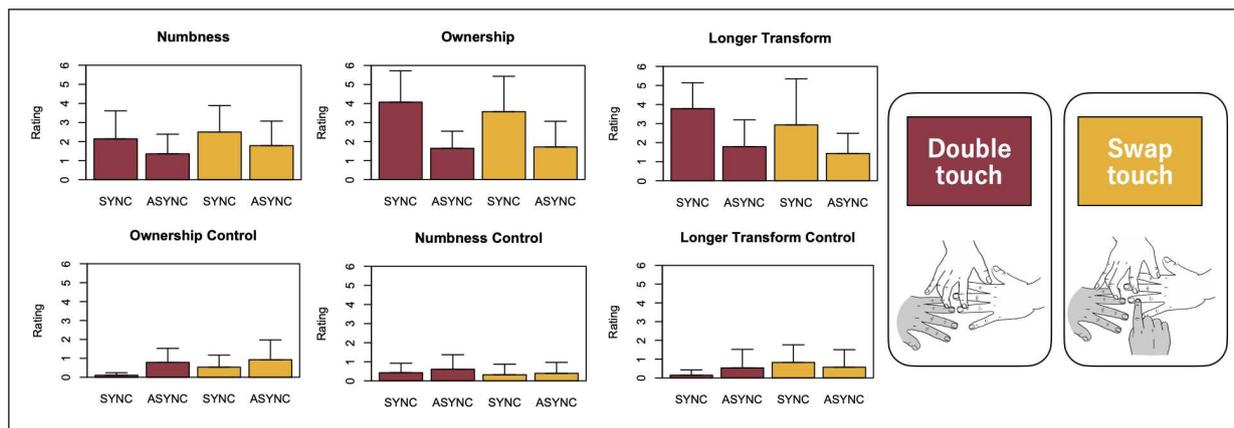


図3 実験1の結果

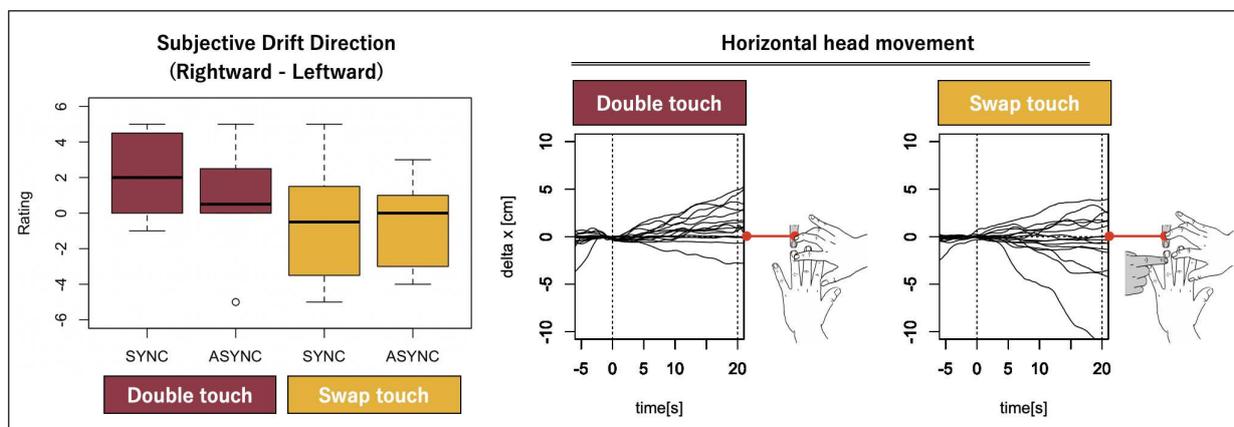


図4 実験2の結果

比較して、同期的なタッチによって錯覚強度が高まることが示された。他方で、自他要因に関する主効果は検出されなかった。すなわち、実験1では、スワップタッチとダブルタッチとの間に、錯覚の強度に関する優劣は全く一切見出されていない。なお、それぞれの錯覚項目について、対照群の設定についてはいずれの要因の主効果も検出されなかった。

2.2.2 実験2

図4に実験2の結果を示す。アンケートによって示された、SOタッチ（被験者の右手中指）位置のドリフト方向性（右方向強度から左方向強度を引いたもの）に対する分散分析を行なったところ、自他要因・同期要因ともに主効果は得られなかった。一方で、交互作用が有意傾向で検出されたため ($p = 0.064$)、事後分析として各課題間で対応のあるt検定を行なったところ、同期条件に限って、ダブルタッチよりもスワップタッチの際に、有意な水準で右手の中指（触る指）が

左側へとドリフトする傾向にあるという結果が得られた ($t(7) = 2.51, p < 0.05$)。

3. 考察

本実験結果は、スワップタッチのみならずダブルタッチによっても、同期的な触覚によって、強力な所有感錯覚が生じることを明確に示すものである。筆者の知る限り、本実験は、(NIを含む)ダブルタッチが麻痺感のみならず所有感の変調を生み出すことを直接に明らかにした最初の実験である。一般に視触覚同期に基づくラバーハンド錯覚においては、位置的に異なる二点の触覚(OO, OS)のうち、自身の手への触覚(OS)は消失し、触覚は一点(OO → OS)で生じているものと解釈される。ラバーハンド錯覚の触覚版とも言われるスワップタッチに基づくSTIもやはり同様の形式をとる(two to one)。他方で、ダブルタッチにおいては、自分自身の手への触覚(SS)は消失せず、結果、二つの触覚点(点)が、そのままのかたちで保存されている(two to two)(図5を参照)。この点で、ダブルタッチ錯覚

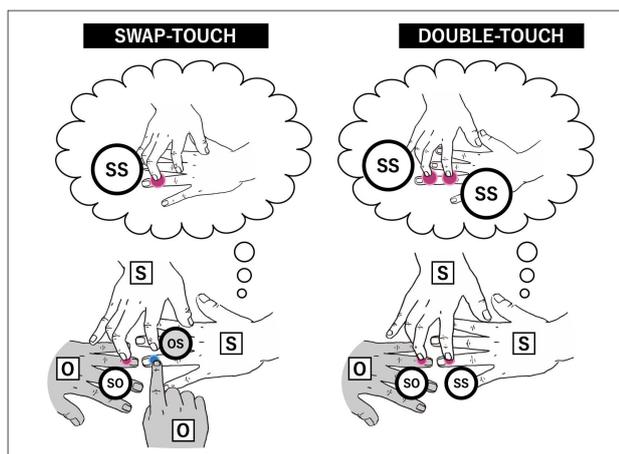


図5 スワップタッチ・ダブルタッチの各錯覚状態におけるタッチイメージの容態変化

は従来の身体所有感錯覚と比較すると極めて特異的な位置付けを持つものである。

表2 錯覚時の触覚イメージの様態

| 錯覚の 分類 | (接触の主体客体) | |
|-----------|-----------|----------|
| | 物理状態 | 錯覚時の主観状態 |
| ラバーハンド錯覚 | OO, OS | OS |
| セルフタッチ錯覚 | SO, OS | SS |
| ダブルタッチ錯覚 | SO, OS | SS, SS |

図4右は、課題実行中の実験者のヘッドトラッキングによるSOタッチ主観位置の変化(縦軸正方向が右側への移動に相当する)を、8人全員の被験者について重ね書きしたものである。この図を見ると、スワップタッチでは、縦軸負の方向に対応する左側へのドリフト(つまり負の方向)が一定の割合存在する一方で、ダブルタッチではそのような方向のドリフトは例外的であると読み取ることができる。これらの傾向は、同期条件においてのみ検出された、ドリフトの主観評価の差異と整合的である。ここでみられる両錯覚間のドリフト容態の差異は、先ほど指摘した両者の錯覚構造特性に基づく、身体変形の自由度の差異を反映しているものと考えられる。すなわち、スワップタッチにおいては、自分自身の手への触覚刺激は、もう一方の実験者への触覚刺激に完全に乗っ取られてしまうため、錯覚により作られた主観的なSSタッチは、いわば単独の状態と遊離し、左にも右にも自由に動くことができる。他方で、ダブルタッチでは、錯覚によって生まれた中指のSSタッチの左側には、人差し指のSSタッチが消失せずに残っており、これが心理的な障壁となり左に移動することが難しくなる。すなわち、隣接するSS

タッチがProprioceptive Driftにおいて斥力として作用している。これは、ダブルタッチにおいては、錯覚状態に入るためには自分の身体とラバーハンドを連続的に接合する必要性が生じるためであり、すなわち、この「接合」こそが、ダブルタッチの際立った特徴であると考えられる。

従来のラバーハンド錯覚パラダイムが、自分自身の手への触覚刺激を心理的に「遮蔽(マスク)」することにより、ラバーハンドへの触覚刺激に「置換」されるものであるとすると、対してダブルタッチ錯覚は自分自身の手への触覚刺激を心理的に遮蔽せず(「非遮蔽」)、ラバーハンドへの触覚刺激と「接合」される。この「自己の非遮蔽」および「自己と他者の接合」を特徴とする新たな錯覚パラダイムの発見は、従来の錯覚研究の中では構造的に閉ざされていた領域に、新たな光を投げかけるだけのインパクトを秘めている。とりわけ、我々の研究グループは、「接合」の観点から、身体像の可塑性に関わる認知特性を検証するうえで、ダブルタッチ錯覚のパラダイムは非常に有用であると考慮しており[8]、今後さまざまな角度から検討をすすめていく。

文献

- [1] Ehrsson, H. H., Holmes, N. P., & Passingham, R. E. (2005). Touching a rubber hand: feeling of body ownership is associated with activity in multisensory brain areas. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 25(45), 1056410573.
- [2] Aimola Davies, A. M., & White, R. C. (2013). A sensation illusion: vision-touch synaesthesia and the rubber hand paradigm. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 49(3), 806818.
- [3] Kodaka, K., & Ishihara, Y. (2014). Crossed hands strengthen and diversify proprioceptive drift in the self-touch illusion. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 422.
- [4] 小鷹研理, 石原由貴, セルフタッチ錯覚を通じた個人差研究の展望, 日本認知科学会大会第36回大会, 2019.9
- [5] Dieguez, S., Mercier, M. R., Newby, N., & Blanke, O. (2009). Feeling numbness for someone else's finger. *Current Biology*.
- [6] Aymerich-Franch, L., Petit, D., Kheddar, A., & Ganesh, G. (2016). Forward modelling the rubber hand: Illusion of ownership modifies motor-sensory predictions by the brain. *Royal Society Open Science*, 3(8).
- [7] Gandevia, S. C., & Phegan, C. M. L. (1999). Perceptual distortions of the human body image produced by local anaesthesia, pain and cutaneous stimulation. *Journal of Physiology*, 514(2), 609616.
- [8] 佐藤優太郎, 齋藤五大, 小鷹研理, Numbness 錯覚とセルフタッチ錯覚の間に成立するトレードオフ性に関する一考察, 人工知能学会第35回全国大会, 2021.6

XRAYSCOPE

- ハーフミラーを用いた MVF による身体の透視および透触視 - XRAYSCOPE Sees the Inside of the Hand through Half-mirror Visual Feedback System

今井 健人[†], 佐藤 優太郎[†], 小鷹 研理[†]

Kento Imai, Yutaro Sato, Kenri Kodaka

[†]名古屋市立大学大学院芸術工学研究科

Graduate School of Design and Architecture, Nagoya City University

c215704@ed.nagoya-cu.ac.jp

Abstract

昨年、筆者らの研究グループは、Mirror Visual Feedback システムにおける鏡をハーフミラーで代替する提案を行い、まるで自身の手の表面を透かして身体内部を覗いているかのような錯覚体験を得られるインタラクション装置「XRAYSCOPE」を発表した。本研究では、XRAYSCOPE の効果を実験心理的な文脈で検証するものである。具体的には、Mirror Visual Feedback レイアウトにおける鏡面手前側の空間に配置するオブジェクトとして骨模型を使用し、鏡をハーフミラーに置き換えることによる身体所有感に加えて、透視および透触視（骨に対する接触感覚）に対する効果を検証した。実験の結果、身体所有感について鏡に関する要因の効果は検出されなかった一方、透視および透触視の感覚については、ハーフミラーの使用によって増強することが示された。

Keywords — 透視感覚, 透触視感覚, ラバーハンド錯覚, ミラービジュアルフィードバック, 視触覚共感覚

1. はじめに

Rubber Hand Illusion (Botvinick et al., 1998) を端緒とした従来の身体所有感に関する研究では、身体的な自己感に関して、ラバーハンドやマネキン等の投射対象の形状 (Armel et al., 2013) やサイズ (Van Der Hoort et al., 2011; Pavani, F et al., 2007) 等、視覚像の外観的要因を扱うアプローチが一般的である。こうした方向性とは別に、近年、手への触覚刺激とともに、何も存在しない空間に視覚刺激を与えることで「透明な身体」を所有している感覚を与えることや (Guterstam et al., 2013; Guterstam et al., 2016), 前方に手袋と靴下だけを提示した仮想空間における、被験者の手足と同期した手袋と靴下の運動は、所有感の伴う「透明な身体」の保持感覚を得られることが知られている (Kondo et al., 2018)。こうした報告は、我々が「透明化した身体」のリアリティーを、比較的容易に感受可能であることを示している。実際、漫画や映像などの視覚文化の領域では、身体の透明化は頻繁に採用される視覚表現であり、こうした

感受性が普遍性を有することの一つの証左であると思われる。一方で、筆者の知る限り、実験心理分野において、こうした身体像の「透視」を扱う手法や研究はそもそも報告されていない。これは、物理空間において、身体内部をむき出しに観察すること、身体を透かしてみているようなリアリティーを成立させることが端的に困難であったことが理由として考えられる。

2. XRAYSCOPE

我々は、昨年の「Best Illusion of The Year Contest 2020」において、あたかも身体表面を透かして身体内部を覗いているかのような錯覚体験を得られる装置

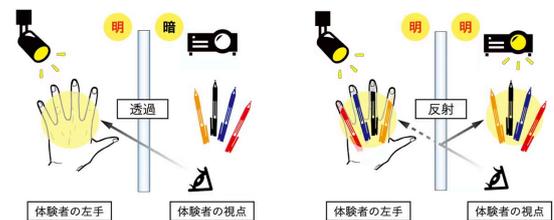


図 1 XRAYSCOPE

「XRAYSCOPE」を発表した (図 1)。

「XRAYSCOPE」は、実験心理の分野で鏡の模倣を利用した、Mirror Visual Feedback (以下、MVF: Ramachandran et al., 2009) のシステムにおける鏡をハーフミラーに置き換えることで再提案したものである。具体的には、鏡で仕切られた左右の空間に対して、プログラムで制御した恣意的な調光を行うことで、あたかも透明化した手の中にペンなどのオブジェクトが実際に入っているかのような視覚体験を可能とする装置である。2020年11月末に開催した研究室展において、ボールペンを用いた「XRAYSCOPE」の体験者に対して簡易的なアンケートを行ったところ (N=143)、「自身の身体内部を見ているような感覚 (以下、透視感覚)」の問いに対して、80%の体験者が「強く感じる (2)」または「大変強く感じる (3)」という回答を得た (図 2)。加えて、「XRAYSCOPE」の体験時に「ゾワゾワする」や「くすぐったい」など、体験者の手を直接触っていないにも関わらず、触覚に似た感覚が喚起されることも確認された*1。本研究では、この種の透かした身体内部において、視覚的な刺激によってのみ生じる触覚の感覚を「透触視*2」と名付ける。過去研究では、被験者の手に触覚刺激がない場合でも触覚が感じられる事例が報告されており (Dargin et al., 2007; Davies, A. et al., 2013)、「XRAYSCOPE」環境においても、視覚刺激のみで触覚刺激を誘発する可能性が十分にあり得ると推察される。

以上より本稿では、「XRAYSCOPE」環境における「透視」および「透触視」の効果を、実験心理学の手法で検証することを目的とするものである。

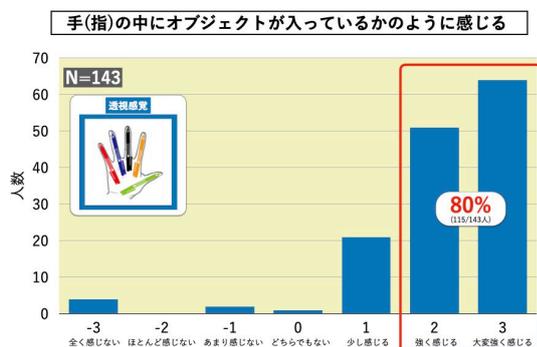


図 2 透視感覚の評価

3. 実験

3.1 実験装置

本実験では、展示での XRAYSCOPE とは異なり、身体内部の対象物として手の骨模型を使用する。また、ハーフミラーを境にした左右にそれぞれ光量割合を調

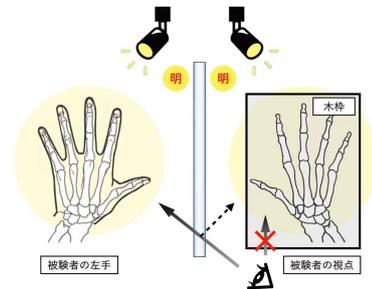


図 3 骨模型を用いた実験装置

*1 展示の記録映像 (<https://vimeo.com/495084864>) を参照

*2 視覚と触覚双方の統合的な特性は、実験心理の領域では「視触覚」というかたちで言及されることが一般的であるが、視覚文化を扱

う人文的領域では、近年、視覚の出力と触覚による入力を兼ねるタッチパネルが「触視の平面」という言葉で言及されている (東浩紀, 2018)。「透触視」という命名は、この後者の流れを汲むものである。

整できる電球 (Philips Hue) を設置し, 互いの光源が干渉しないように, 対象物 (左面: 被験者の手, 右面: 骨模型) に向けて焦点を合わせる. 加えて, 骨模型は被験者から直接見えないよう, 自作した木枠で覆い隠す (図3).

3.2 実験方法

実験の目的に関してナイーブな 12 人 (男 8 人, 女 4 人) の 20 代の被験者が参加した. 被験者は, 鏡面右側に設置してある木枠と鏡 (ハーフミラー) の隙間から鏡面左側を覗き, 左手を鏡越しで映る模型に合わせるように, 鏡面左側の机の上に置く状態を基本姿勢とする. 実験者は, MVF の鏡として通常のみラーを使用する条件 (左右の光量 = 0 : 10 (%)) とハーフミラーを使用する条件 (左右の光量 = 50 : 10 (%)) を与える (ミラー要因 : 図4). さらに, 模型を直接撫でる BONE 条件, 模型の少し上を撫でるフリをする (実際には, 模型には触れない) AIR 条件, 何も行わない NONE 条件の3つの条件を取り扱う (ビジュアルタッチ要因 : 図5).

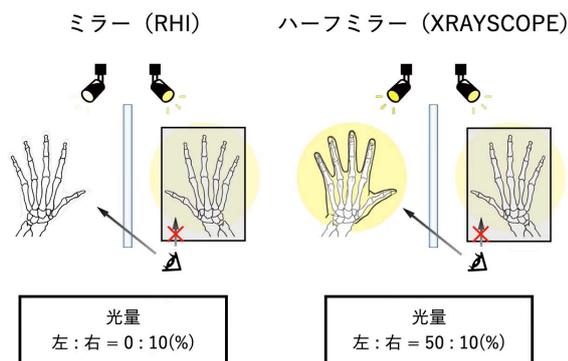


図4 ミラー要因

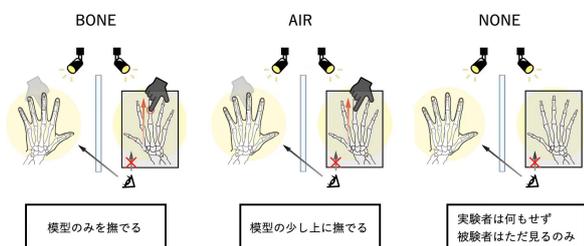


図5 ビジュアルタッチ要因

この時, 骨模型の触り方は, 手の甲から指先にかけて一方から撫でる方法で統一をした. 以上の三条件を通して, 実験者は被験者の手には一切触れておらず, 被験者に対する物理的な触覚刺激は皆無である.

ミラー要因が 2 通り, ビジュアルタッチ要因 (BONE 条件: 40 秒, AIR 条件: 40 秒, NONE 条件: 20 秒) が 3 通りの計 6 通りの試行を 1 セットとし, 合計 2 セット行う. また, 毎回の試行後, 「所有感」「透視感」「透触視感」に関する計 12 項目の質問 (Q1~6 が錯覚に関する質問, Q7~12 がコントロール質問 : 表 1) 行い, 各項目について 0 (全く感じない) から 6 (非常に強く感じる) の 7 段階で, 目を閉じて評価をさせた. しかし, Q4 に関しては, ビジュアルタッチ要因の条件による質問意図を統一するため, 質問を 2 つに分ける. 加えて, Q5~6, Q11~12 に関しては, 触覚に関する項目のため, 実験者が何も行わない NONE 条件を除く. 質問の順番は被験者ごとに無造作に決定した.

| 所有感に関する質問 | |
|------------|--|
| Q1 | 模型が自分の左手のそのものであるかのように感じる |
| Q2 | 自分の左手が細くなっているように感じる |
| 透視感に関する質問 | |
| Q3 | 模型が自分の左手の中に入っているかのように感じる |
| Q4 | 実験者の手が自分の左手の表面を貫通しているように感じる (≠NONE) 自分の左手の表面が透明化しているように感じる (NONE) |
| 透触視感に関する質問 | |
| Q5 | 自分の左手の表面または左手の内部で触覚を感じる (≠NONE) |
| Q6 | 自分の左手の骨が触れられているように感じる (≠NONE) |
| コントロール質問 | |
| Q7 | 自分の左手が太くなっているように感じる |
| Q8 | 自分の左手が複数あるように感じる |
| Q9 | 模型が自分の左手からはみ出しているように感じる |
| Q10 | 自分の左手の骨が透明化しているように感じる |
| Q11 | 自分の左手または左手の内部に痛みを感じる (≠NONE) |
| Q12 | 自分の左手の骨が重たくなるように感じる (≠NONE) |

表 1 12 項目の質問表

4. 結果

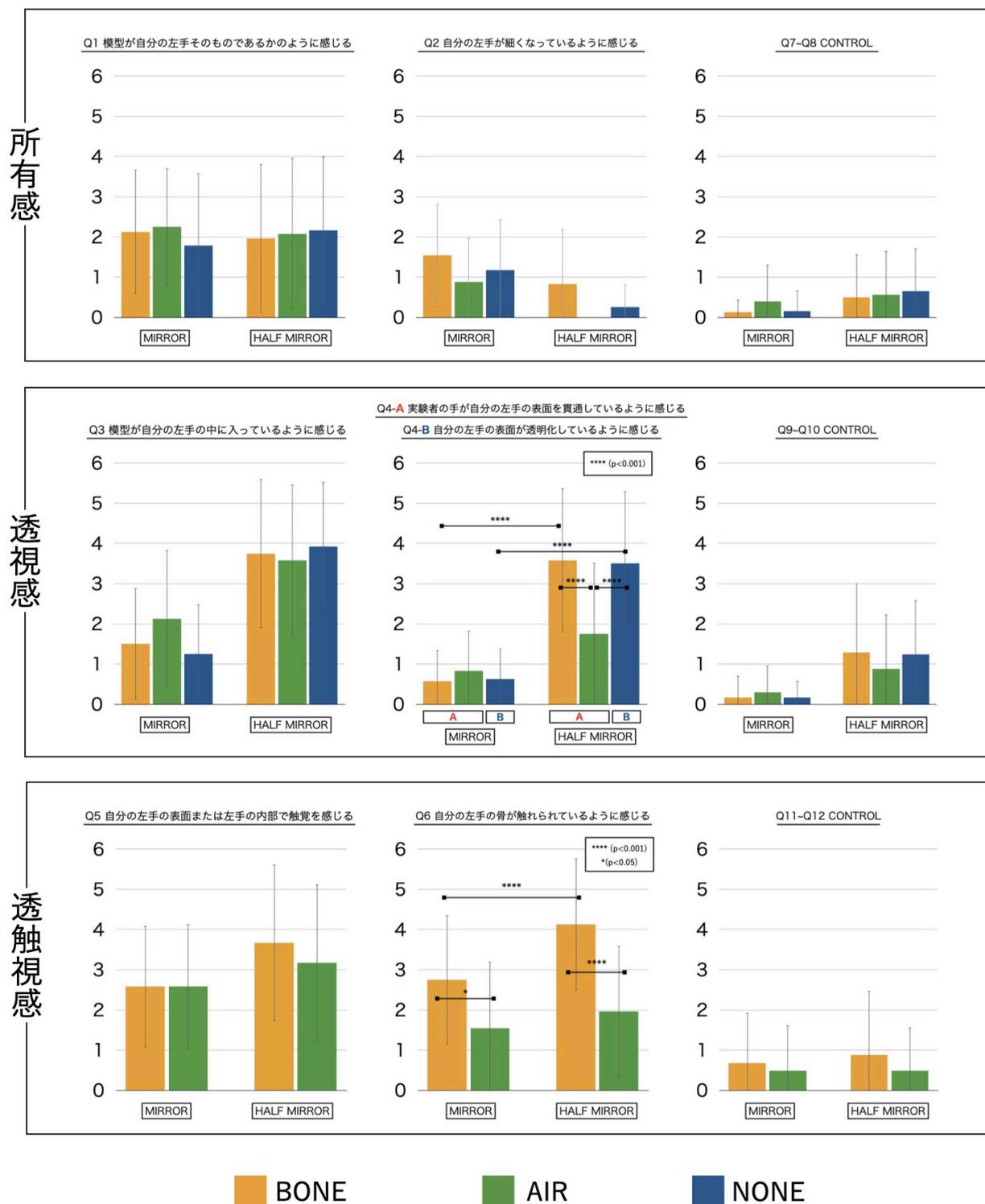


図6 実験結果

以上の結果 (N=12) を図 6 に示す。各要因の効果を検証するため、各質問項目における「ミラー要因」と「ビジュアルタッチ要因」について、2 要因の被験者内分散分析を行った (Q1-4, Q7-10 は2(ミラー要因 : ミラー,

ハーフミラー) × 3 (ビジュアルタッチ要因 : BONE, AIR, NONE) の 2 要因, Q5-6, Q11~12 は 2 (ミラー要因 : ミラー, ハーフミラー) × 2 (ビジュアルタッチ要因 : BONE, AIR) の 2 要因)。まず、錯覚に関連する質問項

目である, 所有感項目 Q1-2, 透視感項目 Q3-4, 透触視感項目 Q5-6 では, 「ミラー要因」に関して, Q1 以外の全ての質問項目で有意な主効果が得られた (Q2 : $F(1, 11) = 8.87, p < 0.05$, Q3 : $F(1, 11) = 22.34, p < 0.001$, Q4 : $F(1, 11) = 39.60, p < 0.01$, Q5 : $F(1, 11) = 8.59, p < 0.05$, Q6 : $F(1, 11) = 10.94, p < 0.01$). 続いて, 「ビジュアルタッチ要因」に関しても, Q1, Q3, Q5 以外の項目で有意な主効果を得た (Q2 : $F(1, 11) = 6.49, p < 0.01$, Q4 : $F(1, 11) = 4.41, p < 0.05$, Q6 : $F(1, 11) = 11.787, p < 0.01$). また, 各錯覚質問の項目に対応させたコントロール項目である, Q7-8 (所有感項目に対応), Q9-10 (透視感項目に対応), Q11-12 (透触視項目に対応) では, 「ミラー要因」に関しては Q7, Q9-11 で, 「ビジュアルタッチ要因」に関しては, Q12 で有意または有意傾向を持つ主効果が得られた。

「ミラー要因」と「ビジュアルタッチ要因」の交互作用については, Q3-4, Q5-6 において, 有意または有意な傾向が確認された (Q3 : $F(2, 22) = 3.10, p = 0.07$, Q4 : $F(2, 22) = 5.61, p < 0.05$, Q5 : $F(2, 22) = 2.92, p = 0.08$, Q6 : $F(2, 22) = 13.20, p < 0.001$).

得られた交互作用の結果にもとづき, 単純効果の検定を行ったところ, Q4 では「ミラー要因」の効果が, BONE と NONE の条件で有意 (BONE : $F(1, 11) = 30.86, p < 0.001$, NONE : $F(1, 11) = 28.34, p < 0.001$), 「ビジュアルタッチ要因」の効果がハーフミラー条件で有意 ($F(2, 22) = 10.01, p < 0.001$) となり, Q6 では, 「ミラー要因」の効果が BONE 条件で有意 ($F(1, 11) = 20.40, p < 0.001$), 「ビジュアルタッチ要因」の効果が, ミラー, ハーフミラーの両方の条件で有意となった (ミラー : $F(1, 11) = 5.60, p < 0.05$, ハーフミラー : $F(1, 11) = 17.99, p < 0.001$). すなわち, Q6 では, ミラーとハーフミラーのいずれの条件でも BONE 条件が大きく評価されることがわかった。

続けて, 単純効果の下位検定として多重比較 (Ryan 法) を行ったところ, Q4 では, ハーフミラー条件において, BONE と NONE 条件の双方が AIR 条件よりも有意に大きな値となることがわかった (全て, $p < 0.001$).

さらに, 各質問項目で得られた「ビジュアルタッチ要因」の主効果について, 多重比較 (Ryan 法) を行ったところ, Q2 では BONE 条件が AIR, NONE 条件よりも有意に大きく評価された (BONE-AIR : $p < 0.01$, BONE-NONE : $p < 0.05$).

5. 考察

本稿では, 「XRAYSSCOPE」における透触視感覚への関心から, 被験者への触覚刺激を与えずに検証を行った。「透視感」「透触視感」に関する計4項目では, ミラー条件よりも XRAYSSCOPE 環境に相当するハーフミラー条件でより強い錯覚を与えるという結果を得た。これらの結果は, MVF をハーフミラー化することによって, 「透視感覚」および「透触視感覚」が強化されることを直接示すものであり, 本研究の仮説と合致するものである。とりわけ後者の「透触視感覚」については, 過去の展示における「ゾワゾワする」や「くすぐったい」などの体験反応を裏付ける結果となり, 「XRAYSSCOPE」が, 視覚刺激のみで触覚刺激を誘発することを示唆するものである。すなわち, 本システムは, 認知システムに普遍的に内在している視覚に関わる共感覚性を増強しているものと考えられる。興味深い点として, 「透視」「透触視」に対する直接の質問である Q3 と Q5 について, 「ビジュアルタッチ要因」の効果および要因間の交互作用は得られていない。すなわち, 骨の模型を物理的に触る・触らないに関わる視覚レベルの触覚の違いは, 透触視錯覚の程度に全く影響を与えていない。この結果は, 従来の所有感錯覚の基本原則(多感覚間同期)と必ずしも一致するものではない。つまり, 身体内部のオブジェクト(骨)に対する所有感は, 身体表面で認知される通常の身体所有感とは異なる認知機序で作用している可能性が考えられる。

なお, 「所有感」に関する項目 (Q1) では, ミラー要因の主効果は得られなかった。当初の仮説では, 鏡を用いる古典的な MVF 手法では, 骨模型に対する所有感がより増強されるものと想定したが, 実際は, 骨模型と手のイメージが重畳されるハーフミラー条件のみならず, 骨模型のみが表示される鏡条件でも, 骨模型に対する所有感の変調は極めて低調であった。具体的には, 鏡を使用した場合に, 骨模型に対する身体所有感の強度は 7 段階で平均 2 程度であり, これは触覚刺激が与えられていないことを勘案しても, 一般的な MVF の実験としては極めて低いものである。以上の理由として, 骨が身体の中に存在するものであるという潜在的な身体感覚および, その種の身体像に類する概念的知識が影響を与えた可能性が考えられる。関連して, 鏡を使用して骨模型のみを呈示した場合に, 骨模型を触ることによる透触視の効果が有意に得られている点は, 骨という外観が有する (古典的なラバーハンドの

素材としての) 特別な性質を示唆するものである。

文献

- [1] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see. *Nature*, *391*(6669), 756-756.
- [2] Armel, K. C., & Ramachandran, V. S. (2003). Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, *270*(1523), 1499-1506.
- [3] Van Der Hoort, B., Guterstam, A., & Ehrsson, H. H. (2011). Being Barbie: the size of one’s own body determines the perceived size of the world. *PloS one*, *6*(5), e20195.
- [4] Pavani, F., & Zampini, M. (2007). The role of hand size in the fake-hand illusion paradigm. *Perception*, *36*(10), 1547-1554.
- [5] Guterstam, A., Gentile, G., & Ehrsson, H. H. (2013). The invisible hand illusion: multisensory integration leads to the embodiment of a discrete volume of empty space. *Journal of cognitive neuroscience*, *25*(7), 1078-1099.
- [6] Guterstam, A., Zeberg, H., Özçiftci, V. M., & Ehrsson, H. H. (2016). The magnetic touch illusion: A perceptual correlate of visuo-tactile integration in peripersonal space. *Cognition*, *155*.
- [7] Kondo, R., Sugimoto, M., Minamizawa, K., Hoshi, T., Inami, M., & Kitazaki, M. (2018). Illusory body ownership of an invisible body interpolated between virtual hands and feet via visual-motor synchronicity. *Scientific reports*, *8*(1), 1-8.
- [8] Ramachandran, V. S., & Altschuler, E. L. (2009). The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain*, *132*(7), 1693-1710.
- [9] Durgin, F. H., Evans, L., Dunphy, N., Klostermann, S., & Simmons, K. (2007). Rubber hands feel the touch of light. *Psychological Science*, *18*(2), 152-157.
- [10] Davies, A. M. A., & White, R. C. (2013). A sensational illusion: vision-touch synaesthesia and the rubber hand paradigm. *Cortex*, *49*(3), 806-818.
- [11] 東浩紀：観光客の哲学の余白に（9） 触視的平面の誕生, *ゲンロン* β 21, 2018

世界の部分的な心的操作モデルの獲得 による他者の背景世界の推定

The imagination of Umwelt of other based on a partial manipulable world model

高橋英之¹ 橋川莉乃¹ 堀部和也¹ 岡田浩之²

Hideyuki Takahashi, Rino Hashikawa, Kazuya Horibe, Hiroyuki Okada

1. 大阪大学大学院 基礎工学研究科・基礎工学部 2. 玉川大学 工学部

Osaka university, Tamagawa university

takahashi@irl.sys.es.osaka-u.ac.jp

概要

人間はどのように自分と他者、そして世界との関係を学んでいるのであろうか？本発表では、「自分と他者の関係」と「世界の心的操作可能なモデル」を反復的にもう一方の学習に際してプロジェクションさせることで、他者との関係性の理解と世界そのものの理解が相補的に展開していくモデルを提案する。そしてこのようなモデルにもとづいてコミュニケーションを捉えることで、これまでとは異なるコミュニケーションの価値についての視座が得られるのではないかと、という議論を行いたい。

キーワード：心の理論、世界の心的操作可能なモデル

1. はじめに

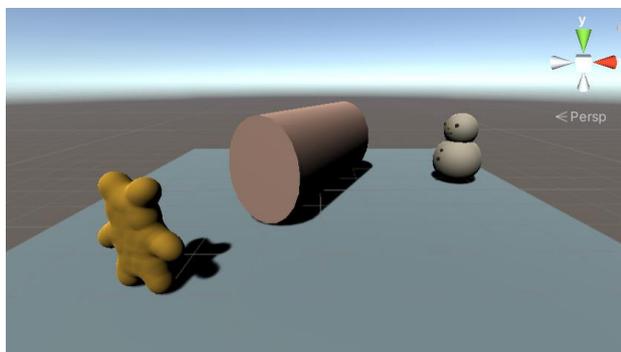


図1. シミュレーションで想定する風景の例

他者の視点に立って、他者の心を推定する能力（心の理論）の研究は、これまでに心理学、神経科学、哲学などで幅広く研究がなされてきた。しかしこれらの研究の多くは、自分と他者の同一性や、自分と他者を取りまく世界が既知なものであることが暗黙の前提として置かれていることが多かった。一方、同じ種である人間であっても、それぞれの視点や価値観は千差万別であり、また自分たちが置かれている世界についての知識も十分であるとは言えない。従って、他者を完全に理解することが可能である、とい

うことを前提とするモデルは現実的ではない、と考えている。

そこで我々はコミュニケーションにおいて他者の心を推定するということは、「自分と他者の視点や価値観の違いをまず認識し、その上で他者がみている世界（背景世界）を想像することにある」、という前提を置く、その上で、どのようにこのようなプロセスが理論化可能か、そのプロセスをモデル化し、思考実験にもとづくシミュレーションにより、このプロセスのダイナミクスをとらえることを目指す。

2. シミュレーションの概要

具体的には、二種類のエージェントそれぞれについて、三次元空間上での立ち位置と視線方向を設定し（それぞれのエージェントの空間上の位置は、相手からは観測することはできない）、それぞれの視線方向が交わる位置に立体図形のオブジェクトを置く場면을想定したシミュレーションを行う（図1）。この立体図形のオブジェクトは、世界全体を抽象化した存在であり、それぞれのエージェントはこのオブジェクトの像を二次元画像としてのみ取得することができる。このシミュレーションの肝として、エージェント単体では、オブジェクトの立体像を想像することができず、他のエージェントからの情報を統合することで、初めてオブジェクトの立体像をとらえることが可能になる。

このシミュレーションが難しい点として、二つのエージェントの相対的位置関係は未知であり、また同時に推定すべきオブジェクトの立体像の形も未知である点である。従ってこのシミュレーションにおいて、エージェントが正確にオブジェクトの立体像を推定するためには、自分と相手のエージェントの相対的な位置関係と、オブジェクトの立体構造の推定を同時に

行う必要がある。

本シミュレーションにおいて、エージェント間の通信は、それぞれのエージェントが観測した二次元画像をオートエンコーダによって低次元のバイナリ行列にした人工言語を使用する。従って、エージェントは自ら観測したオブジェクトの二次元画像、相手から伝達された圧縮された不完全なバイナリ行列の情報、そして自分と相手エージェントの相対的な位置関係の推定値にもとづき、観測しているオブジェクトの立体像を推定する。このシミュレーションにおいて、エージェントは自分と相手エージェントの位置関係の想定を固定してオブジェクトの立体像を予測するフェーズと、オブジェクトの立体像の想定を固定して相手エージェントとの相対的な位置関係を予測するフェーズを交互に繰り返すことで、相手エージェントの背景世界の想像がどのように変化していくのかについて検討する。

今回の発表では、エージェントのパラメータをどのように設定することで、エージェントが自分と相手の相対的な位置関係、さらに観測しているオブジェクトの立体像の安定した推定を行うことができるのかを検討する。また本研究では、このモデルが一方(自分エージェントが他者エージェントの背景世界を想像する)である場合と、双方向(二つのエージェントがそれぞれ相手の背景世界を想像する)である場合で、どのようにモデルのダイナミクスが変化するかについても検討する(図2)。

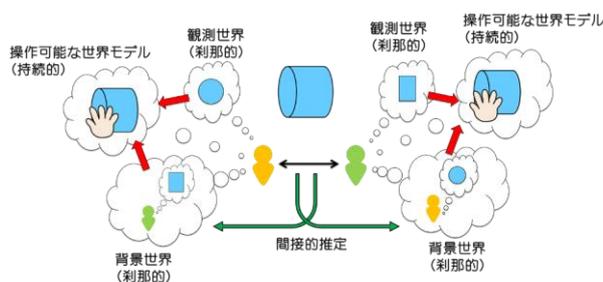


図2. 双方向性を仮定したモデルの例

このモデルの面白いところは、自分エージェントと他者エージェントの視点の相違性の推定をすることが、結果的に(部分的ではあるが)世界の心的操作モデルを獲得することにつながり、それが結果的には自分と他者の相対的な関係性の推定を可能にする、という点である。

3. 今後の展開

このように「自分と他者の関係」と「世界の心的操作可能なモデル」を反復的にもう一方の学習に際してプロジェクションさせることで、他者との関係性の理解と世界そのものの理解が相補的に展開していく点は、コミュニケーションにおける新たな価値関数に対する視座を与えてくれる。すなわち他者の背景世界を推定しながらコミュニケーションを行うことは、世界の操作モデルを獲得することにつながり、結果として自らの内的世界の拡張を実現する。このような自らの内的世界の拡張を報酬系として組み込んだコミュニケーションのモデルを提案することは、従来の互惠性をベースとしたコミュニケーションのモデルとは全く異なる価値関数の提案につながるのではないかと期待している。今回の発表では、その点についても、心理学や哲学などの関連領域の知見も交えながら議論をしたい。

文献

- [1] Yang, D. Y. J., Rosenblau, G., Keifer, C., & Pelphrey, K. A. (2015). An integrative neural model of social perception, action observation, and theory of mind. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 51, 263-275.
- [2] Redcay, E., & Schilbach, L. (2019). Using second-person neuroscience to elucidate the mechanisms of social interaction. *Nature Reviews Neuroscience*, 20(8), 495-505.

曖昧性と美：俳句の美的評価の日独文化比較

Ambiguity and Beauty: Japan–Germany Cross Cultural Comparison on Aesthetic Evaluation of Haiku Poetry

檀割 仁平[†], 野村 理朗[†]
Jimpei Hitsuwari, Michio Nomura

[†]京都大学
Kyoto University
hitsuwari.jimpei@gmail.com

概要

Ambiguity was divided into semantic and affective ambiguity, and their effects on the aesthetic evaluation of haiku were examined for Japanese and German speakers. 450 Japanese and 373 German speakers were analyzed. The online experiment consisted of two parts: one part for evaluating haiku and the other for answering questions on personality traits. The results showed that as semantic ambiguity increased, the aesthetic evaluation of haiku decreased. As a measure of affective ambiguity, we focused on awe and nostalgia, which encompass both positive and negative emotions, and the more they felt these emotions, the higher the aesthetic evaluation. These tendencies were greater for German speakers than Japanese. The reasons for the effects of two kinds of ambiguity on aesthetic evaluation of haiku and the cultural differences will be discussed.

キーワード：俳句, 芸術, 審美性, 曖昧性, 文化比較

1. はじめに

世界最短の詩といわれる俳句 (木山, 2020) の美しさは、「不言の美」とも称され、余計なことは書かない、言わないところが俳句の特徴である (新田, 2013). つまり、俳句は曖昧性を多く孕んだ芸術であるといえる。曖昧性は芸術鑑賞の心理学研究においても重要なトピックであり、その多くは、絵画や画像を用いて研究が進められている (Muth et al., 2015). 一方で、俳句を含む詩を題材にした研究は限られているが、俳句に関する2種類の曖昧性、すなわち意味の曖昧性 (新田, 2016), 感情の曖昧性 (岸本, 2008) についての言及を参考に、本研究では、曖昧性が俳句の美的評価にどのように影響を与えるかを検討する。

意味の曖昧性は、芸術の評価において重要な要因となるが、その影響の方向性については結果が一貫

していない、つまり、曖昧性が芸術の評価を高める時もあれば、低める時もある (Muth et al., 2015). また、曖昧性耐性—曖昧性を受容し、楽しむ力—の個人特性も芸術の嗜好を予測することが知られている (Swami et al., 2010). 曖昧性耐性の文化差 (Hitsuwari & Nomura, 2021a) に加え、東洋の高文脈社会と西洋の低文脈社会—高文脈社会では、言外の情報も重視される一方、低文脈社会では、語られたことそのものに信頼を置く—を考慮すると (Hall, 1976 岩田訳 1979), 日本語話者の方が曖昧な俳句においても、意味を察し、より高い評価に繋がることが予想される。

一方、俳句を含む芸術鑑賞の時、曖昧なものは意味だけでなく、鑑賞者の感情も非常に曖昧なものとなる、つまり、ポジティブともネガティブともいえない感情が芸術の美的評価に影響を与えることがある (Menninghaus et al., 2017). ここでは、ポジティブ・ネガティブの感情価が同居しうる2つの高次感情である畏敬の念 (Ehrfurcht in German) とノスタルジア (Nostalgia in German) に注目するが、それらの感じ方の個人特性も芸術の評価に影響しうる (Hitsuwari & Nomura, 2021b). 具体的には、畏敬の念・ノスタルジアを感じやすい個人程、俳句の美を高く評価する。俳句を鑑賞した時に実際に喚起される、つまり、状態レベルの畏敬の念、ノスタルジアが俳句の美的評価に与える影響は未だ未検討だが、先行研究を考慮すると、畏敬の念やノスタルジアを感じれば感じる程、俳句の美的評価は高くなると予想される。

以上より、2種類の曖昧性に焦点を当てながら、定型が17シラブルと極端に短く、曖昧性を常に包含しうる芸術である俳句の美的鑑賞中の心理状態と関連する個人特性について検討する。さらに、本研究では、俳句発祥の地である日本と西洋文化の中でもドイツ語俳句が広く知られているドイツ語圏の参加者を対象にした。

2. 方法

本研究は、京都大学大学院教育学研究科倫理審査委員会の承認を得た(受理番号 CPE-353)。なお、本研究の実験パラダイムは先行研究 (Hitsuwari & Nomura, 2021b) に準拠している。

2.1. 参加者

日本語話者 450 名 (女性 293 名, 男性 155 名, その他 2 名, $M_{age}=39.52, SD=11.15$), ドイツ語話者 373 名 (女性 150 名, 男性 220 名, その他 3 名, $M=28.67, SD=9.17$) がそれぞれ Crowdworks (<https://crowdworks.jp/>), Prolific (<https://www.prolific.co/>) で集められた。ドイツ語話者は、ドイツ人 243 名, ポーランド人 68 名, その他 62 名で構成されている。

2.2. 刺激

CLASSIC HAIKU (Lowenstein, 2007) に収録されている松尾芭蕉, 与謝蕪村, 小林一茶, 正岡子規の俳句を準備した。本書にはドイツ語俳句も収録されており, 日本語話者には日本語俳句を, ドイツ語話者にはドイツ語俳句を提示した。予備調査で, 8 名が俳句の感情価評価を行い, よりネガティブな感情価を持つ俳句 61 句 ($Range_{valence}=1.17\sim 3.17$) を採用した。表 1 に今回使用したいくつかの日本語俳句とドイツ語俳句, 参考として英語俳句を示す。

2.3. 手続き

実験もオンラインで行われ, 大きく俳句の評価を行うパートと個人特性に回答するパートに分けられた。俳句の評価パートでは, 俳句一句が画面に提示された 7 秒後に, 参加者は, (1) 美, (2) 意味の曖昧性, (3) 畏敬の念, (4) ノスタルジア, (5) イメージの鮮明性, (6) 俳句内容の感情価, (7) 鑑賞者が抱いた感情価, (8) 理解度, (9) 感動, (10) わびさびの 10 の項目に 100 件法の VAS 評定を行った。本研究では, (1)~(4) の得点について検討した。その評定をランダムに提示される 23 の俳句に対して繰り返した。最初に提示された 4 句を最後に再評価させることにより, 評価の信頼性を確認した。その結果, 美 ($r=.60$), 意味の曖昧性 ($r=.56$), 畏敬の念 ($r=.56$), ノスタルジア ($r=.57$) の 4 項目は中程度の再検査信頼性を有していることが明らかになった。

個人特性に回答するパートでは, 曖昧性耐性 (今川, 1981), 特性畏敬 (Shiota et al., 2006; Nomura et al., in press), 特性ノスタルジア (楠見, 2014; Routledge et al., 2008) の尺度を含む質問紙に回答した。

どちらのパートも Qualtrics (<https://www.qualtrics.com/>) を用いて実験が作成された。

3. 結果と考察

3.1. 意味の曖昧性と俳句の美的評価

俳句の美的評価を従属変数に, 意味の曖昧性と文化, それらの交互作用を独立変数に投入して階層線形モデルで分析を行った。その結果, 意味の曖昧性 ($b=-.23, SE=.01, t=-38.67, p<.01$), 意味の曖昧性と文化の交互作用 ($b=-.08, SE=.01, t=-7.01, p<.01$) が有意であった (表 2; 図 1)。また, 曖昧性耐性にも文化差が見られ, 日本語話者 ($M=4.50, SD=.51$) の方が, ドイツ語話者 ($M=4.41, SD=.59$) よりも曖昧性耐性が高いことが示された ($t=2.28, p=.02, d=.16$)。

結果より, 意味の曖昧性が上がれば上がるほど, 俳句の美的評価は下がったが, 文化との交互作用がみられた。具体的には, 日本語話者の方がその傾きが小さく, 曖昧性を高く感じている時の美的評価がドイツ語話者よりも高かった。曖昧性が上がるほど俳句の評価が下がった結果は, 俳句の曖昧性そのものが美しさに繋がるよりむしろ, 曖昧性の解消が美しさに繋がることを示唆している。曖昧性それ自体よりもその解消が芸術の美的評価に重要であることは先行研究とも一致する (Muth & Carbon, 2013)。さらに, 高文脈社会である日本の参加者が, 少ない情報から対象を評価することができ, 低文脈社会のドイツ語話者にとって, それがより難しいことも示唆している。それは, 曖昧性耐性が, 日本語話者の方がドイツ語話者より高かった今回の結果によって支持される。

3.2. 感情の曖昧性と俳句の美的評価

俳句の美的評価を従属変数に, 畏敬の念と文化, それらの交互作用を独立変数に投入して階層線形モデルで分析を行った。その結果, 畏敬の念 ($b=.36, SE=.01, t=52.15, p<.01$), 畏敬の念と文化の交互作用 ($b=.06, SE=.01, t=4.60, p<.01$) が有意であった

(図2A). 同様にノスタルジアについても分析を行い、ノスタルジア ($b = .38, SE = .01, t = 61.92, p < .01$) とノスタルジアと文化の交互作用 ($b = .09, SE = .01, t = 7.64, p < .01$) が有意であった (図2B).

感情の曖昧性については、畏敬の念とノスタルジアを感じれば感じるほど、俳句の美的評価が上がるという結果が両文化で一致したが、文化との交互作用が有意であり、ドイツ語話者の方が、その傾きが大きかった。つまり、ドイツ語話者の方が、それらの感情の喚起が俳句の美的評価に与える影響をより顕著に受ける。畏敬の念やノスタルジアが美的評価を予測するのは先行研究 (Hitsuwari & Nomura, 2021b) と一致するが、その効果に文化差を見出したのは本研究が初めてである。畏敬の念が、西洋人にとって、よりポジティブに捉えられ (Bai et al., 2017), ノスタルジアが、西洋人にとって、概ねポジティブな感情として捉えられている一方 (Wildschut et al., 2006), 日本人にとって、ネガティブな側面が強調されうること (長峯・外山, 2016) が今回の結果を説明しうる。つまり、西洋人にとって、畏敬の念、ノスタルジアという感情が美というポジティブな評価、感情とより密接に関連していることが考えられる。加えて、東洋人は感情の両価性を受け入れやすく、つまり、それらの感情を必ずしもポジティブと評価しないため (Nakayama et al., 2020), 西洋人程には俳句の美的評価を予測する感情因子にはならなかったのではないかと考えられる。

4. 結論

曖昧性を意味の曖昧性、感情の曖昧性に分解し、それらが俳句の美的評価に与える影響を日本語話者とドイツ語話者を対象に検討した。その結果、意味の曖昧性が上がるほど、俳句の美的評価は下がったが、その傾向は日本語話者よりもドイツ語話者の方が大きく、その文化差は高低文脈社会によって説明されうる。感情の曖昧性を測る指標としてポジティブ・ネガティブの感情を包含する畏敬の念とノスタルジアの高次感情に注目した。それらの感情を感じれば感じる程、俳句の美的評価は上がったが、その傾向は日本語話者よりもドイツ語話者の方が大きく、その文化差は、畏敬の念やノスタルジアの持つポジティブ・ネガティブの感情価の割合に文化差があることによって説明されうる。「不言の美」と称される

俳句の特徴の1つである曖昧性は、美的評価の重要な予測因であると同時に、その関係には文化差があることが明らかになった。

謝辞

本研究は、山岡記念財団研究助成「日独の若者文化・ライフスタイルの研究」を得て、計画・遂行されました。また、ドイツの研究者 Katharina Quaiser さんに研究材料の翻訳及びドイツ語圏でのデータ収集にご協力頂きました。この場をお借りして、感謝申し上げます。

文献

- [1] Bai, Y., Maruskin, L. A., Chen, S., Gordon, A. M., Stellar, J. E., McNeil, G. D., Peng, K., & Keltner, D. (2017). Awe, the diminished self, and collective engagement: Universals and cultural variations in the small self. *Journal of Personality and Social Psychology*, 113(2), 185–209. <https://doi.org/10.1037/pspa0000087>
- [2] Hall, E. (1976). *Beyond Culture*. New York: Doubleday. (ホール, E. 岩田 慶治 (監訳) (1979). 文化を超えて ティビーエス・ブリタニカ)
- [3] Hitsuwari, J. & Nomura, M. (2021a). Developing and Validating a Japanese Version of the Multidimensional Attitude toward Ambiguity Scale (MAAS). *Psychology*, 12, 477–497. <https://doi.org/10.4236/psych.2021.124030>
- [4] Hitsuwari, J., & Nomura, M. (2021b). How Individual States and Traits Predict Aesthetic Appreciation of Haiku Poetry. *Empirical Studies of the Arts*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1177/0276237420986420>
- [5] 今川 民雄 (1981). Ambiguity Tolerance Scale の構成 (1): 項目分析と信頼性について 北海道教育大学紀要, 32(1), 79–93.
- [6] 岸本 尚毅 (2008). 俳句の力学 ウェブ
- [7] 木山 幸子 (2020). 俳句の心理言語学的一考察—定型詩を介した感情認知について— ことばと文字, 13, 35–43.
- [8] 楠見 孝 (2014). なつかしき経験に及ぼす加齢の影響: ノスタルジアとの差異の検討と傾向尺度の作成 日本社会心理学会第55回大会発表論文集.
- [9] Lowenstein, T. (2007). *Classic Haiku: The Greatest Japanese Poetry from Basho, Buson, Issa, Shiki, and Their Followers (Eternal Moments)*. London: Duncan Baird Pub.
- [10] Menninghaus, W., Wagner, V., Hanich, J., Wassiliwizky, E., Jacobsen, T., & Koelsch, S. (2017). The Distancing-Embracing model of the enjoyment of negative emotions in art reception. *Behavioral and Brain Sciences*, 40. <https://doi.org/10.1017/S0140525X17000309>
- [11] Muth, C., & Carbon, C. C. (2013). The Aesthetic Aha: On the pleasure of having insights into Gestalt. *Acta Psychologica*, 144(1), 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.05.001>
- [12] Muth, C., Hesslinger, V. M., & Carbon, C. C. (2015). The appeal of challenge in the perception of art: How ambiguity, solvability of ambiguity, and the opportunity for insight affect appreciation. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 9(3), 206–216. <https://doi.org/10.1037/a0038814>
- [13] 長峯 聖人・外山 美樹 (2016). 日本人はノスタルジアを経験しうるか? 感情心理学研究, 24(1), 22–32.

- https://doi.org/10.4092/jsre.24.1_22
- [14] 新田 義彦 (2013). 不言の美文について: 俳句における省略の機序 (思考と言語) 電子情報通信学会技術研究報告, 112, 73-78.
- [15] 新田 義彦 (2016). 物語性について 経済集志, 85(4), 167-175.
- [16] Nomura, M., Tsuda, A., & Rappleye, J. (in press). Defining awe in East Asia: cultural differences in describing the emotion and experience of awe. Chiao, J., Shu-Chen, L., Rebecca, S., & Robert, T. (Ed.), *Handbook of Cultural Neuroscience: Cultural Neuroscience and Health*, New York: Oxford University Press.
- [17] Nakayama, M., Nozaki, Y., Taylor, P. M., Keltner, D., & Uchida, Y. (2020). Individual and Cultural Differences in Predispositions to Feel Positive and Negative Aspects of Awe. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 51(10), 771-793. <https://doi.org/10.1177/0022022120959821>
- [18] Routledge, C., Arndt, J., Sedikides, C., & Wildschut, T. (2008). A blast from the past: The terror management function of nostalgia. *Journal of Experimental Social Psychology*, 44(1), 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2006.11.001>
- [19] Shiota, M. N., Keltner, D., & John, O. P. (2006). Positive emotion dispositions differentially associated with Big Five personality and attachment style. *Journal of Positive Psychology*, 1(2), 61-71. <https://doi.org/10.1080/17439760500510833>
- [20] Swami, V., Stieger, S., Pietschnig, J., & Voracek, M. (2010). The disinterested play of thought: Individual differences and preference for surrealist motion pictures. *Personality and Individual Differences*, 48(7), 855-859. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.02.013>
- [21] Wildschut, T., Sedikides, C., Arndt, J., & Routledge, C. (2006). Nostalgia: Content, triggers, functions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 91(5), 975-993. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.91.5.975>

表 1. 使用した日本語, ドイツ語俳句の例

| 日本語俳句 | ドイツ語俳句 | 英語俳句 |
|-----------------------|---|--|
| この道を 行く人なしに 秋の暮 | Dämmerung im Herbst und die lange Straße ist ganz verlassen. | Autumn nightfall and the long road empty. |
| 涼しさや 鐘を離るる かねの声 | Im kühlen Morgen löst sich von der Glocke der Klang und entschwindet. | In the cool of morning the bell's voice leaves the bell. |

表 2. 意味の曖昧性と文化が俳句の美的評価に与える影響

| Random effects | | | | | | |
|---------------------|-------------|----------|----------|---------|---------|--|
| Groups | Name | Variance | SD | | | |
| ID | (Intercept) | 94.74 | 9.73 | | | |
| haikuID | (Intercept) | 47.89 | 6.92 | | | |
| Residual | | 393.62 | 19.84 | | | |
| Number of obs | 18929.00 | | | | | |
| groups ID | 823.00 | | | | | |
| haiku ID | 61.00 | | | | | |
| Fixed effects | | | | | | |
| | Estimate | SE | df | t value | p value | |
| (Intercept) | 55.51 | .96 | 79.45 | 57.75 | < .01 | |
| Ambiguity | -.23 | .01 | 18120.00 | -38.67 | < .01 | |
| Culture | .52 | .74 | 821.90 | .70 | .49 | |
| Ambiguity * Culture | -.08 | .01 | 18120.00 | -7.01 | < .01 | |

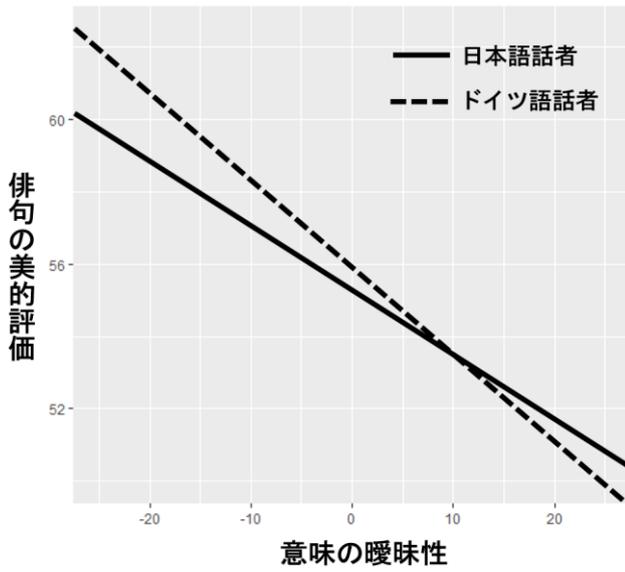


図1. 意味の曖昧性と文化の交互作用が俳句の美的評価に与える影響

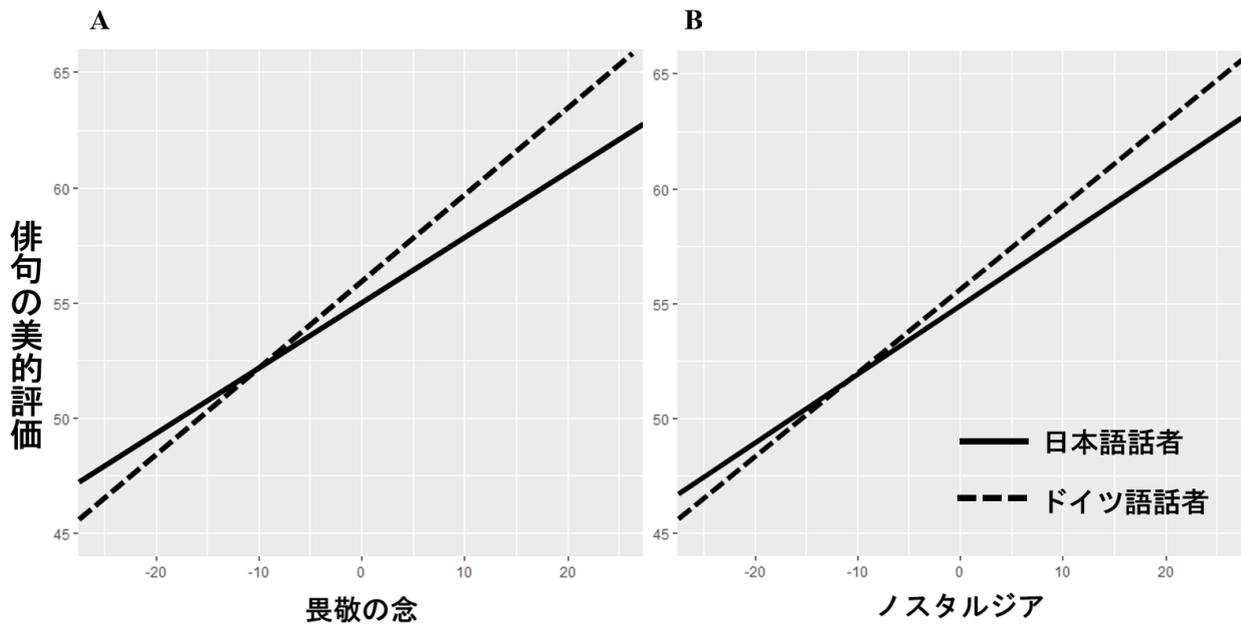


図2. (A) 畏敬の念・(B) ノスタルジア と文化の交互作用が俳句の美的評価に与える影響

作者情報を伝える芸術：鑑賞者はいかに創作を「復元」するか Art as Conveyor of Author Information: How Viewers "Reconstruct" Creation

松本 一樹[†], 岡田 猛[†]
Kazuki Matsumoto, Takeshi Okada

[†]東京大学大学院教育学研究科
Graduate School of Education, The University of Tokyo
k-matsumoto@g.ecc.u-tokyo.ac.jp, okadatak@p.u-tokyo.ac.jp

概要

芸術作品鑑賞時の認知・感情過程について現在心理学領域ではいくつかのモデルが提案されており、その代表的なものは作品の意味論的・美術史的な理解をモデルの中心に据えて議論したものであった。一方で、作品の背後にある作品が創作されたプロセスなどに鑑賞者がいかに注意を向けているかについて着目した理論的・実証的研究も近年登場してきており、その有効性への関心が高まっている。本論では、こうした作品創作プロセスの認識に関して今後精緻なモデルを提案していく上で必要とされる実証的知見について、(1)情報の収集(2)内的処理過程(3)感情等の他の心理的側面への寄与という三つの要素に整理しながら議論を行う。

キーワード：鑑賞、認知モデル、作品創作プロセスの認識、眼球運動、発話プロトコル分析

1. 鑑賞の認知モデル研究の現在地

人にとって芸術に接することはどのような意味を持っているのだろうか？この問いは、現在の認知心理学研究の領域では次のような問いの形に翻案され検討されている。「人は芸術を鑑賞する際、どのような心理的過程を経験するのか？」先行研究は、鑑賞過程において作品側の有する物理的特徴や、鑑賞者の持つ作品に関連する知識などが重要な機能を持つことを示してきた。その知見をまとめて整理したものとして鑑賞心理学の研究領域で現在最もよく引用されているのが Leder ら(2004)の情報処理段階モデル (information-processing stage model) である[1]。同モデルでは、鑑賞者が作品と接触してから最終的な美的判断・美的感情状態に至るまでの間の処理段階を五段階に分けて整理している。即ち、知覚的分析、潜在的記憶統合、顕在的分類、認知的解得、評価の五つの段階が、一部ループ処理の可能性を持ちながらも、美的判断という出力部に向かって基本的には上記の順番に処理を進めていくということが理論的に想定されている。その中では、例えば作品の対称性やコントラストなどの

物理的特徴は最初の知覚的分析で処理が行われ、鑑賞者が作品を理解する上で役立つ領域知識などは顕在的分類や認知的解得に寄与するものとして考えられる。

鑑賞の情報処理段階モデルは一見網羅的に人の芸術鑑賞行為を支える認知・感情過程を表現しているように見える。しかし実際のところ、このモデルが中心的に想定しているのは言わば順序よく作品を解釈し理解を深めるような鑑賞経験とも言える。それに対して例えば Pelowski & Akiba (2011)は、作品に対して最初はよく理解できず混乱しながらも鑑賞者が自らのスキーマを変容させる中で作品への理解を深めていくような過程が日常的な状況の中では存在しているという問題意識からこのモデルの拡張の必要性を主張した[2]。現在、情報処理段階モデルは Pelowski & Akiba の主張を吸収・統合するような形で VIMAP モデル (The Vienna Integrated Model of top-down and bottom-up process in Art Perception) として新たに再提案されている[3]。

ここまで作品に対する知的な解釈を中心に据えたモデルを紹介してきたが、近年の鑑賞研究ではもう一つ別の角度から鑑賞経験を整理する試みがなされ始めている。具体的には、Tinio (2013)のミラーモデル (mirror model) [4]や Bullot & Reber (2013)の鑑賞の科学のための心理・歴史的フレームワーク (a psycho-historical framework for the science of art appreciation) [5]がそれに該当し、本研究ではこの総称として復元型鑑賞モデルという語を使用する。復元型鑑賞モデルでは、鑑賞者が作品を鑑賞する際に、作品が現在の完成形に至るまでに経てきた諸過程について「復元」するような思考を辿ることを想定している。Tinio のミラーモデルでは、個人の創作の過程と鑑賞の過程が文字通り鏡に合わせたように順序が逆転して進んでいく可能性が指摘されている。Bullot & Reber の心理・歴史的フレームワークでは、作品の作

者個人を超えて、その作品を管理する機関や外的な市場や歴史など、より広い範囲で今現在の作品のあり方に影響を及ぼしてきたあらゆるものに対する認識も鑑賞経験と関わるものとして挙げられている。両者は、鑑賞者側の専門的知識 (expertise) が作品の「復元」のあり方に影響を及ぼしうると考察している点では共通している。専門的知識は先述の情報処理段階モデルやVIMAPモデルでも要素として考慮されていたものの、そちらではどちらかといえば美術史の知識など作品の解釈のために重要な宣言的知識が想定されていると考えられる。一方で復元型鑑賞モデルではそれだけではなく、一つの作品を作り上げていく中で作者が従事する無数のミクロな段階に関わる手続き的知識も重要な役割を果たすと考える。

復元型鑑賞モデルの現状の限界は、情報処理段階モデルやVIMAPモデルのような厳密な形で鑑賞の認知的な過程をモデルとして表現できていない点にあると考えられる。本論は、この点を主要な問題意識として、今後のさらなるモデル開発研究（これには復元型鑑賞モデルを精緻化するだけでなく、情報処理段階モデルなど他のモデルとの統合などの取り組みも含まれる）の下地となる先行研究の整理と今後必要とされる実証研究の提案を行うことを目的とするものである。本論では、特に (1)情報の収集 (2)内的処理過程 (3)感情等の他の心理的側面への寄与 という大きく3つの処理の構成要素があると想定し、各段階についての考察を行うものとする。また、本論では現状利用可能な実証的データの範囲を考慮して、復元型鑑賞モデルの中でも作者個人の創作プロセスに関する鑑賞者の認識に議論を限定して行うものとする。

2. 作品創作プロセスの認識に関する内的処理過程と他要素との関係性

まず、鑑賞者の作品創作プロセスの認識に関する実証的なデータを示している研究はあまり多くないが、既存のものは上記の3段階のうち(2)内的処理過程と(3)感情等の他の心理的側面への寄与のいずれかに関するものがほぼ全てである。この具体的な研究例の中でも、Ticiniら(2014)の研究は先駆的なものである[6]。Ticiniらは実験参加者に点描画法で描かれた絵画作品を刺激として呈示し、その鑑賞フェーズの前に3条件に分けた視覚運動プライミングフェーズ(点を描く、ストロークする、手のひらを下にして手を置く

の3種類のいずれかを行う)を準備することで、絵画創作時に使用されたと考えられる動きを鑑賞者が模倣するかどうかを鑑賞経験にどのように影響するか検討を行った。結果として、絵画創作時の画家の動きと合致する動きを鑑賞者が行ったときの方が作品に対する好みの得点が向上するという結果が得られた。この研究自体はミラーニューロン等の身体的な模倣に関わる神経機構への関心が理論的な背景として大きな部分を占めているものだが、復元型鑑賞モデルの文脈に当てはめて考えても、鑑賞者と作者の結びつきを支援することが美的判断に影響することを示すわかりやすい例である。

Ticiniらの研究で報告されているのは好みの得点のみであり、具体的に鑑賞者の思考としてどのようなものが形成されていたかはこのデータだけでは推測が難しい。この問題に関して、Matsumoto & Okada (2019)はその他の質問項目や発話思考法を使用することで、より詳細な認知過程を検討している[7]。この実験の中では、参加者は創作折り紙の鑑賞を事前と事後の2回にわたって行い、その2回間に参加者は自分自身で創作折り紙を計画・創作する作業を行うか、より単純な作業として指示通りに折り紙を作り続けるか、無関係な課題を行うかのいずれかの条件に割り当てられた。結果として、創作する作業を行った参加者はそうでない条件の参加者と比べて、他者の作品に対する好みや感嘆についてよりポジティブな反応を示すような変化が認められた。さらに、創作経験を行った鑑賞者は、他者の作品を鑑賞する際にその作品創作プロセスにより意識を向けるようになり、自分自身と作者の比較を頻繁に行い、作品の創作プロセスに関する側面を実際に詳細に認識するようになり、かつその作品を創作することがどの程度困難なことであるか、困難性の推定に関する自信度が向上するといったことがその他の質問項目と発話から明らかになった。ここで特に注目すべき点は、鑑賞者は創作を経験することで自他の社会的比較を行うための認知基盤を獲得し、それによって社会的比較感情(感嘆や触発など[8])が生起する、といった認知・感情過程が復元型鑑賞には伴っている可能性が示されたことである。これは情報処理段階モデルやVIMAPモデルなどで主に想定されている認知と感情の関係性とは別種のものであり、それらが認知的解得と評価の関係性の中で作品を理解することによって得られる満足感を重視しているのに対して、上記の社会的比較に関する考察は、たとえ作品を意味論

的に理解できずとも、作品の背景にある創作プロセスを推測することで作品に対して鑑賞者が強い情動的反応を示すことがありうることを示唆している。

さらに、Matsumoto & Okada (2021b)は、必ずしも鑑賞者がその場で創作を経験せずとも、作品の創作プロセスに鑑賞時に細かく注意を払うことで作品に対する印象や生理指標（脈拍値）に変化が生じることを初作品を用いて示した[9]。これらの研究から、作品創作プロセスに関する認識と（身体・情動的反応も含めた）鑑賞経験全体との関係の大きさは徐々に明らかになってきている。その詳細な過程についても、発話プロトコル分析や神経生理学的手法により明らかにしていくことは実現可能と言えるだろう。

3. 作品創作プロセスに関する情報収集過程

そもそも鑑賞者はどのように作品から情報を収集しているのだろうか？実はこの問いに関しては、復元型鑑賞モデルに限らず、鑑賞の代表的な認知モデルの中ではほとんど大きく扱われていないのが現状である。人が芸術作品に接するとき、ただ受動的に入力された刺激をそのまま処理しているのではなく、実際は自ら探索的に情報の収集を行っていると考えられる。これは前節の内的処理過程や情動的反応に対して単純に時間的に先行するものではなく、むしろ両者の間で情報が繰り返し行き来するダイナミズムがあると想定すべきだろう。

芸術作品鑑賞時の情報探索・収集に関する実験研究自体は多く、その多くは絵画鑑賞時の視線の動きを分析したものである。Zangemeister ら(1995)の古典的な研究では、（特に抽象画について）芸術家は非芸術家に比べて絵画に対してより作品を全体的に見る

（global scanpath などと呼ばれる）傾向があることが示されている[10]。類似の結果は多くの先行研究で示されており、芸術家などの熟達者は自らの専門的知識を用いて作品全体の構図を把握するためにこのような視線の動かし方をしていると考えられる。一方で、Bauer & Schwan (2018)は、既存の鑑賞中の眼球運動に関する熟達者研究が形式と内容の二項対立において前者への注意に偏っていることを指摘し、熟達者であるからこそ作品の内容面に注意を向けることもありうることを発話思考法も併用しながら実証的に議論している[11]。

復元型鑑賞モデルを提案する上で今すぐにモデルの根拠として扱えるような実験研究は現在確認される限り存在していない。この理由として、眼球運動を計測するだけでは、どこに注意が向いたかは明らかになっても、そこで収集された情報がどのように高次の認知処理に用いられ、またどのような経緯でそこに注意を向けるようになったかといった点までは検討が難しいことが挙げられる。つまり、今後復元型鑑賞モデルの中で作品創作プロセスに関する情報収集過程を他のモデル内構成要素と関連づけながら表現していくためには、眼球運動等の反応と発話等の高次の認知活動を同時に分析していく必要があると考えられる。これはいくつかの先行研究例があるとはいえ[11][12]、各指標間の計測の手続きそのものが認知活動に干渉し合っただけで自然なデータを取れなくなる恐れや、視線と発話で認知過程が反映されるまでの遅延スケールが異なり要素同士を正確に結びつける分析が難しいなどの問題が考えられる。

上記のような困難はあるものの、実験的な工夫によって鑑賞中の情報収集過程について他の認知的要素との関連を見ながら分析することが実現できれば鑑賞研究全体にとって大きな意義があると考えられる。特に重要なのは、情報処理段階モデルやVIMAPモデルと作品復元型モデルを統合した包括的なモデルの提案がより良い形で可能になりうるという点である。作品に対して時代背景や美術史的な解釈について注意が向くことと、作品創作プロセスに関する部分について注意が向くことは、注意の性質上完全に同時的な発生という形では起こりにくい。しかし一回（たとえば数分間程度）作品に接している中で両方の側面について注意が行ったり来たりすることはごく自然に起きているものと考えられる。その中で注意に関するボトムアップ・トップダウンのサイクルがどのように動いているか詳細なデータに基づいて明らかにしていくことで、どのようなきっかけ（それは作品に関する思考を進めていった結果生じたものや、偶発的に目をやった先に描かれている印などである可能性がある）で注意の対象が推移しうるかということまで検討でき、結果として包括的なモデルとして説明力が高まると考えられる。

4. 総括

本論では、復元型鑑賞モデルに関する実証的な知見についてごく簡単に概観し、(1)情報の収集 (2)内的

処理過程 (3)感情等の他の心理的側面への寄与 という大きく3つの処理単位に分けて議論の整理を行なった上で、(1)情報の収集に関する知見の不足とその重要性について問題提起を行った。作品鑑賞において鑑賞者が創作過程を「復元」という見方は心理学の領域では現在はまだモデルとしては十分な形になっていない段階だが、近年著者たちの研究を含めて少しずつ実証的知見が蓄積してきており、今後の発展が期待される領域である。

復元型鑑賞モデルによる鑑賞活動の理解は、別の角度から見れば、作品を通じて鑑賞者と作者が一種のコミュニケーションを行っているという考え方も通じている(コミュニケーションとして芸術活動を理解する試みは近年登場してきている[7][13][14])。つまり、鑑賞者は作者の思想や行為を作品を通じて復元することで作者を知ることができる(もちろん、一般的なコミュニケーションに曖昧性が存在しているのと同じように、鑑賞における復元も完全に正確な復元である必要はない)。これは、人間がそもそも芸術という一見進化的に生存上全く必要なかったようにも思える活動に喜びを見出す理由を考える上でも重要かもしれない。すなわち、芸術鑑賞は単なる物体の認識というよりも、人間の社会的な繋がりを形成するために進化・文化的に発展してきた人間の行動傾向である可能性がある。このような広い理論的視座に立っても、復元型鑑賞モデルに関する知見究の蓄積は今後一層望まれるものと言えるだろう。

文献

- [1] Leder, H., Belke, B., Oeberst, A., & Augustin, D., (2004). "A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments", *British Journal of Psychology*, Vol. 95, No. 4, pp. 489-508.
- [2] Pelowski, M., & Akiba, F., (2011). "A model of art perception, evaluation and emotion in transformative aesthetic experience", *New Ideas in Psychology*, Vol. 29, No. 2, pp. 80-97.
- [3] Pelowski, M., Markey, P. S., Forster, M., Gerger, G., & Leder, H., (2017). "Move me, astonish me... delight my eyes and brain: The Vienna integrated model of top-down and bottom-up processes in art perception (VIMAP) and corresponding affective, evaluative, and neurophysiological correlates", *Physics of Life Reviews*, Vol. 21, pp. 80-125.
- [4] Tinio, P. P., (2013). "From artistic creation to aesthetic reception: The mirror model of art", *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, Vol. 7, No. 3, pp. 265-275.
- [5] Bullot, N. J., & Reber, R., (2013). "The artful mind meets art history: Toward a psycho-historical framework for the science of art appreciation", *Behavioral and brain sciences*, Vol. 36, No. 2, pp. 123-137.
- [6] Ticini, L. F., Rachman, L., Pelletier, J., & Dubal, S., (2014). "Enhancing aesthetic appreciation by priming canvases with actions that match the artist's painting style", *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 391.
- [7] Matsumoto, K., & Okada, T. (2021a). "Viewers recognize the process of creating artworks with admiration: Evidence from experimental manipulation of prior experience", *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, Vol. 7, No. 3, pp. 265-275.
- [8] Smith, R. H., (2000). "Assimilative and contrastive emotional reactions to upward and downward social comparisons", In *Handbook of social comparison* (pp. 173-200). Springer, Boston, MA.
- [9] Matsumoto, K., & Okada, T., (2021). "Imagining how lines were drawn: The appreciation of calligraphy and the facilitative factor based on the viewer's rating and heart rate", *Frontiers in Human Neuroscience*.
- [10] Zangemeister, W. H., Sherman, K., & Stark, L., (1995). "Evidence for a global scanpath strategy in viewing abstract compared with realistic images", *Neuropsychologia*, Vol. 33, No. 8, pp.1009-1025.
- [11] Bauer, D., & Schwan, S., (2018). "Expertise influences meaning-making with Renaissance portraits: Evidence from gaze and thinking-aloud", *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, Vol. 12, No. 2, pp. 193-204.
- [12] Locher, P., Krupinski, E. A., Mello-Thoms, C., & Nodine, C. F., (2008). "Visual interest in pictorial art during an aesthetic experience", *Spatial vision*, Vol. 21, No. 1, pp. 55-77.
- [13] 岡田猛・縣拓充(2020), "芸術表現の創造と鑑賞, およびその学びの支援", *教育心理学年報*, *教育心理学年報*, Vol. 59, pp. 144-169.
- [14] Dolese, M. J., & Kozbelt, A., (2021). "Art as communication: Fulfilling Gricean communication principles predicts aesthetic liking", *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*. Advance online publication.

教育評価のデジタルトランスフォーメーションに向けて Towards Digital Transformation of Educational Assessment

白水 始[†]

Hajime Shirouzu

[†] 国立教育政策研究所

National Institute for Educational Policy Research

shirouzu@nier.go.jp

概要

本オーガナイズドセッションでは、教育評価でデジタルトランスフォーメーション (DX) を推進する利点を探ると共に、それをテーマに認知科学における DX とはどのようなものであるべきかを考える。そのために「比・割合」という一見簡単そうに見える題材を巡る AI ドリルと協調学習とを対比しながら、子供の学びにいかに関与できるかを検討し、学習モデルとテクノロジーを共進化させるものとして DX を再定義する。

キーワード：教育評価 (educational assessment), デジタルトランスフォーメーション (digital transformation), 協調学習 (collaborative learning)

1. オーガナイズドセッションの目的

本セッションでは、今年の学会テーマ「認知科学のデジタルトランスフォーメーション」に呼応して、教育評価をテーマに、そのデジタルトランスフォーメーションはどのようなものであるべきかを検討する。それは教育評価のデジタルトランスフォーメーションによる効果を探るためである一方で、この「デジタルトランスフォーメーション」といういささか怪しげに見える概念-情報分野から提言され[1]、ビジネスの世界で変質され危ういバズワードになりつつある概念[2]-を批判的に検討し、もし認知科学に採り入れるのであれば、それがどのようなものであるべきかを逆提案するためでもある。

結論を先取りすれば、本 OS で議論したいのは、第一に、教育評価のデジタルトランスフォーメーションは、単にデジタルを導入するだけでなく、学習モデルの変革に支えられたものであるべきだということ、第二に、学習モデルの変革には「認知」の科学たる認知科学の構成概念が役に立つということ、第三に、だからこそデジタルトランスフォーメーションは学習モデルとテクノロジーを共進化させ、子供たちの学びにより深く分け入って教育可能性を最大限高めるものであるべきだということである。その点でデジタルトランスフォーメーションは、提唱者 Stolterman[1]の言う通り、情報技術の無自覚な受容を批判し (critical stance against

unreflective acceptance of information technology), 人々の生きる世界一本稿では学習-を探究する手段 (people's life world as a core focus of inquiry) であるべきなのだろう。以下、このように考える背景と OS の研究対象・構成について順に記す。

2. 背景

デジタルトランスフォーメーションに関する説明としてビジネス界でよく流布しているのは、アナログをデジタルに変えるだけの digitization やデジタルの利点を生かす digitalization と比較して、digital transformation (以下 DX) をデジタルによるビジネスモデルの根本的な変革だと定義するものだろう[2]!。この DX には、業務プロセスや組織、企業文化・風土の変革までもが含まれると言う。

この対比を昨今の教育界に当てはめて考えやすいのが AI ドリルである。紙のドリル (練習問題) を電子的にできるようにしたのが digitization, そのログを取って適応型の学習を可能にしたのが digitalization と考えられるからである (適応型学習ドリルについては[3,4])。

それでは、何が AI ドリルを DX 足らしめるのだろうか。一つは上記のサービスビジネスモデルの変革がヒントになる。つまり、AI ドリルがサポートするものが学習だとすれば、学習モデルの変革こそが DX の鍵となるということになる。逆に言えば、学習モデルが従来のままでは、古いワインを新しい革袋に包んだだけで、DX とは呼べないということになる。もう一点は、ビジネスモデルの変革を支える基盤の変革、すなわち、学習モデルの変革が開発業者や研究者、教育者等の連携基盤や協働プロセスの変革にも支えられているか、ということである。

¹ 簡便のため、[2]の digital business transformation を digital transformation と読み替えておく。また、本来こうした便乗的な定義ではなく、提唱者[1]の定義に戻ってその解釈がどう変質して受容されたかを明らかにするような読み解きが必要だが、紙幅の都合上、またの機会とし、今回はこうした定義に「乗って」一般に受容されやすい形で論考を進める。

この学習モデルの変革を考えるのに、認知科学の古くからの構成概念が役立つ。

例えば、多様な問題のバリエーションを繰り返し解くというAIドリルの特徴を捉えて、それを熟達化の一種と見なせば、波多野らの「定型的熟達化 (routine expertise)」と「適応的熟達化 (adaptive expertise)」の対比が参考になる[5]。波多野らの示唆を二点簡単にまとめれば、数多の問題を解きながらも単に手際よい熟達者になっていくだけの定型的熟達化と手続きの意味を理解し、背後にある概念的知識を獲得・構成していく適応的熟達化という二つの熟達のコースがあるということ、そして、単なる反復的な定型的熟達化から適応的熟達化は自発しないということになる。適応的熟達化に向かうためには、何らかの意図的な概念変化 (intentional conceptual change) [6]が必要になる。

これをAIドリルに当てはめて考えてみると、練習を繰り返して問題を解けるようになって、そこに意味理解や概念的知識が伴われている保証はないということである。逆に、問題解決からの概念変化を引き起こすような支援はDXへの道につながる可能性がある。しかし、AIドリルの開発業者が「反復こそが上達の道」など定型的熟達のみを学習だと考え、認知科学・学習科学研究に触れる機会がなければ、その学習モデルに基づいてドリルが開発され、無自覚に教育現場に提供されることになる。

それでは適応的熟達化はどのように引き起こしているのか。波多野は、上記の熟達化の概念化では社会的文化的要因への考慮が足りなかったとして、晩年に適応的熟達に至る条件として次の4つを挙げている[7]。

1. 絶えず新しい問題のバリエーションに出会うこと
2. 対話的な相互作用に従事すること
3. 理解のための時間が確保されていること
4. 理解を重視するコミュニティに所属していること

これをAIドリルの学習に適用すると、単に同じ種類の問題だけでなく、多様なバリエーションの問題が必要であり(条件1)、それらを数多くこなすことよりも、じっくり時間を掛けて取り組むこと(条件3)、そのためにも達成より理解を重視する風土に支えられること(条件4)が不可欠だということになる。

問題は、条件2の対話的な相互作用がなぜ必要かであろう。その点で同じく認知科学の構成概念である「建設的相互作用 (constructive interaction)」[8]がヒントに

なる。協調場面では「同じ問題」を巡る対話が、話しながら考える課題遂行機能と聞きながら考えるモニタリング機能とを相補的に生みだし、問題解決を通じた段階的な概念変化を引き起こしやすくする。課題遂行者が外化した言葉をモニターが対象化して聞くことによって、少し抽象度の違う新たな解釈を行い、今度は自らが課題遂行者としてそれを対話の場にフィードバックする。この繰り返しによって、少しずつ違う解釈が対話の場に累積していく[9,10]。対話における「話し言葉」はそれ自身がリフレクションの対象となるとともに、「書き言葉」と違って考えを固着させにくいからこそ、次々変化していく性質を持つ(もちろん対話においても「それってこういうこと?」と言いながら記述・描画したりなど「書き言葉」が伴われることは当然である)。平易に言えば、対話的な相互作用(波多野の条件2)においては、「あれこれ言い合い」ながら自然に一つの問題を巡る考えのバリエーションが出される(条件1²)、気づけば時間が経ち、考えが変わっていた(条件3・4³)、ということが起きやすいのだと言える。その点で、人の学習にとって読み書きそろばんが基礎だと言われるが、読み書き (literacy) の前に話し言葉 (oracy) があるのかもしれない。

この協調と対話(話し言葉)の重要性は、AIドリルを考える際にも参考になる。一人で同種の問題を繰り返し解いているだけでは考えが固着し定型的な熟達しかし得なかったものが、二人以上で考えの断片を出し合ううちに考えが適応的に変わっていく。果たしてAIドリルは、子供があれこれ考えを出し、考えを変えていく対話相手となっているのだろうか。子供の問題解決の結果(正誤情報)にドリルが適応して問題や解説を提供することで、かえって子供の定型的熟達の効率化を推し進めることになっていないか。技術的制約ゆえに音声入力など oracy を使ったインタラクションを排除し、子供の認知過程の中途結果の自然な外化をし難くしてはいないか。このように考えると、AIドリルの開発にも、何らかの「気の利いた」機能の付加や新しい使い方の提案ではなく、人の学び方に関する根本的な見直しが必要だということになってくる。

² 問題のバリエーションではないが、対話場面での考えのバリエーションは参加者にとって、所与の問題の下位問題とも言える場合が多い。

³ 波多野の表現は、時間確保やコミュニティ所属の「意図性」を感じさせるが、問題を解きながら無意図的に時間が経ち、コミュニティの原初となる関係性ができていたという場合もあるだろう。

見直しの際にもう一つ参考にしたいのが、動機付けの知見である。外的報酬による内発的動機付けの低下[11]は心理学の常識であろう。それにも関わらず、世間一般には依然として子供を「何か自分なりにやりたいことを持った個人」として見ず、そのしたいこと（内発的動機付け）に無関係な報酬（外的報酬）をあげて「大人がさせたいことをさせる対象」として見るモデルが優勢であることは、例えば、AIドリルにおける正解や満点（全問正解）が外的報酬に当たることに気づき辛いという点によく表れている。そして外的報酬の問題は、それが消えると学び始める前よりも動機付けが落ち、学び続けたくなくなるということである。AIドリルは、正誤のフィードバックや褒賞以外で学習の継続をどう保証しようとしているだろうか。

その一方で逆に内発的動機付けは内発的に働き易くしておくことが大事だとして、全く外的なコントロールを掛けない立場もある。これに対しても波多野・稲垣[12]が内発的動機付けは対話的相互作用の中で強まるという示唆を与えてくれている。彼らが紹介する、保育園でも「ひとりが持った疑問がみんな調べてみる行動としてうまく機能すると、最初に疑問を持った子供だけでなく他の子も全員この知的な探索活動を楽しみ、持続させ、最初の疑問にひとりひとりちゃんとした答えを出すようになる」[13, p.181]事例を見ると、「答えを出す」ことが内発的動機付けを妨げるわけではなく、問題を共有して「自分たちなりに」答えを出そうとすることが知的な楽しみを生み、学び続ける動機付けとなることがわかる（学習者自身によるこの楽しさの言語化については[14]）。AIドリルは、知的な楽しみをどう喚起しようとしているだろうか。

以上のようにAIドリルをいかにDX足らしめるかという問題を考えるだけでも、認知科学の基礎的な構成概念が適用できること、そして、その適用から学習モデルの大幅な変革が必要そうなことが見えてくる。

しかし、これらの概念はすべて仮説である。実際、それに従って子供がどう学んでいるかを分析（学習評価）することや、支援の仕方を変えて、仮説通り・仮説以上の学びが起きていたかを評価することが必要である。この学習科学と呼ばれる分野の試みによって、認知科学の概念は更新され、同時にデジタルテクノロジーの新しい使い方も見えてくる。それによって、私たちの暗黙の学習モデルを問い直し、それに拠って立つ教え方を問い直す教育評価のDXが可能になる。それは認知科学のDXの一例ともなるだろう。

それに向けたOSの研究上の戦略として、AIドリルが進展している算数・数学分野を対象に、手続きと意味、定型的熟達と適応的熟達への志向性の違いが見分け易い「比・割合」を採り上げる。その上で、「一人でテキスト入力を通して問題を解いて正誤情報をフィードバックされるAIドリル」と、「複数人で対話を通して問題を解き、考えへのコメントが互いにフィードバックされる協調学習」とを対比しながら、子供の学びをいかに知ることができるかを検討する。

今回の対比は学校外の自学と校内の授業を対象とした変則的なものであり、本来は両者の組み合わせ（e.g. 授業での意味理解とドリルでの手続き習熟）を希求すべきだという指摘は当然あるだろう。しかし、本OSでやりたいのは、そのような学びのトータルデザインの前に、そもそも両者を通して私たちは子供の学びをどの程度深く知り、そこからどのような示唆を得ることができるかを見極めることである。なお、本OSでは、この「学びを見る」ということに主眼を置いた関係で、デジタルテクノロジーが一見使われていないように見えるケースが含まれることを断っておきたい。

3. 対象

本OSでは、小学校算数5、6年生の「比・割合」関連の学習を主たる検討対象とする。比・割合は数学的概念であり、意味理解の対象である一方で、その算出には乗法・除法の計算手続きが必要になる。逆に乗除の手続きも比・割合のことを考えながら学んだり問題解決に使ったりすれば、手続きと意味が密接に関係付くはずである。それゆえ、教育現場では単なる「立式」や「計算」だけでなく、手続きを適用する意味のある状況を扱う「文章題」の解決や、解決のための「図」の利用を含む指導がよくなされている。

それにも関わらず、全国の小学校6年生が受ける全国学力・学習状況調査における「比・割合」関連の全問題の正答率は、知識の活用が問われるB問題で33.9%（記述式問題だけを取り出すと28.9%）である。約7割は問題に正答していないことになる。それが、比・割合の不理解を意味するのか（逆に解けた約3割が理解していると言えるのか）は別途検討が必要だが、少なくとも問題解決のレベルで日頃の学習が解決に繋がっていないことは確かである。

そこで何が起きているのか。数学教育でよく言われるように、比・割合は関係を表す内包量であるために、

小学校3, 4年生に比べて概念の抽象度が上がるから学び難いのか。それとも Bereiter[15, pp.426-427]が「私たちが本当に教えられるかどうか検討すべき7つの事項」の一つとして「分数・比例・比・小数・百分率」を挙げるように、既に3, 4年生から学び損なっているのか。あるいは、具体物との対応がまだ取れた加減算を超えて乗除を学び始めた2, 3年生から、顕在化しなかっただけで、乗除の基盤にある「単位当たり」で考えるという意味をつかめていなかったのか。だからこそ、その考えを明示的に求める比・割合の問題(e.g. A/B と C/D の大小を比較するなど)になると、自分たちが頼りにできる認知的レパートリーの引き算を持ち出し、変則的な解法を編み出そうとするのか(e.g. $A-B$ と $C-D$ の大小や $A-C$ と $B-D$ の大小を比べる:ただしこの減算解法の生態学的意義については[16]参照)。それとも、そもそも問題の意味(何を問われているのか)や意義(なぜこの問いが問われなければいけないのか)の理解でつまづいているのか。

このように比・割合という一単元を採り上げただけでも、一授業で児童がどのような学びを見せるのかという短期的スパンから、その学びが学年を超えてどう繋がっているのかという長期スパンまで、認知科学上、興味深い課題が広がる。そこに日々の指導はどう関わり、その成果をどれだけ大規模に把握できるものなのか。こうした検討課題に研究者・教育者・教育行政関係者・開発者等はどう協働・貢献できるのだろうか。

4. 構成

こうした問いに対する考えを深めていくために、OSでは白水のイントロに続いて、まず「埼玉県学力・学習状況調査」[17]について教育行政関係者に報告していただき、その上で認知科学者が解くべき課題を提示してほしいと考えている。

この調査は、「子供たちが現在の實力を知り、『どれだけ自分が伸びたか』を実感し、自信を深めていくことを大切にしたい」[17]との考えから、小学校4年生から中学3年生まで、項目反応理論(IRT: Item Response Theory)とパネル調査を用いて、『学習した内容がしっかりと身に付いているのか』という今までの視点に、『一人一人の学力がどれだけ伸びているのか』という視点を加えることで、子供たちの成長していく姿[17]を可視化しようとする先進的試みである。CBT(Computer Based Testing)への移行も試行している。

学力の伸びを測るための「教科に関する調査」問題は、例えば「答えが $14 \div 0.8$ の式で求められる問題はどれか」を問い、問題例として「赤いテープの長さは14 cmです。白いテープの長さは、赤いテープの長さの0.8倍です。白いテープの長さは何cmですか。」などが挙げられているというものである(問題一部略、正確には[18]参照)。この問題は、IRT上はレベル6の問題だと紹介されている。3節の内容に照らすと、式が妥当性を持つ状況を聞いており、手続きと意味の結び付けを問おうとしていると言えるだろう。

さらに本調査は『学力の伸び』は、子供たちの1年間の学習成果であるとともに、教育委員会や学校の取組の成果でもあるとの考えから、学力の伸びと教育委員会や学校の取組の変化の関係を検証すべく、学習意欲や学習方法、学校の取組等に関する「質問紙調査」も実施している。意欲としては例えば勉強する理由を「楽しい、好きだから」「将来や就職の役に立つから」などの多肢選択肢から選ぶもの、学習方法としては例えば「勉強でわからないところがあったら、友達にその答えをきく」「勉強のやり方が、自分に合っているかどうかを考えながら勉強する」などについて5件法から選ぶもの、学校の取組は例えば「ドリルなどをする」「グループで活動するときに、一人の考えだけでなくみんなで考えを出し合って課題を解決する」体験の多寡を5件法から選ぶものである[19]。

2019年度からは蓄積したデータをAIも用いて分析し、例えば児童生徒に戻す個票では「つまづき分析」として「今年度間違えた設問に2年前のどの設問の関与が高いか」(e.g. 中2で面積を求める設問に間違った生徒は小6の分数のかけ算と単位変換、小5の円の面積の設問も間違えていたなど)をお知らせするような事業にも挑んでいる[20]。

認知科学者のみなさまは、これを読んでどう感じるだろうか。デジタルテクノロジーも用いて、学力の伸びが的確に捉えられ、授業など学校の取組や教育施策の影響が検証できるというDXの典型だと感じるだろうか。子供一人ひとは自らの学びの軌跡を振り返り、学校教員は児童生徒の学習成果に基づいて教育活動を見直し、教育委員会は施策の効果を内省して、各自が次の改善へと主体的に繋げていくサイクルが回りそうだろうか。もしそうでないと感じるとすれば、どこに不足や改善点を見出すだろうか。

ここ以降の報告[3,4,21]は本論文集に掲載されているため、直接ご覧いただきたい。ここでは、筆者がポイ

ントと考える点を中心に展開を紹介しておく。

益川・稲垣[3]は、小学5年生が一年間という熟達化と呼ぶにふさわしい期間、AIドリルを自主的に活用したログを分析している。まずはなかなか表に出難いリアルな活用データを提供して下さった事業者と学校に感謝したい。その上で、学校から帰れば毎日でも使えるというタイムスパンで、しかも本人のレベル（問題解決の正誤）に合わせて問題や解説が提供されるという適応型学習ドリルを用いれば、子供が先ほどの報告であったような「現在の實力を知り、『どれだけ自分が伸びたか』を実感し、自信を深めていく」ことが可能になるかをじっくり検討したい。ドリルの成績で便宜的に4層の学力に分けられた子供は、それぞれどんなプロセスで学んでいそうだろうか。また、その様子を掴むのに、特にあまり問題を解いてくれない学力下位層の子供がどんな気持ちで、何を考えながらドリルに取り組み、何を学び取っていたかを掴むのに、ログデータがどれだけ貢献し得るか（私たちが解釈の確からしさを感じられるか）も検討したい。

林[4]は、自身のバックグラウンドをもとにCAI（Computer-Assisted Instruction）やITS（Intelligent Tutoring System）の展開を解説し、一つの問題を解くだけでも、どれだけ細かい下位ステップや表象変換が含まれるかを示唆しており印象的である。その上で、AIドリルが「問題」単位の正誤情報だけをIRTに使っているのであれば、「問題解決のプロセス」に関する認知科学的なITS研究等との協働可能性があると主張する⁴。CAIやITSが他の研究とどう交差しているかという文献レビューは、ステークホルダー間の協働可能性を探るものともなっていると言える。

齊藤・水谷[21]は、協調学習を武器に、子供たちの問題解決プロセス、そしてその背後の理解深化プロセスの複雑さ、多様さを明らかにすること—「観察の窓」[22]を開けること—に成功している。学習者の学ぶ力は学習環境次第で引き出すことができるという前提に立ち、授業者が児童の実態と授業のねらいを踏まえてベストと考えた教材を準備して、あとは児童の対話に任せる授業を展開することで、初めて子供たちの理解過程が、そのつまづきも含めて、私たちに見えてくる。

「①60mLの梅シロップと100mLの水を混ぜて、梅

ジュースを作ります。同じ濃さになる組み合わせを選びましょう。」という問題に「②シロップ100mLと水140mL」は同じか、「③シロップ90mLと水150mL」は同じか等と考えていくメイン課題に、AIドリルの世界では学力下位層に割り振られるかもしれない男児が中心的な課題遂行者となって、②が（差が①と同じ40mlだから）同じだと豪快に間違う。授業者が「差が同じでも濃さは同じだと言えない」ことを確認するために用意した資料が変則的な引き算解法の説明根拠に転用され、グループでの協調問題解決活動の中では、割り算を使って比を求める解法（e.g. 最大公約数で割れば①と同じ5倍なので③が同じ）とそれがごく自然に並存する（e.g. ①・②が同じなのは差で、①・③が同じなのは比で説明できる）。この後、当該グループは他のすべての班の比による解法を聞いて、自分たちの考えを改めていく。引き算解法を主導した男児が最も概念変化を引き起こしたことも興味深い。授業後の記述が彼・彼女らの概念的知識の定着を保証するかは定かではない。それゆえ、報告者らも本単元やその後の単元でスパイラルな問題解決から理解を深めていく必要性を訴えている。

齊藤ら[21]の貢献は、一つの問題に多視点から時間を掛けて対話する場を設けることで、適応的熟達に繋がる理解深化のための教育上の示唆が得やすくなることを示しただけではない。もっとベーシックな、解答の正誤以前の、児童が問題をどう捉え、何を考え、表象をどう変換し、思考の中途結果をどんな「話し言葉」で外化し、どんな解の候補を立てたかというプロセス全体が可視化できることを示唆した点大きい。それは授業者や研究者、開発者みなに想定を外れる多様性である。しかし、こうした多様性が見えてきて初めて支援の基盤をなす学習モデルの真正化が可能になる。

加えて、動機付けの点でも、自信の根拠は「現在の實力を知り、『どれだけ自分が伸びたか』を実感」することから生じてはいない。そうではなく、みんなが解けない問題を共有し、だからこそ誰もが「自由にものが言える」という対話環境それ自身が引き出している[14]。たとえ、説明する内容や提案する解法が誤っていても、「自分なりの考えを言ってよい」という場が外化を促し、外化してみることで仲間が考えなければならぬ考えのバリエーションが増え、それが「ある手続きがなぜ正しいのか」の納得を要請する。

ここまで来ると、本節の冒頭で紹介した埼玉県の前提も学習モデルの一つに過ぎないことが対照的に見え

⁴ 筆者も、状況論に押されて1985年頃を頂点に衰えた感のある認知科学的なタスクアナリシスやモデル化を再度、分析単位を拡張して外的なりソースも取り入れた形で復興し、知見や可能性を社会と共有すべきではないかと強く感じている。

てくる。また別の、新たなモデルを考える余地と必要性が見えてくる。[21]の共著者であり、授業者である教員の水谷が、こうした学びのモデルの可能性を語ってくれるだろう。そのモデルは2節に記した認知科学の構成概念の示唆と軌を一にするが、本 OS の報告は、それらを実践の中で何度でも繰り返しデザインの形で具体化してゆかなければならないことを示唆している。

最後に齊藤ら[21]の分析は、普通の教室での対話を対象とした最もアナログな分析に見える。しかし実際は、児童一人ひとりの授業前後での紙での記述解答、グループ活動中の IC レコーダーによる発話記録、グループ間のクロストークのビデオ記録という本 OS では最も多様なメディアを用いた総合的な分析となっている。

教育評価の DX は、もしかすると普通の教室の中で、児童生徒の学びを質量とも最大限引き出そうとする教員の学習環境デザインの意図的な努力の下で、自由闊達に展開される児童生徒一人ひとりの学習プロセスを具に追うところから始まるのかもしれない。それが明らかになってくると、私たちの支援と評価がどれほど私たち自身の学習モデルと技術的な制約に縛られた一面的なものに過ぎないか、児童生徒一人ひとりの複雑で豊かな学習プロセスの点と点を結ぶようなものに過ぎないかが見えてくるだろう。

当日は、学習科学、教科教育学、教育測定学というそれぞれ異なるバックグラウンドの三人からの指定討論を皮切りに建設的な議論をフロアと行いたい。

文献

- [1] Stolterman, E., & Fors, A. C., (2004) "Information Technology and the Good Life." In Kaplan B., Truex D.P., Wastell D., Wood-Harper A.T., DeGross J.I. (eds) Information Systems Research. IFIP International Federation for Information Processing, vol 143. Springer, Boston, MA.
https://doi.org/10.1007/1-4020-8095-6_45
- [2] Gartner Glossary, "Digitalization Strategy for Business Transformation",
<https://www.gartner.com/en/information-technology/insights/digitalization-strategy>
- [3] 益川弘如, 稲垣忠, (2021) "適応型学習機能を組み込んだ AI ドリルの「比・割合」のビッグデータ解析から見えてくること", 日本認知科学会第38回大会論文集, 印刷中.
- [4] 林勇吾, (2021) "学習支援システムの研究動向に関するレビュー: CAI から adaptive testing へ", 日本認知科学会第38回大会論文集, 印刷中.
- [5] Hatano, G., & Inagaki, K., (1986) "Two courses of expertise". In H. Stevenson, H. Azuma, & K. Hakuta (Eds.), Child development and education in Japan, Freeman, pp.262-272.
- [6] Hatano, G., & Inagaki, K., (2003) "When is Conceptual Change Intended? A Cognitive-Sociocultural View", In Sinatra, G. M., Pintrich, P. R. (Eds.), Intentional conceptual change, Mahwah, NJ: Erlbaum, pp.407-427.
- [7] 波多野諄余夫, (2001) "適応的熟達化の理論をめざして", 教育心理学年報, No. 40, pp.45-47.
- [8] Miyake, N., (1986) "Constructive interaction and the iterative process of understanding", Cognitive Science, No. 10, pp.151-177.
- [9] Shirouzu, H., Miyake, N., & Masukawa, H., (2002) "Cognitively active externalization for situated reflection", Cognitive Science, No. 26, pp.469-501.
- [10] 中山隆弘, 白水始, 齊藤萌木, 飯窪真也, (2021), "話量は理解となぜ相関しないのか?—「知識構成型ジグソー法」授業を例に—", 日本認知科学会第38回大会, 印刷中.
- [11] Lepper, M R., Greene, D., & Nisbett, R. E. (1973) "Undermining children's intrinsic interest with extrinsic rewards: A test of the "overjustification" hypothesis", Journal of Personality and Social Psychology, No.28, pp.127-138.
- [12] 波多野諄余夫・稲垣佳世子, (1973) "知的好奇心", 中央公論新社.
- [13] 三宅なほみ, (2012) "学習への動機づけ", 三宅芳雄(編), 教育心理学特論, 放送大学教育振興会, pp.172-186.
- [14] 白水始, 齊藤萌木, 飯窪真也, 森山一昌, (2021) "協調学習の成果を10年後に評価する—「知識構成型ジグソー法」による可搬性とメタ学習—", 日本認知科学会第38回大会, 印刷中.
- [15] Bereiter, C., (2002) "Education and mind in the knowledge age", Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [16] Lave, J., (1988) "Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life (Learning in Doing)", Cambridge: Cambridge University Press. (ジーン・レイヴ(著), 武藤隆・中野茂・山下清美・中村美代子(訳) (1995). 『日常生活の認知行動—ひとは日常生活でどう計算し、実践するか』. 東京: 新曜社.)
- [17] 埼玉県教育委員会, "埼玉県学力・学習状況調査", <https://www.pref.saitama.lg.jp/f2214/gakutyou/20150605.html>
- [18] 埼玉県教育委員会, (2020) "埼玉県学力・学習状況調査(小学校) [R2]復習シート小学校6年算数(数と計算)", <https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/80447/r2sasnou6a.pdf>
- [19] 埼玉県教育委員会, (2020) "令和2年度「埼玉県学力・学習状況調査」児童質問紙(小学校6年生)の内容", <https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/182273/r2sitsumonshinaiyousyou6.pdf>
- [20] 文部科学省, (2020) "令和3年度 オンライン学習システムの全国展開、先端技術・教育データの利活用推進事業(学びにおける先端技術の効果的な活用に関する実証事業) 2-1.実証地域成果報告(埼玉県教育委員会)", https://www.mext.go.jp/content/20210323-mxt_jogai02-100013299_002.pdf
- [21] 齊藤萌木, 水谷隆之, (2021) "「比とその利用」の「知識構成型ジグソー法」授業における児童の学習プロセスの検討", 日本認知科学会第38回大会論文集, 印刷中.
- [22] Pellegrino, J.W., Chudowsky, N., & Glaser, R., (2001) "Knowing what students Know: the science and design of educational assessment", Washington, DC: National Academies Press.

※URL 参照はすべて 2021. 7. 9

適応型学習機能を組み込んだ AI ドリルの 「比・割合」のビッグデータ解析から見えてくること Big Data Analysis of Ratio in The Adaptive Learning Drills

益川 弘如[†], 稲垣 忠[‡]
Hiroyuki Masukawa, Tadashi Inagaki

[†]聖心女子大学, [‡]東北学院大学
University of the Sacred Heart, Tokyo, Tohoku Gakuin University
masukawa@u-sacred-heart.ac.jp

概要

小中学校で一人一台情報端末の整備と共に, AI ドリルを導入する自治体が増えている. AI ドリルで子供たちはいかに学んでいるのか. 小学校5年生 54名が2020年5月から2021年3月の間に取り組んだログ記録データ 111,161件から「比・割合」に関連する「小数のわり算」単元分を抽出, 分析した. 結果, 正答が出せることに主眼が置かれており, 意味理解をしっかりとものにすることは支援対象外だった. 認知科学の研究成果を取り入れ, 改善サイクルを回すことが望まれる.

キーワード: AI ドリル, 意味理解, ビッグデータ解析

1. はじめに

文部科学省のGIGAスクール構想により, 2020年度末に小中学校に一人一台情報端末が整備された. それに合わせて市販ドリルアプリを導入する自治体が増えている. ドリルアプリの利用によって, 子供たちのいかなる力が育まれているのか. 市販ドリルアプリには, 従来の紙ベースのものを電子化し配布採点業務を自動化したものと, 適応型学習機能を組み込んだいわゆるAIドリルと呼ばれているものがある. 今回は, AIドリルに焦点をあて, 小学校「比・割合」の領域を対象として, いかなる学びが起きていたかをビッグデータ解析を通して推定する. そして分析結果を基に, 今後の改善の余地の方向を示す.

2. 背景と目的

稲垣ら[1]は, 一人一台情報端末とクラウド環境の整備を見通し, 小学校の算数科において, 学校及び家庭の双方でのAIドリル活用における実践結果を分析している. 宮城県内の公立T小学校で, 2016年6月から2017年3月まで, 実証研究として一人一台情報端末を貸与し, 3年生から6年生までの児童61名の学習履歴を分析した. この研究での分析視点は, (1)学校と家庭での利用状況, (2)単元テストの正答率と学習履歴との関連性, であり, (1)学校で共通の問題に取り組む家庭

では習熟度に応じた取り組みをしていること, (2)習熟度に応じて取り組む問題の正答率と単元テストの正答率との間に関連があることが示されている. また, 単元テスト正答率下位群の児童は, 繰り返し取り組む児童と, そうでない児童に分かれ, 後者の児童のスコアは低下し, AIドリル単体では支援しきれていない側面が見えた. これらの結果より, 学校で標準レベルの問題を中心に取り組み, 家庭で個に応じたレベルの問題に取り組めば, 成果が得られるとしている.

しかしこの研究での「成果」とは, 単元テストの点数との関連である. 認知科学の立場から見ると, ドリル活用の「成果」が, 「計算問題が解けるか」「文章題が解けるか」だけでなく, 「分からない手続きが分かるようになるか」「概念的理解が深まるか」「多様な文脈の問題に活用できるか」といったプロセスが気になる.

認知科学の研究領域では, 古くより Cognitive Tutor をはじめとした知的CAIの開発・検証が行われてきた. 例えば Andersonら[2]の, 理解が難しいとされる幾何学の学習を対象とした Geometry Tutor の開発と実践がある. 学校場面への導入により, 教師と生徒双方に効果があったとされ, 特に教師の役割が「教える」ことから, 生徒たちの「なぜそうなのか」の個別質問に答えて回るようになり, より概念的理解に対する支援が可能になったという. Bruerは著書 Schools for Thought[3]で, 知的CAI研究の教育的に最も重要なのは, コンピュータによるチューターそれ自体ではなく, Geometry Tutor を生み出した学習者モデルであるとしている. システムに組み込まれた学習者の熟達の姿を示すモデルは, カリキュラムの構成や新しい形式の開発, テストに対して重要な意味を持つとした. 「私たち研究者が教育者に提示しなければならないのは, こうしたモデルなのである」とまとめている.

これらを踏まえ本研究では, 稲垣ら[1]のデータ解析結果による「AIドリルに取り組むことには効果がある」という実証の先として, 具体的な学習プロセス「AIド

「ルでどういう学びが起きていそうか」に焦点をあて分析を行う。

3. 「比・割合」の領域について

今回、AIドリルでどういう学びが起きていそうかの分析を進めるにあたり、「比・割合」の領域を対象とすることにした。この領域は、全国学力・学習状況調査でも度々出題され、指導改善の必要性が主張されている。図1は、平成24年度全国学力・学習状況調査、算数Aの出題問題である(図1)。(1)は、場面と図とを関連付けて、二つの数量の関係を理解しているかどうかをみるもので(正答4)、(2)は、1に当たる大きさを求めるために、除法が用いられることを理解しているかどうかをみるものだった(正答 $120 \div 0.6$ など)。

3

赤いテープと白いテープの長さについて、次のことがわかっています。

赤いテープの長さは120 cmです。
赤いテープの長さは、白いテープの長さの0.6倍です。

(1) 赤いテープと白いテープの長さの関係を正しく表している図はどれですか。
次の **1** から **4** までの中から1つ選んで、その番号を書きましょう。

1

2

3

4

(2) 白いテープの長さを求める式を書きましょう。
ただし、計算の答えを書く必要はありません。

小算A-3

図1 全国学力・学習状況調査の「比・割合」出題例

国立教育政策研究所の分析報告書[4]によると、(1)の正答率は34.3%で(2)の正答率は41.3%だった。また、(1)(2)の両方正答できた児童は、21.9%に留まった。正しい立式は機械的にできても、図のイメージができない児童がいることが分かる。また、最も多かった解答

パターンは(32.2%の児童)、立式と図のイメージが両方誤っているが整合した解答、(1)は3を選択、(2)では 120×0.6 の掛け算で答えていた。これらより、問題文を十分に読み込まないまま、図と式の組み合わせを何らかの思い込みで選んでいる可能性がある。本来、教える側としては、問題文に対して、問題文を図と対応させていくことで意味を理解し、そしてそれを立式する、というプロセスを想定しているにも関わらず、児童たちは、そのようには学んでいない懸念がある。

普通の授業における指導において、見慣れた計算式や文章題が出たときにもっともらしい手続きで解答する力よりも、比べるとはどういうことなのか、何が基準となつて(基準量)、何が比較され(比較量)、割合は何を示しているのかの意味理解の形成と、解答時にもそれを踏まえたプロセスが求められているところである。この状況にAIドリルはどれだけ貢献しているのだろうか。

4. 分析対象AIドリルの概要

分析対象のAIドリルは、稲垣ら[1]の研究と同じく、凸版印刷株式会社の適応型学習機能を組み込んだ「やるKey」とした(なお、2021年3月にサービスを終了し、後継サービスは「navima」として展開)。

「やるKey」は、小学校3～6年生の算数を対象に、約24,400問が収録されていた。教員が一斉配信したドリルを児童が取り組み、児童の解答の正誤とそれ以前の学習履歴を基に、各児童の習熟状況に応じた問題を自動出題するシステムである。児童の取組状況はグラフ表示され、教員による個に応じた指導に役立てることができるとされていた。

5. 適応型学習機能について

表1は、「やるKey」のドリル教材の種別を示したものである。稲垣ら[1]と同様、論文用にラベル付けした。

つまずき判定による、ドリルの遷移パスを図式化したものが図2である。教師が児童に一斉提示するスタートポイントは④の標準ドリルで、児童はその標準ドリルの正誤具合によって、次に表示されるドリルが、③の推薦ドリルか、⑤の習熟ドリルかに遷移する。①の解説ドリル以外には、小問単位ですべてに、その問題を解くために必要な複数の知識を「つまずきポイント」として定義しタグ付けされている。解答の正誤判定時に、つまずきポイントをもとに児童が習得できて

いない知識・技能を特定する。つまずきポイントの情報と、児童の過去の学習履歴を合わせて、児童の次に提示するドリルをシステムが判断する仕組みとなっている。例えば、③の推薦ドリルで誤答となった場合、そのつまずきポイントが、該当単元内のつまずきであれば、②の基礎ドリルに遷移する。更にそのつまずきポイントが、前学年で学習した内容だと判断された場合は、前学年の該当する単元の③の推薦ドリルに遷移する。

表1 「やるKey」のドリル種別

| 種別 | 内容 |
|-----|---|
| ①解説 | 「基礎」で不正解児童への解説中心の小問提示(教科書の解説) |
| ②基礎 | 特定につまずきに対して理解を確認する基礎問題(前学年の単元の確認となる場合も) |
| ③推薦 | つまずきに応じて提示される低難易度のドリル |
| ④標準 | 教師が選択し児童に最初に提示するドリル、習熟度の算出対象となる |
| ⑤習熟 | 「標準」で満点をとった場合に出题される同難易度の問題 |
| ⑥発展 | 「習熟」ドリルで満点をとった場合に出题される発展問題 |

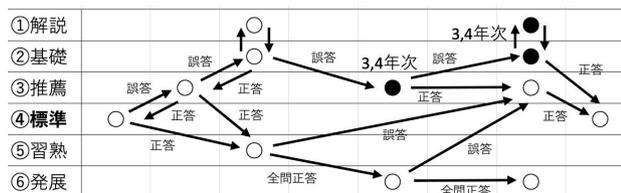


図2 ドリルの遷移図

6. 出題形式について

「比・割合」の学習を含む5年生の単元は、「小数のかけ算」「小数のわり算」「割合」などがあるが、直接的な「割合」の単元は実施記録がなかったため、前出した全国学力・学習状況調査の問題と関連深い「小数のわり算」の取り組みデータを分析対象とした。この範囲で出題された各小問の出題形式は、単純な「計算問題」、立式ができれば解ける「文章題(図なし)」、図が何を意味するのか考えて立式する必要がある「文章題(図あり)」, ②の基礎ドリルでの確認の結果遷移し出題される「3,4年次の単元問題」, の4タイプに分け

ることができる。それぞれの小問は、1箇所～数箇所の解答欄から構成されている。それぞれの小問出題例を図3～6に示す。

わりきれぬまで計算しましょう。

$$27.3 \div 7.8 = \text{□}$$

下の筆算のしかたを考えましょう。

$$8 \div 2.5$$

$$2.5 \overline{) 8}$$

ア
イ
ウ
エ
オ

図3 「計算問題」の出題例

1.2Lのジュースを、0.4Lずつコップに入れていきます。何個のコップにジュースを入れることができますか。

式 $\text{□} (1) = \text{□} (2ア)$

答え $\text{□} (2イ)$ 個

1.5mのホースの重さをはかったら510gでした。このホース1mの重さは何gですか。答えには単位も書きましょう。

式 $\text{□} (1) = \text{□} (2ア)$

答え $\text{□} (2イ)$

図4 「文章題(図なし)」の出題例

赤のリボンと青のリボンがあります。赤のリボンの長さは2.2m、青のリボンの長さは5.5mです。赤のリボンの長さをもとにすると、青のリボンの長さは何倍ですか。

式 $\text{□} (ア) = \text{□} (イ)$

答え $\text{□} (ウ)$ 倍

赤のテープと青のテープがあります。赤のテープの長さは1.4m、青のテープの長さは3.5mです。青のテープの長さをもとにすると、赤のテープの長さは何倍ですか。

式 $\text{□} (ア) = \text{□} (イ)$

答え $\text{□} (ウ)$ 倍

図5 「文章題(図あり)」の出題例

$98 \div 2 = \text{□}$

620dLの牛にゆうを15dLずつびんに分けていきます。
 びんは何本できて、何dLあまりますか。

式 =

答え 本できて、 dLあまる。

図6 「3,4年次の単元問題」の出題例

7. 対象データと分析方法

第2著者と凸版印刷株式会社との共同研究で収集されたデータ提供を受け、第1著者が主に分析を行った。

データは、宮城県の公立M小学校の5年生54名が一年間にわたって学校と家庭で使用し、2020年5月から2021年3月の間に記録されたものを対象とした。全部で111,161件の解答データがあり、そのうち「小数のわり算」の単元での解答データは8,971件だった。8,971件の中で、1,478種類の小問が出題された。

児童たちの学力層別の取り組み具合を見ていくため、児童54名それぞれが全期間中に取り組んだ全設問の正誤から平均点を出し、上位群(14名)、中上位群(13名)、中下位群(13名)、下位群(14名)の4群に分けた。

本来はドリルとは独立した情報を基に学力を定義したいところだが、今回はAIドリルに記録されたデータのみで分析を行ったため、稲垣ら[1]の研究結果で得られた単元テストの成績とドリル解答の成績が関連しているという報告に基づき、111,161件の解答の正誤から各児童の平均正答率を算出し、それを児童の学力と仮に定義した。

設問解答データより児童の学習プロセスの違いについて分析可能な方法は以下の通りだった。

- ・学力層によって取り組み回数や正誤に差があるか
- ・学力層によって取り組みドリル種別に差があるか
- ・学力層によって取り組み出題形式に差があるか

8. 分析結果

小問内の解答欄の解答回数と正誤数を学力層ごとに整理したのが、図7である。また、学力層別に一人あたりの平均設問解答回数を出したのが表2である。表2より、上位ほど解答した回数が多く、下位層は上位層の1/4以下しか取り組んでいないことがわかる。また、下位層の誤答割合は50%を超えており、他の層と比べても誤答割合が高いことが分かる。

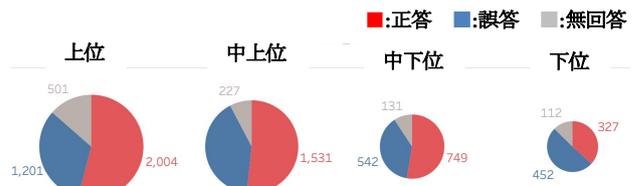


図7 学力層別取り組み解答回数と正誤の割合

表2 学力層別の一人あたり平均解答数

| | 上位 | 中上位 | 中下位 | 下位 |
|-------|-------|-------|-------|------|
| 平均解答数 | 264.7 | 227.6 | 109.4 | 63.6 |

次に、学力層ごとに解いた小問の種類を分類して示したのが表3である。児童たちは④の標準ドリルからスタートするが、どの学力層であっても、標準ドリルの誤答に応じて提示される③の推薦ドリルの小問を解いた回数が最も多かったことが分かる。また、⑤の習熟ドリルと⑥の発展ドリルは、上位、中上位層は取り組んでいたが、中下位層は出題機会が減り、下位層は一度も⑥の発展ドリルに取り組んでいなかったことが分かる。例として、上位層のAさんのドリル遷移を図8に、中下位層のBさんのドリル遷移を図9に示す。

表3 ドリル種別・学力層別の取り組み小問数

| | 上位 | 中上位 | 中下位 | 下位 |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ①解説 | 20 | 24 | 4 | 11 |
| ②基礎 | 16 | 13 | 6 | 3 |
| ③推薦 | 517 | 470 | 239 | 181 |
| ④標準 | 76 | 76 | 76 | 66 |
| ⑤習熟 | 177 | 170 | 77 | 25 |
| ⑥発展 | 146 | 118 | 61 | 0 |

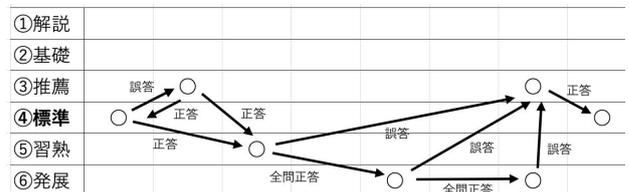


図8 上位層のAさんのドリル遷移

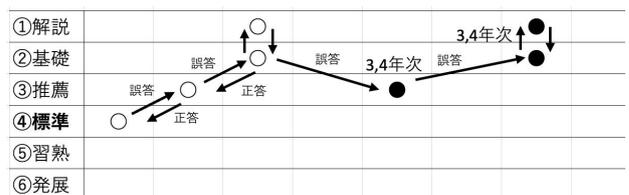


図9 中下位層のBさんのドリル遷移

さらに、学力層ごとに取り組んだ出題形式に差があるかどうかを調べたところ、「計算問題」「文章題（図なし）」は、全員取り組んでいたが、「文章題（図あり）」の小問に取り組んでいた人は限られており、学力層によって差があった。「文章題（図あり）」に取り組んだ人数を表4に示す。中下位層、下位層は、そもそも取り組んだ人数が少なかったことが分かる。

これら「文章題（図あり）」に取り組んだ児童たちの、設問解答の正誤の数を分析したのが図10である。これより、中上位層の児童たちの誤答割合が、他の層と比べて高いことが分かる。

表4 文章題（図あり）に取り組んだ人数

| | 上位 (n=14) | 中上位 (n=13) | 中下位 (n=13) | 下位 (n=14) |
|----|--------------|---------------|---------------|--------------|
| 人数 | 10名 | 10名 | 4名 | 2名 |

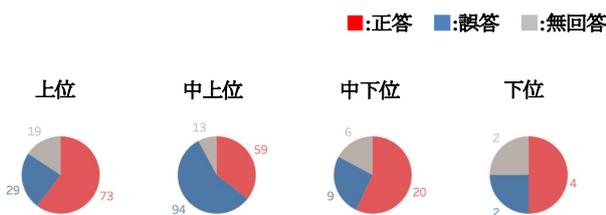


図10 学力層別文章題（図あり）の正誤の数

9. 結果のまとめと原因の抽出

限られたデータ解析の範囲ではあるが、これら結果より、AIドリルでどのような学びが起きていそうかを考察する。

上位層は、取り組み回数が多く、③の推薦ドリルに取り組む満点が取れるようになると、⑤の習熟ドリルや⑥の発展ドリルに遷移し、達成感を得ていた可能性が高い。

中上位層は、上位層と同様⑥の発展ドリルまで遷移しているが、途中出題される「文章題（図あり）」では誤答割合が高く、機械的な立式や計算ができていても意味理解まで支援されていない可能性がある。

中下位層になると、「文章題（図あり）」に取り組む人数は13名中4名と大幅に少なく、「計算問題」や「文章題（図なし）」を繰り返すことで、計算間違いをしないような習熟や、機械的な立式への取り組みが主となっている可能性がある。

下位層では、⑤習熟ドリルでは誰一人満点にならず、

③推薦ドリルの取り組みが中心となっている。全体的に正答率が低いにも関わらず、①の解説ドリルや②の基礎ドリルの取り組みも少なく、取り組み小問数も少ないということは、途中で諦めてしまっている可能性がある。

これら学力層によって取り組み具合が異なっていた原因として、以下の設計デザインによる影響が考えられるのではないか。

- ・ 出題形式：小問の出題形式が計算問題の正誤や文章題の立式に偏っている
- ・ つまずきの判定基準：何の計算手続きができなかったかの判定に偏っている

小問の出題形式の偏りについては、出題された小問（実際に児童たちが解いた小問）をドリル種別と形式別に整理した図11を参照されたい。形式別③の推薦ドリルでは、「計算問題」が出題された割合が多く、「文章題（図なし）」は1/3程度で、「文章題（図あり）」はわずかである。⑤の習熟ドリルや⑥の発展ドリルでは多少「文章題（図なし）」の出題割合は高まるが、「文章題（図あり）」は少ない。

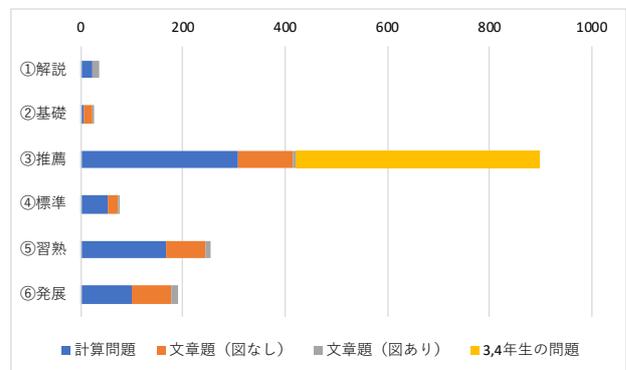


図11 ドリル種別・形式別の出題された小問数

続いて、つまずきの判定基準が、計算手続きが間違っているか・いないかの表面的判定に偏っている点である。今回分析したAIドリルは、小問一つ一つに、誤答の原因と想定される内容を「つまずき」としてタグ付けしていた。この「つまずき」判定が、次にいかなるドリルを推奨するかの基準になっていた。今回提供していただいたデータからは、全ての小問に対する「つまずき」情報を自動的に抽出することが困難であった。

そのため、分析過程で同定できた代表的な小問を複数ピックアップ（②～⑥の各ドリル種別から各出題形

式の小問を選択)し、その小問にタグ付けされていた「つまずき」の定義テキスト情報を表5に転載した。抽出した小問の範囲では、②～⑥のドリル種別によって「つまずき」の定義内容には質的な違いが見られず、出題形式によって「つまずき」の定義が追加されていることが分かった。ただ、追加された定義は表6の太字で示したような「文章題(図なし)」の「小数のわり算の立式ができない」という立式に関する判定と、「文章題(図あり)」の「小数でも、基準量が違うときに倍を用いて比べられるとわからない」という、比・割合に関する判定のみであった。

表5 出題形式別つまずき定義のリストアップ

| | |
|--------------|---|
| 計算問題 | <ul style="list-style-type: none"> ・整数÷小数=小数の計算ができない ・小数÷小数=純小数の筆算ができない ・被除数に0を付け足して割り進められない ・除数と被除数に同じ数をかけると商が変わらないとわからない |
| 文章題 (図なし) | <ul style="list-style-type: none"> ・小数÷小数、あまりが出せない ・整数÷小数を整数÷整数にして計算できない ・小数のわり算の立式ができない |
| 文章題 (図あり) | <ul style="list-style-type: none"> ・小数÷小数=小数の計算ができない ・小数÷小数=純小数の筆算ができない ・整数÷小数を整数÷整数にして計算できない ・被除数に0を付け足して割り進められない ・除数と被除数に同じ数をかけると商が変わらないとわからない ・被除数を付け足してわり進められない ・小数でも、基準量が違うときに倍を用いて比べられるとわからない |

10. 背後に考えられる学習者モデル

本研究では、AIドリルに記録されたビッグデータ解析によって、「AIドリルでどのような学びが起きていそうか」を捉えた。児童たちの解答状況の分析からは、すべての学力層の児童たちが、計算問題への解答や図なしの文章題での立式など、問題の意味理解を飛ばして可能な小問に繰り返し取り組んでいたことが見えてきた。また、中上位層であっても、図ありの文章題で

誤答割合が高く、意味理解の習熟には繋がっていない様子が見えてきた。

このことは、今回のビッグデータに基づいた解析の限界とも関連する。適応型学習機能は、児童の理解状態よりも、解答結果に依存した推奨に特化されていたため、記録されているビッグデータから解答結果がどうだったかの分析は容易であったが、特定の小問に対する解答結果によって次の解答はどう変容したか、どのようなつまずきが多く見られるのかといったプロセスを捉えるような、児童の理解状況を可視化することが難しかった。このことはすなわち、AIドリル内に学習者モデルとして意味理解の深さは想定されていないとも捉えることができるだろう。

11. 今後の改善可能性に向けて

今回分析したAIドリルでは、「習熟=正答が出せること」に主眼が置かれていたと考えられ、その学習目標に向けて、学習者モデルが最適化されていたのではないだろうか。その背景として、授業では意味理解を深め、その上でAIドリルに取り組むことが期待されていたのかもしれない。しかし今回の分析では、意味理解を深める学習プロセスを見出すことが難しかった。

今後、AIドリルが「習熟=比・割合の意味理解をしっかりしたものにする」に貢献していくことができる改善可能性を提案する。

一つは、問題文と図の整合や、式と図の整合を問うような小問の割合を増やしていくことが第一であろう。比・割合の理解状況を推定できるような小問に児童が取り組む必要がある。もう一つは、そのような比・割合の理解状況を推定できるような小問に対して、いかなる解答や選択を行ったか、想定される学習者の正答・誤答モデルを解答類型として設定しておき、誤答具合によって判定できるようなつまずき判定の設計である。

その上で、新たに仮定した学習者モデルに沿った認知過程を引き出すことが実際にできているかどうか、ビッグデータから認知過程を可視するような分析ツール、ダッシュボードの開発も重要となるだろう。そのようなツールを用いながら、子供たちの実態を把握し、それを基につまずき判定基準を見直し続けるような手続きを開発・運用プロセスに組み込むことが有用だと考えられる。そこには認知科学や学習科学の知見が生かされていくだろう。

謝辞

本研究は、凸版印刷株式会社と第2著者との共同研究からのデータ提供により実現した。データ解析には、聖心女子大学研究生田中冴氏の協力を得た。また、科学研究費補助金基盤研究S(17H06107)ならびに基盤研究C(18K02906)の支援を受けた。記して感謝する。

文献

- [1] 稲垣忠, 大森裕二, 志野奈美子, 阿波弘真, 村上壮, 菊地尚樹, (2019) “学校および家庭における適応学習の実践と評価”, 日本教育工学会, Vol. 42, No. 4, pp. 345-354.
- [2] Anderson, J. R., Boyle, C. F. and Yost, G., (1985) “The geometry tutor”, in Proceedings of the Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence.
- [3] Bruer, T., J., (1993) “Schools for Thought. A Science of Learning in the Classroom”, Cambridge, MA: The MIT Press.
- [4] 国立教育政策研究所, (2012) “平成24年度全国学力学習状況調査【小学校】報告書”.
https://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/03shou_houkokusho.htm

学習支援システムの研究動向に関するレビュー：CAI から adaptive testing へ

A review of research trends in learning support systems: From CAI to adaptive testing

林 勇吾
Yugo Hayashi

立命館大学総合心理学部
College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University
y-hayashi@acm.org

概要

本論文は、学習支援システム研究で研究が行われてきた CAI(Computer-Assisted Instruction/Computer-Aided Instruction)からその後に発展した適応的な支援を目指す ITS(Intelligent Tutoring Systems)の研究, AI ドリルなどで利用されるコンピュータ適応型テスト(Computerized Adaptive Testing: CAT)についての解説を行い, CAI と ITS に関する文献レビューを通じてこれまでの研究の動向について紹介する。

キーワード：コンピュータ支援教育(CAI), 学習知的学習支援システム(ITS), コンピュータ適応型テスト(CAT), AI ドリル

1. はじめに

昨今の社会情勢を受けて、いま全世界でオンラインを中心とした電子環境での学びが展開されている。そして、多くの教育者は、授業の動画コンテンツの作成からその動画の配信、採点業務に追われる日々を送っている。こうした中、電子教材作成や AI を利用したドリルの開発に関する注目が高まっている。国外では、教材のデジタル化方法だけでなく、ネットワーク上で収集される膨大な学習者の行動データを用いて、学習活動を分類するデータサイエンスに関する新たな研究分野も活発化している。こうしたデータを積極的に活用できれば、その情報をもとに駆動される新たな学習支援システムの開発にもつながる。一方で OECD(Greiff, Martin, Koenig, Mustafic, Herborn, Schweitzer, 2017)で指摘される、柔軟性のある知識やスキル、社会的態度、価値観、コンピテンシーといったものは、制約の多い電子環境の中でどのように育成できるのだろうか。こうしたシステム開発の設計に係る課題はたくさんある中、認知科学や学習科学、教育工学を専門とする研究者が議論を交えながら考えていくことは必要不可欠である。

以上の背景から本論文では、認知科学の視点から、教育・学習支援する研究のレビューを行うこととする。こ

こでは、学習支援システム研究の初期の取り組みである CAI(Computer-Assisted Instruction/Computer-Aided Instruction)からその後に発展した適応的な支援を目指す ITS(Intelligent Tutoring Systems)の研究をみていく。そして、これまで CAI や ITS の分野で発表された文献レビューを通じて、これまでの学習支援に係る研究の歴史や現状の動向をみていく。オーガナイズドセッションでは、異分野の研究者との発表を通じて、今後の教育評価やデジタルトランスフォーメーションについての議論を行っていきたい。

2. CAI から ITS

学習支援システムとは、教授者および学習者といったユーザが、教育・学習に関する情報コンテンツとのやりとりを行う情報システムとして位置づけられる。ここで扱う学習支援システムには、インタラクティブ性を持つ「応答システム」としての機能や特徴を有する(矢野・平嶋, 2012)。応答システムであるということは、ユーザの入力情報を処理し、その内容に応じて入力と異なる情報を出力することのできる機能を持つことになる。ユーザ(学習者)の支援を目的とした応答システムを開発するということは、知識教授や学習活動を行うユーザの知識が必要となる。こうした点から、人間の知的メカニズムを探究する認知科学や学習科学の知見を取り入れて、システムをデザインすることには大きな意義があるといえる。実際にこれまでの学習支援システムに関する研究の中には、認知科学から人工知能研究、教育工学、教育心理学まで幅広く検討がなされてきた。そして学習支援システムに関する研究では、これまでに上記で触れた CAI や ITS だけでなく、知的 CAI, ILE(Interactive/Intelligent Learning Environment)などもある(Chambers & Sprecher, 1980; Lou, Abrami & d' Apollonia,

2001). 初期の頃に開発された学習支援システムは、子供用のプログラミング言語(LOGO)を通じてインタラクティブに教える・学ぶ道具として利用できることを目標に検討され (Papert, 1980), その後, 地理などの分野で学習者と個別対話を通じて知識教授を行うシステム SCHOLAR(Carbonell, 1970)などが開発されてきた. SCHOLAR は, 知的な対話を実現するという工学的な成功だけでなく, 人間の推論法, 例えば因果推論に関する計算機との比較を行う心理学者や認知科学にも大きなインパクトを残した.

こうした学習支援システムの研究の歴史を辿ると, 学習支援システムの研究は CAI システムに始まり, 人工知能・知識工学の知見を取り入れ, 学習者の学習活動に即してシステム側で学習内容をトレースしながら支援を行う ITS システムへと発展してきたといえる. 当初の CAI は, 従来の教室で行われていた個別的な知識教授をコンピュータ上で行えるようにすることであったのに対して, ITS は従来の教室における学習の延長だけではなく, 学習者の課題遂行時の各ステップや認知活動に応じた適応的な支援も行う. こうした適応的な支援を目指す ITS のシステム設計においては, 当然ながら専門化や学習者の知識, 教授方法のモデルを備える必要があり, これらのモデルの構築において認知科学や心理学の人間の心の働きに関する理論を導入することは, 頑健なシステム作りだけでなく理論の強化にもつながる.

3. 認知科学における学習支援研究

認知科学の領域で適応的な学習支援を扱った代表的な学習支援システムの研究例として, 米国カーネギーメロン大学の John Anderson によって考案された Cognitive Tutor が挙げられる (Anderson, Corbett, Koedinger & Pelletier, 1995). Cognitive Tutor は, 高校数学をはじめ科学教育やプログラミングなど数多くの専門分野に対応し, 米国の高校をはじめ数千もの教育現場での利用実績を挙げている. Cognitive Tutor は, ACT-R 理論(Anderson, 1983)に基づいて設計されており, 認知心理学における人間の問題解決モデルを理論的な基盤として開発されている. ACT-R 理論とは, 知覚と運動を含めた複数の心のモジュールを 1 つのシステムとみなす統合的な認知アーキテクチャである. これらのモジュールには, ゴールとイマジナル, 宣言的, 手続き的, 聴覚, 発声, 視覚, 運動といったいくつもの種類の

モジュールがあり, それぞれのモジュール (のバッファ) と中央手続き型システム, すなわちプロダクションルールによる部分マッチングによって各モジュールが相互作用しあう形で動作する. 例えば, このモデルで $3 \times 5 = 7$ というような数学の方程式を解く際には, 以下のようなプロダクションルールが利用されることを想定する(Anderson, 2007 より引用).

If the goal is to solve an equation,

And the equation is of the form “expression - number1 = number2,”

Then write “expression = number2 + number1,” 17

ここでは, 1 行目の内容はゴールバッファ, 2 行目の内容は視覚バッファ, 3 行目の内容は動作アクションに対応し, この内容を処理する際には各種モジュールの活性化やプロダクションルール内の知識の更新, そして知識の抽象化のための動的なパターンマッチングが行われる(Anderson, 2007). Anderson (2005) では, 11-14 才を対象とした単純な線形方程式を解く実験で得られたデータと ACT-R を用いた計算機シミュレーションを用いて, 人間の学習過程のメカニズムの説明を行っている. Anderson らはこのような代数学の課題を中心に扱い, 開発当初から扱っていた記号処理だけでなく, 並列分散処理や統計学的手法も取り入れたハイブリッドモデルとして近年もアップデートされ続けている. また, 生理学的なデータを取集し, 脳科学的な妥当性の検証も行っている点も理論的な強化の点でも特筆すべきである.

Cognitive Tutor の初期の研究では, プログラミング言語の教育を目指した LISP Tutor と幾何学を扱う Geometry Tutor が主に開発されてきた(Anderson, Corbett, Koedinger, & Pelletier, 1995). ここで彼らは, これらの対象となる学習領域に必要な知識をプロダクションルールの形で記述し, 宣言的知識と組み合わせて利用する心的活動を「認知スキル」と呼び, そうした認知スキルの獲得に向けた学習支援に取り組んだ. 問題解決の各ステップにおいて適切な解決策を表すプロダクションルールをモデル内で表現し, そのモデルと実際の学習者の活動との対応関係を判定する model-tracing approach を採用することで, 学習支援における適応的なフィードバックを実現している. 具体的には, このモデルを利用して, On-Path Actions (正しい解決策の道に沿った行動)であるのか, もしくは Off-Path Actions (正しい解決策以外の行動)であるのか判定するというも

のである(Anderson et al. 1995). もし、システムが現在の状態を On-Path Actions と判定されれば、そのまま解決策を考えるように学習者に伝え、もし Off-Path Actions と判定されれば、正しい解決へのパスに戻すためにフィードバックもしくはファシリテーション(ヘルプ)などを提示することができる。また、支援の程度も調整でき(バグメッセージ)、その内容に関する説明を求めて学習者の説明活動を促す方法も考案され、数多くの実証的な研究が展開されている(Koedinger, Anderson, Hadley, Mark, 1997; Alevan & Koedinger, 2002)。

4. 学習支援のパーソナライズ化: AI ドリル

オンライン学習の普及に伴い、デジタル教材を用いた学習者の支援に関する検討も多く行われるようになってきている。e-learning をはじめとするプラットフォームの開発においては、上述したような CAI や ITS システムに対して知的な要素を追加する機能に関する検討は進んでいる一方で、学習者にパーソナライズ化された問題提示方法に関する検討も長らく検討が行われている。パーソナライズ化されたシステムを導入にあたっては、オンライン上で収集される膨大なデータから学習者の行動履歴を収集し、学習能力を指標化し、それを用いて問題の提示を変更するというものである。こうした学習支援のためのソフトウェアやサービスは、ちまたには「AIドリル」と呼ばれ、近年では小学校等での学習教材の製品化に向けた動きも近年では見られる。一方で、学習支援システムの研究分野ではこうしたパーソナライズ化された学習(personalized learning)に関する検討の歴史は長く、コンピュータ適応型テスト(Computerized Adaptive Testing: CAT)の研究として検討が進められてきた。これらの研究では、基本的に学習者の回答パターンに応じて、その個人ごとに難易度の異なる問題を提示するためのアルゴリズムの検討が中心に検討される。具体的には、項目反応理論(Item Response Theory: IRT)と呼ばれるロジスティック回帰モデルを用いた評価式によって評価する。

$$P_i(\theta) = \frac{1}{1+e^{-(\theta-b_i)}} \quad (1)$$

ここで、 θ は学習者の特性、 b_i は難易度を示す。これまでには、こうした複数のパラメータを組み合わせた際に、どのようなアルゴリズムが最も効率的に学習者に支援を提供できるのかに関する検討が行われてきている(分寺, 2019)。ただし、これらの領域で検討されて

いるアルゴリズムは、統計学的な推定に基づくモデルが中心であり、CAI や ITS に比べてまだまだ貧弱であるといった批判もある。今後の研究課題としては、こうした手法に CAI や ITS を組み合わせられた検討も今後は重要であると考えられる。

5. CAI と ITS 研究に関する研究の動向

以下では、上記で触れた CAI と ITS の研究に関する研究の動向を文献のレビューという形で紹介していく。このレビューでは、文献データベースの検索エンジン、Web of science(<https://apps.webofknowledge.com/>)を用いた。ここでは、CAI に関しては(“Computer-Assisted Instruction” OR “Computer-aided instruction”), ITS に関しては(“Intelligent Tutoring System”)としキーワードを設定し、トピック(タイトル, 抄録, 著者キーワードなど)検索を行った。学術雑誌論文(Article)のみに着目した結果、CAI は 2,751 件、ITS は 1,697 件となった(検索日: 2021 年 4 月 30 日)。これらに対して、CAI と ITS のそれぞれの年代別の論文数を年代別にみみると、図 1 のような結果が得られた。

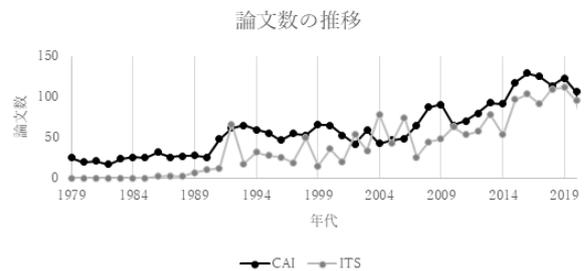


図 1. 年代別の論文数の推移の比較結果。

以上の結果から、ITS に関する論文は認知科学の研究が学習支援研究に導入され始めた 90 年代頃から徐々に増え続けていることが伺える。これは、上記で触れた Cognitive Tutor をはじめとする適応的なシステムが進んだ時期とも重なる。一方で、CAI に関する研究についても同時期から増えていることも確認でき、これも特筆すべき点である。つまり、CAI 研究が ITS 研究へと移行しているのではなく、CAI 研究は継続して検討が行われているということである。では、CAI と ITS では、それぞれどのような分野を扱い、誰に対してどのような内容を検討しているのだろうか。

以上を踏まえて、次に Web of Science で分類される研究分野別の検討を行った。ここでは、研究分野を Education (教育関係), Computer Science (計算機科学), Psychology (心理学), Linguistics (言語学) に分類し、各分

野の比率を算出した (図2 参照。)

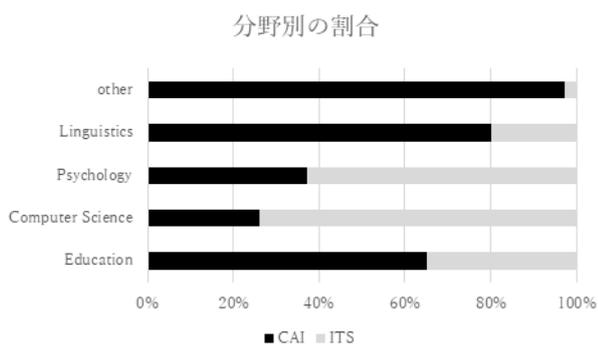


図2. 論文の分野別の割合の比較結果。

上記の内容より、ITSに関連する論文では、CAIの論文よりも計算機科学や心理学関連の内容を扱っていることを示していることが伺える。これも上記で取り上げたように、ITSをはじめとする学習支援システムの研究が人間の心(認知)のメカニズムを取り入れて検討をしている論文が多いことも伺える。一方で、CAIの論文のほうでは、これらのカテゴリ以外の分野(other)が多く、これは臨床分野をはじめとするものも多く、扱う専門分野の違いもあることが明瞭となった。

次にこれらの論文の中で、学習者に対して扱っていた科目に関する検討も行った。ここでは、上記抽出されたすべての論文のアブストラクトの中から、算数・数学をはじめとする理系の分野に関する主要な科目に関するキーワード Programming, Statistics, Algebra, Fractions, Geometry, Chemistry を検索し、論文数の比較を行った (図3 参照)。

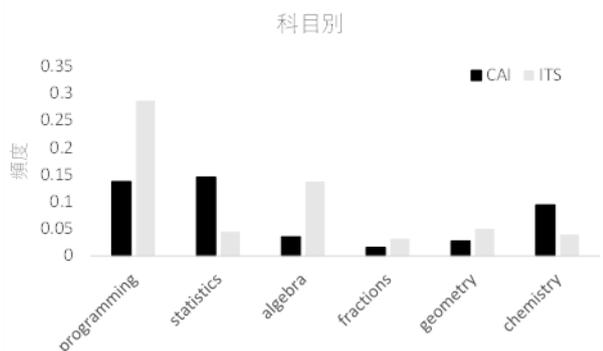


図3. 科目別の論文数の比較結果。

以上より、CAIの論文では統計や化学といった科目の論文が比較的多く、ITSの論文ではプログラミングや代数学の論文が多いのが特徴である。

最後に学習者層に関する分析として、university, college, high school, middle school, junior, primary, elementaryに着目したキーワードの分析も行った。図4はその結果を示す。

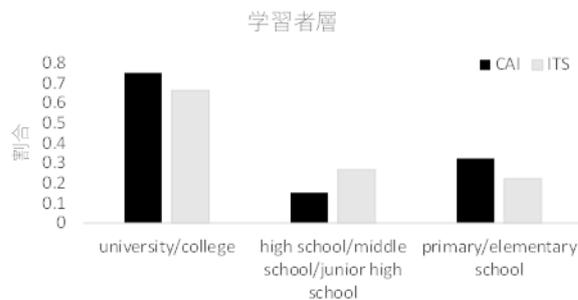


図4. 学校別(学習者層)の比較結果。

この結果から、大学等の高等教育での研究論文が圧倒的に多いことが示されており、小中高での学習支援システムの導入、学習データのマイニング等のための学習環境の整備といったことがより一層、期待される。但し、これらの結果は、まだ単純なキーワード検索による粗い分析であるため、より詳細な本文内容の確認を経た二重チェック、検索条件をより絞り込んで分析する必要もある。

6. まとめ

本論文では、まず学習支援システム研究の初期の取り組みであるCAIから適応的な支援を目指す認知科学の代表的なITS研究に着目してレビューを行った。そして、後半では、これまでの発表された文献のレビューを通じて、これまでの学習支援に係る研究の歴史や現状の動向を分析した。その結果、ITS研究は、90年代から論文数が増大し、計算機科学や心理学関係の分野での発表が多いことが示された。これは、人間の適応的な支援に向けて、異分野による取り組みが行われていることを示す。また、Cognitive Tutorをはじめとする知的な学習支援システムに関する多くの研究は、プログラミングや代数学を中心に成果を挙げている。ここで紹介した学習支援システム以外のシステムは、林(2018)を参照されたい。

最後に本論文で取り扱った、CAIやITSといった学習支援システムは、しばしば異なる学習観によって分類されることがあり、CAIは行動主義的、ITSは表象主義的といった形での解釈されている(矢野, 平嶋, 2012)。一方、これらの分類に加えて、比較的最近では構成的・発見的な学習を支援する対話的な学習環境として、学習科学と連携したCSCL(Computer Supported Collaborative Learning)の研究がこうした学習支援システムの研究にも頭角を現し、それは社会構成主義的な

立場として整理されている。しかし、最近の学習支援システムの研究は、さらに人工知能（エージェント）や生体情報センシングをはじめとする計測技術も取り入れ、コンピュータサイエンスの影響を受けながら多角的な方面で検討が行われてきている。またデジタルトランスフォーメーションによって、今後の需要も変わっていくことも考えられ、適応的な学習支援の方法について引き続き議論していく必要がある。

謝辞

本論文の作成にあたって、下條志巖氏に助言をいただいた。本研究は文部科学省科学研究費補助金研究（基盤 B 課題番号：20H04299）「協同学習における主体的な学びの育成のための知的学習支援システムに関する総合的検討」の助成を受けた。ここに感謝の意を記す。

文献

- Aleven, V. A., & Koedinger, K. R. (2002). An effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based cognitive tutor. *Cognitive Science*, 26, 147–179.
- Anderson, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, J. R. (2005). Human symbol manipulation with an integrated cognitive architecture. *Cognitive Science*, 29, 313–342.
- Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, L. R., & Pelletier, R. (1995). Cognitive Tutors: Lessons Learned, *Journal of the Learning Sciences*, 4(2), 167–207.
- Anderson, J. R. (2007). *Oxford series on cognitive models and architectures. How can the human mind occur in the physical universe?* Oxford University Press.
- Carbonell, J. R. (1970). AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction. *IEEE transactions on man-machine systems*, 11(4), 190–202.
- Chambers, J. A. & Sprecher, J. W. (1980). Computer assisted instruction: current trends and critical issues. *Communications of the ACM*, 23(6), 332–342.
- Greiff, S., Martin, R., Koenig, V., Mustafic, M., Herborn, K. & Schweitzer, N. (2017). PISA 2015 collaborative problem solving (CPS) validation study final report (tech. Rep.). PISA Governing Board (PGB) and Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).
- Koedinger, K. R., Anderson, J. R., Hadley, W. H., Mark, M. A., (1997). Intelligent tutoring goes to school in the big city, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8(1), 30–43.
- Lou, Y., Abrami, P. C., & d'Apollonia, S. (2001). Small group and individual learning with technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 71(3), 449–521.
- Papert, S. A. (2020). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic books. (奥村 喜世子 (監訳) (1998). *マインドストーム: 子供, コンピュータ, そして強力なアイデア* 未来社) Anderson, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Papert, S. & Solomon, C. (1971) *Twenty things to do with a computer*, AI laboratory, MIT.
- 矢野米雄, 平嶋宗(2012) *教育工学とシステム開発*, ミネルヴァ書房
- 林勇吾(2018) 私のブックマーク「知的学習支援システム (Intelligent Tutoring Systems)」, *人工知能*, 33(4), 527–530. < https://www.aigakkai.or.jp/resource/my-bookmark/my-bookmark_vol33-no4/>(2021年4月30日)
- 分寺杏介(2019) 制限時間のある適応型テストにおける項目選択アルゴリズムの比較検討, *日本テスト学会誌*, 15(1), 1–20.

「比とその利用」の「知識構成型ジグソー法」授業における 児童の学習プロセスの検討

Children's Learning Processes of Ratio in a Knowledge-Constructive Jigsaw Classroom

齊藤 萌木[†], 水谷 隆之[‡]
Moegi Saito, Takayuki Mizutani

[†] 東京大学, [‡] シカゴ日本人学校

The University of Tokyo, Chicago Futabakai Japanese School Day School
saitomoegi@coref.u-tokyo.ac.jp

概要

本稿では、指導と評価の一体化の視点から比・割合の指導の指針を得るため、「比とその利用」の「知識構成型ジグソー法」授業における小学6年生の学習プロセスを検討した。結果、児童が「差に着目した比べ方」に強い志向を持つこと、その見直しには協調問題解決が貢献するものの、理解深化プロセスは複雑多様で1コマでは達成しきれないことが見えてきた。この結果から、同領域における概念理解支援の重要性を改めて示唆された。

キーワード：比・割合の理解、「知識構成型ジグソー法 (KCJ)」, 教育評価, 授業研究

1. はじめに

教育評価の変革を狙うのであれば、そもそも子どもたちが何をどこまで理解し得るものなのか、そのプロセスがどれほど強固な素朴概念を科学的概念へと作り変えていくものなのか、その概念変化のプロセスがどれだけ一筋縄でいくものなのか、それともそれらの概念が複数並存してしまうような一筋縄でいかないプロセスなのかなどについての我々の理解を深めておく必要があるだろう。協調的な学習形態は、このような理解の深化を促進すると同時に、子どもたちの理解のプロセスを授業者や研究者に「全開」にしてくれる利点を持つ。そこで見えてくることは、今後AI等も用いた教育支援を考える際にも、我々の視野を広げること、場合によっては指導や評価に関する様々な「悩み」や「迷い」を新たに生み出すこと、そしてそれを踏まえてより自覚的に新しい授業をデザインすることに役立つはずである。

本稿では、指導と評価の一体化の視点から比・割合の指導について指針を得るため、「知識構成型ジグソー法」[1]の授業をとおして比と割合について理解を深めた小学校6年生の授業の記録をもとに、学習のプロセスを描出する。

対象とする授業では、小学校6年生28名が単元1時

表1 「比とその利用」の授業の課題

| |
|--|
| <p><プレテスト/ジグソー活動></p> <p>梅のシロップと水を混ぜて、梅ジュースを作ります。</p> <p>②～⑥番から、①番と同じ濃さになる組み合わせをすべて選びましょう。</p> <p>①番 シロップ 60mL と水 100mL</p> <p>②番 シロップ 100mL と水 140mL</p> <p>③番 シロップ 90mL と水 150mL</p> <p>④番 シロップ 120mL と水 240mL</p> <p>⑤番 シロップ 21mL と水 35mL</p> <p>⑥番 シロップ 3 カップと水 5 カップ (1 カップ=200mL)</p> <p>※プレテストでは、「結果の見通し」「方法の見通し」を記載</p> <p><ポストテスト></p> <p>⑦～⑨番で、①番と同じ濃さになる組み合わせには○、ちがう組み合わせには×を書きましょう。そして、その理由を説明しましょう。</p> <p>⑦番 シロップ 150mL と水 250mL ()</p> <p>⑧番 シロップ 150mL と水 300mL ()</p> <p>⑨番 シロップ 180mL と水 300mL ()</p> |
|--|

間目の1コマ(45分)を使って表1の課題に取り組んだ。

プレテストで結果を正しく見通せたのは1名のみだったのに対し、ポストテストでは完全正答23名、部分正答(3問中1問または2問正答できた児童)5名とパフォーマンスが大きく上昇した。そこで、授業は多くの児童の理解の深まりに貢献したと考えられる。こうした事例を題材に、授業中の対話や記述に基づいて学習のプロセスを描きだし、そのプロセスがどんな要素に影響されて生じたかを考察することにより、比・割合の指導のポイントについて示唆を得ることが本稿の主題で

ある。

学習プロセスの描出に用いたデータは、授業中の対話、プレテストの記述内容および感想である。

プレテストの結果からは、第4・5学年で割合について基本的な学習を終えた6年生でも「差に着目した比べ方」を使おうとする児童が少なくないことが明らかになった。

また、最も達成度の低い1つの班のジグソー活動中の対話からは、「差に着目した比べ方」を使った解法の説明が、誤っているにもかかわらず子どもたちに説得力を持ったこと、更に「割合や比に着目した比べ方」を正しく説明できても「差に着目した比べ方」への志向は容易に変化しないことが見えてきた。しかし、グループワーク中に「差に着目した比べ方」の誤りに気付かなかった児童でも、全体交流の場で数量の間の乗法的な関係を表現する様々な言葉を聞いて考えることをとおして、「差に着目した比べ方」が有用でないことに気づき、ポストテストでは「割合や比に着目した比べ方」を採用するようになっていくことも明らかになった。同時に、この時点でも児童らの「割合や比に着目した比べ方」の理解には深まりの余地があることも指摘できた。

これらの事実から、「差に着目した比べ方」が有用ではない場面があることを児童が自覚することが比・割合の指導の1つのポイントであるという示唆が得られる。更に、「割合や比に着目した比べ方」の理解の深まりは一筋縄ではいかないプロセスであり、そこに主眼を置いた授業デザインがある程度有効に機能した場合でも、1コマの授業で達成しきる目標ではなく、単元・単元で多様な協調問題解決活動を含む継続的な理解深化支援プロセスの支援を意識することが重要であることも示唆された。

以上の示唆をふまえると、比と割合の指導においては、数量の関係を比で表したり、等しい比をつくらせたり、比の相当を判断する技能に習熟させる手立てを検討するだけでなく、その基盤となる「比や割合を用いて比べるとはどのようなことか」の理解に主眼を置いた授業・単元のデザインの検討が課題であると言える。課題に取り組むうえでは、個別具体的な技能問題への反応だけでなく、児童の学習プロセスに着目する学びの深い見とりに基づいて引き起こしたい学習プロセスを具体化する授業研究PDCAサイクルの更なる充実が求められるだろう。

2. 題材

(1) 授業デザイン

本稿の題材は「知識構成型ジグソー法」(Knowledge Constructive Jigsaw : 以下 KCJ) による「比とその利用」の授業である[2]。KCJによる授業は、以下の5つのステップをひとまとまりとして構成される(図1)。

- 1) 教師から提示された今日の授業の課題に最初の考えを書き出す(プレテスト)
- 2) グループ(以下「班」と呼ぶ場合がある)に分かれて、その問いによりよい答えを出すためのヒントをそれぞれ担当して確認する(エキスパート活動)
- 3) それぞれ異なるヒントを担当したメンバーが集まって別のグループを作って課題に対する答えを考える(ジグソー活動)
- 4) 課題の答えを教室全体で共有、比較吟味する(クロストーク)
- 5) 個々人が改めて授業の課題に対する自分の納得の行く答えを書いてみる(ポストテスト)。

「比とその利用」における課題とエキスパート活動の設定は表2のとおりである。

今回の授業デザインの1つのポイントは、本単元で扱う数量の間の乗法的な関係を考える内容(エキスパート B/C)だけでなく、「差が同じでも同じ濃さとは言えない」ことの確認を目的にしたエキスパート A を設定した点である。授業者は、普段の学習やテストの様子から「割合の学習内容や基準量のいくつか分という倍概念の定着が不十分な児童が多いこと」に問題意識を持っており、プレテストでは水の量と

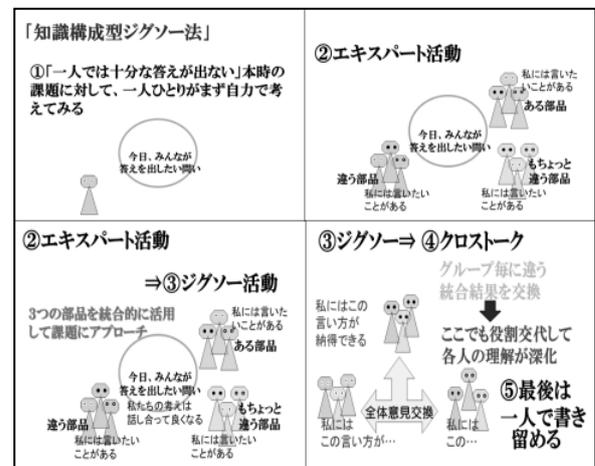


図1 知識構成型ジグソー法 (KCJ)

表2 「比とその利用」の授業デザイン

| | |
|-----------|---|
| 課題 | シロップと水を混ぜて作った①～⑥の梅ジュースのうち、①と同じ濃さのものを選ぶ(詳細は表1) |
| エキスパート A | ①と②をシロップと水の量の差で比較しようとしている2人の考えをもとに、①と②が同じ濃さになるかを話し合う。 |
| エキスパート B | ①と③を「シロップと水が、もう一方の何倍か」を求めて比較しようとしている2人の考えをもとに、①と③が同じ濃さになるかを話し合う。 |
| エキスパート C | ①と③を「シロップを3と見ると、水はいくつになるか」を求めて比較しようとしている2人の考えをもとに、①と③が同じ濃さになるかを話し合う。 |
| 期待する解答の要素 | 「シロップを3と見れば水が5」や「シロップが水の $\frac{3}{5}$ 倍」「水がシロップの $\frac{5}{3}$ 倍」という表し方で①番から⑥番のシロップと水の量の関係を表すことで、③・⑤・⑥番が①と同じ濃さであることを同定できる。 |

<エキスパートA> 名前()

①番と②番の梅ジュースは、同じ濃さになりますか。
下の2人の考えをもとに話し合いましょう。

①番 シロップ60mLと水100mL

②番 シロップ100mLと水140mL

同じ濃さだよ。
だって①番のシロップと水のちがいは
 $100 - 60 = 40\text{mL}$ でしょ?
②番もちがいは…

本当に同じ濃さかな。
もしシロップが10mLや
1000mL だったら、
ちがいが同じでも…


ひろと


つばさ

図2 「比とその利用」のエキスパートA

シロップの量の「差」に着目する児童が出ることを予想していた。そのため、エキスパート活動Aを設定することで、差では濃さを比較できないことに気づかせることをねらった。

図2がエキスパートAのワークシートである。ここで授業者は「もしシロップが10mlや1000mlだったら、ちがいが同じでも…」というセリフをきっかけに、児童が「シロップ1000mlに水が1040mlでは、シロップ60mlと水100mlの場合と同じ濃さにはならないのでは？」という気づきに至ることを想定していた。「2量の関係(割合)が同じならば同じ濃さになるはず」という感覚そのものは、生活を通して児童が共有しているはずという前提で、「シロップと水の量の差が同じでも同じ濃さとは言えない」ことを明言しなくても、エキスパート活動での思考・対話をとおして「差が同じでも同じ濃さとは言えない」ことを確認できるだろうと考えたのである。

(2) 実践の結果

表3に、プレテストとポストテストの比較に基づく、実践の結果を示す。

表3より、授業後には多くの児童が、数量の間の乗法的な関係に着目できるようになっていること、またそうした見方に基づいて梅ジュース(全体)の部分(シロップ)と部分(水)の関係どうしを実際に比べる手続きを適切に遂行できるようになっていることが確認できる。授業者によれば、授業後の誤答の半数は「×」の書き忘れであったという。そこで授業者は、本授業の成果を「比を割合の表現の一つとして捉えさせ、導入として単元全体を概観させることはできた」と振り返って

表3 「比とその利用」の実践の結果(N=28)

| プレ | 正しい見通し | 割合に着目 | 差に着目 |
|-----|--------|-------|-------|
| | 1 | 6 | 11 |
| ポスト | 完全正答 | 二問正答 | 一問正答 |
| | 23 | 2 | 3 |
| | 比で説明 | 倍で説明 | 誤答・空白 |
| | 17 | 6 | 5 |

いる。

3. 学習のプロセス

2節に示したように「比とその利用」の授業では、ほぼ授業者の期待どおりの成果を得ることができたと言える。それでは、そこに至るまでのプロセスではどのような思考・対話があったのだろうか。以下では、授業デザインの1つのポイントとなっていた「(シロップと水の量の) 差に着目した比べ方」に関する考え・対話に着目して、1つのジグソー班の児童の学習のプロセスを描出する。

取り上げる班は8班である。8班は、全8つのジグソー班のうち、ジグソー活動終了時の到達度が一番低かったとみなすことができる。こうした班に着目し、つまづきやその見直しを含む学びのプロセスを描き出すことで、学びの支援に対する具体的な示唆を得ることが可能になると考えられる。

8班はエキスパートAを担当した児童セイジ、Bのユリカ、Cのタクヤ・アオイの4名からなる班である

| |
|---|
| ①と②が引き算で計算 $100-60=40$, $140-100=40$ 同じ |
| ①と③がわり算で計算 |
| ①と④が分数で計算 |

図3 8班の発表用ホワイトボード

(児童名は仮名). 8班がジグソー活動終了時に提出した発表用ホワイトボードには, 図3に示すように, 「差に着目した比べ方」による誤った解答が記載されていた. この時点で「差に着目した比べ方」を記載したのは1班だけであった.

(1) 8班のジグソー活動

8班がジグソー活動をとおして「差に着目した比べ方」の誤りに気づけなかった背景には何があったのだろうか. ジグソー活動中の対話からは, 「比や割合に着目した比べ方」という正しい比べ方についての知識や理解の不十分さよりはむしろ, 「濃度を比べるのに適切な比べ方はどういう方法か」という問題意識の無自覚や, 「発言の内容自体に一貫性を見いだせれば, 前提の見直しは起こりにくい」という傾向が, 「差に着目した比べ方」を温存させたのではないかという解釈を提示できる.

8班はジグソー活動が始まると, BCAの順で情報共有を行った. ユリカは「割り算で, 分数に直せば, ③は同じになる」とBの内容を伝えた. また, Cについてはタクヤが「(図を示しながら) 同じ数で分けていくと, (①の水の量が) $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5$, (③の水の量も) $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5$ で同じになる」と内容を伝えていた. 2人の説明によって, 8班でも「比や割合に着目した比べ方」という正しい比べ方についての知識の共有自体はなされたということになる.

しかし, 続くAの説明では, セイジが「差に着目した比べ方」により「①・②は同じ濃さ」という誤った見解を提示した. そしてその説明は誤っていたにもかかわらず, 聞き手の子どもたちに積極的に受け入れられてしまった.

セイジは自身の説明の順番が来ると, 「俺発表していい? 俺の簡単」という発言の後, 「水の量—シロップの量」の引き算とその答えをもとに「①・②は同じ濃さ」という説明を行った. セイジの説明は, プリントに書かれた「 $100-60=40$ $140-100=40$ 」の式と, それぞれの数値と問題文中の①・②の水・シロップそれぞれの数

量の対応を示しながら, 「水の分量とシロップの分量がこれ…で, 答えは40」というよどみのないものであった.

これを聞いた3名は「同じことになったけえ同じね」「これが一番簡単や」「全部同じになるんじゃないか」と口々に応じ, セイジの説明を疑う様子は見られなかった. 「①・②は同じ濃さ」というのは勿論誤答であるが, 正しい計算手続きを行ったうえで計算結果が同じだから濃さも同じという説明は, 児童には説得力があったようである.

その後, 8班はABCの資料を改めて見直ししながら, 課題に対する班の答えをまとめ, 発表用ホワイトボードに記載していった. その過程では, Cについて「分けて5つ分ね」とポイントを確認する発言が出されるなど, 「比や割合に着目した比べ方」についても理解が深まりつつある様子も窺われた. しかし, ジグソー活動終了直前になっても「①・②は引き算」「①・③は割り算よね?」「割り算? 分数で割る?」といった発言が続いており, 「差に着目した比べ方」と「比や割合に着目した比べ方」は, どちらもこの問題場面に活用できると認識されていることが窺われた.

以上より, 8班の児童たちのジグソー活動における思考・対話の焦点は, 主に「エキスパートABCで提示された比べ方はそれぞれどういう方法か」「①と同じ濃さのジュースはどれか」という2つのポイントに置かれており, 「濃度を比べるのに適切な比べ方」の検討には目が向いていなかったとみなすことができる. そこで, 「差に着目した比べ方」と「比や割合に着目した比べ方」の両方が温存されることになったと考えられる.

(2) クロストーク

では, 8班の児童には本時において「差に着目した比べ方」を見直す機会は訪れなかったのだろうか. 8班の児童4名のポストテストの解答を見てみよう(表4)

表4より, 4班の4名も, ポストテストにおいては「比や割合に着目した比べ方」を用いようとしていることを確認できる. 正答数や理由の説明の精度に差はあるものの, 8班の児童にもジグソー活動の後の行われたクロストークにおいて考えの見直しのチャンスがあったことが窺われる.

クロストークについては残念ながら話者を同定できる対話記録が残っていないため, 教室の全体を撮影したビデオで確認できる範囲で学習の事実を抜粋していく.

クロストークに際し, 黒板には, ジグソー活動中に各

表4 8班のポストテスト解答

| | 理由(原文ママ, カッコは引用者) |
|---------------|--|
| セイジ (完全正答) | ⑨180と300は30でわれて, 6と10になり, 約分して5/3になるからです. ⑧150と300は30でわれて, 5と10になり, 約分し, 1/2になるからならない. ⑦150と250は50でわれて, 3と5になり, 分数にして5/3になるからです. |
| ユリカ (完全正答) | まず⑦は $250 \div 150 = 5/3$ になり, ⑨は $300 \div 180 = 5/3$ になるから, ⑦と⑨は同じ |
| タクヤ (一問正答) | 180と300の最大公約数もとめたらできる.(3対5の書き込みあり) |
| アオイ (二問正答) | 180と300の最大公約をみつけて計算すればできる. |

表5 クロストークにおける「比や割合に着目した比べ方」に関する発言の抜粋(下線は引用者)

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・まず③は, えっと, えっと赤四角で囲める数が5個と, あ, えっと5対3… ・⑤はえっと両方の, 両方を, <u>両方の数を, えっと7で割ると, 5対3になるから</u> ・⑥は, カップをmlの単位に直すと, 600mlと1000mlで, です. で, えっと, ①は60mlと100mlで<u>両方とも同じ10倍になっている</u> ・⑤は両方7で割ってというところが(わかんない) ・⑤は(シロップが)7が3つ分, 水は7が5つ分 ・①の割合は, <u>シロップに対して水が1.6666倍になりました</u> ・1.6666というのは, (黒板に式を書いて)イコール, 5/3 ・③は<u>水150ml…が, シロップの何倍かを求めたいので…</u> 150÷90で, (黒板に150÷90を書いて計算), ③の場合は150÷90で5/3になるので |
|---|

班で作成したクロストーク発表ホワイトボードが並べて掲示された。児童は全員黒板を一覧できる位置に集まった。教師は児童に「どこの説明から聞きたいか」を尋ね、推薦された1班, 2班, 7班が順に①と同じ濃さになる番号とその理由を述べた。理由が述べられた際には、沈黙する, 首を傾げるといった姿が多く見られた場合には、教師が一旦説明を止め、聞いた説明を隣と確認する時間を取ったり、どこがわからないかを質問させたりした。所要時間は16分程度であった。

先に述べたように、8つのジグソー班のうち発表用ホワイトボードにおいて「差に着目した比べ方」に言及したのは8班1つだけであった。他の班の説明はすべて「比や割合に着目した比べ方」についてのものだったのである。そこで、8班の児童は「比や割合に着目した比べ方」に関する様々な表現に接することになった。具体的な発言の例として、説明した3つの班や、説明に対する疑問として出された「比や割合に着目した比べ方」に関する表現をピックアップしてみたものが表5である。

表5の一連の発言は、梅ジュースの濃さを比べるために、ジュースを構成するシロップと水の量が「それぞれ同じ数の何個分」なのかを知る必要があり、何個分かは「両方の数を『7』(最大公約数)で割ればわかる」、「『7が3つ分, 水は7が5つ分』という水とシロップの関係は、『シロップに対して水が1.6666倍』であることを示している」「これは、水がシロップの5/3倍ということと同じである」といったように、「比や割合を用いてジュースの濃さを比べるとはどういうことか」を様々な角度から明らかにしていると言える。

8班の4名の児童は、これらの発言を聞きながら考えることをとおして、ジュースの濃さを求めるためには、シロップと水の量の割合に着目する必要があることを徐々に認識していったと考えられる。

表6に8班4名の授業後の感想を示す。タクヤとユリカの感想にも、クロストーク中に考えを見直したことが明記されている。

ただし、「みんなで協力してがんばって」といったセイジの言葉や、「みんなと相談して…」「ジグソー活動は普段の授業より好き」といったユリカの言葉からは、クロストークが単独で有効だったというよりは、ジグソー活動から連続する経験としてクロストークで考えを見直せたことの意義を実感していると解釈できる。

ポストテストにおいて8班の児童のうち最も精緻に理由を記載できたのが、「差に着目した比べ方を用いて、「①・②は同じ濃さ」という誤った説明を行ったセイジだったことからしても(表4)、クロストークで2つの比べ方を比較しながら他班の説明を聞き、「比や割合に着目した比べ方」の妥当性に気づくための素地として、ジグソー活動で「差に着目した比べ方」を自分なりに納得して説明し活用するという経験ができたことが有益だった可能性も否定できない。

加えて、もう1つ指摘しておきたいのは、ポストテストの時点では、8班の児童の「比や割合に着目した

表6 8班の授業後の感想

| | 感想（原文ママ，児童名は伏字．カッコは引用者） |
|-------------------|---|
| セイジ （完全 正答） | いろいろむずかしかったけどみんなで協力してがんばってとけました．新しい言葉「比」ということをおぼえて，身の回りのことでも比をさがしたいです． |
| ユリカ （完全 正答） | みんなと相談して学習すると楽しかったです．それに初めは引き算も使っていたけど，クロストークをしていてやっとうひき算はちがうことに気づきました．でも比は，そんなに好きではありません．また，ジグソー活動は普通の授業より好きです． |
| タクヤ （一問 正答） | 7班のしたこと（注：表5下から2つの発言を参照）はよう思いついたなと思いました．あと，比をつかったらこの問題がわかりやすくなったからこんどからはかつようすることをおぼえていてしかも，使う場所だったら使おうと思いました．あとぼくは①と②はいっしょの味だと思っていたけど，先生とXXくんの言葉でこれはまちがっていたんだとわかりました． |
| アオイ （二問 正答） | 同じ味を見つける方法はすこ（し）むずかしかったです．でも比をつかえばかんたんにできることがわかりました． |

比べ方」の理解には深まりの余地があるという可能性である．問題への解答が部分正答で，理由の説明も不十分なタクヤやアオイは勿論のこと，セイジやユリカにしても，「 $250 \div 150$ 」や「 $5/3$ 」が何を意味しているのかを説明できる状態なのか，クロストークで他班の児童が板書した手続きをまず踏襲してみた状態なのかはこの時点では明らかではない．そこで，「差に着目した比べ方」も活用可能であるという誤解はクロストークを経て訂正されたものの「比や割合に着目した比べ方」の理解には深まりの余地が残ったと解釈することが妥当であるだろう．

4. 考察

以上，「シロップと水の量の差に着目した比べ方」に関する8班の児童4名の考え・対話に着目して，「比とその利用」の授業における児童の学習のプロセスを描出した．その結果，授業前後ですべての児童の理解はねらう方向に深まっていたものの，深まりの過程では「差

に着目した比べ方」を用いて①・②を同じ濃さとみなす誤った説明を受け入れてしまうという想定と異なる自体が起こったこと，誤りはクロストークを経て訂正されたものの「比や割合に着目した比べ方」の理解には深まりの余地が残ったことが見出された．

学習プロセスについてのこうした事実から，比・割合の指導のポイントについてどのような示唆が得られるだろうか．以下では2点を提示したい．

1つには，児童が「差に着目した比べ方」が有用でない場合があることを自覚できることが比・割合の指導の1つのポイントであるという点である．8班の児童の場合，ジグソー活動において，「比や割合に着目した比べ方」について知識を共有し，理解を深めつつあったものの，考えの見直しはクロストークの段階まで起こらなかった．クロストークでは，他班がいずれも「差に着目した比べ方」を使っていなかったことによって，この問題場面において「差に着目した比べ方」が有用でないことを自覚できたと考えられる．その結果，ポストテストでは全員がねらいに近い解答を残すことができた．

この点に関して更に重要なのは，今回の授業の場合，このポイントの重要性そのものは授業デザインの段階から授業者に自覚されており，そこに主眼を置いた授業デザインもクラス全体の理解深化という観点では，ほぼねらいどおり有効に機能したということである．2(1)節に記載したとおり，エキスパートAは「差では濃さを比較できないことに気づかせること」を意図した資料であり，クロストークにおいて「差に着目した比べ方」に言及した班が8班のみだったことから，ほとんどの場合資料は意図どおり機能したと考えられる．

それにもかかわらず，8班においてエキスパートAがねらいどおり機能しなかった点から，「差に着目した比べ方」への志向は想定外に強い場合もあると言える．多様な児童がともに学ぶ教室において，一人ひとりが「差に着目した比べ方」への志向を見直し，「比や割合に着目した比べ方」を正しく活用できるようになるまでには，一筋縄ではいかないプロセスが必要である．そこで，「比や割合に着目した比べ方」を正しく活用できるようになることは，1コマの授業で達成しきる目標ではない可能性がある．この点は，比・割合の指導において意識しておくべきポイントだろう．だとすれば，1コマの授業デザインと同時に，単元スパンで多様な協調問題解決活動を含む継続的な理解深化支援プロセスの支援方略を合わせて考えること，いわば異なるタイムスパンを行き来しながら学習のデザインを検討すべきで

あるという点が、2つ目の示唆になる。

なお、エキスパート A が授業者の意図どおり機能しなかった理由については、様々な仮説がありうる。1つには、「2量の関係（割合）が同じならば同じ濃さになるはず」という感覚を児童が生活を通して共有しているはずという前提が妥当でなく、「どういうときに同じ濃さになるのか」のイメージが授業の開始時点で共有されていなかった可能性がある。また「知識構成型ジグソー法」の授業の進め方により（図1）「各エキスパートは担当が一番よくわかっている」という認識が共有されていたことで、Aの説明を聞き手が疑いにくかった可能性もある。

こうした仮説が確かならば、仮にエキスパート A を「シロップと水の量の差が同じでも同じ濃さとは言えない」を明言してなぜかを考えるような資料とすることや、この点は全員で授業前に確認しておいたうえで、比や割合に着目した比べ方に関する3つの内容をエキスパート活動において提示するデザインに変更することなどは、1コマの授業デザインの範囲で試してみる価値のある改善であるといえる。

とは言え、以上のような改善点が存在することは、単元の最初の1時間としての本時の学習成果の価値を疑うものではない。本稿で示したクラス単位での実践の成果（表3）や、一番達成度の低い8班の理解深化の事実、比・割合の深い理解に主眼を置いた協調問題解決活動が着実に児童の理解を前に進めることを示すものであろう。

だとすれば、比と割合の効果的な指導には、数量の関係を比で表したり、等しい比をつくったり、比の相当を判断したりという技能に習熟させる手立てを検討するだけでなく、その基盤となる「比や割合を用いて比べるとはどういうことか」の理解に主眼を置いた授業・単元デザインの検討が重要であると言える。この課題に取り組むうえで、個別具体的な技能問題への反応だけでなく、児童の学習プロセスに着目する学びの深い見とりに基づいて引き起こしたい学習プロセスを具体化する授業研究PDCAサイクルの更なる充実が求められるだろう。

文献

- [1] 三宅なほみ, (2011), "概念変化のための協調過程—教室で学習者同士が話し合うことの意味—", 心理学評論, Vol.54, No.3, pp.328-341.
- [2] 白水始, 飯窪真也, 齊藤萌木, 三宅なほみ (2021) 『自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト令和

元年度活動報告書 協調が生む学びの多様性第11集—
学習科学とテクノロジーが支える新しい学びの未来—』東京大学 CoREF